

Уманський національний університет садівництва
Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАНУ
Всеукраїнський науковий інститут селекції
Українське товариство генетиків і селекціонерів ім. М. І. Вавилова

**МАТЕРІАЛИ X МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНА
НАУКА І ОСВІТА»**

(Парієві читання)

19 березня 2021 року

Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання).
Матеріали X Міжнародної наукової конференції (19 березня 2021 р.).
Умань, 2021. 264 с.

У збірнику тез висвітлено результати наукових досліджень науковців України, Азербайджану, Великобританії, Білорусі, Молдови та Росії з актуальних питань генетики, селекції рослин і біотехнології.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Непочатенко О. О. – доктор економ. наук, професор (*відповідальний редактор*);
Рябовол Л. О. – доктор с.-г. наук, професор (*заступник відповідального редактора*);
Полторецький С. П. – доктор с.-г. наук, професор, академік АН ВО України (*технічний редактор*);
Сержук О. П. – кандидат с.-г. наук, доцент (*відповідальний секретар*);
Білоножко В. Я. – доктор с.-г. наук, професор;
Діордієва І. П. – кандидат с.-г. наук;
Карпенко В. П. – доктор с.-г. наук, професор, академік АН ВО України;
Корнієнко А. В. – доктор с.-г. наук, професор, член-кореспондент РАСГН;
Косенко І. С. – доктор біол. наук, професор, член-кореспондент НАНУ;
Коцюба С. П. – кандидат с.-г. наук;
Крижанівський В. Г. – кандидат с.-г. наук;
Кунах В. А. – доктор біол. наук, професор, член-кореспондент НАНУ;
Любченко А. І. – кандидат с.-г. наук, доцент;
Макарчук М. О. – кандидат с.-г. наук;
Мостов'як І. І. – кандидат с.-г. наук, доцент;
Новак Ж. М. – кандидат с.-г. наук, доцент;
Опалко А. І. – кандидат с.-г. наук, професор;
Парій М. Ф. – кандидат біологічних наук;
Рябовол Я. С. – кандидат с.-г. наук;
Січкач В. І. – доктор біол. наук;
Яценко А. О. – доктор с.-г. наук, професор.

***Рекомендовано до друку вченою радою факультету агрономії УНУС,
протокол № 4 від 17.02.2021 р.***

За достовірність опублікованих матеріалів відповідальність несуть автори.

© Уманський національний
університет садівництва,
2021.

ВИДІЛЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ГІБРИДНИХ КОМБІНАЦІЙ СОНЯШНИКА, СТІЙКИХ ДО ВОВЧКА (*OROBANCHE CUMANA WALLR.*) ТА ГЕРБИЦИДУ ТРИБЕНУРОН-МЕТИЛУ

**В. О. Бабич^{1,2}, Я. Ю. Шарипіна², І. Ю. Боровская², Я. Ф. Парій²,
М. В. Кучук¹, М. Ф. Парій², Ю. В. Симоненко^{1,2}**

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України
e-mail: vikuhababych@gmail.com

²Всеукраїнський науковий інститут селекції

На теперішній час вовчок соняшниковий (*Orobancha cumana Wallr.*) є одним із найбільш шкідливих патогенних організмів соняшника у світі та, зокрема, в Україні. Зважаючи на паразитарний механізм пристосування, вовчок повністю залежний від рослини господаря, утворює єдину з рослиною-живителем судинну систему, через яку поглинає поживні речовини соняшника, що перешкоджає росту та розвитку культури [1]. Під час вирощування сприйнятливих гібридів соняшника втрати можуть досягати від 50 до 100% [2].

Вовчок соняшниковий широко розповсюджений у багатьох країнах світу, особливо в центральній та східній частинах Європи, Іспанії, Туреччині, Казахстані та Китаї [3]. Маючи вузьку філогенетичну спеціалізацію до культури, вовчок соняшниковий еволюційно розширив свою пристосувальну здатність за рахунок утворення нових рас – від появи раси А у 1913 р. до найбільш вірулентної на теперішній час у його популяції раси Н [4].

Дослідження з визначення расового складу популяції паразита проводяться поряд із селекцією цієї олійної культури у кожній країні, в якій вона є основною. Так, в Росії ідентифіковано раси F, G та Н [5]. На території Казахстану – раси С та G [6], на території України – Е, F, G, а також вже є відомості про наявність Н раси [7]. Поряд з широко розповсюдженими на території цієї країни расами Е та F, в північній та південній частині Молдови встановлено наявність найбільш агресивних рас вовчку – G та Н [8]. Також не припиняються дослідження з визначення расового складу популяції вовчка у Румунії, Туреччині, Іспанії, Китаї та Угорщині.

Провідним напрямом в селекції на стійкість є відбір стійких генотипів. Основним інструментом для цього є штучний інфекційний фон. В селекції соняшника на стійкість до патогенних організмів одним з найефективніших є лабораторно-вегетаційний метод, розроблений Панченко А. [9] для добору стійких до вовчка селекційних зразків серед вихідного матеріалу в умовах теплиці. В подальшому, науковці різних країн привносили свої модифікації в цей метод [10, 11].

В наших дослідженнях цим методом було проаналізовано рослини соняшника гібридних комбінацій BH0118/SURES-2, BH0218/SURES-2 та BH0318/SURES-2. Гібридні комбінації були отримані в 2017 р. Щорічно впродовж 2017–2019 рр. з них використовуючи культуру незрілих зародків

соняшника в умовах *in vitro* було проведено гомозиготацію та відбір стійких до трибенурон метилу рослин. Донором стійкості до гербіциду є лінія SURES-2. Лінії ВН0118, ВН0218 та ВН0318 є стійкими до F раси вовчка [12]. Стійкість отриманого матеріалу до вовчка визначали в зимовий період 2020 року в лабораторії відділу імунітету рослин до хвороб та шкідників, організованої в місті Харків.

Для проведення імунологічних досліджень, насіння вовчка щорічно збирали у серпні–вересні в Запорізькій, Харківській, Кіровоградській, Одеській, Херсонській, Луганській та Донецькій областях.

За результатами визначення стійкості до вовчка 124–187 рослин з цих гібридних комбінацій встановлено, що найбільшу кількість рослин без ознак ураження паразитом – 70,2% виявлено в гібридній комбінації ВН0318/SURES-2. Наступною за кількістю стійких рослин – 64,7% є гібридна комбінація ВН0118/SURES-2. У гібридній комбінації ВН0318/SURES-2 тільки 48,5% рослин було без бульбочок паразита на кореневій системі.

В подальшому заплановано отримання інцухт–ліній із зазначеного вихідного матеріалу на штучному інфекційному фоні в польових умовах та виділення стійких номерів у лабораторних умовах.

Література

1. Molinero-Ruiz L, Delavault P, Pérez-Vich B, Păcureanu-Joita M, Bulos M, Altieri E. et al. History of the race structure of *Orobanche cumana* and the breeding of sunflower for resistance to this parasitic weed: a review. *Span J AgricRes*, 2015,13: P 10–11. <https://doi.org/10.1007/s11032-019-0948-9>.
2. Cvejić, S., Radanović, A., Dedić, B., Jocković, M., Jocić, S., & Miladinović, D. Genetic and Genomic Tools in Sunflower Breeding for Broomrape Resistance. *Genes*, 2020, 11(2), 152. doi:10.3390/genes11020152.
3. Škorić, D.; Pacureanu, M. Sunflower breeding for resistance to broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.). In *Proceedings of the International Symposium Sunflower Breeding on Resistance to Diseases*, Krasnodar, Russia, 23–24 June 2010; pp. 19–30.
4. Kaya, Y. Current situation of sunflower broomrape around the world. In *Proceedings of the 3rd International Symposium on Broomrape (Orobanche spp.) in Sunflower*, Cordoba, Spain, 3–6 June 2014; pp. 9–18.
5. Antonova, T.S.; Araslanova, N.M.; Strelnikov, E.A.; Ramazanov, S.A.; Tchelustnikova, T.A.; Gucheti, S.Z. Screening of with *Helianthus* species for resistance to high virulent *Orobanche cumana* Wallr., affecting sunflower in the Rostov region of the Russian Federation. *Helia* 2011, 34, 115–123.
6. Antonova, T.S. The history of interconnected evolution of *Orobanche cumana* Wallr. and sunflower in the Russian Federation and Kazakhstan. *Helia* 2014, 37, 215–225.
7. Maklik, E.; Kyrychenko, V.V.; Pacureanu, M.J. Race composition and phenology of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in Ukraine. In *Proceedings of the 4th International Symposium on Broomrape in Sunflower*, Bucharest, Romania, 2–4 July 2018; pp. 67–78.

8. Duca, M., Clapco, S., Nedelcov, M., & Dencicov, L. Influence of environmental conditions on the virulence and distribution of *Orobanche cumana* Wallr. in the Republic of Moldova. 2018, OCL. doi:10.1051/ocl/2018049
9. Панченко, А. Я. Ранняя диагностика заразиоустойчивости при селекции и улучшающем семеноводстве подсолнечника / А. Я. Панченко // Вестн. с.-х. науки. — 1975. — No 2. — С. 107-115.
10. Grezes-Beset, B. Evaluation de la Resistance du Tournesol a Orobanche. Rustica Prograin Genetique. *Protocoleno no: E-16*, 1994, Version No 1. pp1-7.
11. Labrousse, P. Analysis of resistance criteria of sunflower recombined inbred lines against *Orobanche cumana* Wallr. *Crop Protection*, 2004, 23(5), 407–413. doi:10.1016/s0261-2194(03)00236-9.
12. Бабич В. О., Варченко О. І., Кучук М. В., Парій Я. Ф., Парій М. Ф., Симоненко Ю. В. Використання культури незрілих зародків соняшника *in vitro* для швидкого створення відновників фертильності, стійких до трибенурон метилу. Фактори експериментальної еволюції організмів, 2020, Том 27, Ст. 23-28.

ВПЛИВ МОРФОСТРУКТУРНИХ ОЗНАК СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОБОРІВ ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ГЕНОТИПІВ

В. В. Базалій, О. П. Козлова, Є. О. Домарацький

Херсонський державний аграрно-економічний університет

Серед великої кількості проблем, які вирішуються у період створення сорту, особливе місце займає характер взаємних відношень морфобіотипів гібридних популяцій у ценотичній спільноті. Як правило, у ценозі проявляється нові ефекти генетичних детермінант селекційно-значимих ознак і властивостей [1, 2].

Ряд морфологічних ознак ценотичного рівня (архітектоніка рослин, ботанічна різноманітність, тощо) значною мірою визначають місце сорту в тому або іншому ареалі. Тому, безумовно, важливо прогнозувати їх вплив в агроценозі на взаємовідношення рослин в гібридних популяціях уже на перших етапах селекційного процесу, враховуючи при цьому їх конкурентну здатність і вибір оптимального поєднання архітектоніки рослин з іншими морфобіологічними ознаками [3–5].

Ряд вчених [6, 7] провели дослідження вмісту ценотичних ефектів генів остистості і безостистості в вирішенні завдань підвищення врожайності пшениці. Результати, залежно від модифікуючих чинників зовнішнього довкілля, суперечливі. Так, встановлено, що за умов посухи гени остистості мали позитивний вплив на продуктивність у чистих посівах і підвищувати його в сумішках порівняно з безостими формами, а в холодних посушливих умовах вегетації позитивного ефекту гени остистості не мали. Але це не було

абсолютним для всіх вивчених генотипів, деякі безості форми вели себе аналогічно остистим, хоч їх перевага чітко проявилась в умовах холодного не посушливого року. Деякі вчені [6, 7] вважають, що безості форми мають перевагу за умов посухи при розрідженому посіві, а в агроценозі в аналогічних умовах, спостерігалось пониженням їх продуктивності порівняно з остистими біотипами.

Популяційна генетика і сучасно еволюційна теорія відносить природний добір до диференційного розмноження і диференційної живучості окремих генотипів. Для цілеспрямованої селекції особливу цікавість викликає зміна частоти прояву окремих біотипів у популяціях і їх адаптивна здатність. Хоча рівень фенотипової і генотипової мінливості практично не виявляє високої специфічної реакції при зміні генерації, але під загальним рівнем мінливості може значно змінюватись адаптивна цінність різних біотипів у популяції. До важливих ознак, за якими ведеться добір і які безпосередньо впливають на продуктивність сорту, відносяться ознаки з чіткою фенотиповою вираженістю (висота рослин, ботанічна різновидність, тощо). Тиск добору в бік збільшення висоти рослин у популяціях був найбільш характерним при схрещуванні низькорослих сортів між собою. Це можна пояснити дією стабілізуючого добору, який зумовлює елімінацію як слабо конкурентних низькорослих біотипів, так і високорослих рослин, зменшення яких відбувається не стільки в результаті трофічної взаємодії, але й від вилягання. Найбільшою адаптивною цінністю в ценотичному відношенні володіють середньорослі біотиби.

Аналіз гібридної популяції Лібелула (мільтурум)/ Херсонська 86 (еритросперум) виявив, що середньорослі біотиби володіли високою конкурентною здатністю, практично не змінюючи своєї вираженості протягом ряду поколінь. Але їх перевага за конкретністю збірна була недостатньою, щоб повністю елімінувати низькорослі і високорослі біотиби популяції. Серед різних за висотою груп рослин найбільш конкурентоздатними були морфобіотиби, які належали до різновидностей люсцена і еритроспермум. Необхідно відмітити, що свою селективну природу на ранніх етапах селекції біотиби різновидностей мільтурум і феругінеум втрачали насамперед від меншої їх продуктивності за різних умов вирощування (табл. 1).

В умовах зрошення безості генотиби за продуктивністю колоса і врожайністю дещо перевищують основні форми. Це характерно для низькорослих генотипів рекомбінантної різновидності лютесценс. Посушливі не зрошувані умови виявили модифіковану зміну прояву елементів продуктивності в бік остистих форм різновидності еритроспермум незалежно від висоти рослин.

Експресивність гена може залежати від його взаємодії з іншими неалельними йому генами. На думку вчених [6], короткостеблові форми з червоною пігментацією колоскових лусок (мільтурум, феругінеум) знижують щільність продуктивних пагонів порівняно з другими біотипами. У наших дослідженнях такої чіткої закономірності не виявлено, ефекти дії генів значною мірою залежали від модифікуючих умов зовнішнього середовища, головним чином від вологозабезпеченості рослин.

1. Характер прояву ознак продуктивності у морфобіотипів гібридної популяції F₄ Лібелула / Херсонська 86 за різних умов вирощування (2019–2020 рр.)

Біотиби популяції	Зрошення			Без зрошення		
	Маса, г		Урожайність, г/м²	Маса, г		Урожайність, г/м²
	зерна з колоса	1000 зерен		зерна з колоса	1000 зерен	
Мільтурум						
Низькорослі	1,36	40,8	516	0,96	37,6	246
Середньорослі	1,41	42,4	506	1,10	31,4	299
Високорослі	1,18	40,1	448	1,12	34,0	264
$\bar{X}$	1,31	41,1	490	1,06	34,3	269
Лютесценс						
Низькорослі	1,58	42,4	615	1,26	39,6	346
Середньорослі	1,58	42,2	560	1,16	40,4	466
Високорослі	1,52	40,4	598	1,31	39,0	368
$\bar{X}$	1,56	41,6	591	1,24	39,6	393
Еритроспермум						
Низькорослі	1,44	44,6	472	1,42	40,4	365
Середньорослі	1,32	43,2	443	1,40	39,3	436
Високорослі	1,36	42,4	452	1,46	41,4	384
$\bar{X}$	1,37	43,4	455,7	1,43	40,4	395
Феругінеум						
Низькорослі	1,14	41,6	424	0,91	34,0	284
Середньорослі	1,02	40,0	405	1,05	35,1	394
Високорослі	1,30	38,4	384	1,04	36,8	298
$\bar{X}$	1,15	40,0	404	1,0	35,3	325
Херсонська 86	1,48	43,1	514	1,28	40,8	346
Лібулула	1,14	39,1	424	1,06	36,9	264

Примітки: 1. Низькорослі форми (70–80 см); середньорослі форми (85–100см); високорослі форми (більше 105 см). 2. $\bar{X}$ – середнє популяційне значення.

На ранніх етапах селекції важливе значення відводиться вмісту білка в зерні і показнику седиментації як ознакам, за якими можна прогнозувати характер прояву якості зерна у нащадків відповідних доборів. У наших дослідженнях ці ознаки виявили значну мінливість, при цьому абсолютне максимальне значення у окремих біотипів було більшим, ніж у кращих батьківських форм.

Це особливо характерно для різновидностей мільтурум і феругінеум гібридних популяцій Лібелула / Херсонська 86, Лібелула / Ziyabtu, Білява / Лібелула, Д-10-0613 / Херсонська безоста). Кількість трансгресивних біотипів у них за вмістом білка у зерні досягало 9,2-14,6%, а за ознакою седиментації 6,6-20,4%.

Таким чином відмінність біотипів за морфоструктурними ознаками в відповідних умовах зовнішнього середовища деякою мірою лімітує прояв елементів продуктивності і врожайності. У Південному Степу України при екстримальних і несприятливих умовах вирощування пшениці озимої перевага повинна надаватись остистим формам (еритросперум) які при цьому формують більш високу продуктивність за рахунок підвищення інтенсивності фотосинтетичних процесів. Підвищення білковості зерна нащадків залежно від ботанічної різновидності нами не виявлено, мінливість цієї ознаки залежала від умов зовнішнього довкілля і лише підвищених ознаках білковості зерна компонентів схрещування генетичні фактори набувають істотного значення.

Література

1. Базалій В. В. Бойчук І. В. Вплив довкілля та ценотичних умов на виявлення генотипів пшениці озимої за комплексом господарсько-цінних ознак. Зрошуване землеробство. Херсон, 2020. Вип. 73, с. 138–142.
2. Орлюк А. П. Гончарова К. В. Проблема поєднання високої продуктивності та екологічної стійкості сортів озимої пшениці. Фактори експериментальної еволюції організмів. К.: Аграрна наука, 2003, с. 180–187.
3. Базалій В. В. Вплив морфобіологічних ознак озимої пшениці на ефективність відбору господарсько-цінних генотипів. Херсон, 2001, с. 92–93.
4. Базалій В. В. Ефективність відбору господарсько-цінних біотипів залежно від морфоструктурних ознак рослин озимої пшениці. Вісник полтавської державної аграрної академії, 2002. №1, с. 45–47.
5. Базалій В. В. Бойчук І. В. Ідентифікація сортів і селекційного потенціалу пшениці озимої за параметрами синхронного стеблоутворення та індексу продуктивності. Таврійських наукових вісник. Херсон, 2020. Вип. 112, с. 12–24.
6. Крупнов В. А. Опушение листьев пшеницы: генетические и экологические аспекты (обзор) Сельскохозяйственная биология, 1990, №1, с. 51–58.
7. Лавриненко Ю. А. Базалій В. В. Эффективность отбора по биохимическим показателям качества зерна в гибридных популяциях пшеницы при орошении. Сб. научных трудов Мироновского института селекции и семеноводства пшеницы. Биохимические основы повышения продуктивности зерновых культур. Мироновка, 1985, с. 66–69.

СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ КОНТЕЙНЕРНОГО ДОРОЩУВАННЯ ВКОРІНЕНИХ СТЕБЛОВИХ ЖИВЦІВ ЧОРНИЦІ ВИСОКОРОСЛОЇ (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.)

А. Ф. Балабак, А. А. Пиж'янова

Уманський національний університет садівництва

Впровадження в культуру чорниці високорослої (*Vaccinium corymbosum* L.) та її сортів, значною мірою виявляють необхідність та перспективність проведення досліджень з розмноження зеленими стебловими живцями та дорощування кореневласних рослин. В підзонах нестійкого і недостатнього зволоження Правобережного Лісостепу України дорощування вкорінених живців чорниці високорослої є слабкою ланкою технології живцювання, що стримує її широке розповсюдження в практиці. За традиційною технологією живці залишають на місці вкорінення до кінця вегетаційного періоду. Через 25–30 діб після масового вкорінення, з метою загартовування, плівку знімають і рослини утримують в умовах відкритого ґрунту, а весною наступного року — пересаджують на ділянку дорощування.

Вищезазначені питання і визначили напрямок наших досліджень, метою яких було вивчення впливу помологічного сорту, типу живця, біологічно-активної речовини КАНО — 10% розчин калійної солі α -нафтилоцтової кислоти (α -НОК) та строків пересаджування, на ріст і розвиток кореневласних рослин в процесі контейнерного дорощування.

Вивчали інтродуковані сорти чорниці високорослої Блюкроп (*Bluecrop*), Блюгольд (*Bluegold*), Дюк (*Duke*), Дарроу (*Darroy*), Елліот (*Elliot*), Спартан (*Spartan*) і Торо (*Toro*) в розсадниках Уманського національного університету садівництва, Національного дендропарку «Софіївка» НАН України і ТОВ «Брусвяна».

Дорощування вкорінених живців проводили у пластикових контейнерах ємністю 5 л на ділянках з дрібнодисперсним зволоженням. Субстратом для контейнерів була суміш верхівкового торфу (рН 4,0–4,5) з чистим річковим піском та компостованою сосною корою і хвоєю у співвідношенні 4:1:2. У кожному варіанті дослідів використано вкорінені живці, заготовлені з апікальної (А), медіальної (М) та базальної (Б) частин пагона з одним, двома, трьома і чотирма вузлами. Схема дослідів включала варіанти, де факторами мінливості були сорти і терміни пересаджування вкорінених живців на дорощування: 1) без пересаджування; 2) осіннє пересаджування — 1–10 жовтня; 3) весняне — 1–10 квітня, частина пагона, з якої заготовляли живці та КАНО.

Доведено, що подальший ріст і розвиток садивного матеріалу досліджуваних сортів, який одержано на основі стеблового живцювання, значно залежить від ефективних способів пересаджування на дорощування. Слід відмітити, що стеблові живці, майже всіх сортів після вкорінювання в умовах дрібнодисперсного зволоження, дуже вимогливі до пересаджування у відкритий ґрунт. При цьому, найбільший відсоток загибелі живцевих рослин спостерігається за дорощування на місці вкорінення, тобто без

пересаджування. У цьому ж варіанті зафіксовано незадовільний вихід саджанців товарних гатунків. Цей показник, а також приживлюваність саджанців виявились дуже залежними від помологічного сорту, строків живцювання, типу пагона та обробки речовиною КАНО. Щодо рослин, залишених на ділянці вкорінювання, приріст надземної частини був невеликий (пагони були тонкі і витягнуті за довжиною), коренева система розвинена слабо, а випадки кореневласних рослин значні (64,1–81,2%).

Рослини, що були висаджені в поле на дорощування у відкритий ґрунт восени, на перших етапах приживлювання, негативно реагували на різкі зміни умов вирощування. У всіх варіантах дослідження тривалий час спостерігалася затримка розвитку кореневої системи та надземної частини. При цьому, у контролі кількість рослин, загинувших під час перезимівлі складала 39,8–52,1%, а у варіанті де живці перед висаджуванням на вкорінення обробляли КАНО в концентрації водного розчину 15–20 мл/л — 18,3–31,2%.

Під час весняного дорощування загибель кореневласних рослин відмічено, головним чином, під час їх пересаджування з ділянки вкорінювання у гряди, в меншій мірі — протягом вегетаційного періоду. Слабкою стійкістю до несприятливих зимових умов при пересаджуванні в поле на дорощування, порівняно із іншими сортами, характеризувалися рослини сортів Блюгольд, Блюкроп і Дарроу. При цьому, у всіх сортів які вивчалися, виявлено достовірні різниці в залежності від частини пагона, яку використовували для вкорінювання.

Найбільший відпад у процесі дорощування спостерігався в живцевих рослин, які були заготовлені з апікальної і медіальної частини пагона. Відсоток їх загибелі, порівняно з варіантом, де використовували живці для вкорінювання з базальної частини, складав 68,9–85,9%. Стосовно загального виходу садивного матеріалу, то результати весняного пересаджування за всіма показниками значно перевищують осіннє, незалежно від сорту.

Наприкінці періоду вегетації рослини, що були висаджені в контейнери, виділялись краще розвинутою кореневою системою та надземною частиною. Перевага в їх формуванні, при дорощуванні контейнерним способом, пояснюється високим приживлюванням укорінених живців із закритим корінням. Це дозволяє швидко регенерувати активну кореневу систему, що сприяє кращому розвитку вкорінених живців у рік пересаджування та в наступний. Висаджені в пластикові контейнери, вони при всіх строках пересаджування на дорощування добре переносили умови перезимівлі і у всіх варіантах до весняного періоду зберігалось близько 94,3–97,9% рослин. Весною наступного року вони починали активно рости і до осені утворювали добре розвинені корені та надземну частину, порівняно з контролем. Там рослини розвивались і росли повільно. Після контейнерного дорощування, протягом року, садивний матеріал в основному відповідав вимогам до першого і другого товарного сорту.

Отже, результати вивчення термінів пересаджування вкорінених живців сортів чорниці високорослої на дорощування до досягнення товарних розмірів, свідчать про перспективність контейнерного їх вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України.

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГРИБКОВЫХ ПАТОГЕНОВ В ПЛОДАХ ТОМАТА НА РАННИХ СТАДИЯХ ЗАБОЛЕВАНИЯ

Г. Г. Белоусова, В. Э. Шубина

Институт генетики, физиологии и защиты растений, Кишинев, Молдова
e-mail:belousovagalina@mail.ru

Введение. Томат *Solanum lycopersicum* L. (ранее *Lycopersicon esculentum* Mill.) занимает одно из лидирующих мест в мировом производстве овощей, преобладая в структуре посевных площадей многих стран. Томат является важной продовольственной культурой и широко культивируется в Молдове, что объясняется экологической пластичностью томата, урожайностью, многоцелевым использованием плодов (в свежем, законсервированном и переработанном виде), высокой биологической, диетической ценностью и вкусовыми качествами. Томат, как овощная культура, возделывается как в теплицах, так и в открытом грунте.

Колебание климатических условий приводит к развитию патогенных заболеваний томата. Грибковые патогены нарушают пищевую безопасность, вызывают снижение урожайности, что приводит к значительным экономическим потерям. Рост вредоносных микологических заболеваний томата тесно связан с ухудшением экологической обстановки, значительным перемещением сельскохозяйственных культур, интенсивным использованием химических удобрений и пестицидов, другими факторами. Около 85% всех болезней томата вызываются грибковыми или грибовоподобными организмами (Pernezny et al., 2014). Интенсивное использование химических удобрений и пестицидов в борьбе с микозами растений высокоэффективно, но весьма затратно. Поэтому поиск новых агентов, способных подавлять рост патогенных микроорганизмов и одновременно способствовать росту урожайности томата является актуальной задачей. В настоящее время вырос интерес к экологически чистым биопрепаратам как средствам защиты. Альтернативой химическим удобрениям и пестицидам является использование микроорганизмов.

Методы определения патогенов, основанные на визуальном осмотре, недостаточно надёжны и малоприменимы для ранней диагностики или при наличии скрытой инфекции. Для дальнейшей идентификации возбудителей важно использование современных молекулярных методов. В основе диагностики лежит полимеразная цепная реакция (ПЦР). Экспоненциальное увеличение числа копий молекулы-мишени не только обеспечивает высокую чувствительность метода, но и облегчает их выявление (Bernreiter, 2017). Метод позволяет не только избежать ошибок, поскольку содержание ПЦР-продуктов достаточно велико, но и сократить время диагностики грибковых патогенов по сравнению с использованием морфологических и микроскопических исследований. Применение молекулярно-генетических методов является надёжным, информативным, быстрым и современным подходом в точной идентификации патогена.

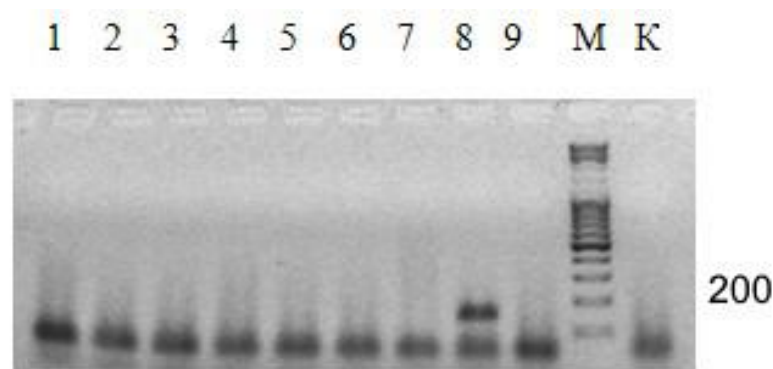
Материалы и методы. Нами изучено влияние бактериальной суспензии *Bacillus subtilis* CNMN BB-09 в концентрации 0,5% и химического препарата cupromax на фитопатогенное поражение плодов томата сорта Томіш в условиях открытого грунта. Контролем служил вариант без обработки растений. Диагностику плодов на присутствие фитопатогенов проводили молекулярными методами. Для выявления фитопатогенов с растений были отобраны здоровые зеленные плоды томата нижнего яруса. Плоды были промыты детергентом и многократно дистиллированной водой для снятия поверхностной инфекции. Из них выделена ДНК с использованием SDS метода (метод выделения ДНК с помощью додецил-сульфат натрия, sodium dodecyl sulfate) (Dellaporta et al., 1983).

Проведено тестирование ДНК на присутствие грибковых фитопатогенов *Alternaria spp.*, *Fusarium spp.* и *Myrothecium roridum*. Обнаружение инфекции проводили с применением метода nested PCR и специфичных праймеров. Применение nested PCR способствовало быстрому и точному определению патогенов. Этот способ состоял из двух последовательных раундов амплификации. В первом раунде с помощью двух внешних праймеров амплифицировали первый ампликон на матрице ДНК, который затем использовали во втором раунде амплификации в качестве мишени с использованием двух внутренних праймеров. PCR была проведена в объеме 25 мкл. Реакционная смесь содержала 66 mM tris-HCl (pH-8,4), 16 mM (NH₄)₂SO₄, 2,5 mM MgCl₂, 0.1% Tween 20, 7% glicerol, 100 µg ml⁻¹ Bovin Serum Albumin, 0.2 mM dNTPs каждого, 1.25 U Taq DNA polymerase, 5 pM каждого праймера, и 5-10 ng DNA. Реакцию проводили в термоциклере MultiGene II Personal Thermal Cycler следующим образом: начальная денатурация 1 цикл – 4 мин при 94°C; N циклов для каждого праймера – 1 мин при 94°C, 1 мин – 61°C, 1 мин при 72°C; и заключительный цикл элонгации проводили при 72°C в течение 7 минут, а затем выдерживали смесь при 4°C. Длины фрагментов ДНК определяли относительно молекулярного маркера 1kb DNA Ladder Plus. Продукты амплификации были разогнаны в 1xTBE (Tris Boric acid, EDTA) буфере, на 1.5% агарозном геле, содержащем 5 mg ml⁻¹ бромистого этидия в качестве люминесцентного красителя, с последующим фотографированием в УФ свете. Для каждого патогена использовали специфичные праймеры. Патогены *Alternaria spp.* определяли, используя праймеры к гену *RNA polymerase II second largest subunit* (rpb 2). Внешние праймеры: fr. GAACCAGAACCCCGATGCC, rev. ATGGCGGTCTCCTCCTCT. Внутренние праймеры: fr. GTGTCTGGGTTGGTGTCCAT, rev. ACGGCCAGCATCTGTGAAG. *Fusarium spp.* определяли с помощью праймеров из последовательности гена *final elongation factor TEF1* нуклеотидного банка NCBI. Внешние праймеры: fr. GACCGGTCACTTGATCTACCAG, rev. ACATACCAATGACGGTGACATAGT. Внутренние праймеры: fr. CCATCGAGAAGTTCGA-GAAGGTT, rev. CCCAGGCGTACTTGGAAGGAA. Для *Myrothecium roridum* использовали праймеры из последовательности *ITS small subunit ribosomal RNA gene*. Внешние праймеры: fr.

ACTCCCAAACCSTTTGTGAACC, rev. TGGGGTGTTTTACGGCATGG.
Внутренние праймеры: fr. TGTCTTTAGTGGTTTTCTCCTCTGA, rev.
GAGACCGCCACTGAATTTTCG.

Результаты и обсуждение. Исследование было направлено на выявление грибковых патогенов томатов на уровне ДНК на ранних стадиях заболевания в полевых условиях. В варианте с биологической обработкой полевых растений бактериальной суспензией *Bacillus subtilis* CNMN BB-09 в концентрации 0,5% фитопатогены *Alternaria* spp. и *Fusarium* spp. *Myrothecium roridum* не были идентифицированы.

Для выявления *Alternaria* spp. и *Myrothecium roridum* в тотальной ДНК, выделенной из зелёного плода томата, использовали смесь праймеров, применяя мультиплексную ПЦР (multiplex PCR), т.е. ПЦР с праймерами к двум патогенам. Мультиплекс ПЦР позволил значительно сэкономить время и реактивы, одновременно проамплифицировать несколько последовательностей в одной реакции (Markoulatos et al., 2002). Реакцию проводили в два раунда: 1-й раунд – 30 циклов, 2-й раунд – 34 цикла. Было получено распределение патогена на ДНК плодов томата. Результаты исследования представлены на Рис. 1. Мультиплексирование разных праймерных пар в одной пробе при данной температуре показало, что из 9 исследованных образцов ДНК ни в одном образце фитопатоген *Myrothecium roridum* не выявлен. Образец ДНК 8 был инфицирован патогеном *Alternaria* spp., для которого на электрофореграмме наблюдали ампликон в 160 пар оснований (п.о.), характерный для данной пары праймеров.

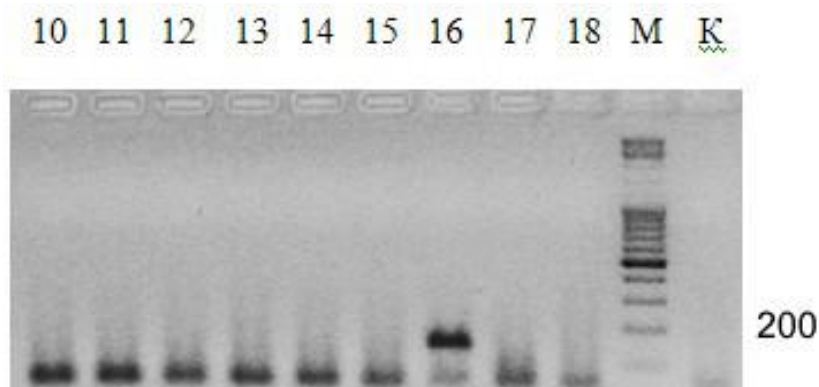


1. Электрофореграмма продуктов multiplex PCR на ДНК томата с использованием смеси праймеров к *Alternaria* spp. и *Myrothecium roridum*. Дорожки 1-9 — образцы ДНК с контрольного варианта. К — контроль (H₂O), М — маркер 1kb DNA Ladder Plus (2018 год).

В nested PCR патогены *Fusarium* spp. не были выявлены ни в одном из проанализированных образцов контрольного варианта.

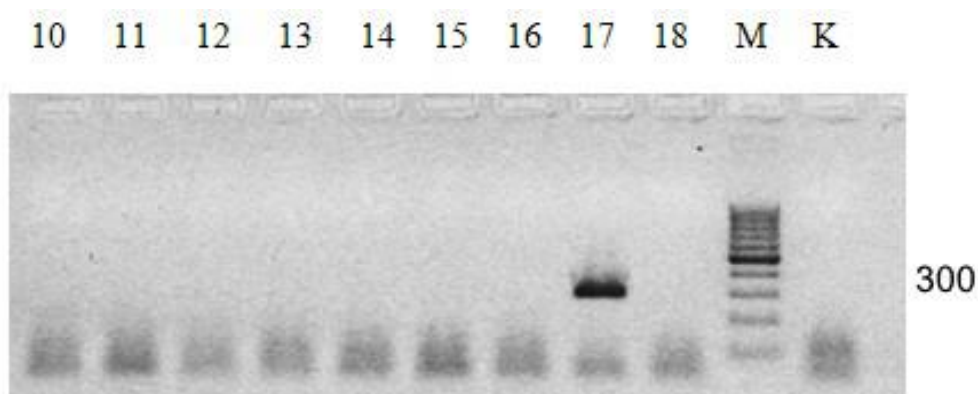
На ДНК плодов, полученных с полевых растений, обработанных химическим препаратом супромах, для выявления *Alternaria* spp. и *Myrothecium roridum* использовали мультиплексную ПЦР (multiplex PCR) с праймерами к двум патогенам: 1-й раунд – 29 циклов, 2-й раунд – 35 циклов.

Результаты разгона смеси multiplex PCR в агарозном геле представлены на Рис. 2. Из 9 проанализированных образцов ДНК фитопатоген *Myrothecium roridum* ни в одном образце обнаружен не был. Образец 16 инфицирован патогеном рода альтернария. Для фитопатогена *Alternaria spp.* на электрофореграмме наблюдали полосу в 160 п.о. Размер ПЦР-продукта совпадает с ожидаемым для данной пары праймеров.



2. Электрофореграмма продуктов multiplex PCR на ДНК томата с использованием смеси праймеров к *Alternaria spp.* и *Myrothecium roridum*. Дорожки 10-18 — образцы ДНК плодов растений, обработанных химическим препаратом сиргромах. К — контроль (H_2O), М — маркер 1kb DNA Ladder Plus (2018 год).

ДНК из плодов этих же растений также была протестирована в nested PCR с целью выявления внутреннего инфицирования фитопатогенами *Fusarium spp.* (1-й раунд — 30 циклов, 2-й раунд — 34 циклов). Результаты представлены на Рис. 3. Присутствие на электрофореграмме ампликона 300 п.о. свидетельствует о наличии в образце 17 *Fusarium spp.* Размер ампликона совпадает с ожидаемым размером для данной пары праймеров (300 п.о.).



3. Электрофореграмма продуктов nested PCR на ДНК томата с использованием праймеров к *Fusarium spp.* Дорожки 10-18 — образцы ДНК растений, обработанных химическим препаратом сиргромах. К — контроль (H_2O), М — маркер 1kb DNA Ladder Plus (2018 год).

Заключення. Проведені молекулярно-генетическіе дослідження по виявленню фітопатогенів *позволили виявити патогени фузаріум і альтернарію плодів томата Tomis* на етапі довізуального проявлення болесні. Експеримент показав, що біологіческаа обробка рослин в польовом опиті на ранніх етапах бактеріальної суспензією *Bacillus subtilis CNMN BB-09* в концентрації 0,5% спосібствует захисте томатних рослин от тестированих фітопатогенів *Alternaria spp.*, *Fusarium spp.* и *M. roridum*. Біопрепарат на основі *Bacillus subtilis CNMN BB-09* може бути рекомендован к використанню для захисту рослин.

Література

1. Bernreiter A, Molecular diagnostics to identify fungal plant pathogens — a review of current methods. (2017) *Revista Científica Ecuatoriana*, 4, 26-35.
2. Dellaporta S, Wood J & Hicks J, A plant DNA miniprep: Version II. (1983) *Plant Molecular Biology Reporter* 1(4), 19-21.
3. Markoulatos P, Siafakas N, Moncany M, Multiplex Polymerase Chain Reaction: A Practical Approach (2002) *J. Clin. Lab. Anal.* **16**, 47-51,
4. Pernezny K, Elliott M, Palmateer A, & Havranek N (2014) *Guidelines for identification and management of plant disease problems: part II. Diagnosing plant diseases caused by fungi, bacteria and viruses*. University of Florida, Plant Pathology Department, Florida.

НОВІ СОРТИ ЦИБУЛІ ШАЛОТ

О. М. Біленька

Інститут овочівництва і багтанництва НААН України
e-mail: ovoch.iob@gmail.com

Метою нашої роботи було визначення селекційної цінності нового матеріалу цибулі шалот, отриманого з використанням гібридизації (полікрос-метод) і наступного індивідуального та масового клонового доборів та створення на їх основі нових сортів з високою екологічною стійкістю, урожайністю, збереженістю, якістю продукції.

Робота була розпочата у 2006 році. Матеріалом слугували 200 гібридних форм. Стандарти – сорти Кушівка місцева та Ліра.

В результаті проведеної оцінки нових форм було виділено 51 перспективний зразок, який пройшов детальне вивчення за комплексом господарських ознак. Середню масу цибулини більше 10 г формували 26 зразків, високий рівень урожайності цибулин (> 116% від стандарту) – 35 зразків, високий рівень урожайності зелених листків (> 116% від стандарту) – 36, збереженість цибулин (після 8 місяців зберігання) більше 85% – 15, природну втрату маси менше 10% – 28. Високу урожайність цибулин і зелених листків та збереженість поєднували 10 досліджуваних форм, високу урожайність цибулин і загальну адаптивну здатність (ЗАЗ) за даною ознакою – 8 зразків.

Серед досліджуваних гібридів цибулі шалот виявлено адаптивні форми інтенсивного типу – Д-36 Д-83, Д-92, Д-53 та Д-62 і форми з середнім рівнем пластичності (екологічно пластичні форми) – Д-50 Д-93 та Д-57, які за роками мали стабільну високу урожайність цибулин.

Новий вихідний матеріал цибулі шалот, отриманий з використанням гібридизації місцевих зразків дозволив розширити спектр генотипової мінливості. В результаті оцінки нових форм були виявлені цінні генотипи, які відзначались високою урожайністю цибулин і листків, збереженістю, вмістом поживних речовин, екологічною стійкістю, вони були задіяні у селекційних програмах і на їх основі створено сорти Гранат (Д-83) (2015) і Флора (Д-93) (2018), які передані на кваліфікаційну експертизу до системи державного сортовипробування.

Сорт Гранат скоростиглий, тривалість вегетаційного періоду 82 доби. Рослини відзначаються більш тривалим періодом наростання листків, вони довго не жовтіють і зберігають товарний вигляд.

Урожайність цибулин складає 18,3 т/га, що перевищує стандарт Ліра на 42%. Маса середньої цибулини 23,5 г. Урожайність зелених листків становить 37,3 т/г, потенційна – 63 т/га. Маса рослини з цибулиною – 64,2 г (потенційна 105 г). Збереженість цибулин складає 85-90%.

Вміст сухої речовини у цибулинах – 19,7%, вміст загального цукру – 12,3%, вітаміну С – 4,3 мг/100 г. У зелених листках нового сорту міститься 3,5% загального цукру, 35,3 мг/100 г вітаміну С.

Ступінь стрілкування за весняного висаджування становить 0,1-2,6%.

На рослині формується 22-46 листків зеленого кольору з середнім восковим нальотом, довжиною 36-50 см, положення їх пряме. Цибулина еліптичної форми. Покривні луски (3-4 шт.) коричневого кольору з червонуватим відтінком. Соковиті луски з червонуватим епідермісом. Цибулини дуже щільні з 4-8 зачатками.

Сорт Флора відноситься до скоростиглих сортів, але має більш тривалий період вегетації ніж сорт стандарт Ліра. Тривалість вегетаційного періоду 78-81 доба.

Період технічної стиглості зелених листків наступає на 25-28 добу після висаджування в ґрунт.

Урожайність цибулин складає 15,7 т/га (за широкорядною схемою з міжряддям 70 см), що перевищує стандарт Ліра на 46,7%. Середня маса цибулини – 20,5 г (максимальна 55 г).

Урожайність зелених листків складає 41,8 т/га (потенційна 57 т/га). Маса однієї рослини з цибулиною в період технічної стиглості – 61,1 г (потенційна 90 г).

Цибулини містять 16,02% сухої речовини і 12,43% загального цукру. Вміст вітаміну С у зелених листках 29,91 мг/100 г, загального цукру – 2,33%. Збереженість цибулин – 90% (за 8 місяців зберігання).

Листя зеленого кольору з середнім восковим нальотом. На рослині формується 24-43 листка, висота рослини 36-56 см. Положення листків напівпряме.

Форма цибулини округла. Покривні луски рожевого кольору. Соковиті луски з червонуватим епідермісом. Кількість зачатків 3-7 шт. Цибулини дуже щільні. Сорт характеризується вирівняністю цибулин у «гнізді» і стійкістю до пожовтіння листків.

ЗАСТОСУВАННЯ КУЛЬТУРИ *IN VITRO* НЕЗРІЛИХ ЗАРОДКІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИПЛОЇДИЗАЦІЇ У ГАПЛОПРОДУКЦІЙНОМУ ПРОЦЕСІ КУКУРУДЗИ

О. В. Білинська, С. Г. Понуренко, Л. М. Чернобай

Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України

e-mail: bilynskaov@gmail.com

Створення інбредних ліній є найбільш довготривалим і трудомістким етапом у селекції перехреснозапилюваних культур на гетерозис. Істотне прискорення селекційного процесу може бути досягнуто за рахунок застосування методів експериментальної гаплоїдії, які дозволяють одержати гомозиготний матеріал впродовж одного – двох років замість п'яти – шести років самозапилення.

Для такої важливої сільськогосподарської культури, як кукурудза, розроблено і активно використовуються принаймні дві експериментальні системи одержання гаплоїдів і подвоєних гаплоїдів: культура пиляків *in vitro* (Barnabas, 2003) та метод Чейза (Chase, 1969, Тырнов, Завалишина, 1984, Сатарова и др., 2013). Останній метод набув найбільшого поширення і застосовується у промислових масштабах. Він ґрунтується на гібридизації селекційного матеріалу з особливими лініями-індукторами гаплоїдів, які, окрім генів, що стимулюють утворення матроклінних гаплоїдів, містять домінуючі маркерні гени антоціанового забарвлення для спрощення процедури добору зернівок з гаплоїдним зародком. Зокрема, гаплоїдні рослини одержують із зернівок, зародок яких утворився з незаплідненої яйцеклітини і не містить антоціану, а тому контрастує з антоціановим забарвленням гібридних зародків та ендосперму. Подвоєння хромосомного набору гаплоїдів за допомогою колхіцину або інших диплоїдизуючих речовин дозволяє одержати подвоєні гаплоїди та їх насіннєве потомство – константні гомозиготні лінії.

Принципово важливими характеристиками технології масового одержання подвоєних гаплоїдів є наявність гаплоіндуктора, який забезпечує якомога вищий відсоток виходу зернівок з гаплоїдним зародком, висока експресивність маркерних генів та ефективна процедура диплоїдизації. Якщо за класичного методу Чейза ефективність одержання гаплоїдів становила 0,001% від кількості зернівок, що зав'язалися (Chase, 1969), то наразі створено індуктори, які дозволяють збільшити ефективність зав'язування насіння з гаплоїдним зародком до 15% (Rotarencu et. al., 2010, Chaikam et.al., 2019).

Запропоновано удосконалені методичні підходи і для подвоєння хромосомного набору гаплоїдних рослин. Зокрема, відомі такі процедури диплоїдизації, як ін'єкція розчину колхіцину у зону апікальної меристеми

проростків у фазу 3–5 листків (Забірова и др. 1996) та обробка проростків до виходу листків з колеоптиле шляхом занурення у розчин колхіцину (Chaikam et.al., 2019). Групою американських дослідників розроблено ефективну (до 90%) методику диплоїдизації у культурі ізольованих зародків кукурудзи, які вилучають на 12-ту добу після запилення і вміщують на 24–48 годин на живильне середовище, яке містить 0,05% колхіцину (Barton et. al., 2009). З огляду на високу ефективність запропонованої методики диплоїдизації метою наших досліджень було оцінювання її придатності для одержання подвоєних гаплоїдів кукурудзи за наявних умов проведення досліджень.

За використання насіння диплоїдної лінії кукурудзи, було визначено оптимальний режим стерилізації для одержання асептичної культури зародків *in vitro* як за використання препарату, що містить хлор (миючий засіб “Domestos” у розведенні 1:2, тривалість обробки 25 хв., трьохразове промивання водою), так і за способом, розробленим для одержання асептичної культури ізольованих зародків ячменю (Білинська, 2019). Обидва способи забезпечили 100% стерильності і життєздатності зародків, що через 12 діб на мінімальному середовищі МС (Murashige, Skoog, 1962) з додавання 100 мг/л бактотрипону («Sigma», США) утворили рослини з добре розвиненою кореневою системою.

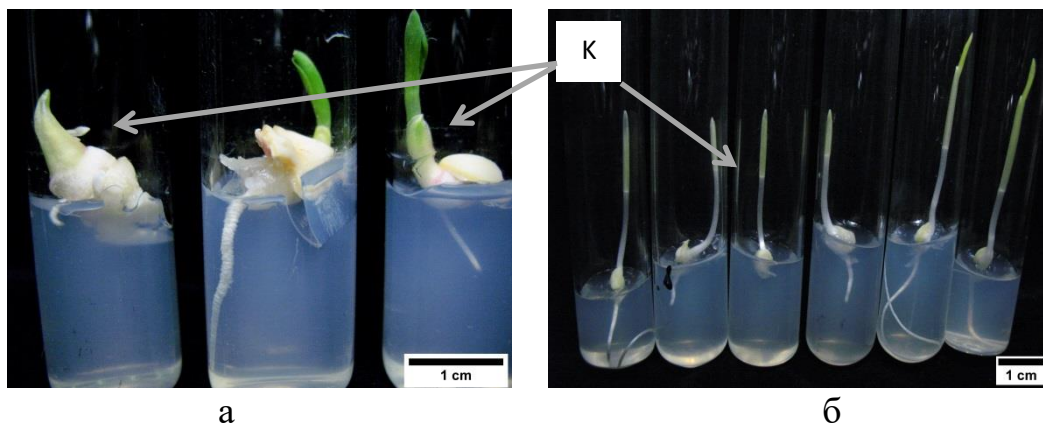
Насіння з умовно гаплоїдними зародками було одержано при штучному запиленні качанів простого експериментального гібрида 3455-19 пилком гаплоіндуктора TAILs(P1) створеного в міжнародному центрі CIMMYT.

Встановлено, що надійна диференціація гаплоїдних та диплоїдних зародків за морфологічним маркером можлива не раніше 28–30-ї доби після запилення гаплоіндуктором, коли зародки досягають розміру 5–6 мм. Більш того, іноді спостерігалася поява антоціанового забарвлення у зародків, попередньо ідентифікованих як гаплоїдні, через 6–7 діб після інокуляції на живильне середовище, що дозволило провести додатковий уточнюючий добір.

Спостереження показали, що обробка колхіцином за його додавання до живильного середовища мала післядію і негативно впливала на проростання зародків після їх пересадки на живильне середовище, яке не містило зазначеного диплоїдизуючого агенту. Зокрема, 45% оброблених зародків утворили колеоптиль, але не дали проростків, водночас сформувавши потужну кореневу систему. Варто зазначити, що в умовах *in vitro* гаплоїдні зародки зберегли притаманну їм особливість, яка є причиною істотного (до 40%) (Сатарова и др., 2013) зниження схожості насіння за сівби у ґрунт – вкорочений порівняно з диплоїдами колеоптиль (рис. 1). Але *in vitro* це не завадило необробленим гаплоїдним зародкам прорости з частотою близькою до 100%.

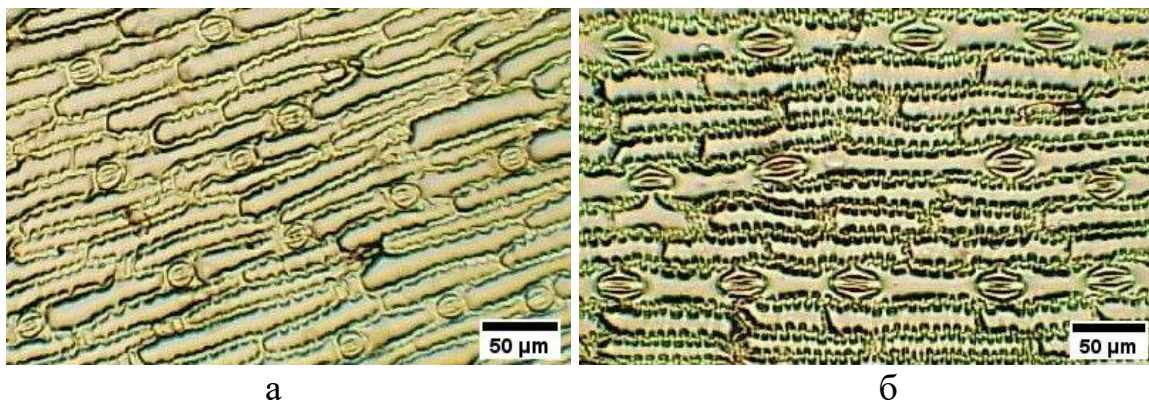
Більш інтенсивний ріст проростків спостерігався на живильному середовищі, яке використовується для одержання андрогенних рослин-регенерантів ячменю (Білинська, Дульнев, 2007) і відрізняється від мінімального середовища додаванням вітамінів та регуляторів росту. Але питання щодо позитивного впливу живильного середовища і окремих його компонентів на проростання та подальший ріст проростків, одержаних із підданих дії колхіцину зародків, потребує окремого більш детального вивчення з урахуванням рівня плідності проростків. Для визначення останнього показника нами було проаналізовано довжину замикаючих клітин

продихів листя рослин, які було одержано в культурі *in vitro* з умовно гаплоїдних зародків за обробки колхіцином і без обробки.



1. Проростання ізольованих зародків кукурудзи через шість діб:
а) гаплоїдних після обробки колхіцином (0,05% у складі живильного середовища, тривалість – 24 год); б) диплоїдних без обробки (К – колеоптиль).

Було підтверджено придатність цього методичного підходу для надійної диференціації рослин за рівнем плоідності (рис. 2). Зокрема, за використання методу реплік (Millstead et. al., 2020) було встановлено, що у диплоїдних рослин цей показник варіював від 32,7 до 38,9 мкм, а у гаплоїдів – від 20,1 до 24,6 мкм.



2. Замикаючі клітини продихів листків рослин кукурудзи: а) гаплоїдної; б) диплоїдної, одержаної після обробки ізольованих гаплоїдних зародків 0,05% розчином колхіцину.

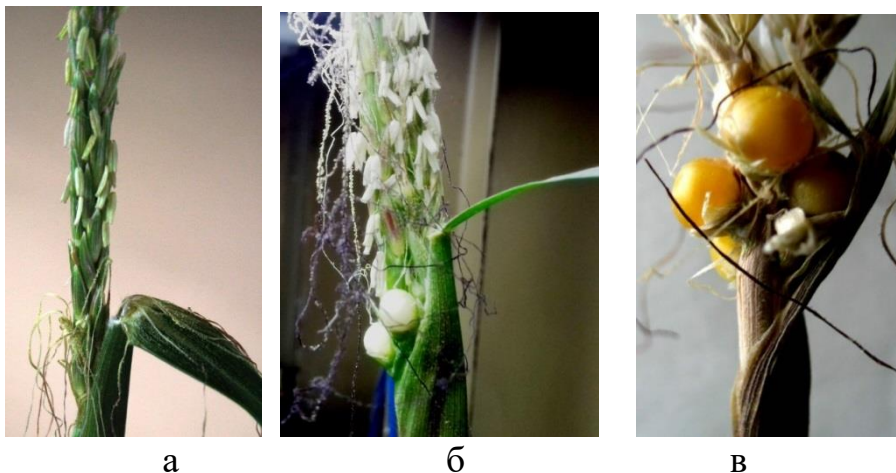
Рослини, одержані в ембріокультурі, які через 12–15 діб після інокуляції зародків на живильне середовище сформували кореневу систему, було пересаджено у невеликі (300 мл) ємкості з ґрунтовою сумішшю. Їх вирощували у світловій кімнаті за освітлення 7–10 клк на рівні культиватійної ємкості та 17–20 клк на рівні суцвіття (лампи OSRAM L36W/765, $t=23-25^{\circ}\text{C}$), а на початку вересня перенесли у теплицю і пересадили у ємкості об'ємом 8 л. Після зниження у неопалювальній теплиці температури до 10°C , рослини було знову перенесено у світлову кімнату. Незважаючи на невисокий для кукурудзи рівень освітленості, рослини сформували суцвіття і після цвітіння – зерно.

Висота рослин, які утворили насіннєве потомство, не перевищувала 80 см, а коренева система була значно компактнішою порівняно із коренями диплоїдної кукурудзи, що вирощувалася у польових умовах. Це свідчить про принципову можливість дорощування одержаних у літній період диплоїдизованих рослин без застосування потужних джерел освітлення і спеціальних кліматичних камер.

Серед рослин, одержаних із оброблених колхіцином ізолюваних зародків, частка диплоїдних становила близько 60%. Спостереження за їх ростом засвідчило наявність різних морфологічних аномалій. Так, у рослин, що мали диплоїдний статус за даними вимірювання довжини замикаючих клітин продохів, спостерігалось формування близької до нормальної волоті з нормальним пилком за відсутності початків або формувалися початки з недорозвинутою волоттю (рис. 3). Насіння зав'язалося на початках, які розташовувалися безпосередньо під чоловічим суцвіттям, що нагадувало колос (рис. 4).



3. Аномалії за морфологію у рослин кукурудзи, одержаних з ізолюваних зародків, підданих колхіцинуванню *in vitro*.



4. Цвітіння рослини кукурудзи, одержаної у культурі ізолюваних гаплоїдних зародків *in vitro*, які було піддано колхіцинуванню (а); зав'язування насіння (б, в).

Аналізуючи одержані результати, можна зробити висновок, що резервом для збільшення ефективності диплоїдизації *in vitro* є стимулювання проростання зародків після колхіцинування та оптимізація методики подвоєння хромосом у напрямі зменшення негативного впливу диплоїдизуючого агенту на регенерацію рослин. Для прискорення росту і розвитку рослин варто обладнати світлову кімнату LED-лампами з певними спектральними характеристиками, що сприятиме також й істотному зменшенню енерговитрат.

Література

1. Белинская, Е.В., Дульнев, П.Г. (2007). Модифицированный крахмал как компонент питательной среды для получения гаплоидов ячменя в культуре пыльников *in vitro*. *Физиология и биохимия культурных растений*. 39(2), 136–143.
2. Забирова, Є.Р., Чумак, М.В., Шацкая, О.А., Щербак, В.С. (1996). Технология массового ускоренного получения гомозиготных линий *Кукуруза и сорго*. 4. 219–226.
3. Патент на винахід Україна 118385, A01H 4/00, C12N 5/02 (2006.1). Спосіб отримання культури *in vitro* незрілих зародків ячменю / Білинська О. В.; Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва; а 2017 00177; заявл. 04.01.2017. Опубл. 10.01.2019.
4. Сатарова, Т. Н., Черчель, В. Ю., Черенков, А. В. (2013) *Кукуруза: биотехнологические и селекционные аспекты гаплоидии. Новая идеология*.
5. Тырнов, В.С., Завалишина, А.Н. (1984). Индукция высокой частоты возникновения матроклиных гаплоидов у кукурузы. *Доклады АН СССР*. 276(3), 735–738).
6. Barnabas, B. (2003). Anther culture of maize (*Zea mays* L.) In M Maluszynski, K.J. Kasha, B.P. Forster, I. Szarejko (eds.) *Doubled haploid production in crop plants. A manual*. Kluwer. (pp. 103–108).
7. Chaikam, V., Molenaar, W., Melchinger, A.E. (2019). Doubled haploid technology for line development in maize: technical advances and prospects. *Theor. Appl. Genet.* 132, 3227–3243. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03433-x>
8. Chase, S.S. (1969). Monoploids and monoploid derivatives of maize (*Zea mays* L.). *Bot. Rev. Agron. J.* 51, 928–933.
9. Millstead, L., Jayakody, H., Patel, H., Kaura, V., Petrie, P., Tomasetig, F., Whitty, M. (2020). Accelerating automated stomata analysis through simplified sample collection and imaging techniques. *Frontiers in Plant Science*. V. 11. P.1493–1507. doi.10.3389/fpls.2020.580389к
10. Murashige, T., Skoog, F. (1962). A revised medium for growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15, 473–497.
11. Patent US 718989, A01H 1/08. Doubling of chromosomes in haploid embryos /Barton, J. E., Wilmington, D.E., Maddock, S. E., inventors. Pioneer Hi-Bred International Inc., E. I. du Pont de Nemours and Company; assignee 09010216.1; applied on 20.09.2006. Published on 28.10.2009.
12. Rotarenco, V., Dicu, G., State, D., Fuia, S. (2010). New inducers of maternal haploids in maize. *Maize Genetics Cooperation Newsletter*. 84, 21–22.

ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF FORMATION OF YIELD AND QUALITY OF MILLET SEEDS

**V. Bilonozhko¹, S. Poltoretskyi², A. Yatsenko²,
N. Poltoretska², A. Berezovskyi²**

¹*Cherkasy National University named after Bogdan Khmelnytsky*

²*Uman National University of Horticulture*

The technology of cultivating seed and commodity crops has a number of differences. Many scientists on the study of formation peculiarities of crop qualities and yield properties of seeds indicate that high yields are not a guarantee of obtaining high crop qualities. In addition, there are data that seed quality decreases under the conditions of maximum yield. Thus, according to V. V. Lykhochvor (2007), the highest yield of seeds and its biological value is achieved at a yield level of 4.0–4.5 t/ha. Further increase of productivity, as well as its reduction beyond 3 t/ha, does not allow us to obtain high quality seed material.

Knowledge of crop biology, critical periods of its development, peculiarities of the reaction to abiotic, biotic and anthropogenic factors during the formation and development of seeds and reasons for its heterogeneity is important in the technology of plant cultivation.

The interconnection of the plant organism with the external environment begins with its formation. With regard to ontogenesis, a seed is the initial stage of plant development. Being formed on the maternal plant, seeds feel the influence of all conditions of the existence of this plant. Factors contributing to the successful growth and development of plants usually contribute to the formation of high-quality seeds and vice versa, those that inhibit plants also impair seed quality.

Growth and development of plants passes for a different combination of environmental conditions. In addition, seed developing on maternal plants is closely related to the leaves that supply photosynthesis products and with the root system providing it with water and nutrients. The level of such provision depends on the effect of environmental conditions. Some of them improve and the others worsen the optimum flow of metabolites to maturing seeds. However, even under the same conditions of ensuring seeds with nutrients, it is influenced by a number of factors, such as uneven length of daylight, quality and intensity of lighting, different temperature, etc. This is especially true for crops with a long period of flowering. As a result, seeds formed on the plant can be in different changing conditions of the external environment. The consequence of such influence of environmental factors is formed seed which, even within the limits of one inflorescence, can have different morphological and physiological parameters.

Thus, it is found that the duration of flowering, filling and maturing seeds in millet varieties on the territory of Ukraine varies from 12 to 50 days. At the same time, seeds are formed in different parts of the comfrey varying in linear dimensions and weight and in terms of seed quality.

It should be noted that millet has significant differences in a number of biological properties comparing with other plants of cereal family. First of all, it is

a great biological plasticity of the crop, a high tillering capacity (millet can form up to 10 or more stems), as well as a very high reproductive rate (grain number in the comfrey can range from 100 to 3000 or more). As a result, millet is capable of record yielding up to 20.1 t/ha.

There are significant differences in maturity in different millet varieties. Thus, its vegetation period varies more than 2.5 times – from 50 to 130 days.

One of the factors that influence seed quality is temperature and water regimes during its formation. Thus, the prolonged action of soil and air drought causes underdeveloped state of seeds. They are of low weight and later form weak sprouts. In addition, germination energy of underdeveloped seeds is elevated, so it is poorly preserved.

M. M. Kuleshov (1961) was engaged in a detailed study of the influence of weather conditions on plant development, as well as on the formation of crop qualities and yield properties of seeds. Thus, he found that during the years of high temperatures and a significant lack of moisture, especially during the critical period of crop development, processes of flowering and fruiting of corn seeds lengthened to almost 40 days, the proportion of pollinated cobs was 41 %, with a yield of 13.3 c/ha seeds. However, in the years favorable for development of seeds, when the average daily temperature and humidity were within the mean long-term values, the duration of pollination was only six days, the share of pollinated cobs was 97 % and the yield was 59.4 c/ha. At the same time, the author notes that not simultaneous development of plants affects the seed heterogeneity within the variety by cultivating qualities and yield properties.

Other scientists indicate that the biological heterogeneity of seeds is due to not simultaneous flowering and appearance of reproductive organs. Thus, according to the results of E. G. Kyzilova's research (1974), the dependence of corn seed quality on the course of temperatures in the period of pollination-fertilization was manifested in different germination energy of seeds and the strength of their initial growth. In the first two days of pollination, the average air temperature was only 12–14 °C and its relative humidity was 60–70 %. This led to the formation of seeds with reduced crop qualities, germination energy decreased by 3–4 % compared with that in seeds formed at air temperature at the level of 20–22 °C. Plants formed from seeds with reduced germination energy, had slower growth and development.

According to the results of scientist observations, millet also has a significant unevenness in maturing seeds and a strong ability to fall. So, seeds from the upper part of the comfrey ripen the first and have the greatest weight. However, at the time of maturing seeds in the lower part of it, it already falls. In the same period, stems and leaves remain green. Such features are quite valuable because in the case of drought or premature mowing, the formation of seeds can continue due to the nutrients of stems and leaves.

The same dependence is found concerning other crops. Thus, Y. B. Konovalov (1963) noted that there is a certain correlation between the level of yield, the amount of precipitation and the average daily air temperature in different periods of vegetation for wheat.

Similar data were obtained for rice by M. P. Krasnook with collaborators

(1975). In experiments of V. M. Romanchev (1960), in the early sowing period, the formation of buckwheat grain occurs under less favorable conditions (low positive temperature, excessive precipitation and shortage of solar insolation) which leads to a significant shortage of seed yield (2 c/ha per average yield of 12–14 c/ha). Other properties of seeds also change. So, the phenomenon of seed hardness in perennial legumes is also often the result of arid weather conditions at the time of maturation. Under the influence of weather conditions, husk content and chemical composition of seeds change in cereal crops.

Millet belongs to heat-loving crops which has no signs of winter resistance (at the temperature of +1 °C it damages and at the temperature of –2...–3 °C it dies). Unlike other cereals, millet endures high temperatures quite easily. Thus, even at +40 °C, its ophthalmic cells retain elasticity for 48 hours and photosynthesis does not stop even at +45 °C and above.

As a plant of a short light day, millet matures the fastest under intensive lighting conditions at 10–12 hour light day. However, an increase in light duration during the vegetative period slows down its transition to generative development, with the formation of larger leaf mass and subsequently increasing yields.

The scientific literature also has information on the influence of lighting conditions on the formation of reproductive organs of millet plants and the quality of future harvest. Thus, scientists note that especially sensitive plants of millet to the intensity of illumination. The insufficient intensity of light during the flowering-fruitletting period causes complete infertility of ears and under optimal conditions there is an accelerated transition of plants to fruiting and high quality seeds are formed. In addition, the authors emphasize that different millet varieties show different requirements for the intensity of lighting.

The influence of light on plants is versatile and it acts not only as a source of energy but also as a kind of regulator or stimulus. A characteristic example of such an effect is the photosensitivity of plant seeds. The reaction of seeds to light in different species of plants has its own distinctive features. Thus, seeds of some crops for its action increase their crop qualities, while in others there is the inhibition of germination. There are also plants which seeds are neutral in this respect.

Accumulation of organic matter in the process of photosynthesis has its own features in millet plants. Thus, millet photosynthesis is of type C₄. It is very economical with respect to moisture, C₄-plants produce almost twice the amount of carbohydrates per unit of absorbed water compared to C₃-plants and at the elevated temperatures this difference is still increasing. As a typical representative of crops with C₄ photosynthesis type, millet uses nitrogen more efficiently and accumulates a large amount of dry matter per unit of digestible nitrogen. Therefore, even under adverse conditions in critical periods of growth and development, it can form a high level of full harvest. Speaking about the above-mentioned crops with C₄ photosynthesis type, it can be concluded that their high productivity exceeds the productivity of plant crops of C₃-type almost twice, as well as the high resistance of such plants to adverse environmental conditions.

A number of scientists also indicate the influence of weather conditions on individual growth stages and the millet development on the formation of its

productive and qualitative properties. So, by drought tolerance millet is one of the first among field crops. Under the conditions of prolonged drought, millet seeds can be 30–40 days or more in anabiosis, without losing vitality. When raining, millet seeds sprout and quickly form a secondary root system characterized by a significant efficiency to use even a small amount of rain. The value of the transpiration coefficient from 162 to 447 suggests that millet requires much less moisture than other cereals for the formation of a dry matter unit and even if it is sufficiently moisturized it continues to consume moisture economically.

According to the data of R. Tretiakov (1963) and a number of other scientists [468, 469], millet is able to restore the turgor even after 45 hours of drought, the yield loss does not exceed 30 % and thousand-kernel weight – 20–25 %.

According to the results of observations by M. A. Murzamadiyeva (1975), the easiest millet tolerates drought in the beginning (the period of sprouts-stem elongation), as well as at the end of the vegetation (the maturing phase). However, the lack of moisture during the period of ear emergence and maturing significantly reduces the number of fruiting ears in the comfrey. Also, weight characteristics of seeds are also worsened (its thousand-kernel weight and grain unit). In addition, according to O. I. Rudnik-Ivashchenko (2009), during the formation and filling grain, more protein content accumulates in the weather conditions with high temperature and reduced air humidity of.

It is known that the excess moisture of soil and air during seed formation also have a negative impact on its qualitative indicators. Under such unfavorable conditions, fungal diseases of plants are strongly developed and the intensity of respiration is sharply increased. The consequence of such phenomena is the increased hydrolysis of organic matter in grain and the outflow of products of hydrolysis into leaves, stalks and partly to the root system.

It is also known that different varieties of origin react differently to the influence of weather factors of the harvesting year. According to E. Nesterenko (1962), depending on the weather conditions, seed quality of different wheat varieties varies unevenly. Thus, thousand-kernel weight of Skelia variety varied from 31.5 to 42.5 g and of Diamand variety from 24.1 to 39.4 g.

Zone conditions of cultivating different varieties of millet grain also affect the yield level and grain quality. E. G. Kizilova (1974) notes that geographic conditions significantly affect seed quality and overlap varietal differences by 9–16 %.

The investigations carried out under the conditions of Kyiv region showed a significant influence of soil and climatic conditions on the yield properties of millet seeds. So, Soniachne variety yield in 1982, sown with seeds grown in Kopylovo experimental farm (Makariv district, Kyiv region), amounted to 42.6 c/ha (check variant). When it was sown with seeds of the same variety but reproduced in 1981, this indicator increased by 4.2–8.4 c/ha in variety test plots of Forest-Steppe and Steppe zones.

However, according to the results of a complex ecological varietal testing of grain of millet varieties in terms of genotypic and ecological effects and the maximum productivity potential performed by O. I. Rudnik-Ivashchenko (2011), it is found that the soil and climatic conditions are the main factor for the grain formation than the zone of growing millet. In this case, among the ecological niches,

the following areas, such as Cherkasy, Chernigiv and Ivano-Frankivsk, were noted as the most favorable for the cultivation of new varieties of millet by the author. In comparison with the average yield of varietal testing, their increase ranged from 0.37 to 2.03 t/ha.

Consequently, the formation and development of millet seeds does not occur at the same time, respectively, and the availability of its nutrients is also uneven. This level is associated with the intensity of photosynthesis and the supply of mineral nutrients, which, in turn, are determined by the conditions of the external environment. The establishment of the relationship between these conditions and corresponding quality indicators of seeds is not only of scientific interest, because morphological, physiological and biochemical properties influence the seed quality of the seed material.

РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО ЛЬНУ-ДОЛГУНЦУ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ СЕЛЕКЦИИ

В. З. Богдан, Т. М. Богдан, М. А. Литарная, С. А. Иванов

РУП «Институт льна», Республика Беларусь

Гибридизация, как метод селекции, не смотря на широко используемые в настоящее время биотехнологические методы, методы генетической инженерии, является неоспоримо важной и востребованной. Она включает комплекс приемов, направленных на получение гибридных растений с изменением наследственности и использованием её для выведения новых сортов. Создавая гибридизацией нужный исходный материал, удастся значительно ускорить ход селекционного процесса. Последовательным скрещиванием наследственно расщепляющихся родительских форм селекционеры создают новые формы растений.

Гибридизацию относят к категории комбинативной селекции, так как основной целью при этом является получение потомства с новой совокупностью генетически обусловленных признаков и свойств. Последующим отбором и направленным воспитанием гибридного потомства новые ценные признаки и свойства закрепляются и усиливаются.

В период 2015-2020 годов с использованием внутривидовой гибридизации и последующего многократного индивидуального отбора в РУП «Институт льна» Республики Беларусь были созданы и в последствие районированы по республике новые сорта льна-долгунца различных групп спелости Лада, Мара, Маяк, Рубин, Дукат, Талер[1].

Данные сорта обладают высокими и стабильными урожаями льнопродукции, устойчивы к воздействию неблагоприятных биотических и абиотических условий среды, обеспечивают получение относительно высокого качества льноволокна.

Представлена характеристика современных сортов льна-долгунца в сравнении с сортом-контролем, принятым в государственном сортоиспытании Республики Беларусь.

Сорт Лада. Создан методом межсортовой ступенчатой гибридизации сортов Вита х (Призыв 81 х Л-49) с последующим многократным индивидуальным отбором элитных растений. Среднеспелый, высокорослый. По данным государственного сортоиспытания (2012-2014 гг.) средняя продолжительность вегетационного периода составила 82 дня, у сорта-контроля Алей – 81 день. Средняя урожайность льносоломы – 87,9 ц/га, что на 17,8% выше контроля; максимальная – 160 ц/га получена на ГСХУ «Горецкая СС» в 2014 году. Средняя урожайность тресты – 65,3 ц/га или 115,8% к контролю; общего волокна – 23,5 ц/га или 108,3% к контролю. Максимальная урожайность тресты – 92,9 ц/га, общего волокна – 29,7 ц/га получены на ГСХУ «Молодечненская СС» в 2013 году. Качество волокна выше, чем у контроля. Устойчив к фузариозному увяданию и полеганию [2], (рисунок 1). Включён в Госреестр сортов по Республике Беларусь с 2015 года.

Сорт Мара. Создан в результате многократного индивидуального отбора из гибридной популяции, полученной от скрещивания сортов Вита х Блакит. Позднеспелый. По данным государственного сортоиспытания (2013-2015 гг.) средняя продолжительность вегетационного периода составила 79 дней, у сорта-контроля Могилёвский – 80 дней. Средняя урожайность льнотресты составила 66,0 ц/га, общего волокна – 18,6 ц/га, что на уровне контроля. Максимальная урожайность тресты – 144 ц/га, общего волокна – 37,0 ц/га получена на ГСХУ «Горецкая СС» в 2014 году.

Содержание общего волокна в тресте составило 28,2%, что на 0,7 процентных пункта выше, чем у контроля Могилевский. Содержание длинного волокна – 19,2%, что на 1,0 процентный пункт выше контроля. Средний номер длинного трепаного волокна – 12, расчётная добротность пряжи – 13,7 км (на уровне контроля). Устойчив к фузариозному увяданию и полеганию [3], (рис. 1). Включён в Госреестр сортов по Республике Беларусь с 2016 года.

Сорт Маяк. Создан в результате многократного индивидуального отбора из гибридной популяции, полученной от скрещивания сортов И-9 х Весна. Раннеспелый. По данным государственного сортоиспытания (2014-2016 гг.) средняя продолжительность вегетационного периода составила 77 дней, также как у сорта-контроля Ярок. Средняя урожайность льнотресты – 59,0 ц/га или 104% к контролю, льноволокна – 18,2 ц/га или 105,8% к контролю. Сорт высоковолокнистый: содержание общего волокна в тресте составило 30,4%, в том числе длинного 14,2%, что является на уровне контроля. Средний номер длинного трепаного волокна – 12,3 (выше контроля на 0,3 номера), расчётная добротность пряжи – 13,6 км (на уровне контроля). Устойчив к фузариозному увяданию, высокоустойчив к полеганию [4], (рисунок 2а). Включён в Госреестр сортов по Республике Беларусь с 2017 года.



1. Фаза цветения у сортов льна-долгунца Лада и Мара

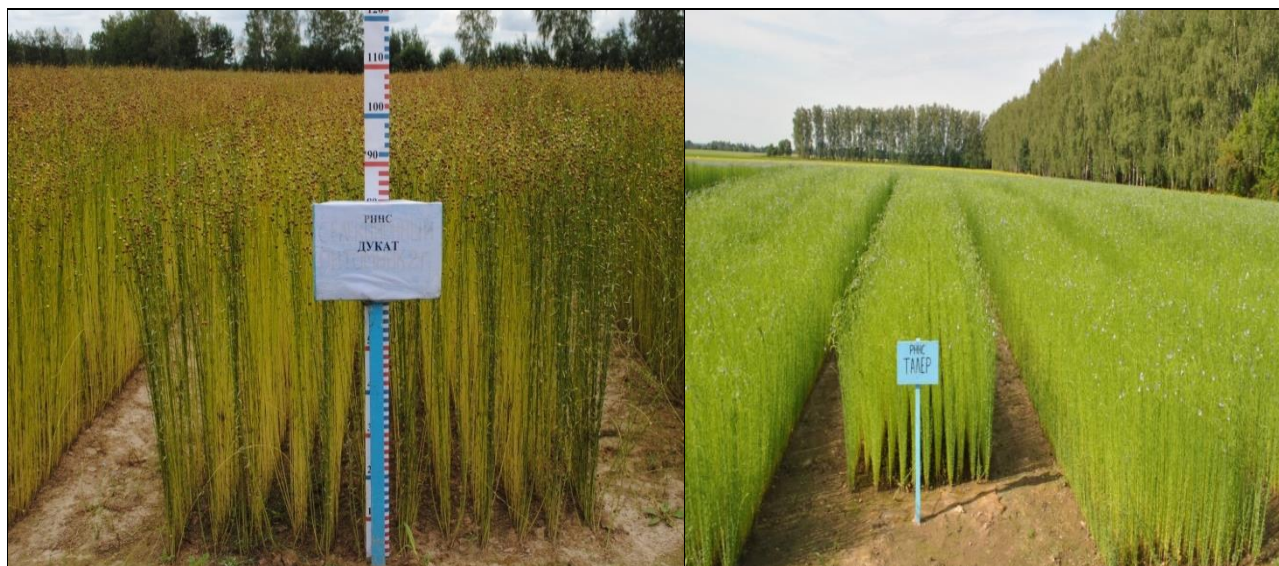
Сорт Рубин. Создан в результате многократного индивидуального отбора из гибридной популяции, полученной от скрещивания сортов Вита и Весна. Среднеспелый. По данным государственного сортоиспытания (2014-2016 гг.) средняя продолжительность вегетационного периода составила 74 дней как у сорта-контроля Алей. Средняя урожайность льнотресты 56,5 ц/га или 105,0% к контролю, льноволокна – 16,4 ц/га (на уровне контроля). Содержание общего волокна в тресте составило 28,5%, в том числе длинного 13,7%, что на уровне контроля. Среднеустойчив к фузариозному увяданию, высокоустойчив к полеганию. [4], (рисунок 2б). Включён в Госреестр сортов по Республике Беларусь с 2017 года.



а б
2. Сорта Маяк (а), Рубин (б) в фазу цветения

Сорт Дукат. Создан в результате многократного индивидуального отбора из гибридной популяции, полученной от скрещивания сортов Весна × Ярок. Раннеспелый. По данным государственного сортоиспытания (2016-2018 гг.) средняя продолжительность вегетационного периода составила 81 день как у сорта-контроля Ярок. Средняя урожайность тресты – 46,4 ц/га, общего волокна – 13,5 ц/га, в т.ч. длинного – 7,0 ц/га, что находится на уровне контроля. Среднее содержание общего волокна в тресте – 29,4% (на уровне контроля). Средний номер тресты – 1,1, у контроля – 0,97. Качество длинного трепаного волокна – 10,6, что на 0,5 номера выше контроля. Устойчив к фузариозному увяданию и полеганию. Включён в Госреестр сортов по Республике Беларусь с 2019 года (рисунок 3).

Сорт Талер. Создан в результате многократного индивидуального отбора из шестого поколения гибридной популяции, полученной от скрещивания сортов Блакит × Ярок. Позднеспелый. По данным государственного сортоиспытания (2016-2018 гг.) средняя продолжительность вегетационного периода составила 81 день, у сорта-контроля Могилёвский – 82 дня. Средняя урожайность тресты – 49,7 ц/га или 102% к контролю, общего волокна – 16,5 ц/га или 111,4% к контролю. Среднее содержание общего волокна в тресте – 30,5%, что на 0,7 процентных пункта выше, чем у контроля. Средний номер тресты – 0,96, у контроля – 0,87. Качество длинного трепаного волокна на уровне контроля. Сорт Талер характеризуется высокой устойчивостью к фузариозному увяданию и к полеганию (рисунок 3). Включён в Госреестр сортов по Республике Беларусь с 2019 года.



3. Сорт льна-долгунца Дукат в период созревания и сорт Талер в фазу цветения

Сорт Алтын. Создан в результате многократного индивидуального отбора из сложной гибридной популяции, полученной от скрещивания сорта Блакит и линии, полученной в результате гибридизации сортов Вита × Люда. Среднеспелый. По данным государственного сортоиспытания (2018-2020 гг.) средняя продолжительность вегетационного периода составила 81 день, у

сорта-контроля Алей – 79 дней. Средняя урожайность тресты – 55,1 ц/га или 109,1% к контролю, общего волокна – 14,1 ц/га или 114,6% к контролю. Среднее содержание общего и длинного волокна в тресте – 27,5 и 14,1% соответственно, что находится на уровне контроля. Средний номер тресты – 0,92, у контроля – 0,87. Качество длинного трепаного волокна – 10, что на уровне контроля. Устойчив к фузариозному увяданию и к полеганию (рисунок 3). Включён в Госреестр сортов по Республике Беларусь с 2021 года.

Литература

1. Semashko, T.V., Lyubovitskiy, S.A., Savchenko, T.V., Dubovtsova, T.I., Loban, E.M. Pavlovich, E.A., & Gribko E.V. (2020). Fibre-flax. V.A. Beinya (Ред.), *Gosudarstvenny reestr sortov [State register of varieties]*. (pp.45-46). Minsk: Unitary Enterprise «ITC of the Ministry of Finance».
2. Beinya, V.A. (Ред.). (2015). В *Sorta, vklechennye v gosudarstvennyi reestr, – osnova vysokikh urozhaev: kharakteristika sortov, vklechennykh v gosudarstvennyi reestr sortov s 2015 goda [Varieties included in the state register are the basis for high yields: characteristics of varieties included in the state register of varieties since 2015]* (part X, pp 47-48). Minsk: StroyMediaProject.
3. Beinya, V.A. (Ред.). (2016). В *Sorta, vklechennye v gosudarstvennyi reestr, – osnova vysokikh urozhaev: kharakteristika sortov, vklechennykh v gosudarstvennyi reestr sortov s 2016 goda [Varieties included in the state register are the basis for high yields: characteristics of varieties included in the state register of varieties since 2016]* (part XI, pp 38-39). Minsk: ITC "Ministry of Finance".
4. Beinya, V.A. (Ред.). (2017). В *Sorta, vklechennye v gosudarstvennyi reestr, – osnova vysokikh urozhaev: kharakteristika sortov, vklechennykh v gosudarstvennyi reestr sortov s 2017 goda [Varieties included in the state register are the basis for high yields: characteristics of varieties included in the state register of varieties since 2017]* (part XII, pp 84-85). Minsk.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПО ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ

В. З. Богдан, Т. М. Богдан, М. А. Литарная, И. Н. Блохина
РУП «Институт льна», аг. Устье, Беларусь

Лен-долгунец имеет большое экономическое значение для народного хозяйства Беларуси. Волокно этой культуры имеет уникальные свойства. Это незаменимое сырье для текстильной промышленности. Поэтому одной из задач развития льноводства в стране является повышение качества льнопродукции. Достичь высокого качества льнопродукции, ее рентабельной реализации возможно не только соблюдая агротехнические мероприятия по возделыванию и переработке льна, но и с помощью селекции. При этом основой любого селекционного процесса является наличие исходного материала с широкой генотипической изменчивостью.

Генофонд мировой коллекции *Linum usitatissimum* L. является источником ценных морфологических, биологических и хозяйственно ценных признаков, а степень его изученности во многом определяет успех селекции [1]. В РУП «Институт льна» сосредоточение потенциала ценных генов для создания новых сортов является генетический фонд льна, который насчитывает 931 образец различного эколого-географического происхождения, из них 628 льна-долгунца и 303 – льна масличного.

Цель исследований – оценить образцы коллекции льна-долгунца и выделить источники хозяйственно ценных признаков для селекции.

Исследования проводились в 2018–2020 гг. Питомник изучения исходного материала состоял из 42 образцов льна-долгунца различного эколого-географического происхождения и размещался в селекционном севообороте РУП «Институт льна».

Почва опытных участков дерново-подзолистая среднесуглинистая, развивающейся на лессовидном суглинке, подстилаемой с глубины 1 м мореным суглинком, среднеобеспеченная по содержанию основных элементов питания: pH_{KCl} 4,9–5,8, P_2O_5 – 130,0–375,3 мг/кг почвы, K_2O – 93,8–143,0 мг/кг почвы. Содержание гумуса в пахотном горизонте составило $\approx 1,9$.

Метеорологические условия в годы проведения исследований характеризовались различным температурным режимом, значительной периодичностью и характером выпадения осадков: гидротермический коэффициент (ГТК) вегетационного периода 2018 года и 2019 года составил 1,47 и 1,62 соответственно (оптимально влажный), 2020 года – 1,83 (избыточно влажный), что позволило объективно дать оценку исходного материала [2].

Закладка опытов, проведение учетов и сопутствующих наблюдений проводились в соответствии с методическими указаниями по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) [3]. Сорта-контроли высевали через каждые 20 делянок, в качестве которых в системе Государственного испытания сортов в настоящее время используются Ярок (раннеспелый), Алей (среднеспелый) и Могилевский (позднеспелый).

По группам спелости образцы распределились следующим образом: у раннеспелых продолжительность вегетационного периода составила 66–77 дней (15 образцов или 35,8%), у среднеспелых – 78–80 дней (13 образцов или 30,9%), у позднеспелых – 81 день и более (14 образцов или 33,3%). В среднем за 2018–2020 гг. период вегетации в коллекции изучения варьировал от 66 дней (ВИР-12, ВИР-17 (Россия)) до 90 дней (Л-35-4-5-1-2, Белоснежка (Россия)). Образцы В-154 (Литва), Тост 1, ВИР-12, ВИР-13, ВИР-14, ВИР-17 (Россия) достоверно ($НСР_{0,05} = 2,8$) раньше созревали от контроля Ярок, у которого вегетационный период составил 77 дней. Наиболее продолжительным период вегетации был в 2018 году и в среднем по всем изучаемым образцам льна-долгунца составил 85 дней (с варьированием от 71 (ВИР 12) до 99 дней (Белоснежка (Россия))).

Образцы коллекции оценивали по общей высоте растений, так как низкорослые образцы нецелесообразно использовать с селекции на повышение урожайности и качества льноволокна. Выделено 24 образца льна-долгунца с высотой растений выше 80,0 см, однако достоверно превосходили наиболее высокорослый контроль Могилевский (88,2 см) три образца – Сальдо × Родник (Россия), HeiYa 8, China 1 TMP1919 (Китай) (табл.).

Характеристика образцов льна-долгунца, выделившихся по одному или нескольким хозяйственно ценным признакам

Название образца	Высота, см	Период веге- тации, суток	Урожайность, г/м ²				Содержание волокна, %		Масса 1000 семян, г
			семян	тресты	волокна		общего	длин- ного	
					общего	длин- ного			
Ярок (к.)	84,6	77	57,4	413,8	120,3	99,9	29,0	24,1	4,55
Алей (к.)	82,6	80	68,8	437,4	130,7	109,5	29,7	24,8	4,41
Могилёв-ский (к.)	88,2	81	56,1	429,6	126,3	106,4	29,4	24,7	4,36
Lino de fibra	68,5	78	69,6	307,8	59,7	46,7	19,3	15,0	5,66
Белоснежка	73,2	90	57,1	371,1	86,1	62,2	23,2	16,8	5,28
Kaliakra	84,4	82	68,5	456,7	112,6	82,8	24,7	18,0	5,78
SV 661654, 79- 39725	65,6	82	57,1	300,0	61,7	47,8	20,6	15,9	5,75
Норд	86,1	78	61,6	454,4	147,8	128,3	32,4	28,0	4,63
Добрыня	81,3	77	66,6	403,3	133,8	113,9	33,1	28,2	4,81
Дипломат	82,8	81	63,6	432,8	140,9	118,9	32,6	27,6	5,20
B-154	77,7	70	40,8	370,6	116,9	100,0	31,7	27,2	4,21
Тост 1	76,9	73	65,0	389,4	110,2	91,1	28,4	23,5	4,21
Поліський 4	76,6	77	86,1	376,6	75,9	58,9	20,2	15,7	4,70
ВИР-12	72,9	66	33,2	292,8	75,4	60,6	25,9	20,8	3,64
ВИР-13	86,0	71	30,5	394,4	111,5	93,9	28,5	23,9	3,84
ВИР-14	74,8	67	32,1	345,6	93,4	76,1	27,2	22,2	3,74
ВИР-17	69,0	66	38,5	307,8	84,4	67,2	27,5	21,8	3,65
Львовський 6	64,9	78	86,1	342,8	69,0	45,6	20,1	13,3	5,09
Львовський 8	72,9	81	88,9	435,0	81,0	58,9	18,7	13,7	5,30
Нейуа 8	96,7	85	51,6	495,6	122,0	94,4	24,5	19,1	5,11
Есмань	89,1	83	59,1	472,2	137,6	109,4	29,1	23,2	5,01
Міандр	82,4	83	90,4	470,6	96,5	79,4	20,4	16,9	4,91
Иванівський	74,3	82	97,0	397,2	93,9	65,6	23,6	16,5	4,84
Venus	82,8	82	85,1	450,6	92,5	70,0	20,7	15,7	4,43
Л-35-4-5-1-2	68,4	90	87,0	390,0	82,7	61,1	21,0	15,6	5,78
Союз	89,6	83	69,5	500,0	117,6	92,2	23,6	18,5	4,81
Тонус	84,1	80	72,9	466,1	153,8	130,6	32,9	27,7	5,22
China 1 TMP1919	99,3	86	59,9	535,0	109,3	85,6	20,3	15,8	5,46
Парус	80,9	78	54,4	385,6	124,8	104,4	32,4	26,9	4,45
Цезарь	76,8	77	59,1	366,7	122,6	105,0	33,3	28,3	4,27
Сальдо × Родник	92,7	80	64,2	465,0	124,7	102,8	26,8	22,1	4,79
Vera	76,4	79	59,7	360,0	87,6	68,1	24,5	19,0	5,02
НСР ₀₅	4,3	2,8	13,3	37,4	13,5	12,9	2,4	2,5	0,30

Сравнение показателей хозяйственно ценных признаков проводили с контролем соответствующей группы спелости. Наибольшей продуктивностью тресты в группе среднеспелых характеризовались образцы Сальдо × Родник (465,0 г/м²), Тонус (466,1 г/м²), среди позднеспелых – Союз (500,0 г/м²) (Россия), Міандр (470,6 г/м²), Есмань (472,2 г/м²) (Украина), China 1 TMP1919 (535,0 г/м²), Heiua 8 (495,6 г/м²) (Китай).

По урожайности общего и длинного волокна было выделены образцы Норд и Тонус (Россия), которые значительно превосходили контроль Алей, с урожайностью 147,8 и 153,8 г/м², 128,3 и 130,6 г/м² соответственно.

Одним из основных показателей селекционной ценности образцов льна-долгунца является содержание волокна в тресте. Содержание общего волокна в питомнике изучения варьировало от 18,7% – Львовскій 8 (Украина) до 33,3% – Цезарь (Россия). В качестве источников высокого содержания общего волокна выделено 6 образцов льна-долгунца различных групп спелости: Добрыня, Цезарь (раннеспелые), Парус, Норд, Тонус (среднеспелые), Дипломат (позднеспелый) (Россия), которые значимо превосходят соответствующие контроли. По содержанию длинного волокна выделены литовские образцы В-192 (27,0%), В-154 (27,2%) и российские – Добрыня (28,2%), Цезарь (28,3%), Норд (28,0%), Тонус (27,7%), Дипломат (27,6%), которые достоверно превосходят контроли соответствующей группы спелости.

Важный элемент характеристики образцов коллекции льна-долгунца – урожайность семян. Из 42 образцов коллекции 7 обеспечили значимо ($HSP_{0,05} = 13,3$) большую урожайность семян, чем наиболее продуктивный контроль Алей (68,8 г/м²). Высокой урожайностью семян характеризовались украинские образцы Иванівський (97,0 г/м²), Міандр (90,4 г/м²), Львовскій 8 (88,9 г/м²), Поліський 4 и Львовскій 6 (86,1 г/м²), российские – Л-35-4-5-1-2 (87,0 г/м²), португальский – Venus (85,1 г/м²).

Масса 1000 семян варьировала от 3,64 г (ВИР-12) до 5,78 г (Л-35-4-5-1-2, Kaliakra). Высокой массой 1000 семян (более 5,50 г) характеризовались образцы SV 661654,79-39725 (Швеция), Л-35-4-5-1-2 (Россия), Kaliakra (Болгария) и Lino de fibra (Чили), у которых данный показатель составил 5,74 г, 5,78 г, 5,78 г и 5,66 г соответственно.

Таким образом, в результате изучения 42 образцов льна-долгунца различного эколого-географического происхождения за 2018–2020 гг. выделен новый исходный материал, сочетающий в себе комплекс основных хозяйственно ценных признаков: Міандр (Украина), Сальдо × Родник, Норд, Тонус (Россия), Heiua 8, China 1 TMP1919 (Китай), использование которых будет способствовать созданию новых конкурентоспособных сортов льна-долгунца.

Литература

1. Galkin, F. M. & Ryabenko, L. G. (2002) *The use of the world collection of VIR in the selection of new flax varieties* [Bulletin of scientific and technical information on oilseeds of VNIIMK], Issue 126, 39–45. [in Russian].
2. Mel'chakova, N. V. (Ed.). (2018–2020) *Agrometeorological bulletin*. Minsk:

State Institution «Republican Center of Hydrometeorology, Control of Radioactive Contamination and Environmental Monitoring». [in Russian].

3. Bogdan, V. Z., Ivanova, E. V. & Andronik, E. L. (2011). *Methodological guidelines for the study of the flax collection (Linum usitatissimum L.)*. Ust'e: Institut l'na. [in Russian].

ВІЛЬНИЙ ПРОЛІН У РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ПОЧАТКОВИХ ЕТАПАХ ПРОРОСТАННЯ ЯК ПОКАЗНИК ОЦІНКИ СТРЕС-СТІЙКОСТІ

Л. І. Броннікова, Л. О. Хоменко, І. Б. Ковалишин

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України

e-mail: Zlenko_lora@ukr.net

Сучасний стан екології висуває перед біологічними науками завдання скорочення строків отримання форм рослин із стійкістю до абіотичних стресів. Це стосується і пшениці озимої (*Triticuma estivum*), оскільки вона є стратегічною культурою для нашої держави. Пришвидшення селекційного процесу можливе лише за умов дослідження організму на всіх стадіях розвитку, починаючи із найбільш ранніх. Таким чином можлива динамічна оцінка метаболізму в нормі та за стресових умов, будуть встановлені ключові механізми стрес-ствійкості.

В зв'язку із цим на перший план виступає задача встановлення достовірних маркерів контролю життєдіяльності організму, параметра, який би міг адекватно реагувати на зовнішній вплив. У такий спосіб може проявитися різниця/контраст у реакціях чутливих і стійких генотипів. Таким загальновизнаним показником є вміст вільного *L*-проліну (*pro*) – амінокислоти, що діє як неспецифічний стресовий протектор [1].

Відомо, що насіння у стадії спокою є найбільш стійкою формою рослини. В той же час проростки чутливі до стресового ураження. Метою даного дослідження був аналіз рівня вільного проліну у пшениці озимої на ранніх етапах розвитку

Об'єктом дослідження були молоді проростки генотипів пшениці озимої, із різним ступенем жаростійкості розвинутих вегетуючих рослин (генотип 1 < генотип 2 < генотип 3) Оцінювали активність проростання, розвиток на початкових етапах онтогенезу (морфо метричні показники) та вміст вільного проліну (*pro*). Температурну обробку проводили за методикою, яка полягає у зануренні сухого насіння у воду ($t^{\circ} 56^{\circ} \text{C}$) та витримуванні за стресових умов впродовж 20 хвилин. Подальше пророщування здійснювали на зволоженому фільтрувальному папері за температури 20-21⁰. Схожість насіння визначали за методикою Держстандарту України (1994) [2]. Контролем слугували зернівки, замочені у проточній воді. Вміст вільного проліну визначали за методикою [3] на початкових етапах набухання зернівки

(1-а доба після замочування) та на 10-ту добу експерименту. У першому випадку аналізували весь проросток у другому використовували лише надземну частину. Для забезпечення необхідної біомаси тканини із 15 – 20 рослин подрібнювали, змішували і відбирали із суміші сукупну наважку. Схожість насіння визначали на 10-ту добу в% до всієї (300 шт.) кількості зерен.. Дослід здійснювався у триразовій біологічній повторюваності. Статистичну обробку результатів проводили за методикою Доспехова Б.А. [4].

Аналізували післядію температурного стресу на проростання зернівок генотипів пшениці озимої. За кількістю пророслого насіння (10-а доба) досліджувані генотипи розподілялись наступним чином: 15,8, 27,0 і 57,0% генотипи 1, 2, 3, відповідно. За той же період лінійна довжина надземної частини у генотипів 1, 2, 3 досягала: 10 – 15см; 12 – 18см; 18 – 20см, відповідно

Рівень *pro* у молодих проростків суттєво залежав від умов зовнішнього впливу. Цей параметр, виміряний на 1-у добу після температурного стресу, суттєво переважав цей параметр у контрольних рослин. За вмістом проліну генотипи розподілялись: генотип 1 < генотип 2 < генотип 3.. Із збільшенням строку проростання рівень амінокислоти суттєво знижувався незалежно від умов досліду (нормальні умови, термальна обробка).

Ця подія проявлялась як на 1-у, так і на 10-у доби експерименту. Тобто можливо припустити, що цей феномен є стабільною характеристикою життєдіяльності конкретного генотипу. Утворений *pro* міг виступати джерелом азоту та вуглецю. На це вказують формування та зростання вегетативних органів проростків. Варіабельність у лінійних розмірах імовірно виникла в результаті різної швидкості проростання.

При проростанні у насінні проходить процес масового гідролізу білків. Оскільки зернівки витримувались на воді за відсутності мінерального живлення, то джерелом сполуки за будь-яких умов виступали збагачені проліном білки клітинної стінки [5]. В той же час *pro* міг утворюватись і в результаті гідролізу білків ендосперму. Гліадини, особливо ω -гліадини майже повністю складаються із повторюваних залишків глютаміну та проліну [6, 7].

Культивування за нормальних умов, а також дія помірних стресів не завжди створює можливість встановити рівень стійкості окремого генотипу. Особливо це позначається при аналізі рослин із сформованими функціональними органами, які здатні підтримувати життєдіяльність цілісної рослини за рахунок транспорту та перерозподілу органічних компонентів, який має місце. Зміни, які фіксуються, є наслідками різноманітних неспецифічних та індивідуальних фізіологічних реакцій. З іншого боку аналіз змін, що спостерігаються у молодих проростків із обмеженим спрямуванням метаболізму, може виявляти загальні генетичні характеристики досліджуваного об'єкту.

Отримані результати вказують на те, що рівень вільного проліну, виміряний на початкових/ранніх етапах проростання зернівок пшениці, може бути адекватним показником не лише фізіологічного стану окремої рослини але у певній мірі оцінювати її генетичний потенціал.

Література

1. Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K. & Bohnert, H.J. Plant cellular and molecular responses to high salinity // *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 2000, 51, pp. 463-499
2. ДСТУ 2949-94. Насіння сільськогосподарських культур. Терміни та визначення // Чинний від 1994-01-01. К: Держстандарт України, 1996, 49 с.
3. Андрющенко В.К., Саянова В.В., Жученко А.А., Дьяченко Н.И., Чиликина Л.А., Дроздов В.В., Корочкина С.К., Череп Г.И. Медведев В.В., Нютин Ю.И. Модификация метода определения пролина для выявления засухоустойчивых форм *Lycopersicon Tourn* // Изв. АН Молдавской ССР., 1981, №4, С.55-60.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) // 5-е изд. дополн., М. Агропромиздат, 1985, 351 с.
5. Stein H., Honig A., Miller G., Erster O., Eilerberg H., Csonka L.N. Elevation of free proline and proline-rich protein levels by simultaneous manipulations of proline biosynthesis and degradation in plants // *Plant Sci.*, 2011, pp. 140-150.
6. Kaur G., Asthir B. Proline: a key player in plant abiotic stress tolerance // *Biol. Plant.*, 2015, 59 (4), pp.609-619. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10535-015-0549-3>
7. Chakraborty K., Khan K. Biochemical and breadmaking properties of wheat protein components. II. Reconstitution baking studies of protein fractions from various isolation procedures // *Cereal chemistry*. — 1988. — Т. 65. — №. 4. — С. 340-344.

МІНЛИВІСТЬ УРОЖАЙНОСТІ ПИВОВАРНИХ СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ

О. Є. Важеніна, Н. І. Васько, М. Р. Козаченко, П. М. Солонечний,

О. Г. Наумов, О. В. Зимогляд, О. В. Солонечна

Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН

Вклад селекції в підвищення врожайності ячменю складає понад 55%, тому актуальним для розширення виробництва зерна ячменю є створення і впровадження високоврожайних, стійких до екстремальних чинників сортів, які б відповідали сучасним вимогам сільськогосподарського виробництва.

Урожайність – кількісна ознака, яка контролюється комплексом генів, її реалізація є специфічною для сорту. Цей показник визначається генотиповими особливостями та умовами вирощування, а саме – урожайність зерна ячменю на 76% детермінується сумами опадів в період від куціння до колосіння.

З усіх абіотичних факторів середовища найбільш небезпечними для ячменю є посухи. Реакція рослин на посуху має складний характер, а саме – обмежується ріст, знижується кустистість, кількість колосків і зерен у колосі.

Посуха на фоні високих температур викликає абортивність пилку в ячменю, дуже часто спостерігається стерильність колосків. Посуха в період від колосіння до досягання у комплексі з високими температурами різко знижує виповненість, натуру та масу 1000 зерен [1, 2].

Існують різні методи визначення екологічної стабільності сортів ячменю, серед найбільш розповсюджених метод лінійного регресійного, нелінійного регресійного, багатомірного аналізу та непараметричні статистичні методи. У чисельних дослідженнях вчених усього світу одержано результати вивчення мінливості врожайності та інших цінних господарських ознак ячменю в залежності від гідротермічних умов [3–9].

При всьому різноманітті методів визначення екологічної стабільності і пластичності в селекційній практиці часто критерієм стабільності сорту є загальний рівень урожайності та зниження її в посушливий рік, тобто оцінка матеріалу за ступенем депресії врожайності [2, 10, 11].

Таким чином, на сучасному етапі селекції важливим є створення сортів ячменю, які поєднують високу врожайність зі стійкістю до несприятливих умов середовища, зокрема посухи. При цьому найбільш доцільним є створення сортів, пристосованих до конкретних агроекологічних умов, так як адаптивна здатність сорту має специфічний характер. Тому селекція ячменю ярого має враховувати кліматичні умови місцевості, де створюється сорт.

Метою дослідження було визначення сортів ячменю ярого, які вирізняються високим потенціалом урожайності за будь-яких погодних умов вирощування.

Дослідження проводили впродовж п'яти років (2013–2017) у лабораторії селекції та генетики ячменю Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН. Досліди закладали у розсадниках сортовипробування, площа ділянки 10 м². Вихідним матеріалом були 16 пивоварних сортів вітчизняної (Авгур, Інклюзив, Мальовничий, Святогор) та зарубіжної (Margret, Xanadu, Sofiara, Shakira, J.B. Maltasia, Arikada, Pasadena, Beatrix, Philadelphia, Tolar, Kangoo, Sebastian) селекції.

Погодні умови за роки дослідження були дуже різними. Для ячменю найсприятливішими були 2014 та 2017 рр. — опадів випало вище норми, у критичні фази розвитку рослин ячменю (колосіння–налив) відмічено невисокі температури. Врожайність (6,54 та 5,17 т/га відповідно) досягала найвищих показників за роки досліджень. Рік 2013 був дуже посушливим, відмічено найнижчі показники врожайності (2,83 т/га). Під час наливу–дозрівання опадів не випадало зовсім, посуха відбувалася на фоні високих температур повітря (вище 30 °C). Таким чином, погодні умови впродовж вегетації значно впливали на реалізацію потенціалу врожайності сортами ячменю ярого (табл. 1).

За результатами дисперсійного аналізу (ANOVA) за врожайністю між сортами істотних відмінностей не було, а за врожайністю між роками відмічено істотні відмінності. При апостеріорному порівнянні за Homogeneous groups (Fisher LSD) здійснювали поділ років на групи. В результаті аналізу роки розподілилися на чотири групи (табл. 2).

1. Урожайність сортів ячменю, т/га, та її варіабельність

Сорт	Урожайність за роками					Середня врожайність	Коефіцієнт варіації
	2013	2014	2015	2016	2017		
Авгур	3,16	7,16	4,63	4,98	6,05	5,20	29,03
Інклюзив	3,09	6,77	4,86	4,41	5,43	4,91	27,49
Мальовничий	2,28	5,56	3,98	5,13	4,96	4,38	29,89
Святогор	2,27	4,64	3,83	4,45	5,61	4,16	29,68
Margret	3,19	6,39	4,66	4,78	5,80	4,96	24,68
Xanadu	2,98	6,51	3,70	4,53	4,79	4,50	29,54
Sofiara	2,53	6,84	3,96	4,67	4,81	4,56	34,23
Shakira	3,45	6,26	4,23	3,20	4,51	4,33	27,85
J.B. Maltasia	2,78	6,46	4,44	3,69	4,74	4,42	30,94
Arikada	2,74	6,54	4,06	3,74	4,48	4,31	32,50
Pasadena	2,82	6,09	3,50	4,43	5,22	4,41	29,63
Beatrix	3,82	7,24	4,72	3,68	5,94	5,08	29,66
Philadelphia	3,21	7,23	4,71	4,92	5,18	5,05	28,50
Tolar	2,61	6,59	3,85	4,53	5,07	4,53	32,53
Kangoo	1,84	6,80	4,05	3,79	4,65	4,23	42,20
Sebastian	2,39	7,59	3,92	4,10	5,50	4,70	41,61
Середня	2,83**	6,54*	4,19	4,31	5,17	4,61	—
НІР ₀₅ за роками		1,38					

Примітка. * – істотно вище, ** – істотно нижче середньої по досліді.

2. Розподіл років дослідження на однорідні групи за врожайністю сортів ячменю ярого

Рік	Середня врожайність, т/га	a	b	c	d
2013	2,83	—	***	—	—
2015	4,19	***	—	—	—
2016	4,31	***	—	—	—
2017	5,17	—	—	***	—
2014	6,54	—	—	—	***

Примітка. Різні літери (групи) означають істотні відмінності при рівні значущості $p < 0,05$.

Ураховуючи наявність в період дослідження років з дуже несприятливими (2013 р.) та дуже сприятливими (2014 р.) умовами, врожайність усіх сортів значно варіювала. Коефіцієнт варіації у всіх варіантах був більше 20% (див. табл. 1). Все ж доцільним буде відмітити, що найменше (24,68–28,50%) серед досліджених варіювала врожайність у сортів Margret, Інклюзив, Shakira, Philadelphia. Найсильніше (34,23–42,20%) реагували на зміну умов вирощування сорти Sofiara, Sebastian, Kangoo.

Таким чином, у результаті дослідження пивоварних сортів у контрастних

погодних умовах 2013–2017 рр. виділено сорти з високою врожайністю (4,91–5,20 т/га) Інклюзив, Margret, Philadelphia, Beatrix, Авгур. При цьому врожайність сортів Інклюзив, Margret, Philadelphia варіювала порівняно з іншими сортами найменше. Ці сорти можуть бути джерелами високої врожайності в селекційному процесі.

Література

1. Кононюк, В.А., Борисонік, З.Б., Мусатов, А.Г., Весна, Б.А., Сирота, М.М. та ін. (1986). *Ячмінь*. Київ: Урожай. 144 с.
2. Бабаш, А.Б. (2008). Реалізація адаптивних систем стійкості ярого ячменю до посухи в умовах Причорноморського степу. *Зб. наук. праць СГІ-НЦНС УААН*, 12(52), 167–173.
3. Косяненко, Л.П. (2006). Экологическая пластичность сортов ячменя в Лесостепи Красноярского края. *Вестник КрасГАУ*, 10, 113–117.
4. Кочмарский, В., Гудзенко, В., Кавунец, В. (2010). Отечественный ячмень. Новые сорта, способные противостоять стихии и засухам. *Земледелие*, 2.
5. Solonechnyi, P., Vasko, N., Naumov, A., Solonechnaya, O., Vazhenina, O., Bondareva, O., Logvinenko, Yu. (2015). GGE biplot analysis of genotype by environment interaction of spring barley varieties. *Zemdirbyste-Agriculture*, 102(4), 431–436.
6. Zhao, F., Xu, Sh. (2012). Genotype by environment interaction of quantitative traits: a case study in barley. *G3 (Bethesda)*, 2(7), 779–788.
7. Mehari, M., Alamerew, S., Lakew, B. (2014). Genotype x Environment interaction and yield stability of malt barley genotypes evaluated in Tigray, Ethiopia using the AMMI analysis. *Asian Journal of Plant Sciences*, 13, 73–79. DOI: 10.3923/aips.2014.73.79.
8. Shawon, A.R., Ko, J., Jeong, S., Shin, T., Do Lee, K., and In Shim, S. (2020). Two-dimensional simulation of barley growth and yield using a model integrated with remote-controlled aerial imagery. *Remote Sens*, 12, 3766. DOI: 10.3390/rs12223766.
9. Wiegmann, M., Vaurer, A., Pham, A., March, T.J., Al-Abdallat, A., Thomas, W.T.B., Bull, H.j., Shahid, M., Eglinton, J., Baum, M., Flavell, A.J., Tester, M. and Pillen, K. (2019). Barley yield formation under abiotic stress depend on the interplay between flowering time genes and environmental cues. *Scientific Reports*, 9, 6397.
10. Глуховцев, В.В., Царевский, С.Ю., Царевская, В.М., Мухтулова, А.С. (2007). Особенности селекции ярового ячменя на засухоустойчивость в условиях Среднего Поволжья. Сб. тр. междунар. науч. — практ. конф. «Современные принципы и методы селекции ячменя». Краснодар, 2007. С. 81–85.
11. Козаченко, М.Р., Васько, Н.І., Наумов, О.Г., Важеніна, О.Є., Матвієць, Н.М., Садовий, О.О. (2010). Реакція сортів і ліній ячменю ярого на погодні умови. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*, 9, 108–116.

ДИНАМИКА ПЕРЕСТРОЕК ХРОМОСОМ ПРИ ДЕЙСТВИИ ХИМИЧЕСКОГО МУТАГЕНА ФОСФЕМИДА

Л. И. Вайсфельд¹, Н. А. Боме², Ф. А. Татаринов³, А. Я. Боме⁴

¹Институт биохимической физики имени Н.М. Эмануэля РАН, Россия

e-mail: liv11@yandex.ru

²Тюменский государственный университет (Институт биологии) Россия

e-mail: bomena@mail.ru

³Институт имени Вайцмана, Реховот, Израиль; Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, Россия

e-mail: f.tatarinov@gmail.com

⁴Exeter produce and storage ltd., Canada

e-mail alexbo1@aol.com

Явление химического мутагенеза было открыто в сороковых годах прошлого века. Иосифом Абрамовичем Рапопортом были разработаны теория явления и практика использования метода химического мутагенеза в сельском хозяйстве, медицине и других научно-производственных направлениях. В России в начале 60-х годов были начаты поиски эффективного противоопухолевого препарата широкого действия. Наиболее эффективным оказался препарат фосфемид (ди-(этиленимид)-пиримидил-2-амидофосфорной кислоты (lat. Phosphemidum) относится к химической группе фосфазинов), позже запатентованный как противоопухолевое лекарственное средство [1]. Препарат был передан в лабораторию Н.П. Дубинина для цитогенетического анализа. В наших исследованиях [2, 3] проанализировано действие фосфемид на хромосомах культивируемых фибробластов человека и мыши. Мутаген добавляли в суспензию фибробластов. В делящихся на покровном стекле клетках наблюдали перестройки хромосом в ана-телофазах.

Фосфемид в изученной концентрации 1×10^{-4} вызывал большое количество перестроек хромосом в первом после обработки культуры митозе. Число митозов и перестроек в них постепенно увеличивалось и достигало более 60% через 45–50 часов. С применением меченого тимидина было выявлено, что перестройки хромосом возникают в фазе синтеза ДНК (по числу меченых митозов). На более поздних сроках митотический цикл в культуре фибробластов растягивался, фаза синтеза ДНК не была выражена, уменьшалось число делящихся клеток. Дальнейший анализ продолжать было непродуктивно. Ограниченность ведения культуры фибробластов не давала широкой картины мутагенного эффекта.

Фосфемид был нами испытан на известном со времен М.С. Навашина цитогенетическом объекте *Crepis capillaris* [4]. Растение имеет три пары четко различимых хромосом. Сухие семена (каждый раз свежего урожая) замачивали в растворе фосфемид. Анализировали типы и количество перестроек хромосом. Важно было знать, сколько длится мутационный процесс при однократной обработке фосфемидом сухих семян. В данной работе публикуется один из опытов, отражающий длительность мутационного

процесса после однократной обработки мутагеном семян *C. capillaris*. В проростках анализировали частоту мутационного процесса: число метафаз с перестройками и число перестроек в метафазах проростков. При однократной обработке семян число перестроек сохраняется длительное время. Можно предположить, что имеет место, сохранение мутагена в семенах. Действие мутагена проявляется в каждом последующем опыте. Мутаген фосфемид при хранении семян, не разлагается и практически не теряет интенсивности воздействия. Для оценки этого явления был привлечен математический анализ тех самых разведочных опытов, которые отражены в таблице (в конце статьи).

Зависимости числа проростков с митозами и метафаз с перестройками от времени с начала опыта и с начала «проклева» отдельно по месяцам исследовались с помощью линейной и нелинейной регрессии.

Во всех месяцах прослеживается рост числа проростков с митозами в течение 30-32 часов с начала опыта (рис. 1), после чего отчетливой временной зависимости не наблюдается. Поскольку зависимость явно нелинейная, с постепенным прекращением роста, была применена нелинейная регрессия по формуле (1):

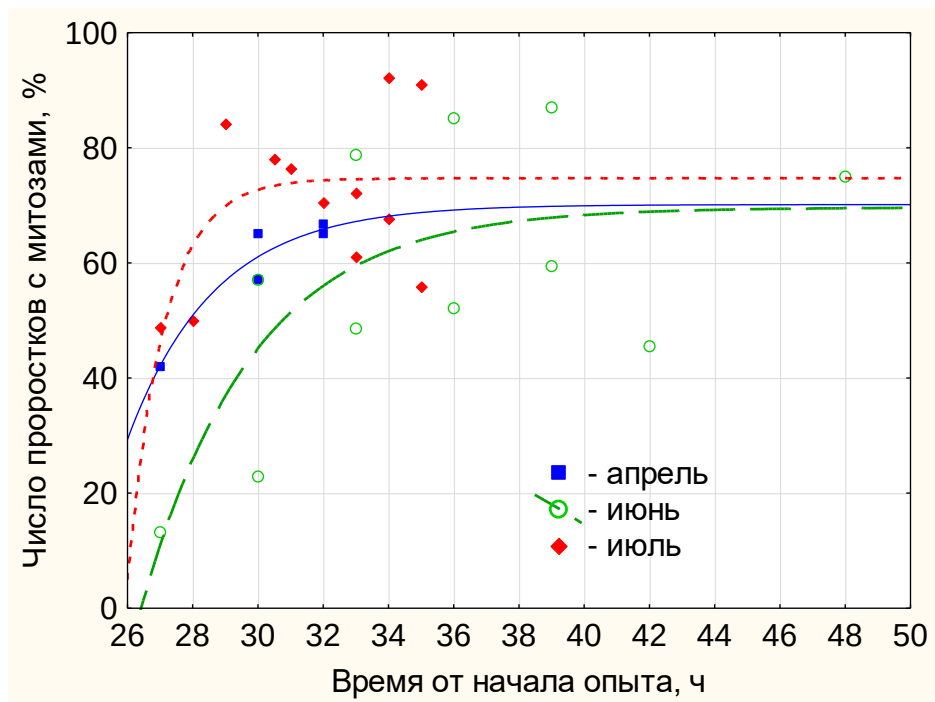
$$y = a * (1 - e^{-b*(x-c)}) \quad (1)$$

Здесь x соответствует времени с начала опыта, y – проценту проростков с митозами, регрессионные коэффициенты a, b и c описывают максимальное значение y , начальную скорость роста y и значение x , при котором кривая проходит через 0. Нелинейная регрессия по формуле (1), предсказывающая постепенную стабилизацию y с ростом x , дала существенно высокие коэффициенты детерминации: 0.92, 0.53 и 0.33 для апреля, июня и июля соответственно. При этом расчетный максимальный процент митозов (параметр a) оказался несколько выше в июле, чем в апреле и июне, хотя это различие недостоверно.

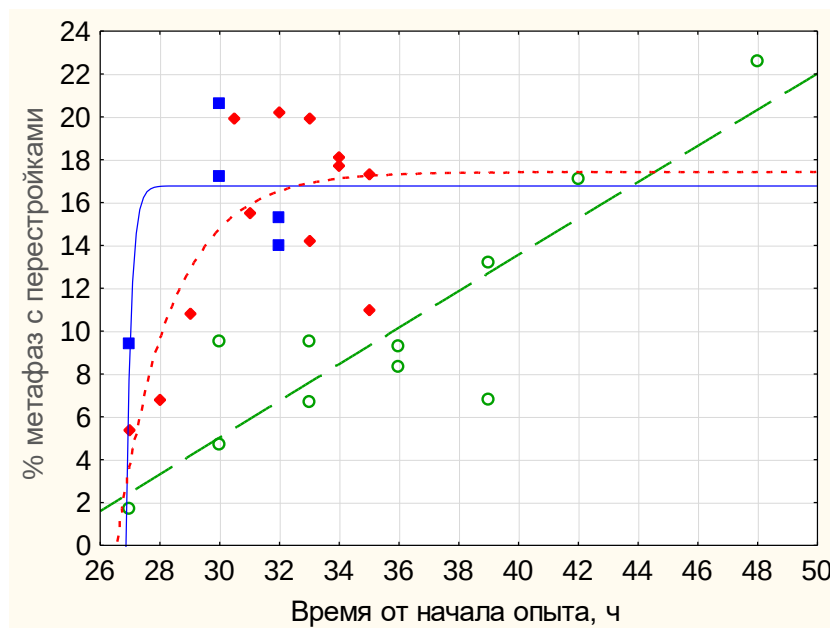
Максимальный процент митозов в апреле и июне оказался практически одинаковым, при том, что в среднем значения в июне ниже. Это можно объяснить более короткой серией измерений в апреле, которая не успела достичь максимума. Начальная скорость роста (параметр b) в июле была существенно выше, чем в апреле и июне. При этом число проростков с митозами в июне было заметно меньше, чем в апреле и июле на тех же сроках, хотя это различие и не является статистически достоверным.

В каждом из трёх месяцев исследования прослеживается увеличение числа проростков с митозами в течение 30-32 часов с начала опыта (рис. 1), после чего отчетливой временной зависимости не наблюдается.

Для процента метафаз с перестройками выраженная зависимость от времени с начала опыта в апреле и июле также наблюдалась в течение 30-32 часов, однако в июне эта зависимость была выражена на протяжении всех 48 часов опыта (рис. 2).

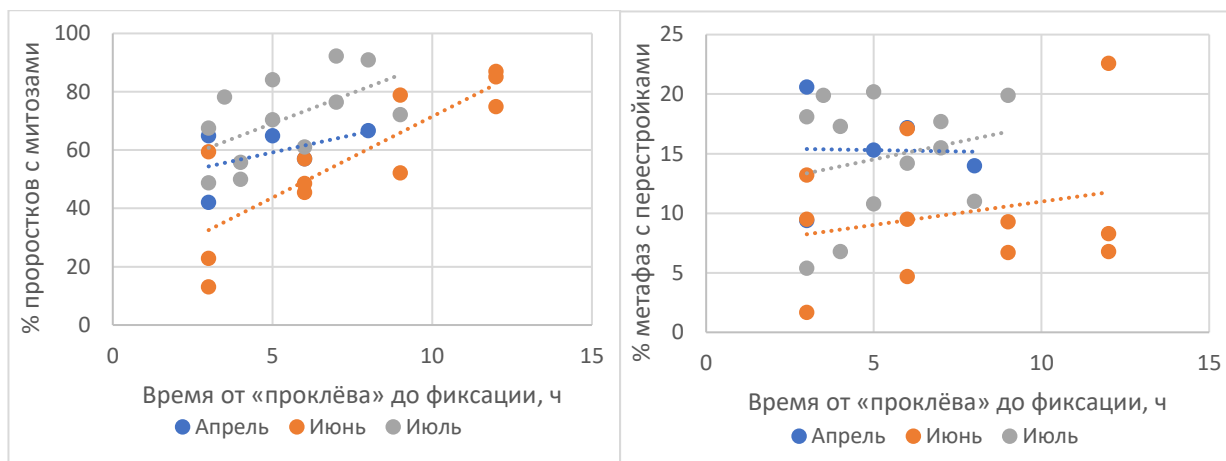


1. Зависимость процента проростков с митозами от времени от начала опыта до фиксации по месяцам, описываемая уравнением (1).



2. Зависимость процента метафаз с перестройками от времени от начала опыта до фиксации по месяцам, аппроксимированная уравнением (1)

Зависимость периода времени от «проклева» до фиксации отчетливо выражена только для процента проростков с митозами, для процента метафаз с перестройками эта зависимость практически отсутствует.



3. Зависимость процента проростков с митозами (слева) и метафаз с перестройками (справа) от времени с начала опыта до фиксации по месяцам.

Выявленные закономерности химического мутагенеза уже сейчас широко применяется в сельскохозяйственной науке для увеличения генетического разнообразия селекционно-ценного материала [5].

Выводы.

1. При однократном применении мутагена фосфемид на семенах *Crepis capillaris* и анализе сохраненных семян в течение трех месяцев – апреле, июне и июле снова обнаруживаются перестройки хромосом и появляются проростки с митозами. Этот показатель не связан со периодом времени от «проклёва» и проявляется хаотично.

2. Из этого можно сделать вывод, что при хранении обработанных семян мутаген фосфемид не разлагается.

3. При проращивании семян в апреле, июне и июле средняя частота проростков с митозами была сходной. и далее колеблется в пределах 50-90%. что также подтверждает устойчивость структуры фосфемид.

3. В каждом из трёх месяцев исследования прослеживается увеличение числа **проростков с митозами** в течение 30–32 часов с начала опыта, далее колеблется в пределах 50-90%, что также подтверждает устойчивость структуры фосфемид.

4. Для **процента метафаз с перестройками** выраженная зависимость от времени с начала опыта в апреле и июле также наблюдалась в течение 30–32 часов, в июне эта зависимость была выражена на протяжении всех 48 часов опыта.

Перестройки хромосом в 2n-клетках проростков *Crepis capillaris* после обработки раствором фосфемида ($2 \times 10^{-3} M$) воздушно-сухих семян (урожай 1967 года)

Время, часы			Проростки				Метафазы		
от начала обработки	от «проклёва» до фиксации	всего	всего	с митозами	%	± стандартная ошибка, %	всего	с перестройками, %	± стандартная ошибка, %
Апрель 1968 года									
24	3	27	57	24	42.1	6.5	741	9.4	1.08
24	6	30	56	32	57.1	6.6	1270	17.2	1.06
24	8	32	54	36	66.7	6.4	1815	14.0	0.82
27	3	30	47	12	65	7	373	20.6	2.1
27	5	32	19	12	65	10.9	313	15.3	2.04
Июнь 1968 года									
24	3	27	38	5	13.2	5.5	62	1.68	1.01
24	6	30	28	16	57.1	9.4	339	4.7	1.2
24	9	33	19	15	78.9	9.4	823	6.7	0.87
24	12	36	27	23	85.2	6.8	944	8.3	0.9
27	3	30	35	8	22.9	7.1	84	9.5	3.22
27	6	33	35	17	48.6	8.4	326	9.5	1.63
27	9	36	23	12	52.2	10.4	260	9.3	1.8
27	12	39	37	20	87	5.5	992	6.8	0.8
36	3	39	22	22	59.5	10.5	219	13.2	2.3
36	6	42	20	10	45.5	11.1	146	17.1	3.13
36	12	48	37	15	75	2.5	795	22.6	1.49
Июль 1968 года									
24	3	27	43	21	48.8	7.6	318	5.4	1.26
24	4	28	30	15	50	9.1	161	6.8	1.99
24	5	29	26	22	84.2	7.2	448	10.8	1.47
24	7	31	17	13	76.5	10.3	303	15.5	2.08
24	9	33	18	13	72.2	10.6	363	19.9	2.06
27	3.5	30.5	34	13	78.2	7.1	191	19.9	2.9
27	5	32	44	31	70.5	6.9	739	20.21	1.48
27	6	33	36	22	61.1	8.1	466	14.2	1.62
27	7	34	26	24	92.3	5.2	916	17.7	1.26
27	8	35	22	20	91	6.1	508	11	1.39
31	3	34	34	23	67.6	8	553	18.1	1.64
31	4	35	59	33	55.9	6.5	672	17.3	1.46

Литература

1. Чернов В.А., Сафонова Т.С., Сазонов Н.В., Кропачева А.А., Ключерёва З.Д., Лыткина Л.Г., Ерофеева Т.А. Противоопухолевое лекарственное средство. Патент № 301951. Опубликовано 05. IV.1973. Бюллетень № 17.
2. Вайсфельд Л.И. Цитогенетическое действие фосфазина на клетки человека и мыши в культуре ткани. Генетика. 1965. № 4. 85-93.
3. Вайсфельд Л.И. Влияние фосфазина на длительность фаз митотического цикла клеток человека и мыши в культуре. Генетика. 1968. № 7. 119-125.
4. Weisfeld L.I. About cytogenetic mechanism of chemical mutagenesis. Ecological Consequences of Increasing Crop Productivity Plant Breeding and Biotic Diversity [eds A.I. Opalko, L.I. Weisfeld, A.A. Bekuzarova. N.A. Bome, G.E.Zaikov]. Apple Academic Press. Toronto—New Jersey. USA--Canada. Chapter 21. 259-269.
5. Боме Н.А., Вайсфельд Л.И., Бабаев Е.В., Боме А.Я., Колоколова Н.Н. Агробιοлогические признаки мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при обработке семян химическим мутагеном фосфемидом. Сельскохозяйственная биология. 2017. Том 52. № 3. 570-579 doi: 10.15389/agrobiology.2017.3.570rus

МАХОРКА (*NICOTIANA RUSTICA* L.) – АЛЬТЕРНАТИВНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РЕКОМБІНАНТНИХ БІЛКІВ

О. І. Варченко^{1, 2}, Д. І. Вольга^{1, 2}, Н. С. Тітенко^{1, 2},
М. В. Кучук¹, М. Ф. Парій², Ю. В. Симоненко^{1, 2}

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України
e-mail: okvarchenko@gmail.com

²Всеукраїнський науковий інститут селекції

В даний час використовується багато фармацевтичних білкових продуктів. Терапевтично цінні рекомбінантні білки (гормони, ферменти, антитіла тощо) мають обмежене природне джерело. Тому особливий інтерес представляє розробка біотехнологічного виробництва цінних рекомбінантних білків. Як продуценти рекомбінантних білків на даний час переважно використовують мікроорганізми, клітинні культури або тварини, але перспективним шляхом отримання рекомбінантних цінних білків є використання рослинних систем.

Тому розробка методів гетерологічної експресії рекомбінантних білків в рослинах є актуальним завданням. Рослинні системи мають багато переваг, серед яких необмежене джерело рослин, економічність, можливість вживання у їжу, стабільність білків, можливість глікозилювання та відсутність бактеріальних патогенів та токсинів. Як продуценти білків використовується транзїєнтній експресія перенесених генів без їх стабільної інтеграції в геном рослин [1, 2, 3]. Вона здійснюється шляхом *Agrobacterium*-опосередкованого

введення генів в рослинні клітини без їх інтеграції в геном. Експресія введеного трансгена відбувається протягом певного часу, після чого чужорідна ДНК елімінується.

Модельним видом по транзійтній експресії генів рекомбінантних білків у рослинах залишається дикий австралійський вид тютюну – *N.benthamiana* [4]. Але останнім часом дикі представники роду *Nicotiana* та кілька видів культурних рослин було перевірено як об'єкти для гетерологічної експресії різних типів білків. Після нашого попереднього скрінінгу різних диких видів роду *Nicotiana* з метою відбору високопродуктивних рослинних видів як основний об'єкт дослідження ми використали інший представник роду *Nicotiana* – махорку *N.rustica*. Метою роботи було відбір високопродуктивних ліній махорки *N.rustica* та оптимізація умов гетерологічної експресії для подальшого дослідження регуляції гетерологічної експресії репортерних генів при транзійтній генетичній трансформації. У дослідах по розробці ефективної робочої методики транзійтної експресії чужорідних генів в рослинах ми використовували зелений флуоресцентний білок (Green Fluorescent Protein, GFP) [5]. В роботі були використані як транскрипційні вектори (ген репортерного білка GFP знаходиться під контролем 35S промотору ВМЦК) та вірусні вектори (на основі рослинних вірусів ВТМ та ВКХ).

В результаті роботи спочатку було визначено стадію розвитку рослин *N.rustica*, на якій спостерігається найвищий рівень накопичення репортерного білка GFP та була визначена динаміка транзійтної експресії гена репортерного білка GFP при використанні як транскрипційних, так і вірусних векторів. Оскільки *N. benthamiana* має невелику біомасу в порівнянні з іншими видами тютюнів, то ми вибрали *N.rustica* як рослину-хазяїн, яка суміщає значну біомасу з високим рівнем транзійтної експресії. Махорка *N.rustica* демонструвала досить високий рівень накопичення репортерного білка GFP (майже співставний з *N.benthamiana*) внаслідок транзійтної експресії відповідного гена під контролем як транскрипційних, так і вірусних векторів. Необхідно зазначити, що використання вірусних векторів дало можливість значно збільшити вміст білка GFP внаслідок транзійтної експресії відповідного гена у всіх рослинах даного виду. Оскільки біомаса листків махорки *N.rustica* перевищує таку у *N.benthamiana*, а експресія гена GFP майже співставна з експресією у *N.benthamiana*, то цей вид може бути використаний як альтернативний об'єкт для отримання рекомбінантних білків шляхом транзійтної експресії, що і було показано в наших дослідженнях.

Література

1. Marillonnet, S., Giritich, A., Gils, M., Kanzia, R., Klimyuk, V., and Gleba, Y., In planta engineering of viral RNA replicons: efficient assembly by recombination of DNA modules delivered by *Agrobacterium* // *PNAS*. — 2004. — № 101. — P. 6852–6857.
2. Marillonnet, S., Thoeringer, C., Kandzia, R., Klimyuk, V., and Gleba, Y., Systemic *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transfection of viral replicons for

- efficient transient expression in plants // *Nat. Biotechnol.* — 2005. — Vol. 23. — P. 718–723.
3. Gleba, Y., Klimyuk, V., and Marillonnet, S., Magniffection – a new platform for expressing recombinant vaccines in plants // *Vaccine.* — 2005. — Vol. 23. — P. 2042–2048.
 4. Gils, M., Kandzia, R., Marillonnet, S., Klimyuk, V., and Gleba, Y., High-yield production of authentic human growth hormone using a plant virus-based expression system // *Plant Biotech. J.* — 2005. — Vol. 3. — P. 613–620.
 5. Chiu, W., Niwa, Y., Zeng, W., Hirano, T., Kobayashi, H., and Sheen, J., Engineered GFP as a vital reporter in plants // *Curr. Biol.* — 1996. — Vol. 6. — P. 325–330.

ВПЛИВ ГЕНОТИПУ І ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ОЗНАКИ ЯКОСТІ НОВИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ЯРОЇ МИРОНІВСЬКОЇ СЕЛЕКЦІЇ

Н. В. Василенко, І. В. Правдзіва, Є. А. Кузьменко

Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України

Основним резервом підвищення продуктивності пшениці ярої та збільшення валових зборів зерна в Україні є створення і впровадження у виробництво нових потенційно врожайних та якісних сортів [1, 2]. Пшениця тверда яра поповнює асортимент харчової промисловості країни, насамперед як незамінна сировина для макаронних виробів, а також використовується у хлібопеченні як поліпшувач борошна. Вона має високоякісне зерно для виготовлення круп з цінними харчовими властивостями, зокрема: куті, кускуса, булгура та інших продуктів. Реалізація потенціалу врожайності та якості окремо взятого сорту пшениці твердої ярої можлива лише за оптимальних умов вирощування та дотримання всіх заходів, яких вона потребує [3, 4]. Урожайність зумовлюється генетичним потенціалом сорту, умовами росту та розвитку рослин і особливо впливом біотичних та абіотичних факторів [5, 6]. Тому, виникає необхідність визначення залежності врожайності та основних показників якості від умов зовнішнього середовища, що допоможе селекціонерам віднайти селекційні важелі впливу на ці ознаки.

Метою роботи було дослідити фактори впливу генотип і гідротермічні умов року на врожайність та показники якості зерна пшениці твердої ярої; виділити кращі сорти за комплексом цінних ознак. Дослідження проводили у 2015–2017 рр. на базі Миронівського інституту пшениці (МІП). Об'єктом досліджень були нові сорти пшениці твердої ярої селекції МІП – Ізольда, Жізель, Діана, МІП Райдужна, МІП Магдалена та сорт-стандарт Харківська 27, висіяні після попередника соя на зерно. Визначали наступні показники якості: масу 1000 зерен, натуру зерна, склоподібність, вміст білка, «силу» борошна, об'ємний вихід хліба за загально прийнятими методиками [7]. Вегетаційний період 2015 року характеризувався незначним підвищенням температури

повітря та наближеним до оптимуму зволоженням. Гідротермічний коефіцієнт становив (ГТК = 1,2). Вегетація пшениці ярої у 2016 проходила ще з меншою кількістю вологи, ніж у 2015 р. (ГТК = 1,1) і супроводжувалась надмірним теплом з понаднормовою кількістю опадів у травні та недобором у червні, що знизило врожайність і показники якості зерна певних генотипів. Даний період 2017 року був досить сухим (ГТК = 0,67), що негативно позначилось, як на врожайності сортів, так і на показниках якості зерна та борошна.

Встановлено, визначальний (90–96%) вплив гідротермічних умов вирощування на врожайність, масу 1000 зерен, натурну масу зерна пшениці твердої ярої, дещо менше (70–75%) – на склоподібність зерна та вміст білка. Виявлено найбільший (46–66%) вплив генотипу на показник седиментації, «силу» борошна та об'єм хліба.

В середньому за роками врожайність сортів варіювання в межах від 3,65 (Харківська 27) до 4,94 т/га (МПП Магдалена). Найвищу (5,40 т/га) врожайність пшениці твердої ярої отримано у 2015 р., який характеризувався, як наближений до оптимального вологозабезпечення. В цьому ж році виділився сорт МПП Магдалена з максимальним рівнем урожайності 6,59 т/га.

Середні значення маси 1000 зерен за роками граничили між 41,5 г (сорт Ізольда, МПП Райдужна) та 43,9 г – (Жізель). Найбільший (43,1–48,1 г) діапазон варіювання та найвищі (45,4 г) середні значення цього показника відмічали у 2015 р., найменші значення у посушливому 2017 р. — 37,3 г з варіюванням 35,3–38,7 г.

З високим середнім рівнем натурної маси зерна за роками виділялись сорти Діана та Ізольда (822; 812 г/л відповідно).

У середньому за роками пошкодження зерна клопом черепашкою пшениці твердої ярої мало межі від 1,2% у сорту Ізольда до 2,2% – МПП Райдужна. виявлено найбільший відсоток пошкодження у 2017 р. (1,1–2,8%).

Впродовж років дослідження загальна склоподібність зерна у всього набору сортів була високою (84–92%).

Варіація показника седиментації становила від 29 мл (Жізель, 2017 р) до 43 мл (Жізель, 2015 р). Найвищий седиментаційний осад, в середньому за три роки досліджень, відмічали у сорту Ізольда – 40 мл.

Варіювання вмісту білка за роками в середньому складало від 13,4 (МПП Райдужна) до 15,2% (Діана відповідно). Найвищий вміст білка отримали в 2015 р.

Відмічали значне коливання «сили» борошна в роки досліджень між сортами – від 135 о.а. (МПП Магдалена, 2015 р.) до 463 о. а. (МПП Ізольда, 2017 р.). Визначено найбільші значення даного показника в середньому за роки в сорті Ізольда (338 о. а.), а найменші – в сорті Жізель (215 о.а) з незначним варіюванням ознаки за роками.

Сорти за об'ємом хліба по різному реагували на гідротермічні умови років вирощування. Сорт Ізольда сформував у середньому за роки найвищий (843 см³) об'єм хліба з максимальним (1050 см³) значенням цього показника у 2016 р. та значним його варіюванням. Решта сортів мала менший об'ємний вихід хліба в середньому на 180 см³.

Виділено найбільш стабільні сорти в роки досліджень за врожайністю сорт МІП Магдалена; за масою 1000 зерен, натурою зерна, показником седиментації та «силою» борошна – Ізольда; за пошкодженням зерна клопом черепашкою – Магдалена, Ізольда, Харківська 27; за склоподібністю зерна – Магдалена Жізель і Діана; за вмістом білка – Діана.

Отже, сорти Магдалена, Жізель, Діана, Ізольда виділені за комплексом ознак, у різному їх поєднанні можуть слугувати поповненням ресурсів твердої пшениці за показниками якості.

Література

1. Ретьман М. С. Якість зерна пшениці ярої / М. С. Ретьман // Наукові дослідження. — 2011. — Грудень. — С. 10–12.
2. Русанов В. Стабілізуючі фактори у виробництві доброякісного добровольчого зерна ярої пшениці / В. С. Русанов // Агроном. — 2009. — № 2. — С. 68–71.
3. Babiker W. A, Abdelmula A. A., Eldessougi H. I., Gasim S. E. The effect of location, sowing date and genotype on seed quality traits in bread wheat (*Triticum aestivum*). *Asian Journal of Plant Science and Research*. 2017. Vol. 7, Iss. 3. P. 24–28.
4. Morgounov A., Abugalieva A., Martynov S. Effect of climate change and variety on long-term variation of grain yield and quality in winter wheat in Kazakhstan. *Cereal Research Communications*. 2014. Vol. 42, Iss. 1. P. 163–172. doi: 10.1556/CRC.2013.0047
5. Senapati N., Brown H. E., Semenov M. A. Raising genetic yield potential in high productive countries: Designing wheat ideotypes under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019. No. 271. P. 33–45. doi: 10.1016/j.agrformet.2019.02.025
6. Филиппова Е. А., Мальцева Л. Т., Банникова Н. Ю., Ефимова А. Г. Влияние природных факторов на вегетационный период, продуктивность и качество сортов мягкой пшеницы. *Аграрный вестник Урала*. 2011. № 4. С. 6–9.
7. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва; за ред. С. О. Ткачик. 4-е вид., випр. і доп. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. С. 34–35.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НОВОГО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Е. Н. Васильченко, О. А. Землянухина

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова» Россия

e-mail: biotechnologiya@mail.ru

Введение. Сахарная свекла (*Beta vulgaris* L.) – одна из главных технических культур Российской Федерации с высоким содержанием сахарозы. Основное предназначение этого растения – промышленная переработка с целью получения сахара – обуславливает экономическую ценность данной культуры, а, следовательно, и необходимость воспроизведения и сохранения материалов ценных для селекции и производства новых модифицированных форм (выведение свободных от вирусов и других патогенов сортов, производство растений, устойчивых к различным болезням, и т.п.) [1].

За последние два десятилетия биотехнология значительно расширила свои границы вследствие развития и совершенствования методов культивирования растительных объектов в стерильных условиях и углубления знаний о биохимических и генетических процессах, происходящих на уровне клеток и тканей. Благодаря свойству тотипотентности структурно-функциональных элементарных единиц строения растений открылась возможность манипулирования ими вне организма в условиях *in vitro* [2]. На этой основе появились предпосылки для разработки принципиально новых подходов получения исходного селекционного материала, а затем и современных технологий, направленных на решение теоретических и практических задач селекции. Из них важнейшие на сегодняшний день – создание новых генетических источников сельскохозяйственных культур для улучшения их генофонда, ускорение отдельных этапов селекционного процесса и, как следствие, увеличение его эффективности.

Продемонстрированы возможности сокращения сроков создания сортов и гибридов различных сельскохозяйственных культур, в том числе и сахарной свеклы. Использование эмбриокультуры в качестве оптимальной технологии при создании у растений межвидовых гибридов и интрогрессивных форм вносит свой вклад в улучшение генотипов сахарной свеклы. Это позволяет расширить спектр генетической изменчивости, а также дает возможность получения адаптивных форм с хозяйственно ценными признаками [3]. По литературным данным известно, что отдаленная и межвидовая гибридизация являются мощным стрессовым фактором, способным вызывать структурные изменения гибридизуемого генома в процессе его стабилизации [4].

Областью работ, где широко используются приемы культуры *in vitro*, является создание линейного материала из гибридных популяций на основе гомозиготации селекционного генетического материала посредством получения гаплоидов и удвоенных гаплоидов с частотой, намного

превышающей естественный уровень. Эти технологии занимают сегодня одно из ведущих мест по востребованности в практической селекции в мире [5].

Особое значение при разработке биотехнологических схем культивирования приобретает использование биохимических маркерных признаков, ускоряющих и облегчающих процессы создания и отбора форм растений с новыми свойствами в условиях *in vitro*. Физиолого-биохимический анализ на начальных стадиях развития созданных форм может помочь без дополнительного проведения ПЦР (в том или ином виде) выделить наиболее интересные экземпляры с точки зрения устойчивости к разного рода стрессам, включая получение гибридных и трансгенных растений, растений разной ploидности (гаплоиды и дигаплоиды). Это связано с тем, что сами по себе условия *in vitro* являются стрессовыми [6], меняют программу работы генов, т.е. другими словами, изменяют эпигенетическую программу [7].

В связи с вышеизложенным целью настоящих исследований явилось выявление физиолого-биохимических особенностей у растений-регенерантов сахарной свеклы, полученных при межвидовой гибридизации, гомозиготных форм и их родительских компонентов, культивируемых в условиях *in vitro*.

Материалы и методы. В работе были использованы материалы Рамонской селекции ФГБНУ ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова.

Для получения межвидовых гибридов использовали мужскостерильную (МС) односемянную форму *B. vulgaris* L. ($2n=18$) и фертильную многосемянную дикую форму *B. corolliflora* Z. ($4n=36$). Асептические незрелые зародыши от межвидовой гибридизации *B. vulgaris* $\times$ *B. corolliflora*, вводили в культуру *in vitro* на агаризованные питательные среды. Отбор, полученных в результате скрещивания межвидовых форм с разным набором хромосом ($2n=18$; $3n=27$; $2n=27;18$) и их родительских компонентов, осуществляли с помощью проточной цитофотометрии на анализаторе ploидности Partec PA.

Для получения гаплоидов в качестве эксплантов использовали неоплодотворенные семязачатки *B. vulgaris*, изолированные из семенных растений с высокой степенью раздельноплодности (99%) в период бутонизации и начала цветения. Культивирование семязачатков осуществляли на питательных средах различной консистенции с добавлением ауксинов в различных сочетаниях [8]. Отбирали растения-регенеранты с одинарным ($n=9$) набором хромосом. Перевод гаплоидов на диплоидный уровень проводился путем выдержки стабилизированных гаплоидных регенерантов на питательной среде, содержащей колхицин, в течение двух суток в темноте. Для создания линий, изучаемых генотипов, отбирали растения и формировали линии удвоенных гаплоидов ($2n=18$) набором хромосом.

Содержание растворимого белка измеряли по методу Брэдфорда. Активность пероксидазы (ПО; КФ 1.11.1.7) определяли в гомогенатах тканей растений в реакции окисления бензидина [9]. Активность глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (Г6ФД; КФ 1.1.1.49), изоцитратдегидрогеназы (NADP-форма ИДГ; КФ 1.1.1.42), малатдегидрогеназы (NAD-МДГ; КФ 1.1.1.37), малик энзима (NAD-МЭ; КФ 1.1.1.39) определяли по Zemlyanukhin A. A.

Изоферментный анализ ПО проводили электрофоретически по стандартному методу Дэвиса в вертикальных пластинах ПААГ в окрашивающей смеси в нашей модификации. Выявление изоформ неспецифических 1- и 2-эстераз [ЭСТ; КФ 3.1.1.1], малик энзима [КФ 1.1.1.40], ИДГ, МДГ, 6-фосфоглюконатдегидрогеназы (6ФГДГ декарбоксилирующая; КФ 1.1.1.44) проводили по руководству Левитеса.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате проведенных исследований выявлено, что диплоидные ($2n=18$), триплоидные ($3n=27$) и миксоплоидные ($2n=27$; 18) гибридные растения, полученные от скрещивания *B. vulgaris* L. $\times$ *B. corolliflora* Z., различались по общей активности фермента пероксидазы. Так, у диплоидных растений она оказалась примерно равной активности ПО у материнской формы и составила 9 ФЕ/мл; эта активность примерно на 4 ФЕ/мл выше, чем у отцовского компонента – дикой свеклы ($P<0.05$). Следует отметить, что активность пероксидазы миксоплоидных растений-регенерантов была значительно, почти в 3 раза, ниже, чем у материнской формы, и ее показатель соответствовал 3,5 ФЕ/мл.

Триплоидные растения характеризовались пониженной активностью данного фермента по сравнению с культурной свеклой в 3 раза (3,8-3,9 ФЕ/мл) и в 1,5 раза в сравнении с дикими видом *B. corolliflora*.

У гибридов $2n=18$ и миксоплоидов ПЦР-анализ выявил сателлитные участки ДНК, видоспецифичные для *B. corolliflora* Z., которые отсутствовали у растений с $3n=27$. Это свидетельствует, что триплоидные растения являются не гибридными, а, скорее, полиплоидными. ПО в данном случае служит не маркером межвидового стресса, а определяет специфичность материнского генотипа.

Изучение общей активности глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы выявило значительное ее повышение по сравнению с родительскими формами, которая у 27-ми хромосомных растений была выше в 2 раза (0,12 ФЕ/мл), а у 18-ти хромосомных растений в 3,5 раза (0,18 ФЕ/мл). У миксоплоидных форм этот показатель составил 0,06 ФЕ/мл и практически не отличался от родительских компонентов.

Изменения ферментативной активности вызвано, по-видимому, стрессовым состоянием метаболизма гибридных растений при интрогрессии генома дикой свеклы в геном сахарной, а также изменением пloidности клеток.

Биохимическая оценка выявила различия в уровне активности ферментов у гаплоидных и дигаплоидных образцов сахарной свеклы. Гаплоидные растения, по сравнению с контрольными исходными формами, характеризовались достоверным повышенным количеством белка в 1,6 раза и увеличением активности ферментов: пероксидазы в 1,8 раза, глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы в 1,4 раза, изоцитратдегидрогеназы в 1,75 раза ($P<0,05$). У растений после удвоения хромосом (дигаплоиды) эти показатели возвращались к уровню контроля.

Согласно современным представлениям, можно предположить, что разная регуляция активности генов в растениях-регенерантах сахарной

свеклы, обусловлена метилированием ДНК соответствующих участков генома, связанных с функционированием белка. По-видимому, выявленные различия в активности ферментов при получении гаплоидов и их удвоении отражают более глубокие изменения в регуляции активности генов, чем простое удвоение количества хромосом.

Изоферментные спектры ПО, МЭ (КФ 1.1.1.40), ФГДГ не выявили различий между контрольными, гаплоидными и дигаплоидными растениями. Однако распределение изоформ фермента 1- и 2- эстеразы показало различия во всех группах образцов: контрольные, гаплоидные и дигаплоидные.

Изоферментный спектр ИДГ также показал отличия в электрофоретической подвижности фермента у гаплоидов и дигаплоидов от контрольных диплоидных растений. Активность ИДГ у всех образцов проявляется в виде двух изоформ с разной электрофоретической подвижностью.

Заключение. Представленные результаты показывают физиолого-биохимические особенности у растений свеклы в условиях *in vitro*, позволяющие проследить изменения активности фермента окислительного стресса – пероксидазы и некоторых ключевых ферментов основных метаболических циклов клетки.

Так, было обнаружено различие у диплоидных и миксоплоидных растений, полученных от скрещивания *B. vulgaris* L. × *B. corolliflora* Z., активности пероксидазы. У диплоидных гибридов активность фермента была равна его активности у материнской формы (9-10 ФЕ/мл), но выше почти в 2 раза активности пероксидазы дикой формы свеклы. У триплоидных (полиплоидных) растений активность ПО снижалась в 3 и в 1,5 раза по сравнению с культурной и дикой свеклой, соответственно, однако ДНК-анализ не обнаружил у этих растений встройки участков генома дикой свеклы. Ферментативная активность глюкозо-6-Ф-дегидрогеназы у форм $3n=27$ и $2n=18$ увеличивалась в 2-3,5 по сравнению с родительскими формами.

Биохимическая оценка гомозиготного линейного материала показала, что у гаплоидных регенерантов повышалось содержание растворимого белка, активность пероксидазы (в 1,8 раз), глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (в 1,4 раза), изоцитратдегидрогеназы (в 1,75 раза). У колхицинированных гаплоидов (дигаплоидов) эти показатели возвращались к уровню контроля. Однако гаплоиды, дигаплоиды и диплоиды (материнские) растения различались по изоферментным спектрам 1- и 2-эстераз и изоцитратдегидрогеназы, что, по-видимому, предполагает изменение программы работы генов, т.е. изменение их эпигенетического состояния.

На основе культуры неоплодотворенных семязачатков, физиолого-биохимической их оценки и отбора нами были созданы ДН-линии (удвоенные гаплоиды) *Beta vulgaris* с высокой гомозиготностью, которые в настоящее время используются в качестве компонентов высокопродуктивных отечественных гибридов.

Представленные в статье результаты являются перспективными для первичного отбора на основе биохимических маркеров гомозиготных и межвидовых растений-регенерантов рода *Beta* на ранней стадии их развития.

Литература

1. Kolodyaznaya Y.S., Deineko E.V. Productio of Regenerants in Sugar Beet // Russian Journal of Developmental Biology, 2002, Vol. 33, No. 3, pp. 136-141.
2. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. М., 1999, 160 с.
3. Бунин М.С., Мамедов М.И., Шмыкова Н.А., Супрунова Т.П., Енгальчева И.А., Джос Е.А. Межвидовая гибридизация в роде *Capsicum* L. и ее использование в селекции. Методика. Москва, 2008, 82 с.
4. Тютереv С.Л. Экологически безопасные индукторы устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам // Вестник защиты растений. 2015. Т. 1. № 83. С. 3-13.
5. Kikindonov G., Kikindonov Tz., Enchev S. Economical qualities of crosses between doubled haploid sugar beet lines//Agricultural science and technology, 2016, Vol. 8, № 2, pp. 107-110.
6. Воронина В. С., Землянухина О. А., Калаев В. Н. Динамика физиолого-биохимических показателей микрклонов вейгелы цветущей 'вариегата' в условиях *in vitro* // В сб. "Субтропическое и декоративное садоводство", 2017. Сочи: ФГБНУ ВНИИЦиСК. Вып. 60. С. 81-86.
7. Ванюшин Б.Ф. Эпигенетика сегодня и завтра // Вавиловский журнал селекции и генетики. 2013. Т. 17, № 4-2. С. 805-832.
8. Жужжалова Т.П., Колесникова Е.О., Васильченко Е.Н., Черкасова Н.Н. Методы биотехнологии как потенциал развития селекции сахарной свеклы// Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020.24(1):40-47.
9. Землянухина О.А., Калаев В.Н., Воронина В.С. Сравнительный анализ методов определения активности и изоферментного спектра пероксидаз различного происхождения. Обзор. // Успехи современного естествознания. 2017. № 9. С. 13-22.10.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЧИВОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ГИБРИДНЫХ КОМБИНАЦИЙ (F₄) ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ

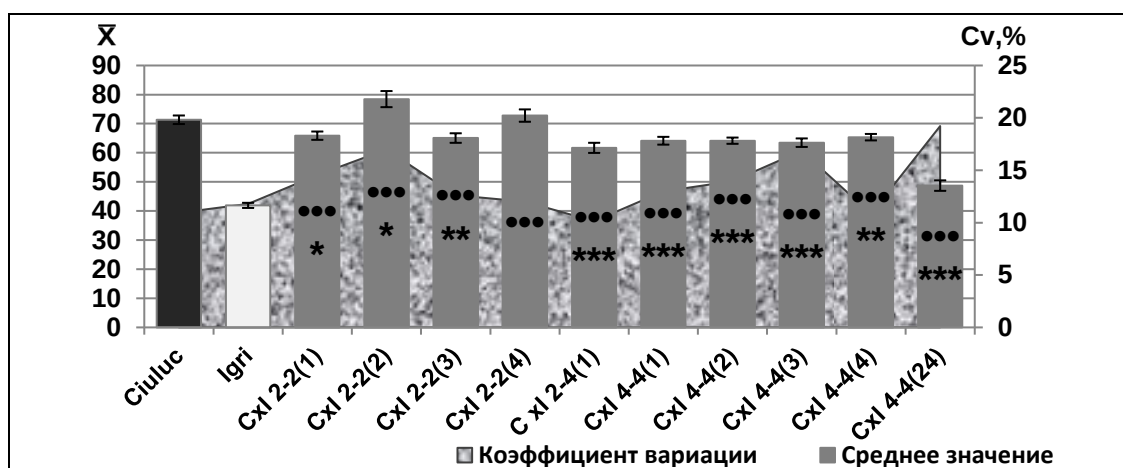
Т. Б. Григоров, Л. И. Андроник, С. В. Смеря,
Л. В. Китросан, В. Д. Раку, О. Урсаки

Институт генетики, физиологии и защиты растений, Республика Молдова

Успех любой селекционной программы зависит от наличия генетического разнообразия сельскохозяйственных культур. Известно, что наследственная изменчивость является источником разнообразия сортов и видов для селекции.

Одним из основных способов увеличения генотипической изменчивости исходного материала является рекомбинация существующих генов у различных генотипов, что достигается посредством гибридизации. Таким образом, были получены гибриды от скрещивания генотипами озимого ячменя из разных географических областей, что представляет большой интерес, для

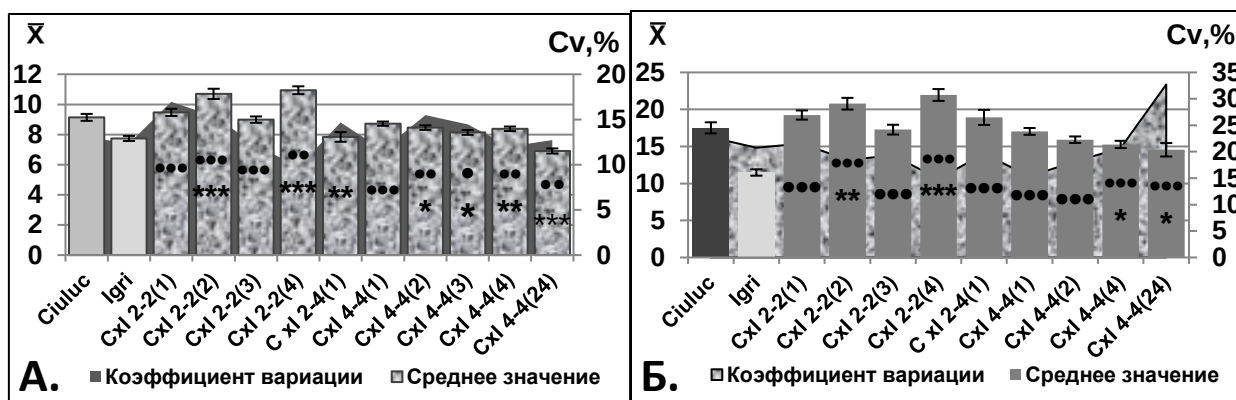
данной культуры, имеющей узкую генетическую основу и низкое генетическое разнообразие (Caldwell et al. 2005; Zeng, 2015). Поскольку изменчивость и наследование элементов структуры урожая зависят от генотипа и условий внешней среды, наибольшую ценность представляет информация, полученная в конкретной агроклиматической зоне, для которой создаются новые сорта (Тохетова, 2000). Учитывая вышеизложенное, целью наших исследований было изучение изменчивости количественных признаков у внутривидовых гибридов озимого ячменя, четвертого поколения, сочетающих набор агрономических и хозяйственно-ценных признаков. Исследования проведены на опытном поле Института генетики, физиологии и защиты растений (г. Кишинев) в 2016-2020 гг. В 2016 году была создана гибридная комбинация с участием четырехрядного сорта *Ciuluc* (г. Бельцы, Молдова), в качестве материнской формы и двухрядного сорта *Igri* (Великобритания, 2/0129), в качестве отцовской формы. Посев гибридов поколений F_2 - F_4 и их родительских форм, отобранных индивидуально, проводили в двух повторностях, по стандартной методике. Растения вместе с корнями собирали вручную. В лабораторных условиях анализировали 30 растений по следующим количественным признакам: продуктивность (масса зерен) растения и ее структурные элементы (продуктивная кустистость, высота растений, длина главного колоса и верхнего междоузлия, число междоузлий, число колосков и зерен в главном колосе). Математическую обработку экспериментальных данных осуществляли с помощью пакета программ STATGRAPHICS Plus 5.2. Достоверность различий между средними значениями оценивали по критерию t-Стьюдента. Размах изменчивости значений признаков растений определяли с помощью коэффициента вариации (C_v , %). В результате анализа экспериментальных данных установлены существенные различия и варьирование значений количественных параметров у гибридов озимого ячменя в зависимости от исследуемого признака и гибридной формы. Отметим, что по всем изучаемым признакам, материнская форма *Ciuluc* превосходила отцовскую форму *Igri*. Так, у большинства гибридных комбинаций *Ciuluc* $\times$ *Igri*, произошло существенное снижение средних значений количественных параметров по сравнению с материнской формой и увеличение этих показателей по сравнению с отцовской. При этом, самые низкие значения анализируемых признаков, характерные для двурядной формы *Igri*, были зарегистрированы в четырехрядных формах и наоборот. Установлено, что средняя высота растения снизилась на 8,38-31,70% по сравнению с родительской формой *Ciuluc*, во всех гибридных комбинациях, за исключением гибридной линии *Ciuluc* $\times$ *Igri*-2-2(2), где этот показатель увеличился на 9,95%, все различия достоверны на уровне 95-99,9% (рис. 1). В то же время, во всех гибридных популяциях этот показатель увеличился на 16,21-87,09% ($P \leq 0,001$) по сравнению с отцовской формы *Igri*. Минимальное значение признака высоты растения (48,73 см) зарегистрировано для четырехрядной гибридной популяции *Ciuluc* $\times$ *Igri* -4-4(24).



1. Изменчивость признака *высота растения* у двухрядных и четырехрядных гибридов озимого ячменя *Ciuluc* x *Igri* (F₄). *Примечание:* *** – достоверные различия при $P \leq 0,001$, по сравнению с отцовской формой *Igri*; *, **, ***, – при $P \leq 0,05$; 0,01; 0,001, по сравнению с материнской формой *Ciuluc*.

Коэффициент изменчивости по этому признаку в пределах каждой гибридной комбинации варьировал от 10,84 до 19,22%, что соответствует средней изменчивости (Лобачев, 2014). При анализе признака *длина верхнего междоузлия* показано, что у большинства гибридных линий наблюдаются более высокие средние значения, чем у родительских форм, за исключением комбинации *Ciuluc* x *Igri*-4-4 (4, 24), где показатель достоверно снизился ($P \leq 0,05$) на 12,79-16,90% по сравнению с материнской формой *Ciuluc*. Наиболее низкие значения этого параметра (15, 27 и 14, 55 см) отмечены именно у данных гибридных образцов. Следует отметить, что коэффициент вариации находился в пределах 14,85-32,72%, в зависимости от гибридной популяции, что указывает на средний и высокий уровень изменчивости по этому признаку (рис. 2. Б). По литературным данным, *высота растения* и *длина верхнего междоузлия* тесно коррелирует с устойчивостью к полеганию, что свидетельствует о важности отбора растений с оптимально низкими значениями этих признаков (Madic et al., 2016; Донцова & Филиппов, 2011; Железнов, 2012). Известно, что *длина колоса* является генотипическим признаком, который незначительно варьирует в разных климатических условиях и оказывает влияние на продуктивность растений (Батакова & Корелина, 2017). Как показали результаты наших исследований, средняя длина колоса у гибридных популяций ячменя достоверно увеличилась (95-99,9%) на 5,17-41,34%, по сравнению с отцовской формой, за исключением четырехрядной низкорослой формы *Ciuluc* x *Igri*-4-4 (24). У этой гибридной линии отмечено минимальное значение этого параметра (6,91 см). Максимальная длина колоса (10,70; 10,94 см) обнаружена у двухрядных гибридных форм *Ciuluc* x *Igri*-2-2 (2,4). Амплитуда изменчивости по этому признаку у анализируемых гибридных популяций была незначительной, или средней и составила 9,70-16,95% (рис. 2. А).

Одним из важных элементов структуры урожая, является *продуктивная кустистость* (число продуктивных стеблей на одном растении), которая тесно связана с продуктивностью растений (Батакова & Корелина, 2017).

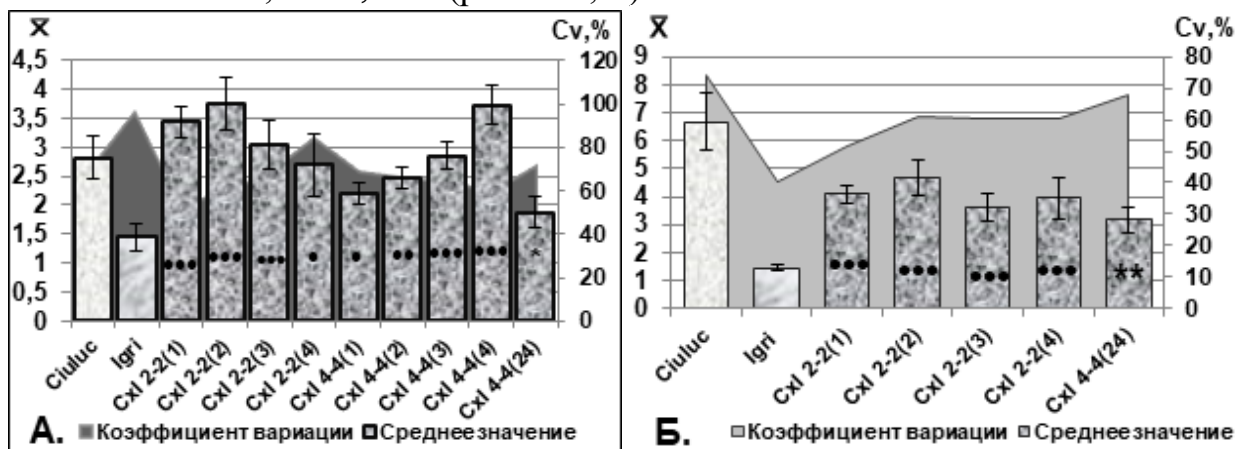


2. Изменчивость признака *длина колоса* (А) и *верхнего междоузлия* (Б) у двухрядных и четырехрядных гибридов озимого ячменя *Ciuluc* x *Igri* (F₄).
 Примечание: •, ••, ••• – достоверные различия при $P \leq 0,001$, по сравнению с отцовской формой *Igri*; *, **, ***, – при $P \leq 0,05$; 0,01; 0,001, по сравнению с материнской формой *Ciuluc*.

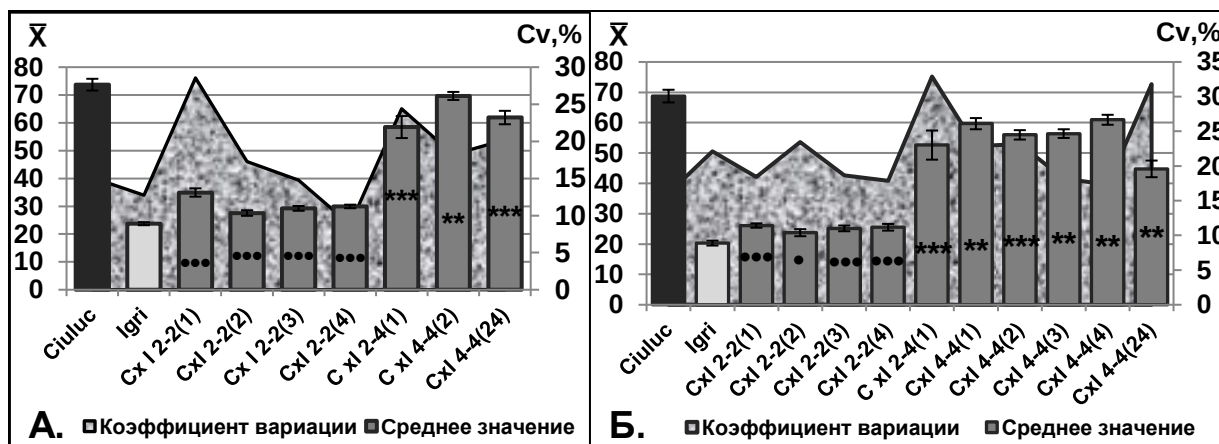
В нашем опыте, средний показатель этого признака значительно увеличился (в 1,42-2,58 раза) у большинства гибридных популяций по сравнению с отцовской формой, и составил 2,70-3,74 стебля. По сравнению с материнской формой *продуктивная кустистость* изменилась незначительно, за исключением низкорослой формы *Ciuluc* x *Igri*-4-4 (24), у которой отмечено достоверное снижение среднего значения (33,33%, при $P \leq 0,05$) среди гибридных линий. Размах коэффициента вариации был очень высоким у всех форм и составил 52,72-83,42%, что свидетельствует о значительной изменчивости по этому признаку (рис. 3, А). Наши данные соответствуют результатам других авторов, которые также отмечают, что этот признак подвержен сильной вариабельности в зависимости от условий внешней среды (Лыкова, 2006; Alquadah et al. 2016; Батакова & Корелина, 2017). Необходимо отметить, что признаки гибридных популяций: число колосков, зерен в главном колосе, масса зерен с одного растения, сравнивали с каждой родительской формой, в зависимости от количества рядов зерен в колосе. Так, масса зерен с одного растения двухрядных гибридов составила 3,64 – 4,66 г, что в 2,5-3,2 раза превышает исходную форму *Igri* (99,9%). Установлено, что у четырехрядных образцов этот признак существенно уменьшился (в 2 раза) по сравнению с родительской формы *Ciuluc* только у низкорослой формы. О широкой изменчивости данного параметра свидетельствуют высокие значения коэффициента вариации (51,42-74,37%) у всех изучаемых форм (рис. 3.Б).

Известно, что *озерненность колоса* – число зерен в колосе зависит от типа колоса. Число колосков в колосе – мало изменчивый признак, который определяется генотипом растения (Батакова & Корелина, 2017). В результате наших исследований отмечен средний и высокий размах изменчивости числа колосков (14,78-28,55%) и зерен в главном колосе (17,85-29,90%) почти у всех форм, в зависимости от гибридной популяции. Средние значения этих

признаков в двухрядных гибридных линиях были выше отцовской формы на 16,09-47,22% ($P \leq 0,05$; 0,001), в то время как у четырехрядных гибридов значение данного параметра было более низким по сравнению с материнским генотипом на 10,13-34,88% (рис. 4 А, Б).



3. Изменчивость признаков *продуктивная кустистость* (А) и *масса зерен одного растения* (Б) у двухрядных и четырехрядных гибридов озимого ячменя *Ciuluc* x *Igri* (F_4). *Примечание:* •, ••, ••• – достоверные различия при $P \leq 0,05$; 0,01; 0,001, по сравнению с отцовской формой *Igri*; * – при $P \leq 0,05$, по сравнению с материнской формой *Ciuluc*.



4. Изменчивость признаков *число колосков* (А) и *зерен в главном колосе* (Б) у двухрядных и четырехрядных гибридов озимого ячменя *Ciuluc* x *Igri* (F_4). *Примечание:* •, ••• – достоверные различия при $P \leq 0,05$; 0,001, по сравнению с отцовской формой *Igri*; **, *** – при $P \leq 0,01$; 0,001, по сравнению с материнской формой *Ciuluc*.

Следует отметить, что озерненность колоса значительно взаимосвязана с массой зерен одного растения, главным признаком урожайности при индивидуальных отборах на продуктивность. Таким образом, результаты исследования позволили отселектировать двухрядные и четырехрядные гибридные линии озимого ячменя (23 формы), которые отличались разнообразием по агрономическим признакам. Выбранные образцы, сочетающие ценные показатели по двум – трем элементам структуры урожая

и продуктивности, являются перспективными для дальнейшего использования в селекции.

Работа выполнена в рамках проекта 20.80009.7007.04 «Биотехнологии и генетические способы выявления, сохранения и использования агробиоразнообразия», финансируемого Национальным агентством по исследованиям и разработкам.

Литература

1. Alqudah, A. Koppolu, R. Wolde, M. G. Graner, A., Schnurbusch, T. (2016). The genetic architecture of barley plant stature. *Frontier in Genetics*. 7 (117), 1-15.
2. Caldwell, K. S., Russell, J., Langridge, P., Powell, W. (2005). Extreme population-dependent linkage disequilibrium detected in an inbreeding plant species, *Hordeum vulgare*. *Genetics*. 172, 557-567.
3. Zeng, Q. X. (2015). Genetic variability in agronomic traits of a germplasm collection of hulless barley. *Genetics and Molecular Research*. 14 (4), 18356-18369.
4. Madić, M., Knežević, D., Paunović, P. et al. (2016). Plant height and internode length as components of lodging resistance in barley. *Acta Agr. Serbica*, 21(42), 99-106.
5. Батакова, Б. О., Корелина, А. В. (2017). Влияние элементов структуры урожая на продуктивность ячменя ярового в условиях крайнего севера РФ. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 178(3), с. 50-58.
6. Донцова, А.А., Филиппов, Е.Г. (2011). Изучение закономерностей наследования хозяйственно-ценных признаков гибридами F₁ и F₂ ярового ячменя в условиях ростовской области. *Науч. ж. КубГАУ*. 71 (6), 10 с.
7. Железнов, А. В., Железнова, Н. Б., Кукоева, Т. В и др. (2012). Изменчивость ячменя (*Hordeum vulgare* L.) разного географического происхождения по элементам структуры урожая. *Сельскохозяйственная биология*. 1, 33-40.
8. Лобачев, Ю. В. (2014). Статистические и биометрические методы в селекции и семеноводстве растений: краткий курс лекций для аспирантов 2 курса направления подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство. Сост. ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». Саратов, 48 с.
9. Лыкова, Н. А. (2006). Изменчивость генетико-статистических признаков *Triticum aestivum* и *Hordeum vulgare* в онтогенезе. *Науч.ж. КубГАУ*, 24(8), 1-8.
10. Тохетова, Л. А. (2000). Изучение характера наследования количественных признаков гибридов ярового ячменя. Материалы межд. научно-технической конференции «Проблемы экологии, АПК и охрана окружающей среды». Усть-Каменогорск, 59-61.

EPIGENETIC FACTORS, SELECTION AND INTRODUCING OF NEW WHEAT VARIETIES

A. Dascaliuc¹, N. Zdioruc¹, T. Ralea¹, Ia. Parii², Iu. Parii²

¹*Institute of Genetics, Physiology and Plants Protection, Moldova*

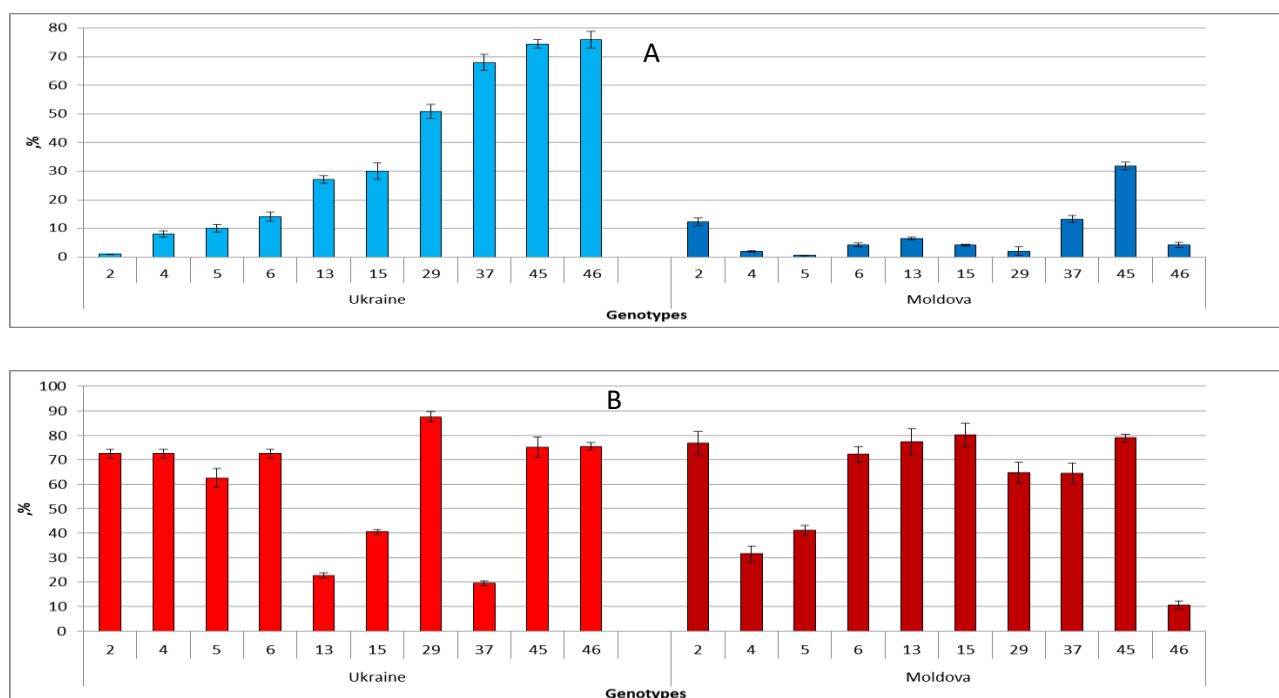
²*Ukrainian Institute of Plant Breeding*

Introduction. Contemporary biology data show that multicellular organisms' complexity develops following the division of an initially undifferentiated germ cell. Plant tissues and organs are formed from newly formed cells, for which specific functions are characteristic due to the differentiated expression of genes. Simultaneously, the experimental results showed that the cell's specific (modified) state is still transmitted to the newly formed cells by mitosis and sometimes even to the embryonic cell through meiosis. Experimental results have shown that epigenetic mechanisms maintain altered gene functions in cells after mitosis or after meiosis. It is these particularities that underlie the notion of epigenesis. Experimental results have shown that epigenetic mechanisms vary gene function after mitosis or meiosis. It is these particularities that underlie the idea of epigenesis. According to the contemporary definition, epigenesis represents the changes in the mitotic or meiotic inherited expression of genes, which do not involve DNA sequence changes (Wu and Morris, 2001). In other words, the epigenetics inheritance does not include the differences in DNA sequences. The variations of development and adaptation to stressors influenced epigenetically are of particular importance for plants. Repetitive differentiation in embryogenesis and formation of the meristem cells are at the basis of the differentiation of anatomical structures specific to a mature plant. Due to the postponement of the embryo's initial growth, the shape and habitus of sessile plants change depending on the environment, adapting better to real conditions. The diversity of mechanisms that determine plants' resistance and productivity under the stress conditions determines the difficulty of appreciating genetic and epigenetic factors on these processes separately because both groups of inheritance influence the primary plant's resistance to stress. The contributions of variable adaptation components and the avoidance components of the resistance to stress factor action are changing during ontogenesis (Dascaliuc et al., 2013; Levitt, 1980). Because epigenetic phenomena can change plants' adaptation to stressors influencing the mechanisms of primary resistance, new adaptations of plants during ontogenesis, and avoidance mechanisms, we set out to simplify the problem. Therefore in our experiments, we excluded the influence of phenomena avoiding the action of stressors and ontogenetic adaptations, limiting our task to determining the wheat genotype's primary resistance to high temperatures and frost. In research, we used the seeds of wheat genotypes obtained after the cultivation of plants in the Kharkiv region, Ukraine, and the central region of Moldova. Germination parameters of wheat seeds exposed to shock with extreme temperatures characterize the genotype's initial (primary) tolerance to extreme temperatures. Because the germinating wheat seeds are in the initial phase of ontogenesis, the adaptation processes did not influence the physiological state and the embryo's primary resistance. However, in

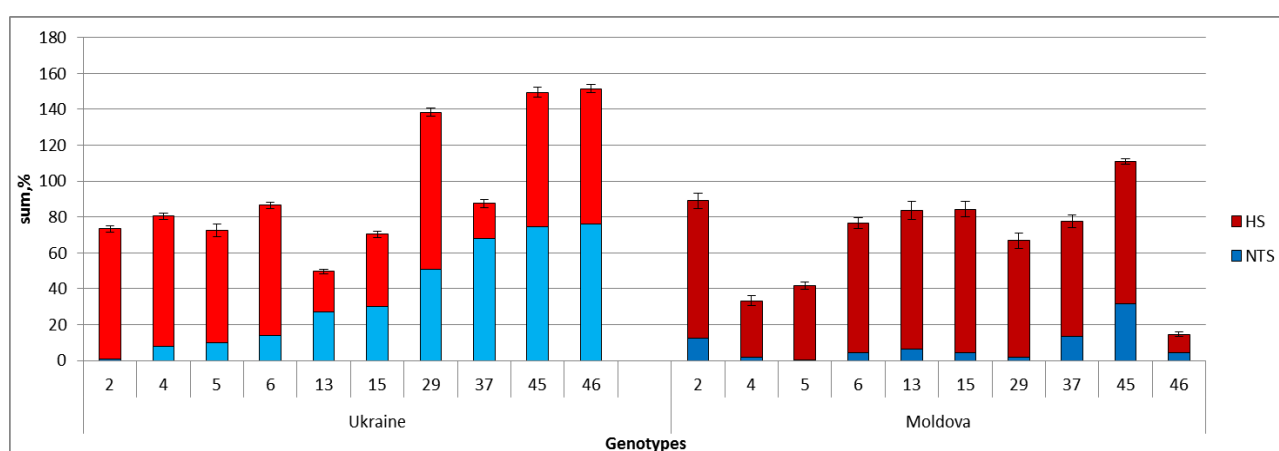
these studies, we cannot exclude the possible contribution of the epigenetic transmission of some traits acquired in the previous generation and transmitted to the descendants obtained in different areas (Dascaliuc et al., 2013; Jaligot and Rival, 2015). When we planned these studies, we considered that hexaploid wheat seeds' germination after exposure to extreme temperatures and other physiological characteristics has genetic limitations. Consequently, plant genotypes with a specific history of reproduction may have different values of individual plasticity and differ in terms of the level of primary resistance to high temperatures or frost.

Materials and methods. In the studies, we used ten genotypes of hexaploid wheat, multiplied in 2015-2016 years in the Kharkiv region of Ukraine and 2016-2017 years – in Moldova. After soaking in water at + 4°C, the seeds of experimental variants were exposed to SNT by incubation for 16 at temperatures –6°C, or to heat shock (HS) by immersion during 30 minutes in water at temperature 50°C. Further, the seeds of the experimental variant, simultaneously with those of the control ones, were sown in containers on the wet cotton discs and set for germination and growth in the thermostat, in the dark, at 25°C, the relative air humidity 75-85%, and incubated during 120 hours. At the end of the incubation period, we determined the germinated seeds rate in favorable conditions for germination and growth in all experimental variants. The obtained data were processed statistically, determining the mean value and the mean's standard deviation (Clewer and Scarisbrick, 2001).

Results and discussion. The data presented in Figure 1 shows that obtained after cultivation in Moldova, the seeds of all genotypes, except those of the variety Toulouse (with medium resistance to SNT), have shown relatively low resistance to SNT. In contrast, except for line 21, with a low resistance to HS, lines 542, and 111 with medium resistance, the other genotypes showed high resistance to HS. Simultaneously, the seeds of lines 466 and 1087, varieties Samurai and Toulouse, obtained from the plants grown in Moldova, showed relatively high resistance to HS; and the correlation coefficient of genotypes resistance to HS and SNT reached the value of 0.434. We mention that the correlation coefficient of the resistance to SNT of the seeds obtained from the plants cultivated in Moldova and Ukraine was equal to 0.481, when the respective correlation of the seed's resistance to HS was negative, being equal to -0.314. The values of the correlation coefficients show that, although, in general, the resistance to SNT of seeds obtained from plants grown in Moldova was lower compared to those obtained from plants grown in Ukraine, the differences between genotypes tended to change in the same direction in both cases. The negative correlation coefficient between the HS resistance of the seeds propagated in Ukraine and Moldova demonstrates the opposite direction of changing the HS resistance of seeds obtained from plants grown in Moldova compared to seeds produced in Ukraine. For example, the HS resistance of seeds of lines 542, 111, and variety Toulouse was higher in seeds obtained from plants grown in Ukraine, when the seed resistance of varieties Samurai, Arctis, and line 1087, on the contrary, was higher in the case of cultivating plants in Ukraine.



1. The percentage of 10 winter wheat genotypes seeds germinated after exposure 8 hours to SNT at -6°C (A) or 30 minutes to HS at 50°C (B). For all genotypes, the first diagram presents the data obtained with the seeds obtained from the plants multiplied in Ukraine and the second – in Moldova.



2. The sum of the percentage of 10 winter wheat genotypes seeds germinated after 8 hours to SNT at -6°C plus that after exposure 30 minutes to HS at 50°C. For all genotypes, the first diagram presents the data obtained with the seeds obtained from the plants multiplied in Ukraine and the second – in Moldova.

We consider that the genotype's genotypic plasticity can be characterized by the summary response to HS and SNT. This parameter was expressed at a higher level by the seeds multiplied in the Kharkiv region. The summary value for resistance of all genotypes to HS and SNT of the seeds obtained from grown in this region was 1.8 times higher than that characteristic for the seeds obtained from the plants grown in Moldova conditions. It follows that, on average, for these genotypes,

the conditions in the Kharkiv region correspond better to the requirements of studied genotypes compared to those in Moldova. The decrease in biological plasticity was the most pronounced for lines 21, 111, and 542, primarily decreasing the resistance to SNT, Figure 2. The substantial decrease of the seeds of these lines resistance to both HS and SNT can be explained by reductions in the epigenetic component's contribution to both types of stress and, as a result, to summary resistance and plasticity of the seeds obtained from plants of these wheat genotypes after cultivation in Moldova. It follows that when developing proposals for cultivating varieties in different geographical areas, it is necessary to determine in parallel the resistance of the genotype to HS and SNT, preference for cultivation being matched to the genotype with more appropriate primary resistance. We developed these approaches for studying the primary plants' resistance to extreme temperatures by applying the methods proposed for determining the stress resistance of technical (Escobar and Meeker, 2006) and biological systems (Levitt, 1980; Dascalu et al., 2013). Compared with those based on the determination of the plants subjected to HS, their evident simplicity is advantageous. The fact that technical systems, as a rule, do not possess the ability to change their level of compliance during the exploitation supports the applicability of the models described by Escobar and Meeker (2006) for physical systems for determining the resistance of plants genotypes resistance to high temperature and frost. The proposed method provides reproducible results for appreciating the influence of epigenetic inheritance on wheat seeds primary resistance to extremes temperatures due to eliminating the influence of avoidance phenomena on the obtained results. Simultaneously, its use makes it possible to clearly outline the primary and adaptive components' contribution in determining plants' resistance to extreme temperatures. Overall, the above suggests that the mentioned procedures can ensure the fast and reliable selection and choice of genotypes whose resistance to extreme temperatures corresponds to the local ones.

The substantial decrease of the resistance to both HS and SNT of the seeds of these lines can be explained by the fact that after the cultivation of these lines in Moldova, it decreases the epigenetic component's contribution to both types of stress and as a result, to summary resistance. It follows that when developing proposals for cultivating varieties in different geographical areas, it is necessary to determine in parallel the resistance of the genotype to HS and SNT, preference for cultivation being matched to the genotype with more appropriate primary resistance. The applicability of these approaches for studying the primary plants' resistance to extreme temperatures was developed based on applying the proposed methods for determining the stress resistance of technical (Escobar and Meeker, 2006) and biological systems (Levitt, 1980; Dascalu et al., 2013). Compared with those based on the determination of the plants subjected to HS, their evident simplicity is a great advantage. The fact that technical systems, as a rule, do not possess the ability to adapt, a phenomenon that is avoided when assessing the primary resistance of plants, can serve as confirmation of the correctness of the approach we have chosen. The method provides reproducible results, appreciating epigenetic influence, eliminating the influence of avoidance phenomena on the obtained results. Simultaneously, its use makes it possible to clearly outline the contribution of the primary and adaptive

components in determining plants' resistance to extreme temperatures. Overall, the above suggests that the mentioned procedures can ensure the fast and reliable selection and choice of genotypes whose resistance to extreme temperatures corresponds to the local ones.

Conclusions. 1. Wheat varieties can be differentiated rapidly after their intrinsic resistance to extreme temperatures (excluding the influence of the adaptation processes carried out during plant ontogenesis) by exposing to HS or SNT of the well-prepared germination seeds.

2. The resistance of the seeds of different wheat genotypes seeds to HS or SNT differs and, at the same time, is influenced by the environmental conditions of seed reproduction.

3. To correctly select the most suitable wheat varieties for cultivation in a specific area, we can recommend the accelerated determination of the resistance of seeds obtained from the plants cultivated in this area and to choose for practical cultivation of those characterized by superior plasticity.

4. Among the genotypes we researched for cultivation in the Kharkiv region, Ukraine of interest are lines 21 and 514, and the Toulouse variety, and for cultivation in the central region of Moldova, only line 21.

References

1. Wu Ct., Morris J.R. (2001). Genes, genetics, and epigenetics: a correspondence. *Science*. Aug 10; 293 (5532): pp.1103-105. doi: 10.1126/science.293.5532.1103.
2. Dascalu A.; Ivanova R.; Arpentin, Gh. (2013). Systemic approach in determining the role of bioactive compounds.// In PIERCE, G.N.; MIZIN, V. I.; OMELCHENKO, A., eds. *Advanced Bioactive Compounds Countering the Effects of Radiological, Chemical, and Biological Agents, Strategies to counter biological damage*; Series: NATO Science for Peace and Security Series A: Chemistry and Biology. Springer, pp.121-131. ISBN 13: 978-94-007-6532-0.
3. Levitt J. (1980). *Responses of plants to environmental stresses*. Vol. 1. — New York: Acad. Press, 568 p. ISBN-13: 978-0124455016.
4. Jaligot E., Rival A. (2015). Applying Epigenetics in Plant Breeding: Balancing Genome Stability and Phenotypic Plasticity. In *Advances in Plant Breeding Strategies: Breeding, Biotechnology, and Molecular Tools*. Volume 1, Springer, pp. 159–192. DOI: 10.1007/978-3-319-22521-0_6
5. Clewer A.G., Scarisbrick D.H. (2001). *Practical statistics and experimental design for plant crop science*. Chichester, New York: John Wiley & Sons, LTD, 332 p. ISBN: 978-0-471-89909-9

Acknowledgement. The research was carried out in the State Programs 20.80009.7007.07 by the financial support of the National Agency for Research and Development of the Republic of Moldova

PROSPECTS FOR CULTIVATING AND RESTORING THE PLANT POPULATION OF *RHODIOLA ROSEA* L IN THE CARPATHIAN MOUNTAINS

T. Călugăru-Spătaru, A. Dascaluic¹, Iu. Parii², Ia. Parii²

¹*Institute of Genetics, Physiology and Plants Protection, Moldova*

²*Ukrainian Institute of Plant Breeding*

Introduction. In recent decades, scientific research has confirmed that traditional herbal medicines contain *secondary metabolites SM*. The accumulation and biosynthesis of *SM* in plants depend on environmental conditions characteristic of their natural habitat. Among the growth conditions that primarily influence the content of *SM* are: altitude, temperature, lighting, and humidity (Dascaluic, 2008; Galambosi, 2005). Among these plants can be included in species *Rhodiola rosea* L, also known as „golden root”. The plant is a perennial herbaceous dioecious, with a very pronounced polymorphism. In natural habitats, plants grow in conditions with harsh and accidental climatic factors, including high altitudes, extreme temperatures, and intense ultraviolet radiation.

In the Romanian and Ukrainian Carpathians, the species *R. rosea* was found and is endangered species. Due to the *R. rosea* rhizomes precious properties, the collection of plants increased in recent decades. The primary commercial source of roots and rhizomes is available from the Altai Mountains, they being considered as the standard of quality. More than 46 companies worldwide sell *R. rosea* products, and about 30 companies supply these products as food ingredients. The rapid increase in demand and the high price offered for the raw material has increased the *R. rosea* pressure growing in natural habitats. The regeneration capacity of *R. rosea* plants is relatively slow and is about 10-15 years. Due to the high costs of cultivation, which include establishing fields for seedling transplantation, harvesting, and post-harvest rhizomes production, which is a rather tricky process, currently, *R. rosea* plantations, is limited. Also, because *R. rosea* rhizomes accumulate the maximum amount of *SM* only in the 4-5th year of cultivation, the rhizome harvest may be compromised by individual factors (lack of well-developed agrotechnical conditions, weed control, fertilization, etc. (Galambosi, 2005). Although the cultivation in field plants cultivations has been carried out in several countries and continents, the development of economically advantageous plant cultivation geotechnics remains a goal not yet achieved. The main objectives that need to be elucidated are the artificial obtaining biomass of *R. rosea* rhizomes with *SM* composition comparable to that characteristic of rhizomes collected under natural conditions.

Our research aimed to cultivate in Moldova, determine and compare the composition of active principles extracted from *R. rosea* rhizomes of artificially produced plants with that of rhizomes collected from the Carpathian populations in Romania and Ukraine. In scientific literature, only limited information exists on the content of *SM* in rhizomes of plants collected in the Carpathian Mountains, in general, and in the Carpathians in Romania, particularly at the time of initiating our research was practically missing. Simultaneously, multiplication of plants and

obtaining the seeds is difficult due to their small size (1 g of *R. rosea* seeds contains about 7000 seeds!). Therefore, another objective was to develop the rapid multiplication method in the *in vitro* culture of *R. rosea* plants.

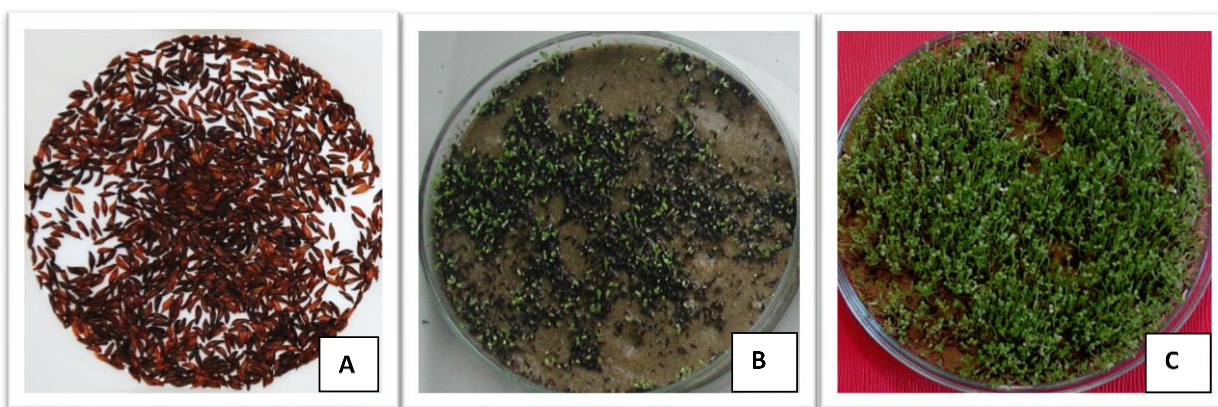
Materials and methods. The study objects were plants of the species *R. rosea* L. collected in the populations of the Carpathian Mountains of Romania and Ukraine (Figure 1). The studies used rhizomes (Figure 1) and seeds (Figure 2A) of *R. rosea* plants. *R. rosea* plants, rhizomes cultivated in the „*Plaiul Fagului*”, Scientific Reserve, Ungheni district, and the Botanical Garden of the National University of Chernivtsi, Ukraine.

For vegetative multiplication and biochemical analysis of *SM* accumulated under natural conditions, we collected *R. rosea* plants rhizomes in early September. The seeds served for generative proliferation and initiation of *in vitro* culture of these genotypes.



1. Plants (left) and rhizomes (right) of *R. rosea*, collected from the natural habitats of the Carpathian Mountains (Ineu Massif, Romania).

We collected *R. rosea* seeds from spontaneous plants growing in the Romanian Carpathians, which served as a primary material for *in vivo* cultivation and *in vitro* culture initiation. Before germination, the seeds were immersed for 24 hours in gibberellic acid (GA_3) solution with a concentration of 0,05%. Subsequently, they were stratified by incubating in wet sand at a temperature of + 4°C and dark in a thermostat with a 75-85% relative humidity. After the expiration of the stratification period, on the 21st day, *R. rosea* seeds germination rate reached $\approx 95\%$ (Figure 2 B). Subsequently, we transferred the Petri dishes with the germinated seeds in a thermostat at a temperature of + 22°C, the relative humidity of the air 75-80%, and the photoperiod of 16 hours and 8 hours of darkness. After one week of cultivation, the seedlings reached a height of between 0,5 and 2,5 cm (Figure 2C). The well-developed seedlings were transferred to the soil and kept in the cultivation room. For the subsequent cultivation of *R. rosea* plants in field conditions, some of the seedlings were grown in the greenhouse of the Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection, and another part in the greenhouse specially built in the scientific reservation „*Plaiul Fagului*” in Ungheni district and the open field on a plot facing east-south. The soil in the IGPPP greenhouse consisted of typical moderate chernozem, with a pH of 6.5, and that of „*Plaiul Fagului*” was forest soil, with a pH of 6.2. The size of the experimental plots varied from 2 m² to 40 m², in three repetitions.



2. Image of seeds (A) germinated on the 21st day of stratification (B) and seedlings of *R. rosea* on the 7th day of additional cultivation in the thermostat (C).

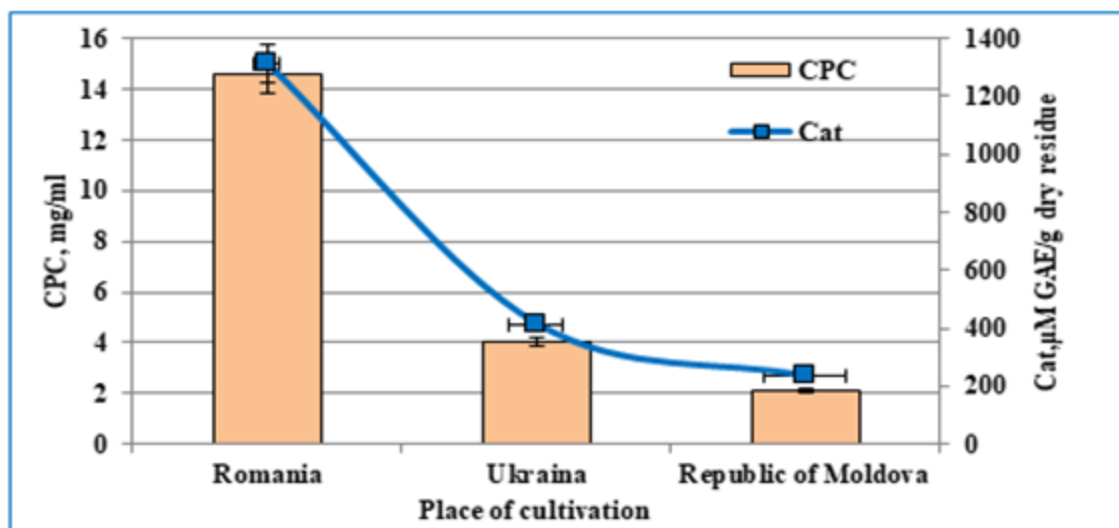
Introduction and multiplication of *R. rosea* in culture *in vitro* provided as described (Călugăru, 2007).

Results and discussions. Cultivation of *R. rosea* plants in field conditions is a way that could provide the pharmaceutical industry with raw materials to reduce the negative impact of the excessive collection of plants from the habitats of natural populations. As mentioned earlier, *R. rosea* plants grow spontaneously in the Carpathians in Romania (Dascalu, 2008) and Ukraine. Still, the plant populations there are relatively small and in danger of extinction due to excessive collection. The cultivation of *R. rosea* plants in the Republic of Moldova and Ukraine was initiated with the use of one-year-old *R. rosea* rhizomes, collected from the Carpathian Mountains, Romania. Later we cultivated them in the Scientific Reservation „*Plaiul Fagului*”, Ungheni district, Republic Moldova, and the Botanical Garden of the National University of Chernivtsi, Ukraine. It is important to note that the planted rhizomes survived and grew intensively under these conditions (Figure 4).

Qualitative analysis of the components extracted from *R. rosea* plants rhizomes grown in field conditions confirmed the presence of active principles specific to this species (Călugăru-Spătaru, 2017). However, the qualitative indices and antioxidant activity of extracts from plant rhizomes were significantly different. Thus, in the extracts from the 6-year-old plants, provided by the researchers from the Botanical Garden of the National University of Chernivtsi, the content of phenolic compounds (CPC) was 3.6 times lower than in the case of extracts from the rhizomes of plants in the natural growing environment. The total antioxidant capacity (Cat) of the extracts from these samples was lower and was $415.50 \pm 48.74 \mu\text{M GAE/g}$ of dry residue. Extracts from *R. rosea* plants rhizomes collected from the Carpathian Mountains, Romania, showed antioxidant activity equal to $1312.84 \pm 285.04 \mu\text{M GAE/g}$ of dry residue. The rhizomes grown by us contained 6.9 times fewer phenolic substances, and the extracts from them showed antioxidant activity equal to $238.24 \pm 22.04 \mu\text{M GAE/g}$ of dry residue (Figure 3).

Therefore, our research has shown that due to the species' biological specificity, *R. rosea* plants field cultivation has meager prospects. The artificial creation of

conditions comparable to those in the mountains would be costly and without economic advantage. These shortcomings can be overcome by the possibility of investigating *in vitro* cultures, being considered an alternative and sustainable way to obtain valuable natural pharmaceuticals.



3. Analysis of the composition of secondary metabolites of extracts from *R. rosea* plants rhizomes grown in field conditions.

Namely, through such a process, the plants of *R. rosea* were micropropagated, which includes the cultivation of mini-rhizomes inoculated on the Murashige-Skoog nutrient medium, supplemented with activated carbon 1200mg/l. The result of the procedure was to increase the multiplication coefficient from 100 plants per year to 4800 *R. rosea* plants due to the change in the environment's content that induced the initiation of bud growth in rhizomatic structures (Figure 5).



4. *R. rosea* plants in the 3rd year of cultivation in the Scientific Reservation „Plaiul Fagului.”

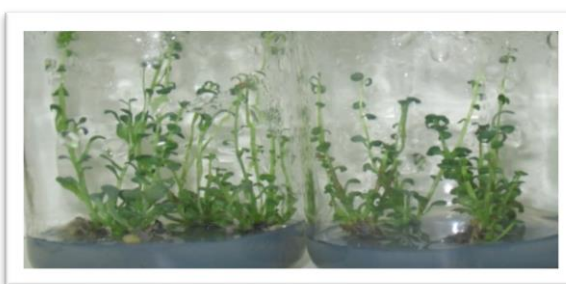


Figure 5. *R. rosea* plants multiplied under in vitro conditions.

Conclusions. 1. The composition and content of secondary metabolites in *R. rosea* plants rhizomes collected in the Carpathian Mountains of Ukraine and Romania are similar to those characteristics for plants growing in the Altai Mountains, Russia.

2. The biotechnological researches realized *in vitro* with callus culture and with micro propagated plants opens new perspectives for obtaining active components from artificially cultivated plants of *R. rosea* and restore these plants population in the Massifs of the Carpathian Mountains where the species is endangered.

References

1. Galambosi B. (2005). *Rhodiola rosea* L. from wild collection to field production. In: *Medicinal Plant Conservation*. vol. 11, pp. 31–35. ISSN 1430-953X
2. Călugăru T., Delean T., Dascaluic A. (2007). Process for microclonal propagation of *Rhodiola rosea* L. plants *in vitro*. Patent Nr. 3375. http://agepi.gov.md/sites/default/files/bopi/BOPI_04_2015.pdf
3. Călugăru-Spătaru T., Ciocârlan A., Dascaluic A. (2017). Chemical composition of extracts and volatile oil from rhizomes of *Rhodiola rosea* L. of Carpathian origin. *Journal of ASM. Life sciences*. 3(333), pp. 76-83. ISSN 1857-064X. <http://bsl.asm.md/article/id/57334>
4. Dascaluic A., Călugăru-Spătaru T., Ciocârlan A. et al. (2008). Chemical composition of golden root (*Rhodiola rosea* L.) rhizomes of Carpathian origin. *Herba Polonica*. vol. 54, nr 4, pp. 17-27. ISSN 0018-0599. http://www.herbapolonica.pl/magazines-files/1687607-02_Chemical.pdf

Acknowledgement. The research was carried out in the State Programs 20.80009.7007.07 by the partial financial support of the National Agency for Research and Development of the Republic of Moldova.

РОЗШИРЕННЯ ГЕНОФОНДУ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ВІДДАЛЕНОЮ ГІБРИДИЗАЦІЄЮ

І. П. Діордієва

Уманський національний університет садівництва

Вступ. Тритикале озиме (*Triticosecale* Wittmack) — використовується як кормова, харчова та технічна культура. Площі його посівів у світі сягають 4 млн. га [1, 2]. Пріоритетні напрями селекції тритикале підвищення врожайності, стабільності та поліпшення показників якості зерна [3]. Низька якість зерна тритикале, зокрема, невисокий вміст у зерні білка і клейковини низької якості, є основною перешкодою для широкого впровадження культури у виробництво. Тому основними завданнями селекції є поліпшення якості зерна, що зазвичай супроводжується зниженням врожайності, оскільки ці показники негативно корелюють між собою [4, 5]. Нині вченими ведеться селекційна робота спрямована на створення високоврожайних, стійких до несприятливих чинників навколишнього природного середовища з високою якістю зерна сортів тритикале озимого.

Метою наших досліджень було розширення генетичного різноманіття та

створення нових матеріалів тритикале озимого з високою якістю зерна за віддаленої гібридизації та залучення їх до селекційного процесу створення високопродуктивних сортів культури.

Зразки тритикале озимого створювали методом віддаленої гібридизації за використання багаторазових індивідуальних доборів. У якості вихідного матеріалу в систему гібридизації залучали районовані сорти тритикале озимого та ярого вітчизняної (Розівська 6, Алкід, Паритет, Хлібодар харківський) і закордонної (Бета, Сувенір) селекції; пшеницю спельта озиму сорт Зоря України; елімус піщаний (*Elymus arenarius*). Гібридизацію проводили шляхом ручної кастрації квіток материнської форми і наступного примусового запилення їх пилком батьківської форми. Збір та обліки урожаю зерна проводили у фазу повної стиглості.

Гібридне потомство F_{2-5} аналізували за проявом морфобіологічних і господарсько-цінних ознак. Починаючи з четвертого покоління відбирали кращі за господарсько-цінними показниками зразки для подальшого тестування, що проводили впродовж 2015–2019 рр. Обліки, фенологічні спостереження та визначення показників якості проводили за методикою Державної науково-технічної експертизи сортів рослин [6]. Стандартом було обрано сорт тритикале озимого Паритет. У дослідях використовували систематичний метод розміщення ділянок з обліковою прощею 10 м². Номери розташовували блоками з густотою рослин 400 тис. шт./га. Повторність дослідів — п'ятиразова. Біометричні показники визначали на 50 рослинах, що відбирали з кожної ділянки у двох несуміжних повтореннях. Після обліків та вимірювань здійснювали обмолот зерна і визначали врожайність.

Достовірність досліджень, ступінь варіювання ознак та істотність відмінностей між показниками продуктивності в експериментальних дослідженнях оцінювалися за методикою Е. Р. Ермантраута і В. П. Гудзя [7] за використання прикладної програми MS Excel.

У процесі досліджень проведено низку віддалених схрещувань. Отримані гібриди F_1 самозапилювали або повторно схрещували з батьківськими формами. Генетичне різноманіття, що використовували за гібридизації, забезпечило широкий формотворчий процес у гібридних поколіннях. За індивідуально-родинного добору серед нащадків відібрано зразки тритикале, що характеризувалися значною різноманітністю за морфобіологічними ознаками (висотою рослин, формою і довжиною колосу, забарвленням рослин і колоса тощо).

За висотою рослин у створених зразків спостерігався значний розмах мінливості (від 65 до 139 см). Створені зразки, згідно класифікації В. Г. Щипака [8], розділено на середньостеблові (понад 100 см), низькостеблові (80–99 см), короткостеблові (60–79 см) та карлики (< 60 см). Найчисельнішими та найпродуктивнішими є низько- та середньостеблова групи. Достовірне зниження висоти відносно стандарту зафіксовано також у зразків 61 і 68 (відповідно 95 та 87 см), що отримані у комбінаціях схрещування, де батьківською формою був високорослий вид — пшениця спельта.

Створення зразків тритикале із добре озерненим колосом є важливим завданням селекції культури, оскільки зернова продуктивність тісно пов'язана з озерненістю колоса. З цією метою в систему гібридизації залучали елімус піщаний (*Elymus arenarius*), що характеризується довгим колосом і високою насінневою продуктивністю. У нащадків, отриманих за участі цього виду (зразок 8), зафіксовано формування подовженого суцвіття на 8,2 см та збільшення кількості зерен в колосі на 14 штук. Проте, у цього зразка спостерігалось зменшення крупності насіння, що негативно вплинуло на масу зерна з колосу (1,75 г) і врожайність зерна (5,78 т/га).

За масою зерна з колосу зафіксовано середній рівень варіювання ($V = 12,1\%$). Істотно перевищували стандарт за цим показником зразки 28, 35, і 68. За кількістю зерен у колосі істотно перевищували сорт Раритет зразки 8 і 68. Достовірне збільшення врожайності відносно стандарту зафіксовано у зразків 35 (6,81 т/га), 61 (6,92 т/га), і 68 (6,95 т/га).

У результаті проведених отримано вісім зразків тритикале, що за вмістом білка і клейковини у зерні істотно перевищували стандарт, два — знаходились на рівні стандарту, один — істотно йому поступався. Найвищим вмістом білка та клейковини характеризувались зразки, отримані за гібридизації тривидових тритикале з пшеницею спельта (28, 68, 83).

Важливе значення для хлібопечення має якість клейковини. Фізичні показники якості, такі як колір, розтяжність, еластичність та індекс деформації суттєво впливають на процес утворення тіста і вихід хліба. Згідно ДСТУ 3768:2010 [24] клейковина І групи якості повинна бути світло-сірого або сірого кольору, еластичною, з розтяжністю в межах 10–20 см і мати ІДК у межах 45–85 одиниць приладу ВДК. Група якості може бути знижена, якщо індекс деформації виходить за рамки меж допустимих для І групи, оскільки саме ІДК є найважливішим показником якості клейковини.

За масою 1000 зерен 10 досліджуваних зразків істотно не відрізнялися від стандарту, за винятком зразка 8 (43,1 г), що отримано за участі елімуса піщаного. Наявність в геномі генетичного матеріалу елімуса хоч і призводить до покращення озерненості колоса, але негативно впливає на крупність і виповненість зерна.

Створені колекційні зразки постійно апробовуються. Успішно ведеться пошук нових форм-донорів цінних ознак. У результаті проведених досліджень створено сорти тритикале озимого Наварра та Стратег, що занесені до Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні з 2018 р. Виділено зразок 68, який, після комплексного вивчення і розмноження, планується до передачі на Державну науково-технічну експертизу.

Література

1. Estrada-Campuzano G., Slafer G. A., Miralles D. J. Differences in yield, biomass and their components between triticale and wheat grown under contrasting water and nitrogen environments. *Field Crops Research*. 2012. № 128. С. 167–179.
2. Крохмаль А. В., Грабовец А. И. Наследование содержания крахмала гибридами F_1 озимой тритикале. *Известия Орунбургского государственного аграрного университета*. 2016. № 3. С. 30–32.

3. Dennett A. L., Cooper K. V., Trethowan R. M. The genotypic and phenotypic interaction of wheat and rye storage proteins in primary triticale. *Euphytica*. 2013. № 194. С. 235–242.
4. Диордиева И. П., Парий Ф. Н. Создание четыревидовых форм тритикале. *Земледелие и защита растений*. 2015. № 5 (102). С. 35–42.
5. Zhou J, Zhang H, Yang Z, Li G, Hu L, Lei M. et al. Characterization of a new T2DS.2DL-R translocation triticale ZH-1 with multiple resistances to diseases. *Genet Resour Crop Evol*. 2012. № 59. С. 1161–1168.
6. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Київ: Український інститут експертизи сортів рослин, 2015. 133 с.
7. Эрмантраут Э. Р., Гудзь В. П. Статистический анализ результатов агрономических исследований в прикладной программе «EXCEL-2000». Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы опытного дела». СПб, 2000. С. 13–134.
8. Щипак Г. В. Селекція і насінництво тритикале озимого. *Спеціальна селекція і насінництво польових культур*: навчальний посібник. Харків: ІР імені В. Я. Юр'єва, 2010. С. 70–107.

ВИВЧЕННЯ НОВИХ КАНДИДАТІВ У БАГАТОНАСІННІ ЗАПИЛЮВАЧІ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ПРОДУКТИВНОСТІ

О. В. Дубчак

*Верхняцька дослідно-селекційна станція ІБКіЦБ НААН України
e-mail: betaver2019@gmail.com*

Створення та впровадження у виробництво нових конкурентно спроможних гібридів цукрових буряків вирішується за допомогою методу гетерозисної селекції. Отримання батьківських компонентів, оцінка їх за комбінаційною здатністю та іншими цінними ознаками, складають основу методу. Актуальним залишається питання вивчення вихідних форм, як джерела цінних компонентів майбутніх гібридів, з метою підвищення їх продуктивності та покращення за комплексом ознак [2, 5, 6].

Селекція батьківського і материнського компонентів гібридів цукрових буряків, ведеться з використанням методів, які забезпечують їх однорідність, стабільність і генетичну цінність за селектованими ознаками [7, 8]. Генотипи материнських ЧС форм мають бути з цитоплазматичною чоловічою стерильністю в поєднанні з однонасінністю плодів та задовільними показниками власної продуктивності [3, 7, 8, 10]. Багатонасінні запилювачі – кращі за продуктивністю матеріали, отримані з аборигенних чи зарубіжних форм, у яких в результаті тривалої селекції в певних агрокліматичних умовах закріплено господарсько-цінні ознаки та висока комбінаційна здатність [5, 6].

Батьківським компонентом можуть слугувати багатонасінні лінії, звужені популяції, продукти багаторазових індивідуально-родинних та індивідуальних доборів, які характеризуються високою пилюкоутворюючою здатністю, показниками власної продуктивності і толерантністю до біотичних та абіотичних факторів [2, 5].

В селекційній практиці можуть використовуватись матеріали отримані шляхом рекомбінації та полікросних схрещувань [9]. У зв'язку з цим актуальним стало дослідження зі створення нових багатонасінних запилювачів – батьківських компонентів, отриманих з продуктів розщеплення гібридів зарубіжного походження.

В селекційне опрацювання, в якості вихідного матеріалу, використали чотири рекомбінантні форми: 1-RkBЗ₄/K, 2-RkBЗ₅/C, 3-RkBЗ₆/O, 4-RkBЗ₇/M. В результаті рекомбінації генотипів, проявилась аномальна мінливість, яка утворилась при схрещуванні за схемою «полікрос» доволі віддалених багатонасінних фертильних форм різної генетичної структури. Після індивідуально-родинних доборів нащадки кожної елітної рослини висаджували родинами на окремих ізольованих ділянках. Перезапилення рослин відбулося тільки в межах родини. Результати оцінки матеріалів після індивідуальної поляризації, згрупували за категоріями поляризаційного добору на «педігрі», «супереліту», «еліту», та «еліта поляризаційна». Вихідні популяції та відібрані з них родоначальники оцінили за ознаками «маса коренеплоду» та «вміст цукру» порівняно до групового стандарту по досліді (табл. 1).

1. Оцінки за вмістом цукру в коренеплодах по категоріях поляризаційного добору

№ з/п	Група поляризаційного добору	F ₁		F ₂	
		Кількість номерів, шт.	Вміст цукру, (% до середнього показника)	Кількість номерів, шт.	Вміст цукру, (% до середнього показника)
1	Педігрі	7	106,1	8	105,5
2	Супереліта	41	104,3	42	103,9
3	Еліта	19	100,1	15	99,0
4	Еліта поляризаційна	33	95,8	35	94,6
HIP ₀₅ , %		—	3,5	—	4,1
Абсолютні оцінки середнього по досліді			16,48%		17,65%

В селекційну роботу відібрали нащадки з номерів, що входили до групи „педігрі” та „супереліта”. Власну продуктивність багатонасінних фертильних родоначальників вивчали у попередньому сортовипробуванні (ПВ) (табл. 2).

Відмічена наявність тісного кореляційного зв'язку між вихідними формами та їх нащадками. У нащадків F₃ в порівнянні до вихідних форм – 1-RkBЗ₄/K_{101/15}; 2-RkBЗ₅/C_{229/15}; 3-RkBЗ₆/O_{238/15}; 4-RkBЗ₇/M_{321/15}, спостерігається

збільшення ваги коренеплодів на 65г, 87г, 89г, 91г відповідно. Збільшення вмісту цукру у нащадків багатонасінних запилювачів: 2-RkBЗ₅/C_{220/15} і 4-RkBЗ₇/M_{317/15} в порівнянні з вихідними формами становило +1,45 та +1,41%.

2. Оцінка кращих нащадків F₃ БЗ за показниками продуктивності в порівнянні до вихідної форми

Походження матеріалу	Середня вага коренеплоду, г		+,- до вихідних популяцій	Середній вміст цукру, %		+,- до вихідних популяцій
	Вихідна форма	Нащадок F ₃		Вихідна форма	Нащадок F ₃	
1-RkBЗ ₄ /K _{101/15, 122/13}	519	584	+65	18,43	19,58	+1,15
1-RkBЗ ₄ /K _{105/15, 126/13}	392	425	+33	18,83	19,90	+1,08
1-RkBЗ ₄ /K _{113/15, 130/13}	604	640	+36	17,97	19,19	+1,22
<i>r</i>	0,98			0,95		
2-RkBЗ ₅ /C _{216/15, 217/13}	557	600	+43	17,77	18,99	+1,22
2-RkBЗ ₅ /C _{220/15, 219/13}	483	519	+36	17,83	19,28	+1,45
2-RkBЗ ₅ /C _{229/15, 223/13}	683	770	+87	17,94	19,25	+1,31
<i>r</i>	0,99			0,96		
3-RkBЗ ₆ /O _{236/15, 227/13}	589	625	+36	18,59	19,83	+1,24
3-RkBЗ ₆ /O _{238/15, 229/13}	631	720	+89	17,90	19,12	+1,22
3-RkBЗ ₆ /O _{241/15, 233/13}	621	655	+34	17,84	19,08	+1,24
<i>r</i>	0,99			0,98		
4-RkBЗ ₇ /M _{317/15, 331/13}	494	520	+26	17,93	19,34	+1,41
4-RkBЗ ₇ /M _{321/15, 333/13}	569	660	+91	17,74	19,02	+1,28
4-RkBЗ ₇ /M _{330/15, 338/13}	657	685	+28	17,76	19,05	+1,29
<i>r</i>	0,99			0,97		

Успадкування господарських ознак є досить складним механізмом, що генетично обумовлений і потребує ретельного довготривалого вивчення. Тому, після повторних індивідуальних доборів перспективних за господарськими ознаками запилювачів – кандидатів у батьківські компоненти гібридів, провели повторне їх вивчення за показниками продуктивності (табл. 3).

Повторні позитивні оцінки за масою коренеплоду отримали у нащадків 2-RkBЗ₅/C_{229/15} – 116,5%, 3-RkBЗ₆/O_{238/15} – 143,4%, 4-RkBЗ₇/M_{317/15} – 139,6%, 4-RkBЗ₇/M_{321/15} – 122,5% до стандарту. За вмістом цукру запилювачі знаходились на рівні групового стандарту і мали від 105,4 до 109,2% при $HP_{0,5\%} = 2,4$. Тому з досліджуваними запилювачами необхідно продовжити селекційну роботу з удосконалення.

3. Оцінка нащадків F₃ – кандидатів у БЗ за показниками продуктивності

Походження доборів	Середній показник		% до групового стандарту		+, – до групового стандарту	
	Маса корене-плodu, кг	Вміст цукру, %	Маса корене-плodu	Вміст цукру	Маса корене-плodu, кг	Вміст цукру, %
1-RkБЗ ₄ /K _{101/15}	0,570	19,86	113,5	106,3	+0,068	+1,17
2-RkБЗ ₅ /C _{220/15}	0,541	19,70	107,8	105,4	+0,039	+1,01
2-RkБЗ ₅ /C _{229/15}	0,585	20,41	116,5	109,2	+0,083	+1,72
3-RkБЗ ₆ /O _{238/15}	0,720	19,96	143,4	106,8	+0,218	+1,27
4-RkБЗ ₇ /M _{317/15}	0,701	19,78	139,6	105,8	+0,199	+1,09
4-RkБЗ ₇ /M _{321/15}	0,615	19,77	122,5	105,8	+0,113	+1,08
стандарт	0,502	18,69	-	-	-	-
НІР _{0,5}	-	-	6,5	2,4	-	-

Кращі за продуктивністю кандидати в багатонасінні запилювачі вивчали у топкросних схрещуваннях в якості батьківських компонентів пробних гібридів на стерильній основі. Материнські форми представляли кращі за селекційними ознаками ЧС тестери. Створені пробні гібриди вивчали за показниками продуктивності у станційному сортовипробуванні. У таблиці 4 представлені перспективні гібриди за господарсько-цінними ознаками.

4. Оцінка кращих пробних гібридів за показниками продуктивності

Селекційний №	Походження гібриду	Абсолютні показники продуктивності		
		Урожайність, т/га	Вміст цукру, %	Збір цукру, т/г
704	ЧС ₁ 1302×3С× БЗ ₄	57,7	17,99	10,4
702	ЧС ₂ 1377×3С× БЗ ₄	57,6	17,97	10,4
714	ЧС ₄ 1304×3С× БЗ ₄	57,4	17,82	10,8
726	ЧС ₄ 1304×3С× БЗ ₅	58,3	17,98	10,5
732	ЧС ₃ 1343×3С× БЗ ₅	58,2	17,96	10,5
738	ЧС ₁ 1302×3С× БЗ ₅	62,4	17,52	10,9
742	ЧС ₂ 1377×3С× БЗ ₆	63,7	17,41	11,1
748	ЧС ₃ 1343×3С× БЗ ₆	61,8	17,49	10,8
758	ЧС ₄ 1304×3С× БЗ ₆	65,1	17,51	11,4
751	ЧС ₁ 1302×3С× БЗ ₇	58,9	17,31	10,2
762	ЧС ₃ 1343×3С× БЗ ₇	58,8	17,29	10,2
764	ЧС ₄ 1304×3С× БЗ ₇	59,4	17,28	10,3
середнє групового стандарту		55,7	16,88	9,4
НІР _{05%}		1,0	0,3	0,2

Кращі результати за показниками продуктивності отримали гібриди 738, 742, 748, 758, які достовірно перевищували груповий стандарт по досліді, їх урожайність коливалась від 61,8т/га до 65,1т/га ($НІР_{05\%} = 1,0\%$). Виділені номери, випереджали стандарт за урожайністю коренеплодів на 6,1 та 9,4 т/га. За вмістом цукру виділились гібриди 704, 702, 726, 732, які утримували його на рівні 17,96 – 17,99% ($НІР_{05\%} = 0,3\%$). За збором цукру кращими були гібриди 742 і 758, які перевищували груповий стандарт по досліді на 1,7 і 2,0 т/га відповідно, ($НІР_{05\%} = 0,2\%$), що підтверджує високу комбінаційну здатність їх батьківських пар. За цією ознакою серед досліджуваних гібридів визначили достовірно найкращі 16 номерів. Відмічаємо, що висока продуктивність гібридів цукрових буряків обумовлена не тільки вдалим підбором батьківських пар, а й багатьма середовищними чинниками.

Отже, за результатами досліджень виділено чотири перспективні багатонасінні рекомбінантні запилювачі – кандидати в батьківські компоненти гібридів з різноманітною генетичною основою. При гібридизації їх з ЧС тестерами створено та випробувано ряд перспективних гібридів урожайного напрямку.

Високоврожайні батьківські компоненти гібридів рекомендуємо задіяти в подальшій селекційній проробці з метою удосконалення за господарською ознакою «вміст цукру» з послідовним, повторним вивченням їх за реакцією на абіотичні фактори і відбором кращих згідно господарської мети.

Література

1. Корнєєва М.О. методичні рекомендації по підвищенню технологічної якості цукрових буряків селекційно-генетичними методами / М.О. Корнєєва, Я.А. Мельник, М.Б. Мацук, Н.Н. Ненька, О.В. Ненька, О.І. Присяжнюк, Л.В. Фалатюк. К., 2013. 24с.
2. Роїк М.В. Методичні рекомендації зі створення моделі гібридів цукрових буряків нового покоління.// М.В. Роїк, М.О.Корнєєва, О. В.Дубчак, Л. С. Андреєва, П. І. Вакуленко: Київ: ІБКіЦБ 2015. 20 с.
3. Роїк М.В., Кляченко О.Л. Фізіологічні аспекти селекції цукрових буряків на якість // Цукрові буряки. 1999. №4. С. 6-7.
4. Адаменко Д.М. Шляхи створення багатонасінних запилювачів цукрових буряків та їх селекційна цінність / Автореферат дисертаційної роботи. К.: 2005. 20с.
5. Корнєєва М. О. Роль багатонасінних запилювачів цукрових буряків у формуванні гетерозису гібридів на чоловічостерильній основі / М. О. Корнєєва// Наукові праці Інституту цукрових буряків: зб. наук. праць. К., 2010. Вип. 11. С. 197–208.
6. Корнєєва М. О. Селекційно-генетичні особливості запилювачів цукрових буряків за ознакою цукристості / М. О. Корнєєва, О. В.Ненька // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: зб. наук. праць. К.: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. Вип. 21. С. 164–170.
7. Роїк М. В. Інститут цукрових буряків відзначає своє 90-річчя / М. В. Роїк, І. Я. Балков, М. О. Корнєєва // Наукові праці Інституту цукрових буряків: зб. наук. пр. К., 2012. Вип. 13. С. 11–17.

8. Вакуленко П.І. Продуктивність гібридів цукрових буряків на стерильній основі залежно від структури материнського компонента / Дисертаційна робота. К.: 2007. 185с.
9. Жученко А.А. Рекомбинация в эволюции и селекции. М: Наука, 1985. 400 с.
10. Дубчак О.В., Паламарчук Л.Ю. вивчення продуктивності батьківських компонентів гібридів кормових буряків. // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: зб. наук. праць. К.: ІБКЦБ., 2012. Вип. 21. С. 423–426.

АДАПТИВНА ЗДАТНІСТЬ ВІТЧИЗНЯНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ДО УМОВ ПОСУХИ

О. І. Жук

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України

Пшениця належить до головних продовольчих культур і джерел калорій для людей у світі [1]. Пшениця входить до харчування 36% людей на планеті і забезпечує 55% вуглеводів і 20% калорій у продуктах споживання. Важливе значення для збільшення продуктивності пшениці мала заміна високорослих сортів на карликові, що дозволило підвищити частку зерна у врожаї. Зменшення вуглеводної частки у зерні пшениці підвищило її харчову цінність. Пшениця м'яка (*Triticum aestivum* L.) займає близько 90% площ під усією пшеницею [2]. Збільшення врожайності пшениці відносять до найважливіших проблем землеробства. Посуха належить до головних чинників, які обмежують продуктивність пшениці в Україні і світі. У останні роки в Україні відзначали періоди тривалої природної посухи у фазах виходу рослин у трубку, колосіння-цвітіння, наливу зерна, які спричинили значні втрати врожаю пшениці озимої, тому дослідження її посухостійкості залишається актуальною науковою проблемою.

Сучасні вітчизняні сорти пшениці м'якої озимої здатні формувати врожай 8,0-10,0 т на гектар, однак їх потенціал реалізується не повною мірою. З метою підвищення врожайності сортів, якості зерна, витривалості до біотичних та абіотичних чинників навколишнього середовища у процесі селекції використовують інтрогресивну гібридизацію пшениці м'якої з іншими родами і видами злаків [3]. Значна кількість сортів пшениці озимої вітчизняної селекції містить житні транслокації 1BL/1RS, 1AL/1RS. Для покращення якості пшеничного борошна у житній хромосомі 1RS локус *Sec1*, що відповідає за синтез житніх білків секалінів, замінили на конструкцію 1RSm. Серед комерційних сортів пшениці м'якої озимої найбільше поширення знайшли такі, що містять транслокацію 1BL/1RS і мають підвищену стійкість до біотичних і абіотичних стресів. Адаптивну здатність рослин пшениці оцінюють за ознаками з низьким рівнем модифікаційної мінливості, до яких відносять кількість зерен на колос, рослину, площу посіву. Проведені нами

дослідження в умовах модельних вегетаційних дослідів дозволили встановити, що дія ґрунтової посухи у критичну фазу онтогенезу колосіння-цвітіння спричиняла зменшення кількості та маси зерен у колосі у всіх досліджених сортів пшениці озимої [4,5,6]. Найбільш значним було зниження кількості зерен у колосах бічних пагонів порівняно з головним. Відновлення оптимального водозабезпечення рослин у фазі наливу зерна дозволило частково компенсувати втрати врожаю рослин за рахунок збільшення маси зернівок.

Метою наших досліджень було вивчення реалізації продуктивного потенціалу сортів пшениці м'якої озимої вітчизняної селекції за дії природної посухи, нестабільних та несприятливих умов навколишнього середовища.

Матеріали та методи. Об'єктами досліджень були сорти пшениці м'якої озимої вітчизняної селекції Куяльник, Ладижинка, Подолянка, Астарта, Наталка, Дарунок Поділля, Подільська нива, Поліська 90 Дрібноділянкові досліди проводили в умовах Київської області у 2019-2020 роках. Ґрунт сірий лісовий. Мінеральне живлення складало $N_{125} P_{125} K_{125}$ і вносилося у вигляді добрива нітроамофоски частинами під час посіву насіння та як підживлення весною у фазі кушіння. Розмір облікової ділянки складав $1,9 \text{ м}^2$. У фазах колосіння-цвітіння, формування зерна у роки досліджень відзначали тривалі періоди природної посухи з високими добовими температурами повітря. Після дозрівання рослин проводили аналіз структури врожаю. Результати статистично оброблені за допомогою програми Microsoft Excel.

Результати досліджень. Встановлено, що сорти пшениці озимої суттєво відрізнялись за чутливістю до умов природної посухи. Виявлено, що сорт пшениці Поліська 90 в умовах посухи відзначався найнижчою зерновою продуктивністю рослин серед вивчених сортів (табл. 1).

1. Маса та кількість зерен у колосі рослин пшениці озимої

Сорт	Маса зерен у колосі, г				Кількість зерен у колосі, шт.			
	гол.к.	б.к.1	б.к.2	б.к.3	гол.п.	б.к.1	б.к.2	б.к.3
Куяльник	$1,35 \pm 0,4$	$0,98 \pm 0,3$	$0,56 \pm 0,2$	$0,52 \pm 0,2$	41 ± 3	34 ± 2	21 ± 4	18 ± 3
Ладижинка	$0,94 \pm 0,2$	$0,66 \pm 0,2$	$0,51 \pm 0,1$	$0,44 \pm 0,1$	35 ± 3	29 ± 3	22 ± 3	17 ± 4
Подолянка	$1,58 \pm 0,3$	$1,25 \pm 0,1$	$0,89 \pm 0,2$	$0,81 \pm 0,1$	39 ± 3	28 ± 3	22 ± 4	19 ± 5
Астарта	$2,08 \pm 0,3$	$1,27 \pm 0,4$	$0,57 \pm 0,2$	$0,35 \pm 0,2$	34 ± 3	23 ± 3	15 ± 3	12 ± 4
Наталка	$1,22 \pm 0,4$	$0,91 \pm 0,3$	$0,91 \pm 0,3$	$0,85 \pm 0,2$	32 ± 2	26 ± 3	23 ± 3	23 ± 3
Дарунок Поділля	$1,64 \pm 0,4$	$1,29 \pm 0,3$	$1,20 \pm 0,3$	$0,92 \pm 0,3$	38 ± 3	34 ± 2	31 ± 3	23 ± 2
Подільська нива	$1,56 \pm 0,3$	$1,36 \pm 0,2$	$1,07 \pm 0,3$	$0,98 \pm 0,2$	38 ± 3	37 ± 3	29 ± 3	26 ± 3
Поліська 90	$1,17 \pm 0,2$	$0,71 \pm 0,2$	$0,65 \pm 0,2$	$0,43 \pm 0,2$	27 ± 3	24 ± 4	12 ± 4	11 ± 3

Цей сорт традиційно використовується у дослідженнях як стандарт слабкої стійкості пшениці озимої до умов посухи у фазу колосіння-цвітіння.

Сорт Поліська 90 найдавніший з досліджених нами сортів і відзначається високою продуктивністю за достатнього забезпечення рослин водою. Усі інші вивчені нами сорти виявили вищу здатність до формування зернівок в умовах природної посухи. Найбільшу кількість зерен у всіх сортів виявлено у головному колосі. У бічних колосах вона зменшувалась з збільшенням порядку колоса, що свідчить про нерівномірний розподіл фотоасимілятів і води в умовах їх дефіциту. Найбільш рівномірне забезпечення ресурсами колоса виявлено у пшениці сортів Дарунок Поділля і Подільська нива, у яких зернова продуктивність бічних пагонів була близькою до такої у головного пагона. Найменш вираженим нерівномірний розподіл ресурсів був у сортів пшениці Дарунок Поділля і Подільська нива.

Показано, що найбільшу кількість зерен на рослину сформували сорти пшениці Дарунок Поділля і Куяльник, а наменшу – сорт Поліська 90 (табл.2). Разом з тим за масою зерен на рослину і площу посіву найвищу продуктивність виявили сорти Подільська нива, Дарунок Поділля, Астарта і Подолянка, оригіноматором яких є Інститут фізіології рослин і генетики НАН України. Сорт Астарта сформував меншу кількість зерен на рослину і площу посіву порівняно з сортами Подолянка, Дарунок Поділля і Подільська нива, однак його врожайність зростала за рахунок значної маси зерен у колосі головного та найближчому до нього бічного пагона.

2. Маса та кількість зерен на рослину та площу посіву пшениці озимої

Сорт	Маса зерен на рослину, г	Маса зерен на 1 м ² площі посіву, г	Кількість зерен на рослину, шт.	Кількість зерен на 1 м ² площі посіву, тис.шт.
Куяльник	3,41±0,5	395,0±0,3	114±5	13,6±0,5
Ладижинка	2,55±0,4	335,8±0,5	103±4	13,0±0,4
Подолянка	4,53±0,3	525,6±0,3	108±3	13,1±0,5
Астарта	4,27±0,5	615,8±0,4	84±4	11,0±0,4
Наталка	3,89±0,4	418,3±0,4	89±3	12,8±0,4
Дарунок Поділля	5,05±0,3	600,0±0,6	126±3	16,0±0,5
Подільська нива	3,97±0,4	641,1±4,3	105±4	16,9±0,5
Поліська 90	2,53±0,5	335,1±0,5	65±5	11,1±0,5

Сорти пшениці Ладижинка і Поліська 90 за масою зерен на рослину і площу посіву виявились найменш продуктивними у роки досліджень, однак за кількістю зерен на рослину сорт Ладижинка значно перевищував сорт Поліська 90.

Дія природної посухи у 2019-2020 роках у всіх досліджених сортів пшениці спричиняла не лише зменшення кількості і маси зерен у бічних пагонах. Кількість зерен у головному пагоні усіх вивчених сортів відрізнялась менше ніж їх маса, що обумовлено впливом природної посухи на рослини пшениці у фазах формування і наливу зерна. Крім того, у колосі головного

пагону цвітіння і формування зернівок починалось раніше порівняно з бічними пагонами і відбувалось зазвичай до початку дії посухи. Наростання дефіциту води у ґрунті найзначніше пригнічувало цвітіння і розвиток зернівок у бічних пагонах усіх сортів пшениці, спричиняло редукцію квіток і зачатків зернівок, порушення процесів запилення і запліднення.

Відомо, що дефіцит води у ґрунті у критичні фази онтогенезу рослин пшениці озимої здатен гальмувати ростові процеси, що призводить до зупинки поділу і розтягнення клітин, зменшення кількості клітин ендосперму [1]. Покращення водозабезпечення рослин після завершення процесів клітинного росту не дозволяє повною мірою компенсувати негативну дію посухи, призводить до формування у пшениці дрібних зерен.

Визначну роль у стабілізації і підвищенні врожаю пшениці в умовах посухи відіграють запаси води і асимілятів у пагоні, які забезпечують колос і зернівки необхідними ресурсами у період зменшення надходження їх з листків і коренів [2]. Підвищення посухостійкості сортів пшениці на пізніх етапах онтогенезу за рахунок запасів стебла використовують у сучасній селекції пшениці [3]. Сорти Подільська нива, Дарунок Поділля, Астарта і Подолянка відзначаються високою здатністю до запасання ресурсів у стеблі і продуктивністю за нестабільного і недостатнього забезпечення водою у критичні фази онтогенезу в умовах України. Висока врожайність сорту Дарунок Поділля обумовлена значною кількістю і масою зерен на рослину і площу посіву, однак сорт Астарта забезпечував високий врожай переважно за рахунок значної маси зерна на рослину і площу посіву. Отже стратегія реалізації продуктивного потенціалу у сучасних сортів пшениці озимої може суттєво відрізнятись, однак дозволяє отримувати високі, сталі врожаї за несприятливих умов довкілля, насамперед природної посухи.

Література.

1. Mohammadi R. Breeding for increased drought tolerance in wheat: a review. Crop and Pasture Science. — 2018. — v.69. — P.223-241. doi: 10.1071/CPI7387.
2. Raveena B.R., Bharty R., Chaundhary N. Drought resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.). A review. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. — 2019. — V.8 (9). — P.1780-1792. doi: 10.20546/ijcmas.2019.809.206.
3. Mwadzingeni L., Shimelis H., Dube E., Laing D.M., Toi T. Breeding wheat for drought tolerance: progress and technologies. Journal of Integrative Agriculture. — 2016. v.15 (5). — P.935-943. doi:10.1016/S2095-3119(15)61102-9.
4. Жук О.І. Апікальне домінування в озимій пшениці // Фактори експериментальної еволюції організмів. — 2017. — Т.21. — С. 133-137.
5. Жук О.І. Продуктивність рослин пшениці озимої за умов посухи / Жук О.І. // Фактори експериментальної еволюції організмів. — 2018. — Т.23. — С. 63-67. doi: 10.7124/FEEO.v23.991
6. Жук О.І. Репродуктивна здатність рослин пшениці м'якої озимої за умов посухи // Фактори експериментальної еволюції організмів. — 2019. — Т.24. — С. 86-91. doi:10.7124/FEEO.v22.956.

IN PLANTA ГЕНЕТИЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ З ЕЛЕМЕНТАМИ РЕДАГУВАННЯ ГЕНОМУ АМФІДИПЛОЇДНИХ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *TRITICUM* L.

А. В. Кириєнко ^{1,2}, М. Ф. Парій ², Ю. В. Симоненко ^{1,2},
М. В. Кучук ¹, Н. Л. Щербак ¹

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України
e-mail: anastasija.kirienko@gmail.com

²Всеукраїнський науковий інститут селекції

На сьогоднішній день створення біотехнологічних рослин, що містять відредаговані гени по технології CRISPR-Cas9 відкривають широкі перспективи для нових ліній рослин більш адаптивних до абіотичних та біотичних стресових факторів. У нашому дослідженні ми зосередили увагу на такій ознаці, як висота рослин представників роду *Triticum* L. Варто зауважити, що до цього роду окрім добре відомих м'яких та твердих пшениць також належить амфідиплоїдний вид спельти (*Triticum spelta* L.). Останній на сьогодні є маловивченим із біотехнологічної точки зору. Зерно спельти є високобілковим продуктом (до 25% білку), водночас самі рослини доволі високі (до 150 см і вище), що робить їх вразливими до вилягання. Генетичні схрещування спельти та пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) зменшують висоту рослин, разом із тим і вміст білку. З огляду на це доцільним є використання біотехнологічних підходів до створення карликової спельти. Зокрема необхідним є внесення корисних мутацій у гени *rht*, що визначають висоту рослин пшениці. Продуктами експресії цих генів виступають білки GRAS, – транскрипційні регулятори. Ці білки містять консервативний домен DELLA, що взаємодіє з фітогормоном гібереліновою кислотою. Остання стимулює проростання насіння, розвиток рослини і регулює ріст. При взаємодії із білками GRAS, гіберелінова кислота супресує їх роботу, як наслідок рослини, що мають нормальний DELLA-регіон, є високими за фенотипом. Водночас, якщо у генах *rht* виникають мутації – DELLA-регіон або не утворюється або вкорочений та нефункціональний.

Для цієї роботи по створенню карликових генотипів амфідиплоїдної пшениці ми використали сорти озимої спельти «Європа», «Альберта» та «Зоря України», а також озимий сорт пшениці м'якої сорту «Бунчук», (2n=42). Рослинний матеріал наданий ТОВ «Всеукраїнський науковий інститут селекції». Розмір вибірки кожного сорту складав 40 шт.

Кастрації квіток здійснювали на другий день після виходу колосу. Процес *in planta* генетичної трансформації амфідиплоїдної пшениці здійснювався в умовах теплиці в закритому ґрунті. У якості субстрату для рослин брали суміш ґрунту та вермікулиту у рівному об'ємі, з розрахунку на вазони 5 л. У кожному вазоні росло по 1 рослині. Режим освітлення складав 16/8 (день/ніч) при температурі +25°C та відносній вологості 75%. На 14 день після проростання зерна молоді паростки поміщувались в умови оптимальні для яровизації: освітлення 16/8 (ніч/день) при температурі +5°C та вологості не менше 60%.

Яровизація рослин тривала 60 діб, після чого паростки повертались в початкові умови, в яких відбувалось пророщення зерна.

Кастрації квіток здійснювали на другий день після виходу колосу. В кожному колосі залишали лише 45 кастрованих квіток. Через 3 доби після кастрації проводили *in planta* генетичну трансформацію шляхом нанесення на приймочку 20 мкл суспензії із агробактерією, котра несла генетичний вектор з генами інтересу. Для цієї роботи нами використано *Agrobacterium tumefaciens* Smith et Townsend, штам ЕНА105. Агробактерії нарощували у вигляді нічної культури в рідкому живильному середовищі Лурія-Бертран [1] із додаванням антибіотиків (50 мг/л рифампіцину, 100 мг/л спектиноміцину) за температури +28 °С та постійному обертальному перемішуванні на шейкері. Після нарощування агробактерії осаджували шляхом центрифугування (1600 об/хв упродовж 30 хв), а отриманий осад ресуспендували у рідкому живильному середовищі Мурасіге-Скуга (МС) [2]. Кінцеву оптичну щільність агробактерій доводили до $OD_{600} = 0,8$.

Використаний генетичний вектор містив у собі селективний ген *bar*, продукт експресії якого забезпечує стійкість рослин до гербіциду фосфінотрицину та ген ендонуклеази *cas9*, що робить дволанцюговий надріз ДНК в цільовому місці для редагування. Також вектор містив у собі послідовність guide-РНК довжиною 20 нуклеотидів, що є комплементарною до відповідної ділянки в гені *rht*. Після нанесення агробактеріальної суспензії на приймочку маточки через 30 хв проводили самозапилення та закривали рослини пергаментним ізолятором.

Через 60 діб після зав'язування одержане зерно T_0 збирали та проводили селекцію на живильному середовищі МС із вмістом фосфінотрицину 5 мг/л, антибіотику цефтриаксону 300 мг/л та нітрату срібла 10 мг/л. Паралельно висаджували позитивний контроль на середовище МС без фосфінотрицину (зерно з рослин, які не трансформували) та негативний контроль на середовище із фосфінотрицином 5 мг/л (зерно з рослин, які не піддавались генетичній трансформації). Пересадки на свіже живильне середовище робили кожні 2 тижні. Пророщення проводили в умовах режиму освітлення 16/8 (день/ніч) за температури +25°C та відносній вологості повітря 75%.

Із рослин, які показували стійкість до фосфінотрицину, виділяли ДНК за модифікованим методом ЦТАБ (цетилтриметиламоніум бромід) [3]. Далі проводили реакції ПЛР із праймерами до генів *bar* (продукт 411 п.о.) та *cas9* (продукт 4135 п.о.).

В результаті проведених досліджень нами встановлено, що для робочих генотипів середня частота зав'язування зерна після самозапилення в процесі *in planta* генетичної трансформації склала 47%. Через 45 діб культивування здатність рости на живильному середовищі МС із 5 мг/л фосфінотрицину показав лише один генотип, а саме спельта «Зоря України» у кількості одна рослина. ПЛР аналіз показав, що у цієї рослини є вставка генів *bar* та *cas9*. Так на електрофореграмах можна було чітко розрізнити продукти довжиною 411 та 4235 пар нуклеотидів, відповідно. У даному випадку частота генетичної трансформації за обома генами склала біля 0,15%. Варто зазначити, що

генетично трансформована рослина спельти сорту «Зоря України» росла на живильному середовищі із вмістом фосфінотрицину біля 65 діб. Рослина мала коріння та листки, але, порівняно із позитивним контролем, повноцінно не розвивалась. Це може бути пов'язано із роботою трансгену ендонуклеази *cas9* та guide-РНК, що могло внести мутації карликовості у гени *rht*. Також це може означати неповну стійкість до фосфінотрицину.

Таким чином нами вперше показано можливість здійснення *in planta* генетичної трансформації озимої амфідиплоїдної пшениці *Triticum spelta* L. сорту «Зоря України». Після генетичної трансформації було одержане насіння T_0 , яке показало можливість проростання на живильному середовищі із селективним агентом фосфінотрицином 5 мг/л. Молекулярний аналіз показав, що генетично трансформована рослина містить гени інтересу *bar* та *cas9*. Частота такої генетичної трансформації склала 0,15%.

Література

1. Luria S.E., Burrous J.W. Hybridization between *Escherichia coli* and *Shigella*. *Bacteriol.* 1957. Vol. 74, Iss. 4. P. 461–476.
2. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Phys. Plant.* 1962. Vol. 15. P. 473–497. doi: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.
3. Porebski S., Bailey L.G., Baum B.R. Modification of a CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components. *Plant Mol. Biol. Rep.* 1997. Vol. 15, Iss. 1. P. 8–15. doi: 10.1007/BF02772108.

ИНТРОДУКЦИЯ И РАЗМНОЖЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЖЕЛЕЗНИЦ РОДА *SIDERITIS* В КАЧЕСТВЕ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИХ И ДЕКОРАТИВНЫХ ВИДОВ

Л. П. Кисничан

Институт генетики, физиологии и защиты растений, Р. Молдова

Железницы (*Sideritis*), род однолетних и многолетних видов семейства Яснотковых (*Lamiaceae*), который включает от 150 (Elena González Bur et al, 2011), (Stanoeva, 2015) до 180 видов (Юзепчук, 1954). В европейском сообществе используют чаще в качестве лекарственного растения *Sideritis scardica* Griseb – железница пиринская и сирийскую (*Sideritis syriaca* ssp. *taurica* (Stephan ex Willd) траву, которых продают, как суррогат чая со свежими цитрусовыми нотками на курортах Греции, Турции, Македонии, Болгарии – (Iliayana Yaneva, 2013, Milka Todorova, 2014,). Надземная часть растения используется как пряность.

В местах происхождения, выращивают это растение, как правило, в каменистых садах и на альпийских горках в качестве декоративного и лекарственного и ароматического растения.

Надземная часть содержит – иридоиды: гарпагид, 8-ацетилгарпагид, флавоноиды. В семенах обнаружено жирное масло 29–30%, в его составе кислоты: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая, содержит витамины С и Е, минеральные вещества (Aboutabl, 2002). Оба вида железниц в народной медицине стран происхождения, считаются природным иммуномодулятором (Romanucci, 2017).

Листья, стебли и цветки изученных железниц содержат эфирное масло 0,003–0,006%, (Kloukina, 2019), пригодное для использования в парфюмерно-косметической промышленности. Цветущие растения являются хорошим медоносом.

Надземная часть растений обладает противовоспалительным, гастропроекторным цитотоксическим эффектом на организм человека (Tadić, 2012). Экстракт *Sideritis scardica* влияет на толерантность к глюкозе, уровень триглицеридов и на маркеры окислительного стресса у лабораторных крыс (Jeremic, 2019) а также были замечены острые и хронические когнитивные и церебральные эффекты на кровоток человека (Wightman, 2018). Было отмечено также что экстракты *Sideritis* улучшают память и обучаемость у мышей с β -амилоидозом при болезни Альцгеймера у возрастных мышей (Hofrichter, 2016).

Начиная с 2019 года, было начато изучение с целью внедрения этих ценных видов, поскольку в Молдове растут два её подвида – железница горная (*Sideritis montana* L.) и железница хохлатая – *Sideritis comosa* (Rochel ex Benth).

По аналогии с этими подвидами были внедрены и изучаются *Sideritis scardica* Griseb. в качестве лекарственного растения и (*Sideritis taurica* (Stepha ex Willd) – железница крымская, которая используется двояко как лекарственно-пряное растение и декоративное.

Оба вида железниц, в наших почвенно-климатических условиях, являются травянистыми полувечнозелеными многолетниками. Корни у железниц многоглавые, стержневые, деревянистые, глубоко проникающие в почву, с мощным корневищем.

У изученных видов, прикорневая листва более крупная, стеблевая – мельче, короткочерешковая, удлинено-овальная, цельнокрайная. Цветки мелкие грязно-желтые, с очень деликатным светло-зеленым прицветником, расположены в верхушечные сложные колосовидные мощные соцветия, состоящие из ложных мутовок, на высоких полуметровых цветоносах очень крепкие, густо опушенные, которые ветвятся от основания или на самой верхушке. Внизу соцветия-мутовки расположены на большом расстоянии, наверху сближены.

Начальное размножение растения проводили рассадой, которую получили из семян, посеянных на специальном грунте в пластиковой кассете. Полив проводили умеренный.

Растения появились через 12–15 дней, а рассада была готова к посадке через 63–65 дней. Молодые растения пересаживали в двойные стаканчики – внешние пластмассовые, а внутренние торфяные. При надобности использования растений и для сохранения нетронутой корневой системы

сеянца, торфяной стаканчик с растением вынимали из пластикового стакана и сажали на постоянное место в грунт, в специальные, хорошо политые лунки.

Другой метод размножения растений, использованный нами, был вегетативный с использованием черенков с годичных побегов. Лучшие результаты по укоренению черенков были отмечены при заготовке и черенковании в ранневесенние сроки.

Из годичных полуодревесневших побегов нарезают черенки длиной 5-7 см и высаживают в парники в смесь почвы, перегноя и песка (1:1:1), сверху засыпают слоем песка смешанным с торфом 1,5-2 см с площадью питания 4х5 см на глубину 4-6 см, и обильно поливали.

В течение 35 – 40 дней появлялись корешки и растеньице начинали расти и были высажены на постоянное место со специально подготовленным легким но питательным грунтом. Оба вида железниц как *Sideritis scardica* так и *S. taurica*, хорошо черенкуются и укореняются на 87 – 90%, образуя мощный, здоровый, стержневой корешок.

Растения *Sideritis scardica* и *S. taurica* предпочитают расти на солнечных ярких южных склонах. Они морозоустойчивые, не боятся сквозняков, но лучше избегать северных, ветреных участков.

Почва для роста растений песчанистый и каменистый грунт с невысоким содержанием питательных веществ и щелочной или слабощелочная реакцией, хорошо дренированные. В наших исследованиях подбирали и корректировали грунт и место посадки.

Уход за растениями *Sideritis scardica* и *S. taurica* прост и состоит из поливов и подкормок – особенно на молодых растениях. Дальнейшие работы состояли из рыхлений почвы при ее уплотнении для лучшей аэрации корней и уничтожения сорной растительности.

Обрезку прошлогодних сухих соцветий и уборку сухих листьев на растениях *Sideritis scardica* и *S. taurica* проводили рано весной, до начала распускания почек. Вредителей и заболеваний у растений небыли замечены. Зимних морозов растения железниц не боятся, но лучше мульчировать почву вокруг растения, для снижения риска резких перепадов температур в холодный период.

Поскольку растение имеет приятный запах и много лекарственных достоинств, сбор листьев и соцветий для чая проводили в течение лета, стараясь срезать не более трети от вегетативной массы растения. Рекомендуются проводить уборку сырья в период от начала и до массового цветения, но в нашем случае растения по истечению трех лет, еще не цвели.

В результате проводимых исследований по интродукции и размножению удалось определить методы размножения и ухода за растениями *Sideritis scardica* и *S. taurica* и внедрить их в коллекцию пряно-ароматических и лекарственных растений в качестве селекционного материала а также удалось внедрить *Sideritis taurica* в качестве растения для декоративного растениеводства поскольку было выявлено что, *Sideritis taurica* отлично сочетаются со многими культурами, предназначенными для оформления альпийских гор, рокария, а также с засухоустойчивыми пряно – вкусовыми и лекарственными травами.

Литература

1. González-Burgos, E., Carretero, M.E., Gómez-Serranillos, M.P. *Sideritis* spp.: Uses, chemical composition and pharmacological activities. A review. Review Article Journal of Ethnopharmacol. Vol. 135, Issue 2, 17 May 2011, P. 209–225.
2. Stanoeva, J.P.; Stefova, M.; Stefkov, G.; Kulevanova, S.; Alipieva, K.; Bankova, V.; Aneva, I.; Evstatieva, L.N. Chemotaxonomic contribution to the *Sideritis* species dilemma on the Balkans. Biochem. Syst. Ecol. 2015, 61, 477–487.
3. Юзепчук С. В. Род 1250. Железница – *Sideritis* L. // Флора СССР: в 30 т. / начато при рук. и под гл. ред. В. Л. Комарова. — М. ; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. — Т. 20 с. 253–273.
4. Iliayana Yaneva, Valentin Balabanski. History of The Uses of Pirin Mountain Tea (*Sideritis Scardica* Griseb) In Bulgaria. 2013. Bulgarian Journal of Public Heal 56 Th Vol.5 № 1.
5. Milka Todorova, Antoaneta Trendafilova. *Sideritis scardica* Griseb., an endemic species of Balkan peninsula: Traditional uses, cultivation, chemical composition, biological activity. Journal of Ethnopharmacology 152, 2014, 256–265.
6. [https:// www.botanichka.ru/article/zheleznitsa-limonnyiy-aromat-dlyaalpiyskoigorki](https://www.botanichka.ru/article/zheleznitsa-limonnyiy-aromat-dlyaalpiyskoigorki) (Дата обращения 23.02.2021).
7. E A Aboutabl M I Nassar, F M Elsakhawy, Y A Maklad, A F Osman, E A M El-Khrisy, Phytochemical and pharmacological studies on *Sideritis taurica* Stephan ex Wild. J Ethnopharmacol, 2002 Oct;82(2–3):177–84. doi: 10.1016/s0378–8741(02)00172–1.
8. Romanucci V, Di Fabio G, D'Alonzo D, Guaragna A, Scapagnini G, Zarrelli A. Traditional uses, chemical composition and biological activities of *Sideritis raeseri* Boiss. & Heldr. J Sci Food Agric. 2017 Jan;97(2):373–383. doi: 10.1002/jsfa.7867. Epub 2016 Jul 29. PMID: 27342219 Review.
9. Kloukina, C.; Tomou, E.M.; Skaltsa, H. Essential oil composition of two Greek cultivated *Sideritis* spp. Nat. Volatiles Essent. Oils 2019, 6, 16–23.
10. Tadić VM, Jeremic I, Dobric S, Isakovic A, Markovic I, Trajkovic V, Bojovic D, Arsic I. Anti-inflammatory, gastroprotective, and cytotoxic effects of *Sideritis scardica* extracts. Planta Med. 2012 Mar;78(5):415–27. doi: 10.1055/s-0031–1298172. Epub 2012 Jan 24. PMID: 22274814.
11. Jeremic, I.; Petricevic, S.; Tadic, V.; Petrovic, D.; Tomic, J.; Stanojevic, Z.; Petronijevic, M.; Vidicevic, S.; Trajkovic, V.; Isakovic, A. Effects of *Sideritis scardica* extract on glucose tolerance, triglyceride levels and markers of oxidative stress in ovariectomized rats. Planta Med. 2019, 85, 465–472.
12. Wightman, E.L.; Jackson, P.A.; Khan, J.; Forster, J.; Heiner, F.; Feistel, B.; Suarez, C.G.; Pischel, I.; Kennedy, D.O. The acute and chronic cognitive and cerebral blood flow effects of a *Sideritis scardica* (Greek mountain tea) extract: A double blind, randomized, placebo controlled, parallel groups study in healthy humans. Nutrients 2018, 10, 955.
13. Hofrichter, J.; Krohn, M.; Schumacher, T.; Lange, C.; Feistel, B.; Walbroel, B.; Pahnke, J. *Sideritis* spp. extracts enhance memory and learning in Alzheimer's β -amyloidosis mouse models and aged C57Bl/6 mice. J. Alzheimers Dis. 2016, 53, 967–980.

ГЕНЕТИКО-БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ УСПІШНОЇ АДАПТАЦІЇ АЙВИ ДОВГАСТОЇ (*CYDONIA OBLONGA* MILL.) В УМОВАХ ІНТРОДУКЦІЇ

С. В. Клименко

Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України

e-mail: cornusklymenko@gmail.com

Людська діяльність поставила Землю на межу біотичної кризи. Глобальне потепління у XXI столітті перевищує $1,5^{\circ}\text{C}$, а у окремих випадках – 2°C у порівнянні з 1850–1900 рр. Потепління, викликане зміною клімату, дуже впливає на оточуюче середовище і, зокрема, на рослинне біорізноманіття. Зміни клімату впливають на унікальні екосистеми, що може призвести до зникнення багатьох видів рослин. Як вважають вчені-біологи за біотичної кризи, що охопила нашу планету, буде втрачено велику кількість видів рослин. Зусилля дослідників спрямовані наразі на розробку стратегії збереження біорізноманіття. Одним з його методів є інтродукція рослин – виправдане прагнення не лише збагатити видовий склад новими корисними рослинами, а й зберегти види, яким у природі загрожує небезпека.

Важливе завдання садівничої науки – розробка програм пристосування садівництва до зміни клімату – введення в культуру нових видів плодових рослин багатих речовинами адаптогенного, антимутагенного, геропротекторного характеру для підвищення лікувально-дієтичних якостей продукції садівництва, виведення нових сортів з комплексом стійкості до нестабільних погодно-кліматичних умов.

У природі існує значна різноманітність плодових рослин, що представляють велику цінність, як донори високої якості плодів і продуктивності, стійкості до абіотичних і біотичних факторів і т. ін. У зв'язку з цим їх пошук – практичне продовження розпочатої М.І. Вавиловим роботи з планомірного і раціонального використання рослинних ресурсів планети (Vavilov, 1987).

Керуючись класичними методами інтродукції і селекції Л. Бербанка, М.І. Вавилова, Л.П. Симиренка, М.Ф. Кащенко, відділ акліматизації плодових рослин Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (НБС), упродовж 85 років проводить роботу з інтродукції і селекції нових, південних, малопоширених плодових рослин.

Результат багаторічних досліджень відділу – обґрунтування наукових основ інтродукції, адаптації і акліматизації біологічного різноманіття плодових рослин світової флори і практичні аспекти – селекція і розширення культивування нових видів плодових рослин, які адаптувалися і регулярно плодоносять.

Колекційно-селекційний фонд культурних і дикорослих рослин відділу акліматизації плодових рослин НБС представлено 20 родинами, 37 родами, понад 700 видами та сортами. Досліджуються види з родин Actinidiaceae, Annonaceae, Berberidaceae, Caprifoliaceae, Cornaceae, Ebenaceae, Elaeagnaceae, Ericaceae, Fagaceae, Juglandaceae, Lardizabalaceae, Moraceae, Rosaceae, Rhamnaceae, Sambucaceae, Saxifragaceae, Solanaceae, Schizandraceae, Vacciniaceae, Vitaceae.

У результаті наукової діяльності відділу упродовж 1946–2020 рр. відселектовано продуктивні, стійкі сорти, з'ясовано адаптаційну і репродуктивну здатності південних, нетрадиційних і нових видів плодових рослин.

Мета цієї публікації – обґрунтувати генетичні передумови і біоекологічні особливості успішної адаптації айви довгастої *Cydonia oblonga* Mill. в умовах інтродукції. Це фрагмент – багаторічних досліджень, які успішно тривають і досі, започаткованих у 30^х роках ХХ ст. і таких, що сприяли створенню стійких сортів. Дослідження свідчать про можливість створення культигенного ареалу (за межами його природного ареалу) (Golovkin, 1978), завдяки виділенню найцінніших форм з великого різноманіття генотипів, перенесених в нові умови, на рівні селекційного процесу, як логічного продовження інтродукції. Успішна інтродукція будь-якого виду в умовах, що забезпечує його виживання, істотно збільшує його формове різноманіття, яке має значення для практичної селекції.

Основними методами селекції в нашій роботі були аналітична і синтетична, а також відбір соматичних мутацій. Аналітична селекція заснована на використанні результатів спонтанної селекції. Синтетична селекція – створення сортів з запланованими ознаками і властивостями. Основним методом синтетичної селекції є гібридизація, яка, за словами Н.І. Вавилова (1987), «залишається найефективнішим шляхом створення нових рослин з модифікацією їхньої спадковості» (Vavilov, 1987). Використовували посів інтродукованого насіння від вільного запилення, вирощування повторних поколінь, міжсортіву гібридизацію, реципрокні схрещування, відбір. Застосовували метод гібридизації високоякісних південних сортів з напівдикими місцевими формами, що не лише полегшило акліматизацію, але й дало можливість одержати нові перспективні форми (Klymenko, 2011).

Айва довгаста (звичайна) *Cydonia oblonga* Mill. — представник монотипного роду *Cydonia* Mill. з родини Розових – Rosaceae Juss.

Айва – визнана сировина для одержання желуючих продуктів завдяки високому вмісту пектинових речовин – природних сорбентів, здатних виводити з організму людини токсини і радіонукліди. Крім того, айва – основна карликова підщепа для груші в інтенсивних садах.

Серед зерняткових культур айва відзначається найбільшою скороплідністю. Початок плодоношення у більшості сортів спостерігається з 3–4 років. На 4–5 рік плодоношення вони вже дають високі урожаї.

Відома з найдавніших часів, айва не завжди достатньо оцінювалась. І нині в одних країнах вона відіграє важливу роль в економіці, в інших – розрахована лише на фермерські чи приватні сади. Айву культивують в понад 40 країнах світу, в основному в зонах помірного, теплого і субтропічного клімату. Широко розповсюджена айва в країнах Близького Сходу.

ФАО (організація ООН з питань продовольства і сільського господарства) не публікує даних про виробництво плодів айви в країнах світу.

Питома вага айви в Україні поміж зерняткових культур за площею насаджень становить 0,33%, а по валових зборах у структурі садів зерняткових

– 0,42%. Урожайність айви в Україні складає 200–250 ц/га залежно від кліматичних умов вирощування, сортових особливостей і рівня агротехніки.

Природний ареал айви – Східне і Південне Закавказзя, Турція, Пакістан, Афганістан, Іран. В інших регіонах світу дикої айви немає.

Айва швидко дичавіє, утворюючи вторинний ареал з культурних популяцій в регіонах її інтродукції. Вихідним матеріалом для вторинних центрів формоутворення слугував сортимент створений на батьківщині айви при її одомашнюванні.

Роботи з айвою у Лісостепу України – це продовження робіт з впровадження в культуру нових, цінних плодових рослин, розпочатих академіком М.Ф. Кащенком у заснованому ним у 1914 у Києві акліматизаційному саду з метою акліматизації південних плодових, а також лікарських, пряно-смакових, декоративних рослин (Kashchenko, 1915).

Інтродукцію і селекцію айви було проведено на північній межі її культигенного ареалу, адже основними регіонами культивування були південні.

Відомо, що поліпшення культурних рослин ґрунтується на природному і штучному доборах. Дика рослина за введення її в культуру характеризується не лише притаманною для неї у природі мінливістю, але й посилює її через послаблення (у культурі) боротьби за існування, що контролює еволюцію у диких популяціях. На цю мінливість, що посилюється, спирається природний і штучний відбір в умовах культури.

Генотип сортів в межах звичайного варіювання умов життя залишається незмінним, хоча за вирощування рослин одного і того ж сорту або сіянця в різних кліматичних умовах з'являються відмінності за багатьма, як біологічними, так і господарсько-цінними ознаками.

Розробленню прикладних питань селекції сприяв американський селекціонер Л. Бербанк. Використовуючи метод гібридизації, одно- і багаторазовий добір, він створив унікальні сорти плодових, овочевих і декоративних рослин. Відбираючи по одній рослині з десятків тисяч вихідних рослин, Л. Бербанк довів жорсткість штучного добору майже до рівня жорсткості природного добору (Verbank, 1955).

Пересів насіння і відбір М.Ф. Кащенко вважав найдієвішими методами успішної акліматизації.

Після випробувань із десятків, сотен тисяч сіянців відбираються лише найкращі, а може, навіть і один екземпляр, що і є родоначальником нового сорту. На питання, що робити з найзимоустійкішими екземплярами, М.Ф. Кащенко відповідав: «Знову сіяти, треба одержати третє, четверте покоління і так далі, доки не одержимо такі рослини, які не боятимуться наших морозів» (Kashchenko, 1915).

Наші роботи з інтродукції і селекції айви на північній межі її вирощування були розпочаті у 60х роках минулого століття (Клюменко, 2003).

Основним методом роботи був посів насіння з наступним відбором сіянців у II, III, IV, V поколіннях.

Досліджували еколого-біологічні особливості, адаптаційну та репродуктивну здатності, біохімічні і господарські властивості, аналіз варіабельності морфологічних ознак для використання в синтетичній селекції.

Було показано, що на першому етапі пристосування інтродукованих рослин до нових умов відбувається реалізація скритих можливостей за рахунок гнучкості норми реакції генотипу, у межах інтродукційного ареалу виявляється норма реакції переселених рослин. На другому етапі з гетерогенного матеріалу виокремлюються найбільш пристосовані до нових умов генотипи, це відбувається на основі природного і штучного доборів (Bulakh, 1999).

Успішне зростання інтродукованих рослин у пунктах їх інтродукції може спиратися на два біологічних явища: натуралізацію, коли інтродуковані екотипи успішно розвиваються в нових умовах, зберігаючи свою початкову генетичну структуру, і акліматизацію, коли адаптація до нових умов досягається лише на основі певних генетичних перебудов вихідних форм і створення на їх основі нових екотипів (Vavilov, 1987).

Практично не трапляються випадки, коли перенесення окремих популяцій в іншу область не супроводжується їх трансформацією в нових умовах. Зміна природного відбору викликає генотипові зміни в популяціях і натуралізація змінюється акліматизацією, часто не помітною для візуального спостереження.

Результати наших багаторічних досліджень з айвою показали, що умови Лісостепу забезпечують повне проходження всіх фаз розвитку рослин і щорічне рясне плодоношення. Генофонд сортів і форм айви Національного ботанічного саду НАН України – цінний осередок зимостійких продуктивних сортів для подальшої селекції.

Робота з інтродукції, акліматизації і селекції айви звичайної в умовах Лісостепу України, проведеної на основі еколого-біологічного аналізу виду, дозволила виокремити найважливіші потенційні генетичні особливості, завдяки яким відбулася успішна їх реалізація, адаптація відібраних генотипів, що сприяло формуванню культигенного ареалу айви набагато північніше його природного ареалу (Golovkin, 1978).

Обґрунтовано положення про розширення культигенного ареалу айви сформованого на 500 км північніше (завдяки сортам селекції НБС) традиційних південних регіонів вирощування айви.

Методом міжсорткової гібридизації з наступним відбором створено генетично різноманітний вихідний матеріал, на основі якого виведено і допущено до використання сорти, що відрізняються за морфологічними ознаками, біометричними параметрами, тривалістю вегетаційного періоду, урожайністю, біохімічним складом.

Визначено комплекс корелюючих ознак при оцінюванні внутрішньовидової мінливості відібраних генотипів, виділено їх важливі і індіферентні ознаки для збільшення генетичної вагомості аналізу фенотипічної мінливості.

П'ять сортів айви селекції НБС занесено до Державного Реєстру сортів рослин України. Це сорти: Студентка, Академічна, Марія, №18 Кашенка, Дарунок онуку, створених шляхом аналітичної і синтетичної селекції, сорти адаптовані до умов північних регіонів України і рекомендовані до вирощування в усіх зонах плідництва.

В останні десятиліття створено нові сорти, які заслуговують впровадження у фермерські сади і приватні господарства. Це – сорти: Новинка, Школьница, Мелодія для мене, Оранжева, №2 Кащенко, Грушевидна Шайдарової, Грушевидна Шумського. Одержано великий гібридний фонд, який наразі досліджується і випробовується.

Отже, успішна адаптація і можливість культивування айви довгастої на півночі України зумовлені такими генетичними особливостями:

- висока зимостійкість генеративних бруньок завдяки низькому ступеню диференціації їх в осінньо-зимовий період. Бруньки практично ніколи не пошкоджуються низькими температурами;
- пізнє цвітіння, завдяки чому квітки не пошкоджуються весняними заморозками;
- висока регенераційна здатність – пошкоджені рослини швидко відновлюються за один-два вегетаційні періоди.

Здатність швидко регенерувати використовується для формування рослин у вигляді куща з кількома штамбами.

Продуктивний період таких рослин становить 50–60 років, щорічний урожай – 80–100 кг з дерева.

У айви відсутня періодичність плодоношення на відміну від споріднених яблуні і груші, що забезпечується такими генетичними особливостями як:

- формування генеративних бруньок на однорічному прирості. Будь-який минулорічний пагін у айви – потенційно плодовий;
- значення вегетативного приросту для айви, як і інших плодових рослин, дуже велике. Спостерігається пряма залежність між величиною вегетативного приросту і майбутнім урожаєм, хоча в основі життєдіяльності рослини, лежить від’ємна кореляція між процесами росту і плодоношення, що відбуваються одночасно;
- розвиток навесні із квіткової бруньки не суцвіття, а короткого облиствленого генеративного пагона, що закінчується поодиноким квіткою, а потім – плодом;
- формування лише однієї квітки у суцвітті дає можливість економніше витрачати пластичні речовини і виключає можливе перевантаження надлишковою зав’яззю, що забезпечує відсутність періодичності плодоношення.

На прикладі інтродукційних і селекційних робіт з досліджень айви довгастої в Лісостепу України і досягнень з розширення культигенного ареалу на 500 км північніше від традиційних південних регіонів вирощування, можна проаналізувати шлях від інтродукції до успішної адаптації і селекції і показати важливість методів оцінювання селекційного матеріалу і жорсткого відбору для одержання найцінніших генотипів.

Література

1. Berbank, L. (1955). Peredelka ayvy. Izbr. soch. M.: Izd-vo inostr. lit. P. 225–235. (in Russian).
2. Bulakh, P. E. (1999). Informatsionno-energeticheskaya teoriya introduktsii rasteniy. Introduktsiya rasteniy. Vol. 3/4. P. 22–29. (in Russian).

3. Golovkin, B. N. (1978). Kultigennyy areal rasteniy. M.: Nauka. 150 p. (in Russian).
4. Kashchenko, N. F. (1915). Pervyye shagi moyego akklimatizatsionnogo pitomnika v Kiyeye. Sadovodstvo. Vol. 13. P. 11–14. (in Russian).
5. Klymenko, S. V. (2003). Vklad akademika M.F. Kashchenka u rozvytok teorii i introduksii roslyn v Ukraini. Introduksiia roslyn. Vol. 4. P. 3–16. (in Ukrainian).
6. Klymenko, S. V. (2011). Ayva: bioekologiya, morfologiya, reproduksiya, sorta. K.: Logos. 243 p. (in Russian).
7. Simirenko, L. P. (1973). Ayva. Pomologiya. K.: Urozhay. Vol. 3. P. 322–323. (in Russian).
8. Vavilov, N. I. (1987). Teoreticheskiye osnovy seleksii. M.: Nauka. 512 p. (in Russian).

СОРТА АЙВЫ В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА

Р. Козмик, А. М. Чернец, Л. Н. Проданюк

*Научно-практический институт садоводства, виноградарства и пищевых технологий (НПИСВиПТ) Кишинэу, Республика Молдова
e-mail: chernetsa@rambler.ru*

Введение. Айва в Республике Молдова известна с давних времен и пользуется большим спросом у населения. Почвенно-климатические условия Республики Молдова благоприятны для выращивания самых ценных сортов айвы местной и зарубежной селекции. Благодаря селекционному отбору направленному на улучшение десертных качеств плодов айвы были получены новые сорта с улучшенными качествами, такими как, крупные плоды, привлекательный внешний вид, не плотная сочная мякоть, благоприятное сочетание питательных и ароматических веществ за которые плоды айвы высоко ценят во всем мире.

Правильно подобранные и приспособленные к условиям произрастания сорта, позволяют получить стабильные урожаи высококачественных плодов, окупить затраты на закладку и содержание сада и принести немалую финансовую прибыль. Постоянно меняющиеся требования рынка и потребителей к характеристикам плодов, способствуют созданию и скорейшему внедрению в производство новых конкурентоспособных сортов.

Место проведения, объекты и методика исследований. Исследования проводились на экспериментальной станции Молдавского Научно-Практического Института Садоводства Виноградарства и Пищевых Технологий. Объектами изучения служили как старые местные сорта, так и новые интродуцированные, а также элиты и гибриды, созданные в институте от скрещивания наиболее ценных сортов.

Исследования проводились в соответствии с методикой, разработанной

для данной породы на базе общепринятых методик и утвержденной методической комиссией НПИСВиПТ. Статистический анализ данных, выполнен по методике О. В. Масюковой [1].

Нами были исследованы устойчивость к лимитирующим факторам среды, сила роста деревьев, совместимость с биотипами подвоев айвы, фенологические фазы развития, продуктивность и качество плодов, устойчивость к основным вредителям и болезням, пригодность к длительному хранению.

Районированные и перспективные сорта айвы (11 сортов) были переданы на тестирование в лабораторию вирусологии, фитосанитарного контроля и защиты плодовых насаждений для дальнейшего тестирования на зараженность вирусами, поражающими айву. Образцы сортов были тестированы методом иммуноферментного анализа (ELISA)[2] и на древесных индикаторах [3] *Cydonia oblonga* C7/1, *Beurre Hardy*, *Pyronia veitchi*, *Virginia crab*, *Williams*.

Тестирование показало наличие в некоторых сортах вируса ямчатости древесины яблони (ВЯДЯ) который на айве вызывает следующие заболевания сажистую кольцевую пятнистость айвы (*Quince sooty ring spot*), каменистость плодов айвы (*Quince stony pit*). Данные сорта были переданы на оздоровление методом суховоздушной термотерапии в контролируемых условиях.

Проверенные и оздоровленные сорта айвы высажены в депозитарии категории «ПРЕБАЗА» лаборатории вирусологии, фитосанитарного контроля и защиты плодовых насаждений по одному дереву в отдельный сосуд.

С 2002 по 2009 г. на площади 0,5 га были высажены деревья 11 – и сортов айвы в количестве от 5 до 50 деревьев в зависимости от сорта и заложен безвирусный маточно-черенковый сад категории «БАЗА». Ежегодно, начиная с 2007 года проводится заготовка черенков для окулировки и прививки в количестве от 300 до 1100 черенков. Самыми востребованными сортами на территории Республики Молдова являются: Ауриу, Заря, Кодрянка и Комета.

Ауриу (Золотистая)



Синоним. (2 – 28 – 8), Золотистая.

Выведен. Автор, Масюкова Ольга В, получен от скрещивания сортов Чемпион X Берецкий. Районирован с 1958 г.

Дерево. Сила роста: средняя, крона: широко пирамидальная. Вступление в плодоношение: на 3 год после посадки. Урожайность: 170 ц/га. Опылители: Турунчукская, Янтарная Молдавии, Заря, Комета, Код-

рянка. Устойчивость: К засухе средняя, к морозам хорошая, к болезням хорошая. Зона культивирования: Во всех зонах Республики Молдова

Фрукт. Величина: больше среднего размера, масса 300–350g. Форма: яблоковидная, однородная. Кожица: гладкая, жёлто-золотистая, легкоопушенная. Мякоть: кремовая, средней плотности, сочная. Сбор урожая: 2–3 декада октября. Хранение: 60–90 дней. Использование: В свежем виде и для переработки.

Заря



Выведен. Автор, Масюкова Ольга В, получен от скрещивания сортов Сорокская X Кировобадская. Районирован с 1995 г.

Дерево. Сила роста: слабая, вступление в плодоношение: на 3 год после посадки. Урожайность: 187ц/га. Опылители: Турнчукская, Янтарная Молдавии, Уросок, Кодрянка, Южанка. Устойчивость: Устойчив к засухе, морозам и болезням. Зона культивирования: Во всех зонах Республики Молдова.

Фрукт. Величина: средняя, масса 300–310g. Форма: сферически-яйцевидная. Кожица: гладкая, жёлто-золотистая, опушенная. Мякоть: кремовая, твердая, сочная. Сбор урожая: 1 декада октября. Хранение: 80–90 дней. Использование: В свежем виде и для переработки.

Кодрянка

Выведен. Автор, Масюкова Ольга В, получен от скрещивания сортов Сорокская X Кировобадская. Районирован с 2002 г.

Дерево. Сила роста: средняя, вступление в плодоношение: на 3 год после посадки. Урожайность: 157ц/га. Опылители: Турнчукская, Янтарная Молдавии, Заря, Ауриу, Комета. Устойчивость: Устойчивость к засухе и морозам средняя, к болезням хорошая. Зона культивирования: Во всех зонах Республики Молдова.

Фрукт. Величина: большая, масса 350–380g. Форма: удлинено-яблоковидная. Кожица: гладкая, желтая. Мякоть: желтая, нежная, сочная, ароматная.



Сбор урожая: 3-я декада сентября. Хранение: 90 дней. Использование: В свежем виде и для переработки.

Комета



Выведен. Автор, Масюкова Ольга В, получен от скрещивания сортов Сорокская Х Лимонная. Районирован с 1995 г.

Дерево. Сила роста: низкое. Вступление в плодоношение: на 3 год после посадки. Урожайность: 179 ц/га. Опылители: Турнчукская, Янтарная Молдавии, Кодрянка, Уросок, Южанка. Устойчивость: Устойчив к морозам, болезням и засухе. Зона культивирования: Во всех зонах Республики Молдова.

Фрукт. Величина: выше средней, масса 340–370 г. Форма: сферически-удлиненная, Кожица: относительно гладкая, желто-золотистая, опушенная. Мякоть: желто-кремовая, твердая, сочная. Сбор урожая: 1-я декада октября. Хранение: 80–110 дней. Использование: В свежем виде и для переработки.

Районированные сорта, самоплодные, но для достижения уверенно высокой урожайности рекомендуется посадка в садах 2–3 сортов по 4–6 ряда каждого сорта.

Литература

1. . Масюкова, О.В. Математический анализ в селекции и частной генетике плодовых пород. — Кишинев: Штиинца, 1979, – 192 с.
2. . Clark M.F., Adams A.N. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. In: Jour. Gen.Virology, 1977, vol. 34, p. 475–483.
3. . Вердеревская Т.Д., Маринеску В.Г. Вирусные и микоплазменные заболевания плодовых культур и винограда. Кишинев, Штиинца, 1985.

МАРКЕРНИЙ ДОБІР ГЕНОТИПІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ З НУЛЬ-АЛЕЛЯМИ ЗА ГЛІАДИНОВИМИ ЛОКУСАМИ

Н. О. Козуб^{1,2}, І. О. Созінов¹, Г. Я. Бідник^{1,2},
Н. О. Дем'янова^{1,2}, О. І. Созінова^{1,2}, Я. Б. Блюм²

¹Інститут захисту рослин НААН,

e-mail: natalkozub@gmail.com

²ДУ “Інститут харчової біотехнології і геноміки НАН України”

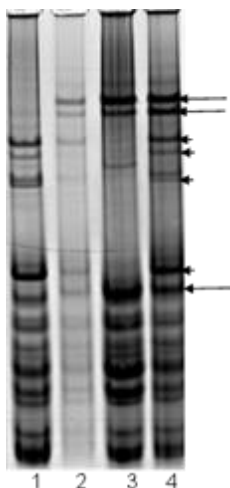
Гліадини і глютеніни є основними запасними білками пшениці і складають біля 80% загального білку зерна. Гліадини – мономерні білки, а глютеніни – великі агрегати субодиниць, зв'язаних дисульфідними зв'язками [1, 2]. Гліадини і глютеніни, представлені у зерні в приблизно рівних співвідношеннях [1]. Гліадини розділяються електрофорезом у кислому середовищі на групи компонентів, позначених Woyschik et al. [3] як альфа-бета-, гамма- і омега-гліадини (у порядку зменшення електрофоретичної рухливості). Гамма-гліадини, альфа/(бета)-гліадини та дельта-гліадин відносяться до багатих на сірку проламінів (містять 2–3% цистеїну). До бідних на сірку проламінів відносяться омега-гліадини, які не мають цистеїнових залишків, а їхня частка становить 10–20% глютенінових білків [4]. У пшениці м'якої мажорні гліадинові локуси знаходяться на коротких плечах хромосом 1 гомеологічної групи (*Gli-A1*, *Gli-B1*, *Gli-D1*) та 6 гомеологічної групи (*Gli-A2*, *Gli-B2*, *Gli-D2*). В локусах *Gli-A1*, *Gli-B1*, *Gli-D1* містяться кластери генів гамма- і омега-гліадинів [2] та лише один ген дельта-гліадин [5]. Ці локуси тісно зчеплені з відповідними локусами низькомолекулярних субодиниць глютенінів *Glu-A3*, *Glu-B3*, *Glu-D3*. Локуси *Gli-A2*, *Gli-B2*, *Gli-D2*, містять кластери генів альфа/(бета)-гліадинів [2]. На коротких плечах хромосом першої гомеологічної групи також знаходиться низка мінорних локусів, зокрема дистально від *Gli-B1* на відстані біля 1,4 сМ картовано мінорний локус *Gli-B5*, що кодує два омега-гліадини [6].

Запасні білки пшениці можуть викликати у чутливих людей такі небезпечні хвороби як целиацію [7] та алергію, у тому числі анафілактичний шок (Scherf et al., 2015). Омега-5-гліадини, кодовані локусом *Gli-B1*, є основними алергенами, що викликають анафілактичний шок у чутливих людей, коли вживання продуктів з пшениці, супроводжується фізичними навантаженнями (WDEIA, wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis) [8]. Алергію також можуть викликати білки, кодовані гліадиновими генами хромосоми 1D [9]. Для зниження алергенного потенціалу зерна пшениці одним з підходів є створення сортів пшениці без синтезу певних омега-гліадинів [10, 11]. Метою нашої роботи був маркерний добір генотипів пшениці м'якої з нуль-алелями за локусами *Gli-B1* і *Gli-D1*.

Матеріали та методи. Вихідним матеріалом для пошуку нуль-алелів алелів слугували популяції рослин F_2 озимої м'якої пшениці від реципрокного схрещування Б-16 $\times$ Одеська червоноколоса (від 5 окремих зерен F_3 з кожної рослини F_2). Проаналізовано генотипи нащадків з 2025 рослин F_2 від цього схрещування. Також аналізували окремі зернівки сорту озимої м'якої пшениці Славен, створеного в Селекційно-генетичному інституті (СГІ) (м. Одеса). Гліадини аналізували електрофорезом у кислому середовищі в 10% поліакриламідному гелі за розробленою нами методикою [12]. SDS-Електрофорез загального білку зерна, у тому числі високомолекулярних субодиниць глютенінів, проводили за методикою Laemmli в 10% розділяючому гелі [13].

Результати і обговорення. Серед 2025 рослин F_2 озимої м'якої пшениці від схрещування Одеська червоноколоса $\times$ Б-16 було ідентифіковано рослини, серед нащадків яких були генотипи з нуль-алелями за гліадиновими локусами: дві рослини, гетерозиготні за нуль-алелем за локусом *Gli-B1* і одну рослину, гетерозиготну за нуль-алелем за локусом *Gli-D1*. При цьому в електрофоретичних спектрах зернівок з цих рослин виявлено продукти експресії локусів високомолекулярних субодиниць глютенінів *Glu-B1* та *Glu-D1*, що свідчило про відсутність втрати цілої хромосоми 1B або 1D. Частота появи генотипів з нуль-алелем локусу *Gli-B1* і *Gli-D1* в F_2 комбінації схрещування Одеська червоноколоса $\times$ Б-16 становить 0,1% і 0,05%, відповідно. Пересівом та маркерним доббором створено лінії F_6 : лінію з нуль-алелем за локусом *Gli-B1* (OB-Bnull), та лінію з нуль-алелем за локусом *Gli-D1* (OB-Dnull) (рис. 1).

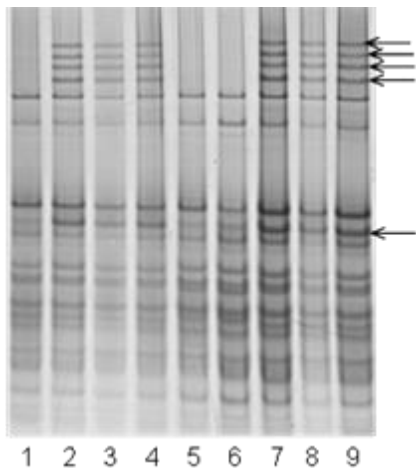
Вірогідно, нуль-алелі за *Gli-B1* і за *Gli-D1* виникли в результаті делеції, що охоплює кластери гліадинових генів. Вихідна рослина F_2 , серед нащадків якої було відібрано лінію з нуль-алелем за локусом *Gli-B1*, була гетерозиготною за нуль-алелем цього локусу та за алелем *Gli-B1c*, що походить від сорту Одеська червоноколоса. Алель *Gli-B1c*, крім двох інших компонентів, експресує два специфічні омега-гліадини, що насправді кодуються тісно зчепленим з *Gli-B1* локусом *Gli-B5*, який, в свою чергу тісно зчеплений з геном червоного кольору колоскових лусок *Rg-B1b* [6]. У створеної нами лінії OB-Bnull, крім втрати гліадинів, кодованих алелем *Gli-B1c*, також відсутнє червоне забарвлення колосу, притаманне сорту Одеська червоноколоса.



1 Електрофореграма гліадинів пшениці м'якої: 1 – лінія з нуль-алелем локусу *Gli-D1*; 2, 4 – Одеська червоноколоса; 3 – лінія з нуль-алелем локусу *Gli-B1*. Довгими стрілками позначено компоненти, кодовані алелем *Gli-D1f*, а короткими – алелем *Gli-B1c*.

Це свідчить про те, що делеція, крім локусів *Gli-B1* і *Gli-B5*, охоплює також локус *Rg-B1*, розміщений на відстані в кілька сМ від *Gli-B1*. Обидві лінії з нуль-алелями, створені на основі схрещування Одеська червоноколоса × Б-16, мають алель *Glu-B1a1*, пов'язаний з високою силою тіста [14], який може компенсувати втрату низькомолекулярних субодиниць глютенінів при делеції відповідних локусів *Gli-1/Glu-3*.

При аналізі сорту пшениці м'якої Славен серед зернівок було виявлено біотиби з алелем *Gli-D1g* і з нуль-алелем за цим локусом (відсутність синтезу компонентів, кодованих цим локусом) (рис. 2). При цьому у обох біотипів цього сорту ідентифіковано алель *Glu-D1d*. Зерно цього зразка було висіяно для одержання окремих рослин. Маркерним добором виділено біотип з нуль-алелем за *Gli-D1*.



2 Електрофореграма гліадинів сорту пшениці м'якої озимої Славен: 1, 5, 6 – біотип з нуль-алелем за *Gli-D1*; 2–4, 7–9 – біотип з *Gli-D1g*.

Виділені нами генотипи з нуль-алелями за гліадиновими локусами є спонтанними мутантами. Такі спонтанні мутації з появою нуль-алелів за гліадиновими локусами є найбільш поширеним типом мутацій за гліадиновими локусами [15], які було виявлено у твердої і м'якої пшениці іншими дослідниками [10, 16, 17]. Висока частота спонтанних мутацій у локусах запасних білків, ймовірно, визначається їхніми особливостями – кластерною організацією, та будовою самих запасних білків, які мають

повторюваний домен – тандемні повтори коротких поліпептидних мотивів [4]. Створені нами лінії з нуль-алелями за гліадиновими локусами є перспективним матеріалом для селекції сортів зі зниженою алергенністю.

Література

1. Созинов, А. А. (1985). *Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции*. М.: Наука.
2. Payne, P. I. (1987) Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread-making quality. *Annual Review of Plant Physiology*, 38, 141–153.
3. Woychik, J. H., Boundy, J. A., Dimler, R. J. (1961). Starch gel electrophoresis of wheat gluten proteins with concentrated urea. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 92, 277–482.
4. Shewry, P. (2019). What is gluten – why is it special? *Frontiers in Nutrition*, 6, e.101.
5. Anderson, O. D., Dong, L., Huo, N., Gu, Y. Q. (2012). A new class of wheat gliadin genes and proteins. *PLoS One*, 7(12), e52139.
6. Pogna, N. E., Metakovsky, E. V., Redaelli, R., Raineri, F., Dachkevitch, T. (1993). Recombination mapping of *Gli-5*, a new gliadin-coding locus on chromosome 1A and 1B in common wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 87, 113–121.
7. Gujral, N., Freeman, H. J., Thomson, A. B. R. (2012). Celiac disease: Prevalence, diagnosis, pathogenesis and treatment. *World Journal of Gastroenterology*, 18(42), 6036–6059.
8. Scherf, K. A., Brockow, K., Biedermann, T., Koehler, P., Wieser, H. (2015). Wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis. *Clinical & Experimental Allergy*, 46, 10–20.
9. Altenbach, S. B., Chang, H., Simon-Buss, A., Jang, Y., Denery-Papini, S., Pineau, F.... Lee, J. (2018). Towards reducing the immunogenic potential of wheat flour: Omega gliadins encoded by the D genome of hexaploid may also harbor epitopes for the serious food allergy WDEIA. *Biomed Central Plant Biology*, 18, e.291.
10. Waga, J., Skoczowski, A. (2014). Development and characteristics of α -gliadin-free wheat genotypes. *Euphytica*, 195, 105–116.
11. Yamada, Y, Yokooji, T, Ninomiya, N, Taogoshi, T, Morita, E, Matsuo, H. (2019). Evaluation of the allergenicity of ω 5-gliadin-deficient Hokushin wheat (1BS-18) in a wheat allergy rat model. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 20, e.100702.
12. Kozub, N. A., Sozinov, I. A., Sobko, T. A., Kolyuchii, V. T., Kuptsov, S. V., Sozinov, A. A. (2009). Variation at storage protein loci in winter common wheat cultivars of the Central Forest-Steppe of Ukraine. *Cytology and Genetics*, 43(1), 55–62.
13. Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227(5259), 680–685.
14. Poperelya, F. O., Blagodarova, O. M. (1998). Genetics of grain quality of first

- Ukrainian genotypes of superstrong wheat. *Tsitology and Genetics*, 32(6), 11–19.
15. Чернаков, В. М., Метаковский, Е. В. (1993). Спонтанные мутации по глиадинкодирующим локусам, найденные при анализе колосового и линейного материала яровой мягкой пшеницы. *Генетика*, 29(1), 114–124.
16. Lafiandra, D., Colaprico, G., Kasarda, D.D., Porceddu, E. (1987). Null alleles for gliadin blocks in bread and durum wheat cultivars. *Theoretical and Applied Genetics*, 74, 610–616.
17. Metakovsky, E.V., Branlard, G. (1998). Genetic diversity of French common wheat germplasm based on gliadin alleles. *Theoretical and Applied Genetics*, 96, 209–218.

РОЗМНОЖЕННЯ *PRUNUS LAUROCERASUS* L. '03.02' – *IN VITRO*

Л. А. Колдар, М. В. Небиков, Н. В. Дерев'янюк

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України

Важливим фактором збагачення рослинних ресурсів у цілому та збільшення біотичного різноманіття культурних фітоценозів зокрема, є інтродукція рослин. Районування й широке впровадження нових корисних інтродуцентів: видів, форм, сортів у конкретних екологічних умовах, свідчить про їхню високу стійкість та продуктивність (Рахметов, Заїменко, 2017).

Головними центрами збагачення культурної флори та збереження генофонду цінних рослин є колекційні фонди ботанічних садів та дендропарків. При створенні таких колекцій перевагу надають рослинам, яким властива екологічна пластичність та широкий спектр господарсько-цінних ознак (Музичук, 1995).

До таких рослин належить лавровишня лікарська (*Prunus laurocerasus* L.) – високодекоративна вічнозелена рослина, яка в природному ареалі досягає 6–8 м. Використовують її у зеленому будівництві районів помірного клімату завдяки швидкому росту, високій стійкості до затінення та несприятливих умов середовища, невибагливості до родючості ґрунтів. *P. laurocerasus* об'єднує вічнозелені дерева або чагарники, і належить до родини *Rosaceae* Juss. Вид характеризується великою поліморфністю і має багато цінних, декоративних садових форм. Однією з форм є *P. laurocerasus* '03.02', яка від основного виду відрізняється будовою та формою крони, розміром і забарвленням листків та квіток, тривалістю цвітіння, строками дозрівання плодів, морозостійкістю і стійкістю до затінення.

Для одержання садивного матеріалу даний генотип потребує лише вегетативного розмноження, зокрема *in vitro*, яке дає змогу при мінімальній кількості рослин вихідного матеріалу, в короткі строки отримати велику кількість генетично однорідного, ідентичного вихідній батьківській формі, морфологічно вирівняного садивного матеріалу.

Дослідження проводили в лабораторії мікроклонального розмноження рослин Національного дендропарку «Софіївка» НАН України. Використано метод розмноження рослин *in vitro*, який ґрунтується на індукції морфогенних процесів під дією ріст регулюючих речовин (далі РРР) (Калинин, 1980; Колдар, 2017; Лаврентьєва, 2004).

Для введення *in vitro* використовували молоді нездерев'янілі пагони з трирічних рослин декоративної форми *P. laurocerasus* '03.02'. Попередню обробку рослинного матеріалу здійснювали 0,5% водним розчином дезінфектанту ВТС 885 (Ipraх cleanogel, USA), а основну – за 1–3 хвилинного оброблення 0,1% дихлоридом ртуті (HgCl₂).

Впродовж 5–8 діб визначали відсоток стерильних та інфікованих об'єктів, життєздатність – через 10–14 діб. Найвищий відсоток стерильних, життєздатних експлантів отримано за 2-х хвилинної обробки рослинного матеріалу дихлоридом ртуті (HgCl₂), де стерильність відповідно становила 74,1%, а життєздатність – 68,6%.

Введення рослинного матеріалу, власне розмноження та укорінення проводили з використанням модифікованих нами живильних середовищ за прописом Мурасіге і Скуга. Для досягнення адвентивної регенерації одержані в результаті стерилізації, життєздатні експланти *P. laurocerasus* '03.02' переносили на живильні середовища модифіковані додаванням РРР ауксинової та цитокінінової груп (табл. 1).

Культивування експлантів на вказаних живильних середовищах з додаванням РРР різних концентрацій сприяло утворенню адвентивних бруньок, з подальшим формуванням та ростом різної кількості додаткових адвентивних пагонів з характерними листками.

1. Вміст ріст регулюючих речовин у живильних середовищах, мг/л

Середовища	6-БАП	β-ІМК	β-ІОК	1-НОК
МС-1(контроль)	–	–	–	–
МС-2	0,5	–	–	–
МС-3	0,5	0,1	–	–
МС-4	0,5	–	0,1	–
МС-5	0,5	–	–	0,1
МС-6	1,0	–	–	–
МС-7	1,0	0,1	–	–
МС-8	1,0	–	0,1	–
МС-9	1,0	–	–	0,1
МС-10	1,5	–	–	–
МС-11	1,5	0,1	–	–
МС-12	1,5	–	0,1	–
МС-13	1,5	–	–	0,1

За результатами проведених досліджень виявлено варіанти живильних середовищ у яких вміст певних концентрацій РРР сприяв збільшенню кількості адвентивних пагонів та підвищенню коефіцієнта розмноження (табл.2).

2. Коефіцієнт розмноження рослин *P. laurocerasus* '03.02' залежно вмісту РРР у живильних середовищах

Варіанти живильних середовищ	Кількість утворених пагонів, шт.	Довжина пагонів, см	Коефіцієнт розмноження
МС-1	0,34±0,28	1,14±0,16	1,03±0,22
МС-4	5,23±0,25	2,01±0,08	5,26±0,25
МС-6	6,61±0,31	2,19±0,10	7,24±0,35
МС-7	3,22±0,12	1,94±0,09	3,12±0,13
МС-11	1,64±0,14	1,71±0,11	2,71±0,21

Найбільш оптимальним для розмноження *P. laurocerasus* '03.02' виявилось живильне середовище МС-6 модифіковане додаванням 6-БАП 1,0 мг/л, на якому коефіцієнт розмноження становив 7,24±0,35, кількість новоутворених пагонів – 6,61±0,31, завдовжки 2,19±0,10 см. Зменшення вмісту 6-БАП до 0,5 мг/л та β-ІОК до 0,1 мг/л (МС-4) призводило до утворення 5,23±0,25 шт. пагонів, завдовжки 2,01±0,08 з коефіцієнтом розмноження 5,26±0,25. У комбінації гормонів 6-БАП 1,0 мг/л та β-ІМК 0,1 мг/л (МС-7) ці показники значно знижувалися, а кількість новоутворених пагонів становила лише 3,22±0,12 шт. завдовжки 1,94±0,09 см. Коефіцієнт розмноження зменшувався майже вдвічі і становив 3,12±0,13.

Висновок. З'ясовано, що оптимальний ріст, розвиток та розмноження експлантів декоративної форми *Prunus laurocerasus* '03.02' *in vitro* залежать від вмісту у живильних середовищах різних концентрацій ріст регулюючих речовин (6-БАП, β-ІМК, β-ІОК, 1-НОК). Високі показники формування адвентивних бруньок з подальшим ростом пагонів та збільшення коефіцієнта розмноження виявлено у варіантах МС-6, МС-4 та МС-7 у яких коефіцієнт розмноження відповідно становив 7,24; 5,26 та 3,12.

Література

1. Калинин Ф. Л. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений / Ф. Л. Калинин, В. В. Сарнацкая, В. Е. Полищук К.: Наук. думка, 1980. — 487 с.
2. Колдар Л. А. Роль фітогормонів у детермінації експлантів *Cerasus serrulata* Lindl. культивованих *in vitro* / Л.А. Колдар // Вісті біосферного заповідника «Асканія Нова». 2012. — Т. 14. — С. 152–155.
3. Колдар Л.А. Стан та перспективи інтродукції видів роду *Cercis* L. у НДП "Софіївка" НАН України (XIV з'їзд Укр. Бот. тов.) на базі ін-ту ботаніки ім. М. Г. Холодного 25–26 квітня 2017 року). 2017. — С. 187.
4. Лаврентьєва А. М. Використання біотехнологічних методів розмноження декоративних інтродуцентів / А. М. Лаврентьєва // Вісник Львівського університету. 2004. — Вип. 36. — С. 137–145.
5. Музичук Г. М. Система оцінки стабільності колекційних зразків квітково-декоративних рослин як складова програми збереження їх генофонду / Г. М. Музичук // Інтродукція та акліматизація рослин. — Вип. 25. — 1995. — С. 65–67.

6. Рахметов Д. Б. Адаптація інтродукованих рослин в Україні / Д. Б. Рахметов, Н. В. Заїменко, М. Б. Гапоненко, Т. М. Черевченко. — К.: Фітосоціоцентр, 2017. — С. 8–14.

САМОПЛІДНІСТЬ ТА САМОФЕРТИЛЬНІСТЬ ДЕКОРАТИВНОЇ ЯБЛУНІ (*MALUS MILL.*)

А. В. Конопелько

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України

e-mail: konopelko_alla@ukr.net

Людина усвідомлювала зв'язок між запиленням та формуванням плодів і насіння ще з часів неоліту. Перше повідомлення про самостерильність датується 1764 роком, через понад 100 років Чарльз Дарвін досліджував самонесумісність рослин, і лише на початку XX ст. було з'ясовано, що S-локус та його багатоалельна природа генетично контролюють найпоширенішу репродуктивну систему квіткових рослин, виникнення якої відбулося близько 120 млн. років тому (Muñoz-Sanz et al., 2020, Aguiar et al., 2015).

Типовим представником родини Rosaceae з гаметофітним контролем самонесумісності є яблуня. Види та сорти роду *Malus* Mill. належать переважно до алогамних рослин, однак з невеликою кількістю самоплідних — здатних зав'язувати плоди чи навіть власне самофертильних форм — здатних зав'язувати насіння у цих плодах внаслідок авто- та/або гейтоногамії (Опалко, 2004, Li et al., 2012, Опалко & Опалко, 2015). На відміну від автогамних культур, алогамні це — генетично досить строкатий неоднорідний матеріал, відтворення генотипів кожного з яких може бути забезпечено переапиленням між собою 50–250 особин-носіїв усіх ознак спадковості конкретного сорту чи виду. Тобто генотип алогамних рослин міститься у сукупності особин, з яких складається популяція (Опалко, 2004).

У природних умовах перехресне запилення, контрольоване гаметофітною самонесумісністю, забезпечує генетичне різноманіття яблуні та сприяє широкій амплітуді адаптаційної здатності потомства порівняно з батьківськими рослинами, тобто є ключовим аспектом для еволюції та процвітання яблуні як виду (Orcheski & Brown, 2012), тоді як самозапилення зменшує генетичне різноманіття і може призвести до інбредної депресії (Буюн, 2013).

Впродовж тисячоліть виробники та селекціонери використовували механізми самонесумісності як інструмент маніпулювання одомашненням сільськогосподарських культур (Muñoz-Sanz et al., 2020). Самонесумісність може спричинити певні труднощі як у селекційно-генетичних роботах, так і плідівництві та декоративному садівництві.

Здатність до автогамії важлива в несприятливих екологічних умовах (Пономарев, 1960). Самозапильні сорти яблуні в плідівництві викликають інтерес з огляду на проблему досягнення максимальної стабільної урожайності, полегшення догляду та захисту садів, збору плодів, тобто зменшення затрат на виробництво. Самозапильні (самоплідні) генотипи, на

відміну від перехреснозапильних, менш залежні від несприятливих чинників навколишнього середовища та зменшення кількості запилювачів внаслідок екологічних змін. Для народного господарства самоплідність сортів яблуні досить цінна ознака, хоча під кутом еволюції не є прогресивною (Молодцов, 2014).

Для перехреснозапильних рослин з-поміж біотичних факторів, які впливають на показники зав'язування плодів та насіння, слід відзначити склад фітоценозу, зокрема масове чи поодиноке зростання видів одного роду в конкретному угрупованні (Пономарев, 1960). Науковцями зарубіжних країн з'ясовано, що максимальні запилення в популяціях яблуні лісової можуть відбуватися на відстані до 10,7 тис. км, проте успішне запилення, як правило, можливе між близько ростучими деревами на відстані 23 м (Larsen & Kjær, 2009, Reim et al., 2017).

З метою з'ясування здатності до самоплідності та самофертильності декоративних видів та сортів яблуні (*M. floribunda* Sieb. Ex Van Houtte, *M. halliana* Koehne, *M. niedzwetzkyana* Diek ex Koehne, *M. × purpurea* (E. Barbier), *M. × purpurea* 'Ola', *M. × purpurea* 'Royalty', *M. × purpurea* 'Selkirk') визначали коефіцієнт плодоношення (відношення кількості утворених плодів до загальної кількості квіток) та коефіцієнт продуктивності (відношення реальної насінної продуктивності до потенційної) в умовах авто- та алогамії. Кількість генеративних органів визначали за сумісного зростання в однакових ґрунтово-кліматичних умовах (на одній дослідній ділянці) (табл. 1).

1. Кількість генеративних органів декоративних видів та сортів яблуні впродовж вегетаційного сезону (шт.)

Вид, сорт	Бруньки	Бутони	Квітки	Зав'язь, 7–10 діб після завершення цвітіння	Плоди, 60 діб після завершення цвітіння	Плоди, 120 діб після завершення цвітіння
<i>M. floribunda</i>	$\frac{101}{134}$	$\frac{518}{674}$	$\frac{513}{654}$	$\frac{469}{64}$	$\frac{436}{41}$	$\frac{413}{34}$
<i>M. halliana</i>	$\frac{34}{61}$	$\frac{193}{371}$	$\frac{184}{368}$	$\frac{140}{60}$	$\frac{100}{15}$	$\frac{94}{13}$
<i>M. niedzwetzkyana</i>	$\frac{48}{45}$	$\frac{202}{195}$	$\frac{192}{178}$	$\frac{162}{0}$	$\frac{51}{0}$	$\frac{49}{0}$
<i>M. purpurea</i>	$\frac{81}{146}$	$\frac{372}{666}$	$\frac{347}{653}$	$\frac{256}{97}$	$\frac{220}{80}$	$\frac{217}{72}$
<i>M. purpurea</i> 'Ola'	$\frac{20}{24}$	$\frac{88}{118}$	$\frac{86}{114}$	$\frac{68}{4}$	$\frac{32}{4}$	$\frac{28}{4}$
<i>M. purpurea</i> 'Royalty'	$\frac{57}{43}$	$\frac{257}{188}$	$\frac{256}{188}$	$\frac{95}{2}$	$\frac{70}{1}$	$\frac{42}{0}$
<i>M. purpurea</i> 'Selkirk'	$\frac{55}{38}$	$\frac{320}{233}$	$\frac{269}{203}$	$\frac{176}{0}$	$\frac{100}{0}$	$\frac{98}{0}$

Примітка. Над рискою – алогамія; під рискою – автогамія.

В умовах автогамії плоди зав'язалися у *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. purpurea* та 'Ola', виповнене насіння сформувалося у плодах *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. purpurea*. Самобезплідними були *M. niedzwetzkyana*, 'Royalty' та 'Selkirk' (табл. 2).

2. Самоплідність та самофертильність представників роду *Malus*

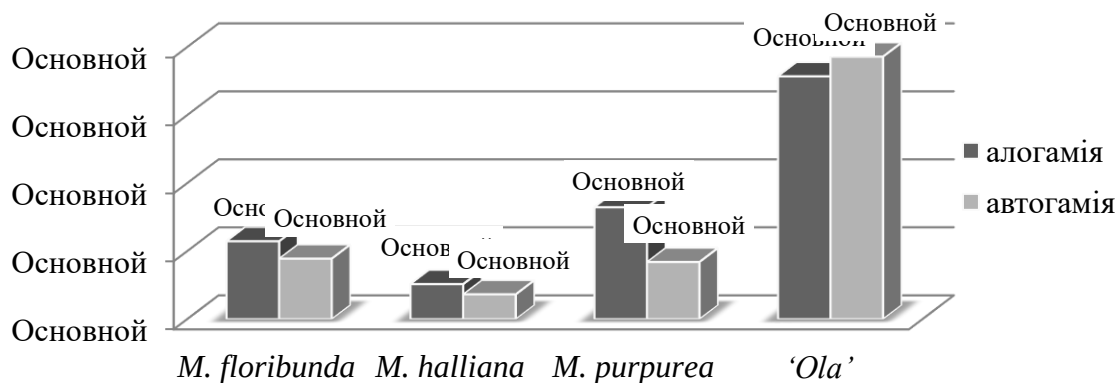
Вид, сорт	Коефіцієнт плодоношення, %	Насінна продуктивність, шт.		Коефіцієнт продуктивності, %
		потенційна	фактична	
<i>M. floribunda</i>	<u>80,51</u> 5,20	<u>5130,00</u> 6540,00	<u>2975,4</u> 13,6	<u>58,00</u> 0,21
<i>M. halliana</i>	<u>51,09</u> 3,53	<u>736,00</u> 1472,00	<u>445,28</u> 73,60	<u>60,50</u> 5,00
<i>M. niedzwetzkyana</i>	<u>25,52</u> 0	<u>1920,00</u> 1780,00	<u>506,88</u> 0	<u>26,40</u> 0
<i>M. purpurea</i>	<u>62,54</u> 11,03	<u>3470,00</u> 6530,00	<u>1735,00</u> 215,49	<u>50,00</u> 3,30
<i>M. purpurea</i> 'Ola'	<u>32,56</u> 3,51	<u>839,36</u> 1112,64	<u>437,92</u> 0	<u>52,17</u> 0
<i>M. purpurea</i> 'Royalty'	<u>16,41</u> 0	<u>737,28</u> 541,44	<u>409,6</u> 0	<u>55,56</u> 0
<i>M. purpurea</i> 'Selkirk'	<u>36,43</u> 0	<u>2614,68</u> 1973,16	<u>962,56</u> 0	<u>36,81</u> 0

Примітка. Над рискою – алогамія; під рискою – автогамія.

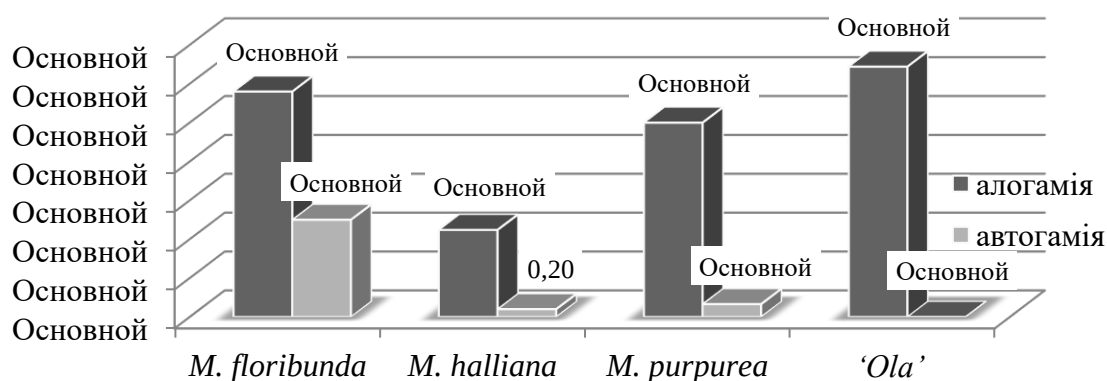
Лімітуючими факторами коефіцієнту плодоношення та насінної продуктивності для декоративних видів та сортів роду *Malus* були погодні умови в період цвітіння, самонесумісність та недостатня кількістю генетично сумісного пилку внаслідок просторової ізоляції/віддаленості. Коефіцієнт плодоношення за віддаленого зростання від особин того ж роду зменшувався в 2–3 рази, зокрема для *M. halliana* та *M. niedzwetzkyana*. Таке ж закономірне зменшення відсотка зав'язування плодів спостерігали для одного і того ж виду/сорту за несприятливих погодних умов у період цвітіння.

Як середня маса плодів, так і кількість насіння в одному плоді, переважно зменшувалася в умовах автогамії (рис. 1, 2). У *M. purpurea* за автогамії зав'язувалися плоди за середньою масою менші на 48,93%, у *M. halliana* — менші на 29,13%, у *M. floribunda* — менші на 22,27% від плодів сформованих в умовах алогамії, у декоративного сорту 'Ola' середня маса плоду за автогамії збільшилася на 8,12%. Для усіх вибірок коефіцієнт варіації не перевищував допустимого значення ($V < 33,00\%$), окрім маси плодів 'Ola' ($V = 65,72\%$), середнє значення якої було нетиповим для сукупності. Кількість насіння у одному плоді зменшилася в середньому на 93,40% у *M. purpurea*, на 91,07% у *M. halliana*, на 56,90% у *M. floribunda*.

Дослідження самоплідності та самофертильності видів та сортів яблуні вказує на те, що як продуктивність, так і декоративність представників роду *Malus* в період плодоношення, залежить від умілого планування як дослідних ділянок, так і зелених насаджень населених місць.



1. Середня маса плоду залежно від типу запилення (г)



2. Кількість насіння в одному плоді залежно від типу запилення (шт.)

Сумісне зростання в групах, масивах, куртинах, узліссях одночасно різних декоративних видів та сортів яблуні сприятиме підвищенню ефектності зелених насаджень в літньо-осінній період. Лише самоплідні яблуні придатні для створення однорідних масивів, алеї та солітерів, сорти-запилювачі, посаджені поблизу них, забезпечуватимуть порівняно вищу урожайність та декоративність.

З-поміж досліджуваних генотипів частково самоплідними були *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. purpurea* та 'Ola', частково самофертильними — *M. floribunda*, *M. halliana*, *M. purpurea*, самобезплідними — *M. niedzwetzkyana*, 'Royalty' та 'Selkirk'.

Література

1. Буюн, Л. І. (2013). Особливості систем репродукції в орхідних. *Інтродукція рослин*. 2. С. 29–39.
2. Молодцов, М. А. (2014). Диагностика самоопыляемости сортов яблони по содержанию флавоноидов в репродуктивных структурах цветков. *Дис.... кандидата с. х. наук*. Мичуринск. 118 с.
3. Опалко, А. І. (2004). *Селекція плодових і овочевих культур*. Київ: Вища шк. 307 с.
4. Опалко, А. І., & Опалко, О. А. (2015). Проблеми і перспективи селекційно-генетичного вдосконалення яблуні (*Malus* Mill.). *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 16. С. 141–146.

5. Пономарев, А. Н. (1960). Изучение цветения и опыления растений. *Полевая геоботаника*. Москва. 2. С. 9–19.
6. Aguiar, B., Vieira, J., Cunha, A. E., Fonseca, N. A., Iezzoni, A., van Nocker, S., & Vieira, C. P. (2015). Convergent evolution at the gametophytic self-incompatibility system in *Malus* and *Prunus*. *PloS one*. 10 (5). P. 1–24. DOI: 10.1371/journal.pone.0126138.
7. Larsen, A. S., & Kjær, E. D. (2009). Pollen mediated gene flow in a native population of *Malus sylvestris* and its implications for contemporary gene conservation management. *Conservation Genetics*. 10 (6). P. 1637–1646. DOI: 10.1007/s10592-008-9713-z.
8. Li, T., Long, S., Li, M., Bai, S., & Zhang, W. (2012). Determination S-Genotypes and identification of five novel S-Rnase alleles in wild *Malus* species. *Plant Molecular Biology Reporter*. 30 (2), P. 453–461. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11105-011-0345-y>.
9. Muñoz-Sanz, J. V., Zuriaga, E., Cruz-García, F., McClure, B., & Romero, C. (2020). Self-(in) compatibility systems: target traits for crop-production, plant breeding, and biotechnology. *Frontiers in plant science*, 11. Article 195. 24 p. DOI: 10.3389/fpls.2020.00195.
10. Orcheski, B., & Brown, S. (2012). A grower's guide to self and cross-incompatibility in apple. *New York Fruit Quart.* 20. P. 25–28.
11. Reim, S., Proft, A., Heinz, S., Lochschmidt, F., Höfer, M., Tröber, U., & Wolf, H. (2017). Pollen movement in a *Malus sylvestris* population and conclusions for conservation measures. *Plant Genetic Resources*. 15 (1). P. 12–20. DOI: 10.1371/journal.pgen.1002703.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОТЕКТОРНОГО ДЕЙСТВИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СЕМЕНА ДУРМАНА (*DATURA STRAMONIUM L.*) ИЗ АКТИВНЫХ КОЛЛЕКЦИЙ *EX SITU*

Л. Корлэтяну, А. Ганя, С. Маслоброд

Институт генетики, физиологии и защиты растений АН Молдовы
e-mail: lcorlateanu@yahoo.com

Одной из основных задач генетических банков растений является обеспечение селекционеров разнообразным коллекционным материалом для целей селекции. Это очень важно для создания более урожайных и устойчивых сортов и гибридов. Также необходимо помочь экологами сохранить популяции, находящиеся на грани исчезновения, пока они не будут реинтродуцированы в прежнюю естественную среду (Walters, 2004). В генетических банках зародышевую плазму вводят в состояние временного прекращения жизненных функций, чтобы в будущем иметь подходящие комбинации аллелей и редкие аллели видов. Генетические ресурсы растений играют важную роль в обеспечении устойчивости сельскохозяйственного развития и производства, а

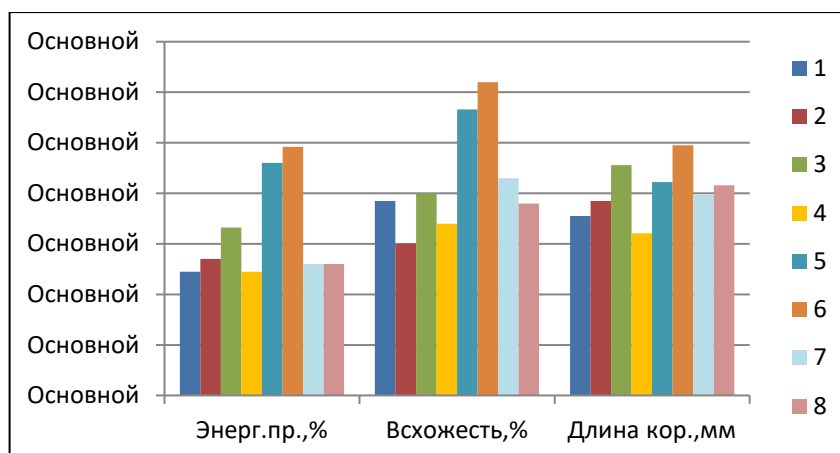
также в защите окружающей среды. В условиях долговременного хранения семян в генетических банках растений происходит естественное старение семян, в результате чего снижается их жизнеспособность. При длительной консервации *ex situ* семенного материала в генетических банках в семенах происходят сложные физиолого-биохимические процессы старения, которые приводят в конечном счете к потере всхожести в полевых условиях. Старение семян отрицательно влияет на получение генетически однородного материала. Исходя из вышесказанного, следует, что необходимо разрабатывать и применять методы экзогенного воздействия на старые семена с целью стимуляции их прорастания.

В последние десятилетия все более активно применяются в медицине, биологии и растениеводстве слабые электромагнитные поля миллиметрового диапазона или миллиметровое излучение (ММИ) (Бецкий, Лебедева, 2007; Карпович и др., 2009). В отличие от химических методов обработки, миллиметровое излучение, поглощаясь в обрабатываемом растении, оказывает непосредственное влияние на процессы жизнедеятельности растения, но не происходит внесения в растительный объект или среду никаких вредных веществ, а это очень важно для сельского хозяйства (Шестопалова и др., 1995).

В Лаборатории генетических ресурсов растений Молдовы большое внимание уделяется разработке и внедрению физических и химических методов повышения жизнеспособности семян различных видов растений после длительного хранения. В данной статье представлены результаты экспериментов по применению миллиметрового излучения для активизации процессов прорастания семян дурмана (*Datura stramonium* L.), которые относятся к семейству Пасленовых (*Solanaceae*). Для выявления протекторного действия на семена использовали дополнительно температурный стресс – пониженную положительную температуру (ПТ). Изучали раздельное и совместное действие этих факторов в прямых и обратных комбинациях (ММИ+ПТ и ПТ+ММИ) на семена. В экспериментах использовались ПТ (2–4°C) и ММИ с длиной волны 5,6 мм, плотностью мощности 6,6 мВт/см², семена выдерживали при 2-х экспозициях: 8 и 30 мин. Эти экспозиции в предыдущих наших экспериментах вызывали стимуляционные эффекты на семенах других видов растений (зерновых, злаковых, овощных, зернобобовых, технических (Корлэтяну, 2012; Maslobrod и др., 2010; Корлэтяну и др., 2012). Воздействию физическими факторами подвергались набухшие в течение 14 часов семена дурмана. После этого определяли морфофизиологические параметры семян и проростков дурмана (энергию прорастания и всхожесть семян, длину корешков, сухую биомассу проростков) по Международным правилам ISTA (8, ISTA, 1984), а также активность фермента пероксидазы в корешках проростков (Ермаков и др., 1987). Число семян в каждом варианте – 200 штук.

По всем вышеуказанным параметрам было обнаружено стимуляционное действие миллиметрового излучения. Максимальный эффект был обнаружен при экспозиции ММИ 30 минут. По энергии прорастания семян стимуляция

по отношению к контролю составила 33,1%, по всхожести семян – 4,2%, по длине корешков – 27,4%, по сухой биомассе корешков – 53,0% (рис. 1).



1. Морфофизиологические параметры проростков дурмана при действии ММИ и ПТ Условные обозначения: 1 – контроль; 2 – ММИ 8 мин; 3 – ММИ 30 мин; 4 – ПТ; 5 – ММИ 8 мин+ПТ; 6 – ММИ 30 мин+ПТ; 7 – ПТ+ММИ 8 мин; 8 – ПТ+ММИ 30 мин

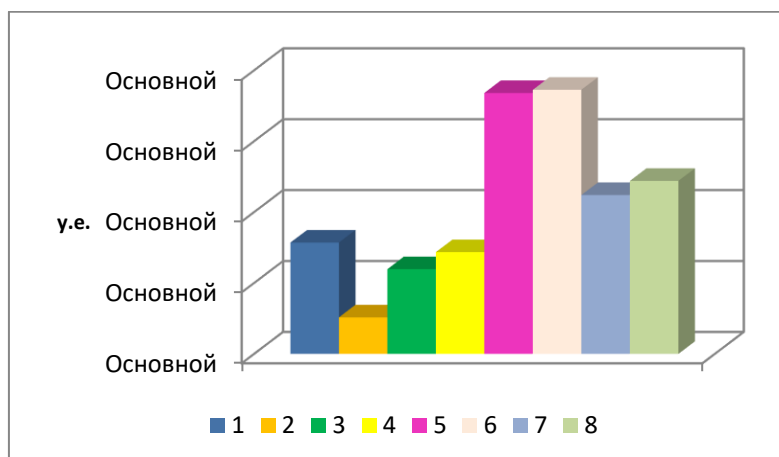
При воздействии на семена дурмана только пониженной температурой жизнеспособность семян по всем морфофизиологическим параметрам оставалась на уровне контроля. Сочетанное действие физических факторов на семена дурмана: прямое и обратное (ММИ+ПТ и ПТ+ММИ) способствовало стимуляции процессов прорастания семян у всех вариантов. В данном случае можно говорить о проявлении и репарационного, и протекторного эффектов ММИ. Важно подчеркнуть, что в прежних наших экспериментах на семенах кукурузы и тритикале с применением миллиметрового излучения и гамма-радиации также проявились радиопротекторный и радиорепарационный эффекты ММИ (Корлэтану и др., 2009).

При сравнении прямых и обратных комбинаций физических факторов был обнаружен более четко выраженный протекторный эффект миллиметрового излучения, т.е. когда пониженная температура подавалась на семена после их облучения миллиметровым излучением. В этом варианте (ММИ 8 мин+ПТ) энергия прорастания семян была выше обратной комбинации (ПТ+ММИ 8 мин) на 22%, а вариант ММИ 30 мин+ПТ по этому параметру превышал обратную комбинацию на 24,4%. Такие же закономерности были обнаружены и по параметру всхожести семян. Стимуляция по всхожести семян в аналогичных вариантах составила соответственно 14,0 и 25,8%. Определение длины корешков дурмана и их сухой биомассы позволяет сделать заключение о протекторном действии миллиметрового излучения.

Определение жизнеспособности семян дурмана по активности фермента пероксидазы в проростках также свидетельствовало о наличии репарационного и протекторного эффектов миллиметрового излучения, но

более выраженным оказался протекторный эффект по сравнению с репарационным. При таких комбинациях факторов: ММИ 8 мин+ПТ и ММИ 30 мин+ПТ активность фермента пероксидазы в проростках семян дурмана превышала обратные комбинации в 1,7 и 1,6 раза (рис. 2).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что облучение семян дурмана миллиметровым излучением при экспозиции 30 мин после их длительного хранения в генетическом банке растений приводит к существенному увеличению морфофизиологических и биохимических параметров семян и проростков.



2. Активность фермента пероксидазы в проростках дурмана при действии ММИ и ПТ. Условные обозначения, как на рис.1.

Следовательно, при комбинированном применении физических факторов на семена дурмана при консервации *ex situ* стимуляционный эффект миллиметрового излучения проявился еще более четко. Было обнаружено существенное протекторное действие миллиметрового излучения при его совместном действии с пониженной температурой.

Таким образом, представляется целесообразным рекомендовать данный физический метод, основанный на применении миллиметрового излучения, для повышения жизнеспособности семян дурмана при их консервации *ex situ*.

Литература

1. Betskiy, O.V., Lebedeva, N.N. (2007). *Primeneniye nizkointensivnykh millimetrovyykh voln v biologii i meditsine* [Application of low-intensity millimeter waves in biology and medicine]. *Millimetrovyye volny v biologii i meditsine – Millimeter waves in biology and medicine*, 1, 33–57 [in Russian].
2. Karpovich V.A., Savuk A.A., Volynets G.I., Voynov G.M. (2009) *Mikrovolnovaya tekhnologiya predposevnoy obrabotki dlya semyan rapsa* [Microwave pre-sowing technology for rape seeds]. *Materialy XV Rossiyskogo simpoziuma «Millimetrovyye volny v meditsine i biologii»*, 22–27 maya 2009 g Moskva – *Materials of the XV Russian Symposium "Millimeter Waves in Medicine and Biology"*, May 22–27, 2009, Moscow, 270–275 [in Russian].

3. *International rules for seed testing* (1984). Moskow: Kolos [in Russian].
4. Korlatyanu L.B. (2012). Zhiznesposobnost' semyan kul'turnykh rasteniy v usloviyakh konservatsii *ex situ* pri deystvii millimetrovogo izlucheniya [Seeds viability of cultivated plants in the conditions of *ex situ* conservation under the action of millimeter radiation]. Chisinau [in Russian].
5. Korlatyanu L., Maslobrod S., Ganya A. et al. (2009). O radioprotektnom deystvii millimetrovogo izlucheniya na semena kukuruzy i triticales [Radioprotective effect of millimeter radiation on corn and triticales seeds]. *Materialy natsional'noy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem «Aktual'nyye voprosy radiatsionnoy gigiyeny, radiatsionnoy zashchity i radiobiologii» – Materials of the national conference with international participation "Topical issues of radiation hygiene, radiation protection and radiobiology"*. Chisinau, 139–144 [in Russian].
6. Korlatyanu L., Maslobrod S., Ganya A. et al. (2012). Povysheniye zhiznesposobnosti nekotorykh zernobobovykh kul'tur v usloviyakh konservatsii *ex situ* pri deystvii millimetrovogo izlucheniya. [Viability increasing of some leguminous crops in the conditions of *ex situ* conservation under the action of millimeter radiation]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. Sbornik Rabot – Fruit and berry growing in Russia. Papers collection*. 34, 1, Moscow, 372–379 [in Russian].
7. Maslobrod S.N., Korlatyanu L.B., Ganya A.I. (2010). Influence of Millimeter Radiation on the Viability of Plants: Changing the Metabolism of Seeds at the factors. Influence on Dry Seeds. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 46, 5, 477–488.
8. Shestopalova N.G., Makarenko B.I., Golovina N.L. i dr. (1995). Modifikatsiya sinkhroniziruyushchego pervyye mitozy effekta radiovoln MM-diapazona raznymi temperaturnymi rezhimami prorashchivaniya obluchennykh semyan. [Modification of the effect of MM-range radio waves synchronizing the first mitoses by different temperature regimes of irradiated seeds germination]. *Sbornik dokladov X Rossiyskogo simpoziuma «Millimetrovyye volny v meditsine i biologii» – Papers collection of the X Russian Symposium "Millimeter waves in medicine and biology"*, Moscow, 236 [in Russian].
9. Walters, C. (2004). Principles for Preserving Germplasm in Genbanks. *Ex situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild*. Island Press, Covela, CA, 113–138.
10. Yermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. i dr. (1987). Opredeleniye aktivnosti peroksidazy [Determination of peroxidase activity]. *Metody biohimicheskogo issledovaniya rasteniy – Methods of plants biochemical research*. Moscow: Kolos, 42–43 [in Russian].

ГЕНЕТИЧНА ЦІННІСТЬ ЛІНІЙ-ЗАПИЛЮВАЧІВ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ АБІОТИЧНИХ ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА

М. О. Корнєєва¹, П. І. Вакуленко², Л. С. Андрєєва²

¹*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України*

e-mail: mira31@ukr.net

²*Верхняцька дослідно-селекційна станція*

Свого часу М.І. Вавилов писав, що селекція “...розробляє свої методи, установлює закономірності, яким підкоряється формоутворюючий процес, що веде до створення сорту” [1]. Останніми роками в селекційній науці набуває все більшого підтвердження теорія еколого-генетичної організації кількісних ознак, створена у 1984–2012 рр. групою вітчизняних і зарубіжних дослідників (Драгавцев В.А., Літун П.П., Шкель Н.М., В.Alberts, D.Bray, K.Roberts, J.Watson, R.Lewis та ін.) [2]. Одним із постулатів цієї теорії є те, що найбільш потужний внесок в еко-генетичне підвищення продуктивності можуть давати лише ефекти взаємодії генотип/середовище. Тому справедливим буде їх враховувати при прогнозуванні гетерозисного ефекту у гібридів, тобто новостворені гібриди повинні характеризуватися не лише генетично зумовленою високою продуктивністю, що базується на вдалому підборі батьківських пар, але і позитивними ефектами взаємодії гібрид/середовище, які дозволять розкрити цей потенціал у мінливих умовах довкілля при вирощуванні за певними економічно виправданими технологіями.

У селекції цукрових буряків основним напрямом є створення гібридів з високими ефектом гетерозису і адаптивністю шляхом гібридизації пилкостерильних материнських форм і багатонасінних запилювачів. Математичною моделлю для будь-якої гібридної комбінації від схрещування i -тої і j -тої батьківських ліній у k -тій повторності, є:

$$x_{ijk} = m + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ijk},$$

де m — середня популяційна;

g_i, g_j — ЗКЗ батьківських форм;

s_{ij} — СКЗ при їх схрещуванні;

e_{ijk} — ефект, обумовлений середовищем. (Л.А. Тарутина, Л.В. Хотильова, 1990), тобто середовище є рівноцінним чинником у формуванні гетерозису [3].

Еколого-генетична формула кількісних ознак враховує такі складові: генетичну варіансу (адитивні, неадитивні дії генів), варіансу, пов'язану із варіюванням модифікуючих чинників довкілля і їх взаємодію. Варіації генотипів (генотипову мінливість) можна простежити в системі контрольованих схрещувань (топкроси, діалельні схрещування) ліній-тестерів і запилювачів, а для вивчення їх фенотипового прояву у мінливих умовах середовища необхідно використовувати селекційні агрофони з різним

поєднанням середовищних факторів. За емпіричними даними багатьох дослідників і практиків, у селекції відмічено зростання реакції селекційних матеріалів на регульовані і зниження на нерегульовані фактори середовища.

У зв'язку з цим актуальним є вивчення генетичної цінності компонентів гібридів за різного поєднання факторів сортовипробування, розробка раціональних схем і принципів добору та ідентифікації екологічно пластичних і стабільних генотипів для селекції високопродуктивних гібридів цукрових буряків з адекватною реакцією на зміну абіотичних чинників.

У дослід було залучено 6 ліній-запилювачів, діалельні гібриди на основі яких випробовували у 4 середовищах з поєднанням мінерального удобрення і площі живлення: фон 1 (звичайний фон звичайна площ 3ФЗП), фон 2 (звичайний фон розширена площ 3ФРП), фон 3 (підвищений фон звичайна площ 4ПФЗП), фон 4 (підвищений фон розширена площ 4ПФРП).

Застосування діалельних схрещувань дозволило з найбільшою точністю визначити комбінаційну здатність ліній-запилювачів за господарсько-цінними ознаками. За ознакою урожайності ефекти ЗКЗ та СКЗ наведено у табл. 1.

На контрольному варіанті 3ФЗП позитивні значення ефектів ЗКЗ мали три лінії: БЗ 4 (2,3 т/га), БЗ 5 (2,4 т/га) і БЗ 6 (3,8). Ці ефекти були достовірними. Ці ж лінії на фоні 3ФРП теж мали позитивні достовірні ефекти ЗКЗ по урожайності, які у числовому відношенні виражалися відповідно як 1,7, 3,4 та 1,5. По відношенню до цього середовища підвищений фон мінерального удобрення виявив лінію БЗ 5 як комбінаційно цінну, а на фоні 4ПФРП комбінаційно цінною виявилася лінія БЗ 4 (ЗКЗ становила 1,4 т/га).

Велика різниця в ефектах специфічної комбінаційної здатності залежала від взаємодії компонентів схрещування, що вказує на неадитивну дію генів компонентів схрещування. Найнижче значення СКЗ на контрольному варіанті (-13,8 т/га) було характерним для комбінації БЗ 5/БЗ 4, а найвищий – у комбінації БЗ 5/БЗ 6 (+11,6). Тобто одна і та ж лінія при гібридизації з іншими лініями може давати протилежний ефект, що залежить, в першу чергу, від взаємодії генів обох батьківських форм. Високі достовірно позитивні ефекти СКЗ у середовищі 3ФРП виявлені у трьох комбінацій БЗ 2/БЗ 3 (+12,59), БЗ 4/БЗ 6 (+10,0) та БЗ 5/БЗ 6 (+11,4).

У середовищі 4ПФЗП у гібридних комбінаціях БЗ 1/БЗ 6 та БЗ 6/БЗ 3 виявилася добра взаємодія компонентів (відповідно +5,3 та +6,7).

На варіанті 4ПФРП ефекти СКЗ були хоча і позитивними, однак у абсолютному вимірі значно нижчими: БЗ 1 /БЗ 6 (+7,6), БЗ 6/БЗ 3 (+7,8). Такі гібридні комбінації можуть служити вихідним матеріалом для створення рекомбінантних форм, у генотипі яких поєднуються дві селекційні ознаки, що є бажаними для селекціонера.

У табл. 2 наведено рівень генетичної цінності батьківських форм за ознакою цукристості, що виражається через ефекти ЗКЗ і СКЗ.

Аналіз табл. 2 показав, що одні і ті ж гібридні комбінації, отримані за діалельною схемою, на фонах з різним поєднанням контрольованих абіотичних факторів мають різний фенотип за ознакою цукристості.

ЗКЗ та СКЗ за урожайністю багатонасінних запилювачів

	СКЗ						ЗКЗ	Ефект середовища
	БЗ 1	БЗ 2	БЗ 3	БЗ 4	БЗ 5	БЗ 6		
	Фон 1 (звичайний фон звичайна площа)							
БЗ 1		1,7	10,9	-0,9	-12,0	0,5	-1,6	
БЗ 2	-0,2		7,7	-1,4	-2,0	-4,1	-4,2	
БЗ 3	-2,0	-1,1		2,7	1,6	-1,0	-2,7	
БЗ 4	-2,6	1,7	-6,1		0,6	6,2	2,3	
БЗ 5	3,3	4,6	-6,0	-13,8		11,6	2,4	
БЗ 6	-3,8	-1,6	5,8	-2,3	1,8		3,8	
								-3,12
	Фон 2 (звичайний фон розширена площа)							
БЗ 1		2,0	-5,2	-1,4	5,2	-0,7	-2,1	
БЗ 2	-2,30		12,59	-2,70	0,61	-8,03	-4,7	
БЗ 3	1,2	4,8		-4,6	1,1	-2,6	0,2	
БЗ 4	-5,3	8,9	-10,6		-3,2	10,0	1,7	
БЗ 5	0,6	-4,5	-5,1	-2,5		11,4	3,4	
БЗ 6	-1,3	2,7	1,3	-7,4	5,0		1,5	
								-4,16
	Фон 3 (підвищений фон звичайна площа)							
БЗ 1		-4,3	-1,7	-1,7	2,4	5,3	-1,2	
БЗ 2	1,4		-1,9	0,2	0,9	-0,5	-0,5	
БЗ 3	3,2	1,2		-3,6	2,5	-3,3	-0,1	
БЗ 4	-2,7	-0,2	-1,4		3,8	0,5	0,7	
БЗ 5	-2,0	4,5	-1,9	1,5		2,9	1,5	
БЗ 6	-0,3	3,7	6,7	-5,6	-4,5		-0,3	
								4,34
	Фон 4 (підвищений фон розширена площа)							
БЗ 1		-3,3	-1,5	-7,4	4,6	7,6	0,2	
БЗ 2	-1,8		-4,1	1,6	5,4	-1,1	-1,2	
БЗ 3	-1,9	0,1		-4,8	4,1	2,5	-0,7	
БЗ 4	0,6	-2,1	1,8		2,1	-2,4	1,4	
БЗ 5	-6,9	4,2	-2,4	2,0		3,1	0,2	
БЗ 6	0,9	5,7	7,8	-6,8	-7,6		0,1	
								2,95

ЗКЗ та СКЗ за цукристістю багатонасінних запилювачів

	СКЗ						ЗКЗ	Ефект середовища
	БЗ 1	БЗ 2	БЗ 3	БЗ 4	БЗ 5	БЗ 6		
	Фон 1 (звичайний фон звичайна площа)							
БЗ 1		0,0	-0,3	0,4	-0,1	-0,2	-0,1	
БЗ 2	0,5		0,3	-0,3	0,1	-0,3	0,1	
БЗ 3	-0,4	0,1		-0,1	-0,3	0,6	-0,2	
БЗ 4	0,0	0,4	-0,3		0,0	0,2	0,2	
БЗ 5	-0,1	-0,1	0,2	-0,2		-0,1	0,1	
БЗ 6	-0,3	0,3	0,1	-0,3	0,2		0,0	
								-0,45
	Фон 2 (звичайний фон розширена площа)							
БЗ 1		0,0	0,0	0,1	-0,1	-0,1	-0,3	
БЗ 2	-0,20		0,46	-0,14	-0,05	-0,05	-0,2	
БЗ 3	0,0	0,2		0,3	-0,4	0,0	0,0	
БЗ 4	0,2	-0,2	0,0		0,3	-0,3	0,2	
БЗ 5	0,5	-0,1	-0,1	-0,7		0,3	0,2	
БЗ 6	-0,2	0,2	0,4	-0,3	-0,1		0,0	
								-0,27
	Фон 3 (підвищений фон звичайна площа)							
БЗ 1		0,3	0,3	-0,6	0,2	-0,3	-0,01	
БЗ 2	0,5		0,3	-0,4	0,2	-0,6	0,44	
БЗ 3	-0,3	0,3		0,3	0,0	-0,3	0,05	
БЗ 4	0,3	0,1	0,2		-0,5	0,0	-0,38	
БЗ 5	-0,1	0,1	-0,4	0,5		0,0	-0,02	
БЗ 6	-0,1	0,3	0,0	-0,4	0,2		-0,06	
								0,35
	Фон 4 (підвищений фон розширена площа)							
БЗ 1		0,3	0,3	-0,6	0,2	-0,3	0,0	
БЗ 2	0,5		0,3	-0,4	0,2	-0,6	0,4	
БЗ 3	-0,3	0,3		0,3	0,0	-0,3	0,0	
БЗ 4	0,3	0,1	0,2		-0,5	0,0	-0,4	
БЗ 5	-0,1	0,1	-0,4	0,5		0,0	0,0	
БЗ 6	-0,1	0,3	0,0	-0,4	0,2		-0,1	
								0,35

Так батьківські компоненти гібриду БЗ 3/БЗ 6 на контролі (середовище ЗФЗП) мали високий ефект взаємодії (+0,6%), на фонах з розширеною площею живлення ЗФРП) та підвищеною дозою мінерального удобрення за звичайної площі живлення рівень цукристості гібриду був на рівні середньо популяційного значення, а на інтенсивному фоні ПФРП СКЗ мала навіть від'ємний знак. Компоненти комбінації БЗ 2/БЗ 1 характеризувалися однаковою та достовірно високою СКЗ на всіх фонах (+0,5), крім ЗФРП, де відмічено від'ємний, хоча і недостовірний ефект (-0,20). Батьківські форми гібриду БЗ 2/БЗ 3 добре взаємодіяли між собою на всіх селекційних фонах, СКЗ у них була достовірно високою і становила +0,3...+0,46, тобто гібрид проявив відносну високу стабільність і рівень цукристості 17,97...19,23% (абс. знач.), що переважав середній показник всіх інших гібридів, створених за участю цих ліній. Ця ж лінія БЗ 2 на підвищеному фоні мінерального удобрення (за різних площ живлення) проявляла достовірно високу ЗКЗ (+0,4%).

Всі інші лінії-запилювачі на градієнті середовищ з різним поєднанням досліджуваних факторів характеризувалися ефектами ЗКЗ, що достовірно не відрізнялися від середньо популяційних значень, що свідчить про невисокий рівень адитивної дії генів.

Отже, узагальнюючи аналіз ефектів комбінаційної здатності, можна зробити **висновок** про те, що ЗКЗ, що інтерпретує адитивну дію генів, є більш стабільною, ніж СКЗ, що відображає неадитивну взаємодію компонентів. Генетично цінними лініями за урожайністю є БЗ 4 та БЗ 5, за цукристістю – БЗ 4 та БЗ 5 – на звичайному фоні, БЗ 2 – на підвищеному фоні мінерального удобрення.

Література

1. Вавилов Н. И. Теоретические основы селекции. М.: Наука, 1987. 511 с.
2. Драгавцев В.А. О путях создания теории селекции и технологии эколого-генетического повышения продуктивности и урожая растений. Факторы экспериментальной эволюции организмов Т. 13. К.: Логос, 2013. С. 39–41.
3. Тарутина Л.А., Хотылева Л.В. Взаимодействие генов при гетерозисе. Минск: Наука і техніка, 1990. 176 с.

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ І ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКЦІЇ ФУНДУКА

І. С. Косенко¹, О. А. Балабак¹, А. В. Балабак², Є. М. Мазур¹, Л.І. Марно¹

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України

e-mail: o.a.balabak@ukr.net

²*Уманський Національний університет садівництва, Україна*

e-mail: a.v.balabak@ukr.net

Світове виробництво горіхів фундука характеризується тенденцією до постійного, хоча й нестабільного зростання, і за валовим збором горіхів поступається лише показникам мигдалю. Найбільші досягнення у вітчизняній галузі вирощування фундука пов'язані з іменем Ф. А. Павленка. Розмноження і вирощування фундука висвітлено у працях багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених й, зокрема, у працях Ф. Л. Щепотьєва. Поліпшують якість фундука в Українському науково-дослідному інституті лісового господарства і агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького, Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України, Дослідній станції помології ім. Л. П. Симиренка Інституту садівництва НААН та інших наукових установах (Balabak O., 2016; Makhno, 2014).

Особливої актуальності набуває проблема комплексного вивчення різноманіття інтродукованих та місцевих сортів і виділення з них перспективних сортозразків, та отримання нових високопродуктивних сортів фундука, стійких до несприятливих кліматичних умов Правобережного Лісостепу України. Окремі аспекти біоекологічних особливостей росту й розвитку рослин представників роду *Corylus*, спадкових ознак, характеру плодоутворення, з'ясування найбільш ефективних способів вирощування садивного матеріалу нині досліджені недостатньо. Тому вдосконалення сортименту насаджень фундука пов'язане з необхідністю теоретичного обґрунтування господарсько-біологічних особливостей вирощування інтродукованих та новостворених сортів за конкретних ґрунтово-кліматичних умов. При цьому важливо оцінювати не лише врожайний потенціал, якість та помологічні ознаки плодів, але і їхню репродуктивну здатність як прояв адаптивної спроможності й компоненту господарської цінності (Kosenko, 2015).

Важливим резервом підвищення продуктивності та успіх селекційної роботи зі створення нових форм і сортів фундука визначається вихідним матеріалом, залученням сортів і зразків до схрещування, що передувє детальне вивчення кожного з них у колекційному розсаднику (Mezhenskyj, 2007).

Добір з природних популяцій донині був основним методом роботи у створенні вихідного матеріалу і подальшій селекції фундука, завдяки чому створено більшість сортів, що складають промисловий сортимент багатьох регіонів фундукокультури. Нині промислові насадження Чорноморського регіону майже на 90% створені сортом народної селекції Черкеський-2. Використання цього сорту в схрещуваннях, як материнського, так і

батьківського компоненту, сприяло створенню таких високоякісних сортів як Зоринський, Битхинський, Туапсинський, Ювілейний та інші. На Чорноморському узбережжі Туреччини домінує сорт Томбул, а також сорти Мінкане, Карафіндік та Фоса (Makhno, 2014).

Найбільш поширений в Італії був сорт Тонда Жантіль з Лан'є, від якого ведуть родовід сорти Жантіль Романа та Тондо з Гіфоні. До універсальних італійських сортів належить також Мортарелла. У Франції найбільш цінними старовинними сортами можна вважати Родючий з Кутарду та Чудо Больвієра. Селекціонерами США в широких схрещуваннях з місцевим сортом Раш (*C. americana*) був використаний під назвою Барселона французький сорт Родючий з Кутарду, а також Італійський червоний. Домінування в промислових насадженнях Іспанії сорту Негрета пояснюється його частковою самофертильністю (Kosenko et al., 2017; Reveal et al., 2011).

Більшість вітчизняних сортів фундука створено протягом 80–90 років минулого сторіччя. Це переважно сорти Ф. А. Павленка, виведені ним в Українському ордена «Знак Пошани» науково-дослідному інституті лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького: Болградська новинка, Боровський, Дар Павленко, Клиновидний, Корончатий, Лозівський шаровидний, Пірожок, Ракетний, Степовий 83, Шедевр і Шоколадний (Balabak O., 2016; Torchii et al., 2018).

Представникам роду *Corylus* L. властиві спільні специфічні ознаки, усі вони багаторічні, здатні до вегетативного розмноження, сіянці багатьох із них характеризуються досить тривалим ювенільним періодом розвитку. У відповідності з габітусом і життєвою формою (розмірами і тривалістю життя) плодові і декоративні рослини роду *Corylus* L. мають дві життєві форми (Kosenko, 2015):

- дерева, до яких належать *C. chinensis* Franch., *C. colurna* L. (*C. iberica* Kem. — Nath.), *C. ferox* Wall., *C. lacera* Wall., що нині вважається синонімом *C. jacquemontii* Decne., та *C. tibetica* Batalin, що нині вважається синонімом *C. ferox* var. *tibetica* (Batalin) Franch.;
- кущі, до яких належать більшість видів роду *Corylus*, однак деякі з них – *C. avellana* L., *C. heterophylla* Fisch. та *C. maxima* Mill., іноді ростуть як невеликі дерева.

У створенні вихідного матеріалу для селекції фундука здебільшого застосовують міжсорткову гібридизацію. Однак, у формуванні багатьох сортів беруть участь різні види роду *Corylus* L., тому гібридизуючи фундук не завжди легко відокремити внутрішньовидові гібриди від міжвидових. Для осмисленого підбору пар для гібридизації, крім інформації про ієрархію алельних взаємодій генів несумісності, необхідно враховувати особливості біології цвітіння і статевого розмноження (Balabak O., 2016).

Усі представники роду *Corylus* L. переважно алогамні, анемофільні рослини. Анемофілія сформувалася в процесі еволюції як механізм, що забезпечує перехресне запилення рослин в зимово-ранньовесняний період, коли в Україні, як і в багатьох інших регіонах свого ареалу, цвіте ліщина, а умови для комах-запилювачів несприятливі. Жіночі (маточкові) квітки *Corylus*

L. не мають яскравих пелюсток, аромату і нектару, як ентомофільні, натомість вони чудово пристосовані для перехоплювання великої маси пилку, що переноситься вітром.

У північно-східних регіонах України маточкові суцвіття *C. avellana* L. можуть зацвітати навіть тоді, коли сума ефективних температур повітря вище +3 °С становить лише 0,2°С, а найпізніше – за суми ефективних температур 5–17 °С. Цвітіння тичинкових суцвіть більшості видів *Corylus* L. у Правобережному Лісостепу України розпочинається у третій декаді березня за середньої суми ефективних температур повітря (вищих +3°С), яка дорівнює 30°С, а закінчується в першій декаді квітня, коли сума ефективних температур повітря досягає близько 80°С. На Південному березі Криму цвітіння *C. avellana* проходить в січні–лютому, а в районах Степу – у кінці березня. Головним регулятором цвітіння тичинкових суцвіть є температура повітря. Цвітіння тичинкових суцвіть – сережок, на відміну від маточкових, потребує більше тепла і відбувається за настання постійної позитивної температури повітря. За нормальних умов період цвітіння більшості видів *Corylus* L. становить у середньому 6–8 діб, однак у деяких видів, наприклад *C. heterophylla* Fisch. — до 12 діб.

Для успішного вирішення завдань селекції фундука потрібне створення значних за площею експериментальних плантацій для кожного виду *Corylus* L., залученого у селекційний процес. У зв'язку з цим у дендропарку «Софіївка» НАН України нами зібрано колекцію сортів і форм фундука вітчизняної і зарубіжної селекції, яка використовується для створення вихідного матеріалу, який становить значний інтерес для селекційної роботи і в гібридизації зі щойно інтродукованими сортозразками, з метою впровадження кращих із них у виробництво, яка нараховує 33 таксономічні одиниці роду *Corylus* L., 17 з яких у ранзі видів, помологічна колекція фундука НДП «Софіївка» НАН України нараховує 142 сортозразків, з них 102 сортів вітчизняної та зарубіжної селекції і 40 селекційних номерів.

Отже, використовуючи внутрішньовидову мінливість серед видів *Corylus* L., шляхом добору кращих форм з проведенням окремих селекційних методів можна збагатити генофонд культивованих в Україні видів цього роду новими цінними плодовими й декоративними формами і сортами.

Література

1. Balabak O. (2016). The winter hardiness of the varieties and forms of filbert (*Corylus domestica* Kosenko et Opalko), planted in Ukraine. *Eureka: Life Sciences*. № 5. P. 25–31.
2. Kosenko, I. S. (2015). Genetic resources of the genus *Corylus* L. in the National Dendrological Park “Sofiyivka” of NAS of Ukraine. *Ecological Consequences of Increasing Crop Productivity: Plant Breeding and Biotic Diversity* [Eds. Anatoly I. Opalko et al.]. Toronto; New Jersey: Apple Academic Press. Ch. 16. 155–166.
3. Kosenko, I. S., Opalko, A. I., Balabak, O. A., Opalko, O. A., & Balabak A. V. (2017). Hazelnut breeding in the National Dendrological Park “Sofiyivka” of the NAS of Ukraine. *Plant varieties studying and protection*. 13(3). 245–251.

- Makhno, V. G. (2014). Application of the genus *Corylus* in ornamental and commercial gardening. *Subtropical and ornamental horticulture*. 50. 232–235.
- Mezhenskyj, V. M. (2007). Unification of rating scales used into introduction of woody plants. *Plant introduction*. 4, 26–37.
4. Reveal, J. L., & Chase, M. W. (2011). APG III: Bibliographical information and synonymy of Magnoliidae. *Phytotaxa*, 19(1), 71–134.
5. Topchii, V. (Editor-in-chief), Nikolenko N., Melnyk S., Pavlyuk N., Barban O., Tykha N., Tkachyk S. ... & Yakubenko N. (2018). Sofiivskyi 15 (Application number 18286005). Hazelnut. (*Corylus maxima* Mill.). *Plant Variety Rights Protection: Bulletin*. Ukrainian institute for plant variety examination, 6. 7.

ПРОЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТА ГЕТЕРОЗИСА У ПРОСТЫХ ГИБРИДОВ F₁ *SALVIA SCLAREA* L.

Л. А. Котеля, М. М. Гончарюк, З. К. Балмуш, В. И. Бутнараш

Институт Генетики, Физиологии и Защиты Растений, Республика Молдова
e-mail: ludmilacotelea@rambler.ru

Введение. Гетерозис — это свойство гибридов первого поколения превосходить родителей или лучшую из родительских форм по определенным биологическим, хозяйственно — ценным признакам и свойствам, по степени их выраженности. Впервые явление гетерозиса у растений был введен в начале прошлого века Г. Шулл, в 1914 году [6]. Это явление успешно используется в селекции алогамных видов растений, в том числе и для шалфея мускатного (*Salvia sclarea* L.), ценное ароматическое и лекарственное растение, благодаря эфирному маслу, содержащегося в соцветиях [3, 5].

В результате проведенных исследований, гибриды *Salvia sclarea* L., проявляют гетерозис не только в поколении F₁, но и в поколениях F₂ – F_n [1, 5]. Проведённые нами генетически-селекционные исследования, увенчались созданием, районированием и патентованием ряда высокопродуктивных сортов, которые представляют собой гибриды с константным гетерозисом [2, 3, 5]. Одновременно, ведутся исследования, направленные на совершенствование методов создания и обогащения исходного материала. Целью настоящего исследования было изучение проявления гетерозиса у гибридов F₁, отбор перспективных генотипов для создания бедующих сортов *Salvia sclarea*.

Материалы и методы. Биологическим материалом послужили 20 простых гибридов F₁ *Salvia sclarea* L., и их родительские формы — инбредные линии S₃-S₁₃ не подвергнутые инбредной депрессии.

Изучение селекционного материала включало: фенологические, биометрические исследования, определение содержания эфирного масла. Для классификации гибридов по длине вегетационного периода велись фенологические наблюдения. Отмечали появление всходов, (на шалфее второго года вегетации отрастание розетки), стеблевание, цветение и

техническую спелость. Биометрические исследования были проведены по следующим количественным признакам: высота растения, длина соцветия, количество разветвлений первого и второго порядков.

Отбор образцов для определения содержания эфирного масла в сырье, проводилось по методике, разработанной для эфиромасличных культур [4]. Содержание эфирного масла было определено методом гидродистилляции, в аппаратах Гинзберга, три раза за сезон и пересчитано на сухой вес.

Эффект гетерозиса определяли в процентах в сравнении с родительскими формами на содержание эфирного масла, высоты растения, длины соцветия, количество разветвлений первого и второго порядков. Статистическая обработка данных была произведена по методу Доспехова [7].

Результаты и обсуждение. Изучив явление гетерозиса в сравнении с материнской и отцовской формами, у перспективных гибридов F_1 шалфея мускатного, по количественным признакам продуктивности растения, был определен эффект гетерозиса.

Гибриды значительно различаются по основным признакам растения, от которых зависит продуктивность шалфея мускатного. Например, высота растения у исследуемых генотипов варьировала от 107 до 135 см (табл. 1). Оптимальные значения признака, «высота растения» отмечена у генотипов (NC 61–11 S_3 x AP 30–11 S_3) F_1 и (AP 49–11 S_3 x NC 61–11 S_3) F_1 (133 см), но самые высокорослые растения, были выявлены у гибридов (AP 10–11 S_3 x AP 114–11 S_3) F_1 (134.8 см) и (NC 61–11 S_3 x AP 34–11 S_3) F_1 (135 см) (табл. 1).

Эффект проявленного гетерозиса по данному признаку, в соотношении к материнской форме также варьирует от отрицательных значений -7.6%, до высоких положительных +21.9% (табл. 1). В соотношении к отцовской форме, отрицательные значения эффекта проявленного гетерозиса отмечено у четырёх гибридов, а самый высокий эффект гетерозиса отмечен у гибридов: (AP 10–11 S_3 x AP 114–11 S_3) F_1 (+25.9%) и (NC 61–11 S_3 x AP 30–11 S_3) F_1 (+30.9%) (табл. 1).

Изучение признака «длина соцветия», показало, что у всех изученных генотипов этот признак превышает 55 см, а у гибридов (NC 61–11 S_3 x AP 49–11 S_3) F_1 , (NC 11–11 S_3 x NC 6–11 S_3) F_1 и (NC 61–11 S_3 x AP 30–11 S_3) F_1 этот показатель превышает 67 см. Гибридная комбинация (AP 49–11 S_3 x NC 61–11 S_3) F_1 отличается самыми крупными, компактными соцветиями, длиной 72.4 см, а соотношение длина соцветия/высота растения составляет более 54%.

Анализируя растения по признаку «длина соцветия», видно, что больше половина выделившихся гибридов имеет положительный эффект гетерозиса по отношению к материнской и отцовской форме. Высокий эффект гетерозиса в соотношении к обеим родительским формам отмечен у гибрида (AP 49–11 S_3 x NC 61–11 S_3) F_1 и составляет +27,0% в соотношении к материнской форме и +27.6% – к отцовской форме. Как отметили выше, данный гибрид отличается самыми крупными, компактными соцветиями, длиной 72.4 см. Этот гибрид является и более высокорослым. Наивысший эффект гетерозиса (+28.4%) по отношению к отцовской форме по признаку «длина соцветия» был выявлен у генотипа (NC 11–11 S_3 x NC 6–11 S_3) F_1 (табл. 1).

1. Эффект гетерозиса по количественным признакам продуктивности растения у гибридов F₁ *Salvia sclarea* L. в соотношении к родительским формам

Гибриды F ₁	Высота растения, см	Эффект гетерозиса, соотношения (%)		Длина соцветия, см	Эффект гетерозиса, соотношения (%)	
		материнская форма	отцовская форма		материнская форма	отцовская форма
(AP 10–11 S ₃ x AP 34–11 S ₃)F ₁	118.2	+4.17	+10.1	62.6	+1.5	+19.0
(AP 34–11 S ₃ x AP 10–11 S ₃)F ₁	120.8	+12.6	+2.4	61.6	+16.3	-0.1
(AP 10–11 S ₃ x AP 114–11 S ₃)F ₁	134.8	+14.2	+25.9	65.3	+5.8	+18.3
(AP 10–11 S ₃ x NC 61–11 S ₃)F ₁	125.0	+5.9	+5.2	60.5	-1.9	+6.7
(AP 113–11 S ₃ x AP 52–11 S ₃)F ₁	118.3	+9.6	+11.6	61.4	+15.6	+16.5
(AP 114–11 S ₃ x AP 10–11 S ₃)F ₁	117.2	+9.0	-0.6	60.7	+9.0	-1.6
(AP 30–11 S ₃ x NC 61–11 S ₃)F ₁	107.0	+5.3	-9.9	57.8	-1.0	+1.9
(AP 115–11 S ₃ x NC 60–11 S ₃)F ₁	109.2	-7.6	-3.1	57.8	-2.5	+9.2
(AP 115–11 S ₃ x NC 6–11 S ₃)F ₁	124.4	+5.2	+15.0	63.6	+7.2	+26.2
(AP 49–11 S ₃ x NC 61–11 S ₃)F ₁	133.2	+21.9	+12.1	72.4	+27.0	+27.6
(AP 113–11 S ₃ x NC 19–11 S ₃)F ₁	109.8	+1.8	-7.3	55.2	+3.9	-13.0
(NC 6–11 S ₃ x AP 35–11 S ₃)F ₁	121.0	+11.8	+8.2	60.0	+19.0	+2.0
(NC 11–11 S ₃ x NC 6–11 S ₃)F ₁	122.6	+13.3	0	67.4	+4.8	+28.4
(NC 61–11 S ₃ x AP 49–11 S ₃)F ₁	134.4	+13.1	+22.9	67.1	+18.3	+17.7
(NC 61–11 S ₃ x AP 30–11 S ₃)F ₁	133.0	+11.9	+30.9	67.6	+19.2	+15.7
(NC 61–11 S ₃ x AP 30–11 S ₃)F ₁	123.6	+4.0	+21.6	62.5	+10.2	+7.0
(NC 19–11 S ₃ x AP 113–11 S ₃)F ₁	131.6	+11.0	+21.9	56.2	-11.4	+5.8
(NC 61–11 S ₃ x AP 34–11 S ₃)F ₁	135.0	+13.6	+25.8	65.8	+16.0	+25.1
(NC 61–11 S ₃ x AP 52–11 S ₃)F ₁	123.3	+3.8	+16.3	61.5	+8.4	+16.0
(Cr.p 99 S ₁₃ x AP 52–11 S ₃)F ₁	111.0	+4.1	+4.7	55.4	+3.3	-6.7

У шалфея мускатного, количественные признаки, влияющих на продуктивность растения, как и у других лекарственных и ароматических растений, зависят от генотипа, и от сложившиеся метеоусловий [5]. Таким образом, в условиях засушливого лета, с очень высокими температурами, большинство гибридов, имеют компактное соцветие, о чем свидетельствует большое количество разветвлений I и II порядков. У исследуемых гибридов, количество ветвей первого порядка варьировала от 13.4 до 17.8, а второго – от 18.4 до 32.0 (табл. 2).

Незначительный эффект гетерозиса по признаку «разветвлений I порядка», в соотношении к материнской форме был выявлен у шести гибридов (табл. 2). В соотношении к отцовской форме, эффект проявленного гетерозиса отмечено у 8 гибридов. Проявляют положительный гетерозис по отношению к обеим родительским формам, по этому признаку 4 гибрида: (AP 10–11 S₃ x AP 114–11 S₃)F₁, (AP 113–11 S₃ x AP 52–11 S₃)F₁, (AP 115–11 S₃ x NC 6–11 S₃)F₁ и (NC 11–11 S₃ x NC 6–11 S₃)F₁ (табл. 2).

По признаку «разветвлений II порядка» самый высокий эффект гетерозиса в соотношении к материнской форме составил +34.5%. По отношению к отцовской форме, эффект гетерозиса по этому признаку составляет +63.8% у гибрида (AP 113–11 S₃ x AP 52–11 S₃)F₁, +69.7% – у генотипа (NC 61–11 S₃ x AP 52–11 S₃)F₁, но самый высокий показатель отмечен у гибридной комбинации (Сг.р 99 S₁₃ x AP 52–11 S₃)F₁ (+73.7%) (табл. 2).

Основным критерием для отбора перспективных гибридов шалфея мускатного является содержание эфирного масла на сухой вес. От этого признака зависит не только продуктивность плантаций, качество сырья, но и рентабельность культуры [5]. Анализ полученных данных показал, что содержание эфирного масла в соцветиях у 20 исследуемых гибридов F₁ варьирует в пределах 0.830 – 1.836% (с.в.) (табл. 3).

Определение содержания эфирного масла у гибридов *Salvia sclarea*, показало, что у 14 из исследуемых гибридов, этот показатель превышает 1%-ный порог.

Эффект гетерозиса по содержанию эфирного масла в соотношении к материнской форме также варьирует от +7.2 до +87.9%, а по отношению к отцовской форме, от +9.4 до 70.3% (табл. 3). Проявляют положительный эффект гетерозиса в соотношении к обеим родительским формам 11 гибридов: (AP 10–11 S₃ x AP 34–11 S₃)F₁ (+29.6 – +9.4%), (AP 34–11 S₃ x AP 10–11 S₃)F₁ (+18.5 +31.2%); (AP 10–11 S₃ x AP 114–11 S₃)F₁ (+23.0 – +41.4%), (AP 10–11 S₃ x NC 61–11 S₃)F₁ (+24.1 – +26.5%), (AP 113–11 S₃ x AP 52–11 S₃)F₁ (+15.5 – +7.2%), (AP 114–11 S₃ x AP 10–11 S₃)F₁ (+13.6 – +30.3%), (AP 30–11 S₃ x NC 61–11 S₃)F₁ (+50.3 – +70.0%), (AP 113–11 S₃ x NC 19–11 S₃)F₁ (+72.3 – +14.6%), (NC 11–11 S₃ x NC 6–11 S₃)F₁ (+9.9 – +14.2%), (NC 19–11 S₃ x AP 113–11 S₃)F₁ (+25.0 – +87.9%), (NC 61–11 S₃ x AP 34–11 S₃)F₁ (+46.6 – +29.8%) (табл. 3). Эти гибриды представляют наибольший интерес для дальнейшего создания будущих сортов *Salvia sclarea* с высоким содержанием эфирного масла

2. Эффект гетерозиса по количеству разветвлений I и II порядка соцветия у гибридов F₁ *Salvia sclarea* L. в соотношении к родительским формам

Гибриды F ₁	Кол-во разветвлений I порядка	Эффект гетерозиса, соотношения (%)		Кол-во разветвлений II порядка	Эффект гетерозиса, соотношения, (%)	
		материнская форма	отцовская форма		материнская форма	отцовская форма
(AP 10–11 S ₃ x AP 34–11 S ₃)F ₁	14.8	-13.9	-9.7	32.0	+7.4	-13.7
(AP 34–11 S ₃ x AP 10–11 S ₃)F ₁	16.6	+1.2	-3.4	31.9	-14.0	+7.0
(AP10–11 S ₃ x AP114–11 S ₃)F ₁	17.8	+3.5	+13.4	30.6	+2.7	+12.1
(AP 10–11 S ₃ x NC 61–11 S ₃)F ₁	15.0	-12.7	-10.7	26.6	-10.7	-25.0
(AP113–11 S ₃ x AP 52–11 S ₃)F ₁	15.6	+8.3	+21.8	24.9	+0.4	+63.8
(AP114–11 S ₃ x AP10–11 S ₃)F ₁	15.4	-2.5	-0.7	26.6	-2.5	-10.7
(AP 30–11 S ₃ x NC 61–11 S ₃)F ₁	14.0	-12.5	-16.6	23.2	+18.4	-34.6
(AP115–11 S ₃ x NC60–11 S ₃)F ₁	13.4	-1.4	-6.2	23.8	-2.4	-10.1
(AP 115–11 S ₃ x NC 6–11 S ₃)F ₁	15.2	+11.7	+5.5	19.6	-19.6	-9.2
(AP 49–11 S ₃ x NC 61–11 S ₃)F ₁	15.6	+6.7	-7.1	30.4	+34.5	-14.3
(AP113–11 S ₃ x NC19–11 S ₃)F ₁	13.6	-5.5	-19.0	26.0	+4.8	-1.8
(NC 6–11 S ₃ x AP 35–11 S ₃)F ₁	14.4	0	-14	25.2	+16.6	-38.2
(NC 11–11 S ₃ x NC 6–11 S ₃)F ₁	16.4	+27.4	+13.4	26.8	-16.7	+24.0
(NC 61–11 S ₃ x AP 49–11 S ₃)F ₁	16.6	-1.1	+13.6	25.0	-29.5	+10.6
(NC 61–11 S ₃ x AP 30–11 S ₃)F ₁	15.2	-9.5	-5.0	24.4	-31.2	+22.4
(NC 61–11 S ₃ x AP 30–11 S ₃)F ₁	14.8	-11.9	-7.5	18.4	-48.1	-6.1
(NC19–11 S ₃ x AP113–11 S ₃)F ₁	15.6	-7.1	+8.3	25.6	0	+3.2
(NC 61–11 S ₃ x AP 34–11 S ₃)F ₁	14.8	-11.9	-4.7	19.6	-44.4	-47.1
(NC 61–11 S ₃ x AP 52–11 S ₃)F ₁	15.4	-8.3	+20.3	25.8	-27.3	+69.7
(Cr.p 99 S ₁₃ x AP 52–11 S ₃)F ₁	14.8	-17.7	+15.6	26.4	-43.1	+73.7

3. Эффект гетерозиса по содержанию эфирного масла у гибридов F₁ *Salvia sclarea* в соотношении к родительским формам

Гибриды F ₁	Содержание эфирного масла, % (с.в.)	Эффект гетерозиса, соотношения (%)	
		материнская форма	отцовская форма
(AP 10–11 S ₃ x AP 34–11 S ₃)F ₁	0.936	+29.6	+9.4
(AP 34–11 S ₃ x AP 10–11 S ₃)F ₁	1.013	+18.5	+31.2
(AP 10–11 S ₃ x AP 114–11 S ₃)F ₁	0.950	+23.0	+41.4
(AP 10–11 S ₃ x NC 61–11 S ₃)F ₁	0.958	+24.1	+26.5
(AP 113–11 S ₃ x AP 52–11 S ₃)F ₁	1.129	+15.5	+7.2
(AP 114–11 S ₃ x AP 10–11 S ₃)F ₁	0.877	+13.6	+30.3
(AP 30–11 S ₃ x NC 61–11 S ₃)F ₁	1.195	-16.3	+57.8
(AP 115–11 S ₃ x NC 60–11 S ₃)F ₁	1.204	+50.3	+70.0
(AP 115–11 S ₃ x NC 6–11 S ₃)F ₁	0.880	+9.8	-28.9
(AP 49–11 S ₃ x NC 61–11 S ₃)F ₁	1.188	-19.6	+56.9
(AP 113–11 S ₃ x NC 19–11 S ₃)F ₁	1.683	+72.3	+14.6
(NC 6–11 S ₃ x AP 35–11 S ₃)F ₁	1.355	+9.4	-4.3
(NC 11–11 S ₃ x NC 6–11 S ₃)F ₁	1.415	+9.9	+14.2
(NC 61–11 S ₃ x AP 49–11 S ₃)F ₁	1.067	+40.9	-27.8
(NC 61–11 S ₃ x AP 30–11 S ₃)F ₁	0.830	+9.6	-41.8
(NC 61–11 S ₃ x AP 30–11 S ₃)F ₁	1.196	+57.9	-16.2
(NC 19–11 S ₃ x AP113–11 S ₃)F ₁	1.836	+25.0	+87.9
(NC 61–11 S ₃ x AP 34–11 S ₃)F ₁	1.110	+46.6	+29.8
(NC 61–11 S ₃ x AP 52–11 S ₃)F ₁	1.041	+37.5	-11.1
(Cr.p 99 S ₁₃ x AP 52–11 S ₃)F ₁	1.486	-0.1	+41.1

Выводы. Созданы простые гибриды шалфея мускатного, проявляющие гетерозис по ряду количественных признаков, по отношению к одной или обоим родительским формам. Самый высокий эффект гетерозиса зарегистрирован по признаку «разветвлений II порядка» по отношению к отцовской форме – 73.7%. Большинство гибридов F₁ проявляет гетерозис по признаку «высота растения», эффект гетерозиса варьирующий от +4 до +30.9%. Созданные гибриды отличаются высоким содержанием эфирного масла (0.830 – 1.836%%) (с.в.) в соцветиях. Эффект гетерозиса по этому признаку составляет у разных гибридов от +7.2 до +87.9%. Все созданные гибриды являются ценным селекционным материалом для создания высокопродуктивных сортов гибридного происхождения.

Литература

1. Cotelea Ludmila, Goncariuc Maria, Balmuş Zinaida, & Frunză, Daniela. (2017). «Manifestarea efectului heterozis la hibridi F₃–F₄ de *Salvia sclarea* L.». În: Genetica, fiziologia şi ameliorarea plantelor: *materialele conf. şt. intern.* Ed. 6-a. Chişinău. n., Pp. 200–204. ISBN 978–9975–56–463–2.

2. Goncariuc M., Balmuş Z., Cotelea L., Botnarenco P., Butnaraş V. & Maşcovţeva S. (2019). «The new early variety of *Salvia sclarea* L. (Cary sage)». Proceedings of the 11 th. Edition of Euroinvent European Exhibition of Creativity and Innovation. P.226. ISSN Print: 2601–4564 Online: 2601–4572.
3. Goncariuc Maria. (2008). *Plante medicinale şi aromatice cultivate*. Chişinău, p. 199 – 202.
4. Goncariuc Maria. (2004). *Şerlaiul*. În: Ameliorarea specială a plantelor. Chişinău, p. 525–541.
5. Goncariuc M. (2002). *Salvia* L. Chişinău: Centrul Edit. UASM, 218 p.
6. Shull G. (1952). «Beginnings of the heterosis concept». In: J. Heterosis. SUA: Iowa State College Press, p. 14–48.
7. Доспехов Б.А. (1985). *Методика полевого опыта*. Москва. Агропромиздат. с. 185–245.

ОЦІНКА НА РАННЬОСТИГЛІСТЬ ІНБРЕДНИХ ЛІНІЙ КУКУРУДЗИ В МЕЖАХ КОЛЕКЦІЙНОГО ГЕНОФОНДУ УКРАЇНИ

С. П. Коцюба

*Уманський національний університет садівництва, Україна
e-mail: bbkots@icloud.com*

Селекція скоростиглої кукурудзи починалася з інтродукції і народної селекції скоростиглих гібридів і популяцій в кожній конкретній ґрунтово-кліматичній зоні, внаслідок чого отримано багато сортозразків, що важливо для сучасної селекції. Внаслідок вивчення і перезапилення завезених сортів створені нові гібриди, які найбільш пристосовані до регіональних умов обробітку [1].

Створюючи ранньостиглі гетерозисні гібриди кукурудзи, насамперед, ми маємо підібрати вихідний матеріал, а саме інбредні лінії, які б відповідали всім вимогам за господарсько-цінними ознаками, такими як: період вегетації, продуктивність, кількість листків на основному стеблі, висота рослин та висота прикріплення нижнього господарсько-цінного качана, стійкість проти хвороб та шкідників та стійкість проти ламкості і вилягання стебла [2].

Щоб розподілити наш матеріал кукурудзи за скоростиглістю, було проведено низку досліджень а саме: оцінку тривалості вегетаційного періоду „сходи – повна стиглість”, що визначали в днях, кількість листків на основному стеблі — в штуках та досить важливий показник на сьогоднішній день це вологість зерна при збиранні у відсотковому співвідношенні, це дало змогу розподілити інцухт лінії на дві групи: ранньостиглі — (106–114) та середньоранні — 114–123 діб.

З 7 інбредних ліній кукурудзи, що були включені в дослід, нами було виділено чотири ранньостиглі генотипи, що складало 75% від загальної кількості ліній та 3 або 25% середньоранні.

У 2020 році період вегетації у ранньостиглої групи ліній знаходився у межах 104,0 днів, що менше майже на п'ять днів за 2019 рік. Ця тенденція спостерігалась і для групи середньоранньоранніх ліній. При цьому, більш тривалий період вегетаційний був у 2019 році.

За період вегетації у 2020 році випало на 100 мм опадів менше порівняно з середньо багаторічними даними, однак забезпечення температурою було значном вище норми, а в період дозрівання зерна цей показник становив на 3°C вищим, що в свою чергу прискорило висихання зерна.

На сьогоднішній день вологовіддача зерна стала одним з важливих факторів економічної ефективності вирощування кукурудзи. Так, за даними науковців, сушка зерна кукурудзи до базисної норми (14%) при 30% збиральній вологості потребує більше затрат, ніж увесь комплекс робіт по вирощуванню [3].

Зниження вологості зерна поділяють на два етапи, які різним чином пов'язані з фізіологічними процесами досягання. Перший етап триває до завершення наливу зерна і характеризується зниженням вмісту води в зерні до 32–35%. Другий етап переважно пов'язаний із фізичними процесами висихання зерна як капілярно-пористої гетерогенної структури. Вважають, що перебіг вологовіддачі зерном після досягнення фізіологічної стиглості не має чітко визначених генетичних факторів і на нього опосередковано впливає цілий ряд морфологічних ознак (кількість та щільність обгорток качана, діаметр стрижня качана, орієнтація качана у просторі) та біохімічний склад зерна [4, 5].

Тому метою нашого дослідження було проаналізувати темпи вологовіддачі зерном кукурудзи досліджуваних ліній різних груп стиглості. Проведені дослідження дали змогу простежити динаміку вологовіддачі зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості, визначити мінливість вологості зерна гібридів в різні періоди дозрівання зерна.

Для всіх ліній, незалежно від групи стиглості та року випробування, фізіологічна стиглість, визначена за наявністю чорного (абсцизного) шару, була відмічена на 45–50 день після запилення. Майже всі лінії на цей час мали вологість зерна 30–34%, що добре узгоджується з літературними даними [6, 7].

Більш сприятливими для вирощування кукурудзи був 2019 рік, рослини сформували велику вегетативну масу, однак зерно на період збирання мало високу вологість. Це пояснюється значною кількістю опадів (46,0 мм) у вересні місяці 2019 року.

Отже лінії F 7 та Чк 73 знижували збиральну вологість без негативного впливу на врожайність. Лінії які мали високу збиральну вологість характеризувались подовженим вегетаційним періодом, так як Ум 337 та ВІР 44.

Це дає підстави при плануванні стратегії селекції на ранньостиглість надавати перевагу лініям F 7, Ур 273 та F115, які поєднують показники ранньостиглості з найменшою вологістю зерна при збиранні.

Література

1. Парій М. Ф. Способи отримання гібридного насіння кукурудзи. Тр. Междунар. конф. «Современные проблемы генетики, биотехнологии и селекции растений». Харьков. 2001. С. 232–233.
2. Циков В. С. Кукуруза: технология, гибриды, семена. Днепропетровск: Зоря. 2003. 296 с.
3. Чистяков С. Н. Изучение динамики влагоотдачи зерном у линий и гибридов кукурузы при его созревании / С. Н. Чистяков А. И. Супрунов, Р. В. Ласкин // Научный журнал КубГАУ. — 2012. — № 84 (10). — С. 1–12.
4. Цицюра Я.Г. Вихідний матеріал для селекції гібридів кукурудзи з інтенсивною віддачею вологи зерном // дис. Канд. с.-г. наук. — Київ, 2001. — 20 с.
5. Гур'єва І. А., Рябчун В. К., Козубенко Л. В. Класифікатор–довідник виду *Zea mays* L. Харків, 1994. 72с.
6. Климова О. Е. Генетическая ценность самоопыленных линий сахарной кукурузы по продуктивности и ее элементам. Кукуруза и сорго. 2006. № 4. С. 20–24.
7. Дзюбецкий Б. В., Черчель В. Ю., Антонюк С. П. Селекція кукурудзи. Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. К.: Логос, 2001. Т. 2 636 с.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

В. Г. Крижанівський, А. В. Єлінівська, Р. О. Цимбал

Уманський національний університет садівництва, Україна

e-mail: vitaliy.kryzhanovskiy.82@ukr.net

Підвищення врожайності і якості зерна пшениці є важливим народно-господарським завданням агропромислового комплексу нашої країни. (Васильчук, 2018). Однак в даний час все більша увага приділяється підвищенню врожайності сільськогосподарських культур, що часто призводить до зниження якості одержуваного зерна (Вожжова, 2020). Якість зерна пшениці – це глобальна і постійно актуальна проблема в усьому світі. Особливо велику увагу якості зерна цієї культури приділяють сучасні світові виробники і експортери зерна (Вожжова, Єжугова, 2019). Щорічно в світі проводиться близько 250 млн тонн зерна м'якої пшениці, більше половини з якого – слабке за якістю (Вожжова, 2019). Зерно сортів із середньою якістю пшениці – в два рази менше (25–30%). Кількість зерна сортів сильної пшениці становить всього лише 15–20%. Сьогодні пшениця поступається за якістю кращим сортам Канади, США та Австралії. Тому підвищення якості зерна пшениці було і залишається одним з головних пріоритетів селекції цієї культури (Волкова, 2017).

Маса 1000 зерен в середньому по всіх сортах за роки вивчення склала

41,0 г, змінюючись залежно від сорту від 36,0 г (Кипчак) до 47,8 г (Лучезар). Сприятливі умови для формування крупного зерна пшениці озимої були в 2019 році. Середнє значення маси 1000 зерен в цьому році склало 43,8 г. Великим зерном в середньому за роки досліджень характеризувалися сорти: Лучезар – 44,3 г, Донська ювілейна – 42,9 г, Ксенія – 42,4 г, Єрмак – 41,6 г, Танаїс – 41,5 г, Зерноградка 10 і Зерноградка 11 – 41,4 г, Знахідка – 41,3 г. В середньому за роки досліджень всі досліджувані сорти, за винятком Кипчак (38,7 г), відповідно до класифікації В.Ф. Дорофєєва характеризувалися, як генотипи з дуже великим зерном (більше 40 г). Коефіцієнт варіації даної ознаки склав 2,5–10,6%, що свідчить про незначну його мінливість за досліджуваний період. Максимальна маса 1000 зерен за роки досліджень зафіксована у сортів: Лучезар (44,3 г), Донська ювілейна (42,9 г) і Ксенія (42,4 г). Ці сорти можуть служити джерелами при використанні в селекційному процесі на крупність зерна. Натурна маса зерна є значущою ознакою борошномельних властивостей. Це одна з ознак, що лежать в основі класифікації зерна пшениці у всіх країнах. Натурна маса є мінливою ознакою, що залежать від сорту і умов його вирощування, вологості зерна, наявності бур'янів домішок, а також поверхні і форми зернівки. В результаті двухфакторного дисперсійного аналізу встановлено, що на формування натурної маси зерна впливає фактор «сорт» – 64,7%. На долю фактора «рік» приходилось – 20,5%, взаємодія факторів «сорт-рік» оказувало вплив на 8,8%.

За роки досліджень натурна маса у досліджуваних сортів варіювала в широких діапазонах від 784 г/л у сорту Кипчак в 2020 році до 837 г/л у Зерноградки 10, з середнім значенням 813 г/л. Всі сорти селекції ВНПЗК характеризуються низьким коефіцієнтом варіації, як по роках 1,1% (2019 р); 1,5% (2020 р), так і за генотипами від 0,8% (Донська ювілейна) до 2,5% (Кипчак). Високим середнім значенням натурної маси і низьким коефіцієнтом варіації характеризувалися сорти: Донська ювілейна (822 г / л; CV = 0,8%), Знахідка (824 г / л; CV = 0,9%) і Ростовчанка 7 (804 г / л ; CV = 0,9%), які можуть бути використані в селекції як джерела високої натурної маси зерна. Загальна скловидність зерна є видовим, спадковою ознакою, на формування якого впливає цілий ряд факторів, в тому числі мінеральне живлення рослин пшениці в період вегетації. Це один з найважливіших ознак якості зерна пшениці. Від її значення залежить величина виходу борошна. Склоподібність ендосперму зерна пов'язують з вмістом білкових речовин в зерні (Г.А. Єгорова, 1985). В результаті двухфакторного дисперсійного аналізу нами встановлено, що на формування загальної скловидності зерна основний вплив має фактор «рік» – 25,6%, потім взаємодія факторів «сорт-рік» – 22,4%, на частку фактора «сорт» доводилося – 18,9%.

У середньому за роки досліджень ознака загальної скловидності сортів варіювала в залежності від сорту і погодних умов року в широких межах від 61% у сорту Бонус до 95% у сорту Донська ювілейна. Значення коефіцієнтів варіації за роки вивчення змінювалися в широких межах від 4,3% у сорту Ксенія до 19,3% у сорту Бонус. Низькі коефіцієнти варіації даної ознаки відзначені у сортів: Ксенія (CV = 4,3%), Марафон (CV = 5,4%), Танаїс (CV =

6,4%), Кипчак (CV = 7,0%) і Ростовчанка 3 (CV = 7,8%). Значне варіювання загальної скловидності спостерігалось у сортів: Бонус (CV = 19,3%), Козачка (CV = 16,0%) і Донська ювілейна (CV = 13,0%).

Масова частка білка в зерні – один з найбільш важливих ознак якості зерна. Вміст білка визначає не тільки поживну і харчову цінність зерна і продуктів його переробки, а й технологічні властивості. Від кількості білка в зерні залежать такі ознаки як кількість і якість клейковини, хлібопекарські властивості. В результаті двохфакторного дисперсійного аналізу встановлено, що на формування масової частки білка основний вплив має фактор «сорт» – 60,5%, потім взаємодія факторів «сорт-рік» – 25,3%, на частку фактора «рік» доводилося – 10, 8%. Масова частка білка варіювала в широких межах в залежності від року і сорту від 14,8% (Зерноградка 11) до 17,3% (Ростовчанка 3). Середнє значення масової частки білка за досліджуваний період склало 15,8%. В середньому за роки досліджень весь набір сортів відповідав вимогам, що відносяться до сильних пшениць згідно класифікаційних норм Держкомісії з сортовипробування (не менше 14,0%) і ГОСТ Р 52554–2006 до першого класу по масовій частці білка (не менше 14,5%).

Література

1. Васильчук, Н.С. (2018). Оцінка міцності клейковини в процесі селекції твердої пшениці (*Triticum durum* Desf). Аграрний вісник Південного Сходу. №3. С. 34–39.
2. Вожжова, М.М. (2020). Вивчення взаємозв'язків основних ознак, що впливають на якість зерна ліній озимої м'якої пшениці інтенсивного типу. Науково-обґрунтовані системи землеробства: теорія і практика: матеріали міжнародної наук. — практ. конф. (25–26 вересня 2020). Ставрополь: Ставропольське видавництво "Параграф". С. 34–37.
3. Вожжова, М.М. (2019). Параметри екологічної пластичності та стабільності сортів озимої м'якої пшениці за показником «вміст клейковини». Збірник статей II Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, викладачів, аспірантів, студентів Інноваційні розробки молодих вчених для агропромислового комплексу Росії та країн СНД. Краснодар. С. 69–71.
4. Вожжова, М.М., Єгужова А.А. (2019). Екологічна пластичність сортів озимої м'якої пшениці за показником «загальна хлібопекарська оцінка». Зернове господарство Росії. №1 (31). С. 22–26.
5. Волкова, Л.В. (2017). Пластичність і стабільність сортів і селекційних форм ярої пшениці за критеріями продуктивності та якості. Доповіді Російської академії сільськогосподарських наук. №1. С. 3–5.

ОЦІНКА КОЛЕКЦІЙНИХ ЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ І ВИДІЛЕННЯ ДЖЕРЕЛ ЦІННИХ ОЗНАК ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

В. Г. Крижанівський, І. А. Бойко, Д. І. Кам'янченко

Уманський національний університет садівництва, Україна

e-mail: vitaliy.kryzhanovskiy.82@ukr.net

В умовах глобального і локального зміни клімату великого значення набувають сорти озимої м'якої пшениці здатні з найменшими втратами витримувати дію абіотичних і біотичних стресів, забезпечуючи при цьому стабільний урожай високої якості зерна. В даний час перед селекціонерами стоїть складне завдання не тільки підвищити врожайність пшениці, але і поєднувати її з адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов регіону, які сприятимуть екологічній безпеці, ефективно використовувати природні та техногенні ресурси, тим самим забезпечувати енергозбереження та рентабельність. Успішне вирішення цього завдання в значній мірі визначається наявністю відповідного вихідного матеріалу з подальшим включенням його в селекційний процес (Акіншин, 2018). Виявлення, підбір і створення нового вихідного матеріалу лежать в основі успішної селекції озимої пшениці. Дослідники надають великого значення необхідності цілеспрямованого пошуку вихідного матеріалу серед еколого-географічно віддалених біотипів, так як для них характерна неоднакова реакція на зміну умов зовнішнього середовища. Проблема пошуку вихідного матеріалу поступово зростає в зв'язку зі збільшенням вимог, пред'являються до створюваних сортів (Бовкун, 2017). При цьому, у міру створення все більш врожайних сортів, збільшення знань про біологічну природу ознак, ускладнення завдань селекції і по ряду інших причин, змінюються вимоги і до самого вихідного матеріалу. Генетична різноманітність, зібране в різних наукових центрах світу включає зразки, що володіють високою продуктивністю, екологічною пристосованістю і іншими корисними ознаками (Волинець, 2019). Вивчення адаптивного потенціалу світового асортименту озимої м'якої пшениці відповідно до тих змін темпами і вимогами виробництва дозволяє використовувати його в селекції на будь-яку ознаку і є однією з найбільш ефективних і екологічно безпечних заходів, що діють на зниження шкідливого впливу абіотичних і біотичних факторів. У зв'язку з цим, всебічна оцінка вихідного матеріалу озимої м'якої пшениці за основними господарсько-цінними ознаками в умовах Правобережного Лісостепу є актуальною і перспективною. Дозволяє виявити вихідний матеріал, з високою врожайністю, зимостійкістю, стійкістю до основних хвороб, з високими технологічними якостями зерна, а також іншими ознаками і властивостями для подальшого включення в селекційні програми. Створення вихідного матеріалу і визначення їх селекційної цінності для використання в селекційному процесі. Завдання дослідження: провести комплексну оцінку колекційних сортозразків озимої м'якої пшениці різного еколого-географічного походження за

основними господарсько-цінними ознаками; традиційно колекцію генетичних ресурсів пшениці ВІР розглядають як базу вихідного матеріалу для селекції цієї культури, проведення фундаментальних і прикладних досліджень, а також навчання (Гук, 2019). Комплексне вивчення колекційних зразків пшениці має свою історію і сформовану систему. Правильна теоретична база дозволила при мінімальних витратах за короткий термін скласти унікальну колекцію вихідного матеріалу озимої м'якої пшениці для селекції. Колекція пшениці має початок з 1901 р, в формуванні колекції брало участь кілька поколінь вчених ВІР при організації і безпосередній участі в них Н.І. Вавилова. Експедиції ВІР побували практично у всіх країнах світу і доставили в нашу країну величезний вихідний матеріал. В даний час колекція озимої м'якої пшениці є однією з найбільших в світі і багатою за генетичним, екологічним і географічним різноманіттям: у ній є матеріал майже з 100 країн Європи, Африки, Азії, Америки та Австралії, в тому числі і з різних регіонів Росії (Данилов, 2018). Даний оригінальний матеріал представлений зразками дикої пшениці, місцевими і старими селекційними сортами, отриманими шляхом відбору з місцевих сортів. У 2006 р в постійному каталозі колекції знаходилося 14579 зразків м'якої пшениці, а в 2011 р колекція збільшилася до 29209 зразків. Щорічне поповнення колекції відбувається або шляхом виписки зразків з інших генних банків і науково 13 дослідницьких установ, або за рахунок експедиційного обстеження територій та збору матеріалу. Найбільшу цінність для селекції відіграє світовий асортимент, що включає як кращі світові стандартні сорти, так і всі ботанічні різновиди, відомі для озимої м'якої пшениці. Світова колекція сортозразків озимої м'якої пшениці є найбагатшим генофондом для селекційного використання в будь-якому напрямку. Величезна різноманітність сортозразків дозволяє підібрати вихідний матеріал за заданими ознаками, які необхідно поєднувати в майбутньому сорті, значно полегшуючи і скорочуючи терміни створення нових сортів. Колекція ВІР є основою створення матеріальної бази для селекції. Унікальність колекції пшениці на думку (Жеребецького, 2019) полягає ще в тому, що багато зразків, представлених в ній, не збереглися в живій колекції насіння, а надії знаходження їх в місцях колишнього поширення вже немає або вона мізерна. Розширення сортового різноманіття озимої м'якої пшениці в аграрному виробництві України можна вважати основною заслугою ВІР у використанні світових генетичних ресурсів рослин. Результати досліджень свідчать, що в середньому за роки вивчення найбільша довжина головного колоса була у сортозразків: Baltimor (Франція) – 11,3 см, Ukrayinska 5 – 12,0 см, Garazivka – 12,1 см, Garant (Україна) – 11,4 см. При цьому, сортозразками української селекції Ukrayinska і Garazivka виділилися також по довжині колоса (22,1 шт. 22,2 шт. відповідно). Сортозразок Auguste (Франція), що формував найбільшу кількість колосків у головному колосі (22,6 шт.), мав невелику довжину головного колоса (10,5 см), це говорить про його, здатності формувати компактний, щільний колос. Максимальні значення маси схожості отримані у варіанті $P_{120}K_{80} + N_{30}$ і склали 42,5 г і 97%, що перевищило контроль на 5,7 і 4% відповідно.

Література

1. Акіншин В. Г. (2018). Агрономічний потенціал і перспективи пшениці озимої. *Физиология растений и генетика*. Том. 49, № 4. С. 98–115.
2. Бовкун І. В. (2017). Особливості формування продуктивності пшениці озимої в регіоні Полісся. *Агропромислове виробництво Полісся*. Вип. 10. С. 44–49.
3. Волинець І. І. (2019). Генетичні кореляції врожайності пшениці озимої із селекційними індексами в стресових умовах середовища. *Селекція і насінництво*. № 5. С. 34–37.
4. Гук. В. В. (2019). Прояви модифікаційної здатності генотипів тритикале озимого лісостепового та поліського екотипів. *Селекція і насінництво*. Вип. 109. С. 78–89.
5. Данилов Г. О. (2018). Фіксація молекулярного азоту у кореневій зоні перспективних вітчизняних сортів пшениці озимої. *Сільськогосподарська мікробіологія*. Вип. 14. С. 183–194.
6. Жеребецький Є. Р. (2019). Формування адаптивних біоценетичних зв'язків у фітоценозах тритикале озимого в умовах лісостепового та полісько-лісостепового екотипів. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. № 4–6. С. 56–62.

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ СЕЛЕКЦИОННЫХ ФОРМ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ЭЛЕМЕНТАМ ПРОДУКТИВНОСТИ КОЛОСА

Г. А. Лупашку, С. И. Гавзер, Н. И. Кристя

Институт генетики, физиологии и защиты растений, Республика Молдова
e-mail: galinalupascu51@gmail.com

Введение. Будучи важнейшей пищевой культурой для человеческой цивилизации, пшеница (*Triticum aestivum* L.) всегда играла важную роль в мировой экономике, в обеспечении питанием людей и улучшении их пищевой безопасности. В настоящее время мягкая пшеница – наиболее возделываемая зерновая культура в мире, и выращивается она в разных эколого-географических условиях. По мере роста численности населения планеты продуктивность пшеницы должна возрастать, так как зерно пшеницы является самым важным источником питания. В связи с ухудшением климатических условий в мире, особенно при частых суровых засухах, возникает необходимость создания сортов пшеницы, способных обеспечить хорошую продуктивность в данных условиях (Nelson et al., 2010).

Урожайность пшеницы является многокомпонентным признаком, состоящим из множества параметров. К таким параметрам относятся элементы продуктивности колоса, которые характеризуются разной чувствительностью к неблагоприятным условиям среды. В связи с этим

выше внутрикластерной по всем показателям продуктивности колоса, кроме количества колосков в колосе, свидетельствующая о том, что указанный признак проявил довольно слабую дифференцирующую способность по сравнению с другими признаками. При этом наибольшие значения межкластерной дисперсии отмечены для длины колоса, количества зерна с одного колоса и массы одного зерна (Табл. 1).

1. Дисперсионный анализ кластеров популяций пшеницы в селекционном питомнике

Элемент продуктивности	Межкластерная дисперсия	df	Внутрикластерная дисперсия	df	F	p
Длина колоса, мм	833,42	4	283,14	45	33,11	0,000
Количество колосков в колосе	12,43	4	23,86	45	5,86	0,000
Количество зерен в колосе	398,86	4	240,85	45	18,63	0,000
Масса одного боба, мг	276,33	4	103,04	45	30,17	0,000
Масса зерен в колосе, г	2,24	4	1,33	45	18,92	0,000

Отметим, что из 5-ти кластеров, последний, включающий 9 образцов, обладает наиболее высокими показателями изученных элементов продуктивности, за исключением массы одного боба, которая практически была на уровне 4-го кластера (табл. 2).

Эти 9 гибридных комбинаций были получены с использованием родительских линий Bas./М, М/МЗ, S.i. Basarabeanca, L Cub.101/Bas., М30 и сортов М 11, М 16, что свидетельствует о их ценности в качестве исходного материала.

Отметим, что некоторые комбинации, созданные на базе реципрокных гибридов F_1 , локализованы в разных кластерах, например, F_4 Bas./М x М/МЗ (кластер 2) и F_4 М/МЗ x Bas./М (кластер 3), что свидетельствует о большой роли родительского фактора при гибридизации в качестве дополнительного источника вариабельности.

Корреляционным анализом выявлено, что масса зерна с одного колоса зависит больше всего от веса одного зерна ($r = 0,75^*$) и количества зерен в колосе ($r = 0,61^*$), и в меньшей степени – от количества колосков в колосе ($r = 0,46^*$) (табл. 3).

Выводы

1. Кластерным анализом, с использованием итерационно-агломеративного метода конструирования дендрограммы распределения и центроидного метода k -средних, выявлено выраженное разнообразие образцов пшеницы в селекционном питомнике по признакам продуктивности колоса.

2. Идентифицирован кластер (номер 5), состоящий из 9 образцов с довольно высокими комплексными показателями элементов продуктивности, которые являются перспективными для дальнейшей селекции.

2. Кластерный анализ (k-средних) популяций озимой мягкой пшеницы

Кластер	Признак	x	σ	Кол-во популяций	Популяция
1	Длина колоса, мм	107,53	2,22	12	5 – BC (Bas./M × M/M3) × Bas./M, 6 – BC (Bas./M × M/M3) × M/M3, 9 – F ₃ Mold.16 × Mold. 11, 10 – F ₃ M 11 × M 16, 15 – Odeschi 267, 16 – BC (M11 × M 16) × M 16, 19 – F ₃ M/M3 × Bas., 23 – BC (Bas. × M/M3) × M/M3, 28 – F ₄ M 16 × Bas., 29 – F ₄ Bas. × M 16, 34 – F ₃ M/M3 × M 16, 40 – BC (M16 × M/M3) × M/M3.
	Количество колосков в колосе	20,68	0,59		
	Количество зерен в колосе	60,07	2,73		
	Масса одного боба, мг	43,86	1,20		
	Масса зерен в колосе, г	2,64	0,16		
2	Длина колоса, мм	113,77	2,23	16	3 – F ₄ Bas./M × M/M3, 7 – BC (M/M3 × Bas./M) × Bas./M, 8 – BC (M/M3 × Bas./M) × M/M3, 11 – F ₄ M16 × M11, 12 – F ₄ M11 × M 16, 14 – BC (M16 × M 11) × M 11, 18 – F ₃ Bas. × M/M3, 22 – BC (Bas. × M/M3) × Bas., 20 – F ₄ Bas. × M/M3, 10 – F ₃ Mold.11 × Mold. 16, 22 – BC (Bas. × M/M3) × Bas., 25 – BC (M/M3 × Bas.) × M/M3, 26 – F ₃ M16 × Bas., 30 – Bas. (M16 × Bas.) × M16, 38 – BC (M/M3 × M16) × M/M3, 43 – F ₃ M30 × Cub.101/Bas., 46 – BC (Cub.101/Bas.) × M 30) × M 30, 47 – BC (Cub.101/Bas. × M 30) × M 30.
	Количество колосков в колосе	20,49	0,84		
	Количество зерен в колосе	57,45	1,89		
	Масса одного боба, мг	45,32	1,58		
	Масса зерен в колосе, г	2,56	0,21		
3	Длина колоса, мм	100,77	4,99	3	2 – F ₃ Bas./M × M/M 3, 13 – BC (M16 × M 11) × M 16, 35 – F ₃ M16 × M/M3,
	Количество колосков в колосе	19,93	0,84		
	Количество зерен в колосе	51,53	3,18		
	Масса одного боба, мг	43,00	1,31		
	Масса зерен в колосе, г	2,26	0,13		
4	Длина колоса, мм	114,34	2,72	10	4 – F ₄ M/M3 × Bas./M, 24 – BC (M/M3 × Bas.) × Bas., 32 – BC (Bas. × M 16) × M 16, 33 – BC (Bas. × M 16) × Bas., 39 – BC (M/M3 × M16) × M16, 41 – BC (M16 × M/M3) × M16, 42 – F ₃ Cub. 101/Bas × M30, 46 – BC (Cub.101/Bas. × M 30) × Cub.101/Bas., 48 – BC (M30 × Cub. 101/Bas) × Cub. 101/Bas., 49 – BC (M30 × Cub. 101/Bas) × M30, 50 – M 11.
	Количество колосков в колосе	20,91	0,67		
	Количество зерен в колосе	57,15	2,64		
	Масса одного боба, мг	39,07	1,24		
	Масса зерен в колосе, г	2,24	0,14		
5	Длина колоса, мм	115,51	2,18	9	1 – F ₃ Bas./M × M/M3, 17 – BC (M11 × M 16) × M 11, 21 – F ₄ M/M3 × Bas., 27 – F ₃ Bas. × M16, 31 – Bas. (M 16 × Bas.) × M 16, 36 – F ₄ M/M3 × M16, 37 – F ₄ M16 × M/M3, 44 – F ₄ Cub.101/Bas. × M30, 45 – F ₄ M30 × Cub.101/Bas.
	Количество колосков в колосе	21,77	0,70		
	Количество зерен в колосе	63,09	1,67		
	Масса одного боба, мг	45,17	2,01		
	Масса зерен в колосе, г	2,87	0,14		

3. Кореляційні залежності (r) між елементами продуктивності колоса

Признак	Длина колоса	Кол-во колосков в колосе	Кол-во зерен в колосе	Вес одного зерна	Масса зерен с одного колоса
Длина колоса	1,00				
Кол-во колосков в колосе	0,40*	1,00			
Кол-во зерен в колосе	0,24	0,49*	1,00		
Вес одного зерна	-0,09	0,15	0,32*	1,00	
Масса зерен с одного колоса	0,11	0,46*	0,61*	0,75*	1,00

*- $p < 0,05$.

3. Виявлено, що найбільш важливий показник – маса зерна з одного колоса корелював в найбільшій ступені з масою одного зерна ($r = 0,75^*$), кількістю зерен в колосі ($r = 0,61^*$) і в меншій ступені – з кількістю колосків в колосі ($r = 0,46^*$).

Література

1. Nelson, G.C., Rosegrant, M.W., Palazzo, A. et al. (2010). Food security, farming, and climate change to 2050: Scenarios, results, policy options. Washington: IFPRI.
2. Nandini, B., Gangappa, E., Rajanna, M.P. et al. (2017). Genetic Variability Analysis for Grain Yield and its Components Traits in Traditional Rice Varieties (TRVs). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6(8), 494–502.

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ

В. В. Любич

Уманський національний університет садівництва

Соя – стратегічна зернобобова культура світового землеробства, що перебуває в центрі уваги світової аграрної науки і виробництва. За останні 50 років її посіви у світі збільшились з 23,8 до 102,4 млн га, врожайність – з 1,68 до 2,55 т/га, виробництво – з 26,9 до 263 млн т, або в 9,8 рази. Її вирощують у 91 країні світу. За обсягами виробництва вона займає четверте місце у світі після кукурудзи, пшениці й рису. У світі ресурси рослинного білка з урожаєм сої надходять близько 100 млн т [1, 2]. За обсягами виробництва олії соя займає перше місце у світі серед олійних культур. Посіви сої біологічно фіксують 155–198 кг/га азоту. Завдяки цьому соя на 65–80% забезпечує свою потребу в азоті, значну частину його залишає в ґрунті, тому є одним із кращих попередників у сівозміні [3].

Дослідження щодо технологічного оцінювання якості насіння сортів сої проводили упродовж 2019–2020 рр. у лабораторії кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського НУС «Оцінювання якості зерна та зернопродуктів». Погодні умови за роки досліджень були різними. У 2019 р. випало за рік 373,6 мм опадів або в 1,7 раза менше багаторічного показника. У 2020 р. за період січень–вересень – 345,4 мм, а вегетаційний період сої характеризувався високою температурою та низькою вологістю повітря. Проте сприятливішими були погодні умови 2019 р., а несприятливими – 2020 р. Детальне аналізування погодних умов щодо їхнього впливу на біохімічні складові наведено в результатах досліджень.

У дослідженнях використано сорти сої, вирощені в умовах навчально-науково-виробничого комплексу Уманського НУС, Нордіка, Карра, Кіото, Езра, Кофу, Сіберія, Вольта, Асука, Амадеус, Аріса, Таурус, Хана, Ленка, Аляска, які створено в Канаді (Квебек), оригінатор – Семенс Прогрейн ІНС. Повторення досліду триразове. Збирання врожаю насіння проводили прямим комбайнуванням. Вміст протеїну, вміст жиру, вологість насіння сої визначали за ДСТУ 7491:2013. Для статистичного оброблення результатів досліджень і визначення достовірності одержаних експериментальних даних використовували пакет стандартних програм (ППК «Agrostat», MSOfficeExcel).

Біохімічна складова (вміст протеїну та вміст жиру) насіння сої, урожайність та вихід жиру й протеїну значно залежить від погодних умов і сорту. Встановлено, що вміст протеїну в насінні сої нових сортів у середньому за два роки досліджень змінювався від 36,1 до 44,4%. Найвищі показники вмісту протеїну в насінні сої мають сорти Хана, Ленка та Аляска – 43,4–44,4%. Вміст протеїну істотно залежить від погодних умов року дослідження. Так, у сортів сої Кофу, Сіберія, Вольта, Асука, Аріса, Хана, Ленка та Аляска, вирощених у посушливих умовах 2020 р. цей показник на 10–19% вищий порівняно з 2019 р. У насінні сортів сої Нордіка, Карра, Кіото, Езра, Амадеус і Таурус вміст протеїну на 4–10% нижчий.

У середньому за два роки досліджень вміст жиру в насінні сої змінюється від 18,9 до 21,7% залежно від сорту. Із 14 сортів сої вміст жиру $\leq 20,0\%$ був лише в трьох – Хана, Аляска, Аріса. У насінні решти сортів цей показник становить $\geq 20\%$. Посушливі погодні умови знижують вміст жиру в насінні на 7–20% залежно від сорту.

Дослідженнями встановлено, що врожайність насіння сої значно змінюється залежно від сорту сої. Так, у середньому за два роки досліджень цей показник змінюється від 1,30 т/га у сорту Амадеус до 1,88 т/га у сорту Сіберія. Найвищу врожайність ($\geq 1,70$ т/га) формували сорти Аріса, Вольта, Сіберія. Проте цей показник дуже змінюється залежно від погодних умов року дослідження. Так, у сприятливішому 2019 р. врожайність становить від 1,65 до 2,41 т/га залежно від сорту сої. Дефіцит вологи і малі запаси вологи у глибших шарах ґрунту зменшують урожайність насіння від 0,95 до 1,35 т/га або в 1,7–3,7 рази залежно від сорту сої. Найбільший вихід протеїну дають два сорти сої (Аріса, Сіберія) – на рівні 706–721 кг/га. Найбільший вихід жиру отримано за вирощування сорту Сіберія – 415 кг/га.

В умовах Правобережного Лісостепу для стабільного формування високого виходу протеїну за різних погодних умов необхідно вирощувати сорт сої Аріса, який поряд з високим вмістом протеїну має високу врожайність насіння та сорт Аляска, який має високий вміст протеїну в насінні. Крім цього, в кращих за зволоженням умовах він здатний формувати високий вихід жиру. У роки з достатнім зволоженням доцільно вирощувати сорти Вольта, Асука, Хана, Ленка, оскільки забезпечується найбільший вихід протеїну; сорти Вольта, Асука, Ленка – для отримання високого виходу жиру. Сорт сої Сіберія необхідно використовувати для отримання жиру за різних погодних умов.

Література

1. Петриченко В. Ф. Актуальні проблеми кормовиробництва в Україні. Вісник аграрної науки. 2010; 11: 21–25.
2. Петриченко В. Ф., Іванюк С. В. Вплив сортових і гідротермічних ресурсів на формування продуктивності сої в умовах Лісостепу. Зб. наук. пр. Інституту землеробства. 2000; 3–4: 19–24.
3. Любич В. В., Войтовська В. І., Третьякова С. О., Климович Н. М. Технологічне оцінювання якості насіння сої залежно від сорту. Вісник Уманського НУС. 2020; 2: 32–37.

ОСОБЛИВОСТІ ФЕНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ СОМАКЛОНАЛЬНИХ ЛІНІЙ РИЖІЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ПОГОДНИХ УМОВ

А. І. Любченко, І. О. Любченко

*Уманський національний університет садівництва, м. Умань
e-mail: lybchenko@meta.ua*

Біологічні особливості рижію ярого дають можливість його вирощувати в різних ґрунтово-кліматичних умовах з високими показниками економічної ефективності, отримувати екологічно чисту продукцію та повністю використати природний потенціал регіону. Культура невибаглива до умов вирощування, має короткий період вегетації, майже не уражується хворобами і не пошкоджується шкідниками (Комарова, Рожкован, 2003).

У насінні рижію міститься 40–45% олії, яка у своєму складі має низьку частку ерукової кислоти і високу олеїнової, лінолевої та ліноленової. Завдяки збалансованому комплексу біологічно активних речовин вона володіє лікувальними і дієтичними властивостями (Лях, Комарова, 2010; Кулакова та ін., 2005).

Рижій має застосування як технічна та енергетична культура – олію використовують для виробництва лаків, фарби, мила, пластмаси, біодизеля та ракетного палива (Комарова, Рожкован, 2003; Каленська, Юник, 2011; Мельничук та ін., 2012).

Для збільшення обсягів виробництва ріжю ярого актуальності набувають роботи зі створення високопродуктивних технологічних сортів адаптованих до несприятливих умов навколишнього середовища.

Використання методів *in vitro* дає можливість повністю контролювати умови вирощування біоматеріалу, моделювати вплив стресового агента на біоб'єкт, проводити добір на клітинному рівні. Це сприяє підвищенню ефективності та пришвидшує селекційний процес (Бабікова та ін., 2007; Любченко та ін., 2016).

Одержані біотехнологічними методами рослинні форми мають пройти оцінку за комплексом господарсько-цінних ознак. Тривалість періоду вегетації – одна з головних селекційних характеристик сортів сільськогосподарських культур. Період вегетації – генетична особливість сорту, що суттєво залежить від умов вирощування (агротехніка, погодні чинники тощо).

Фенологічну оцінку соматоклональних ліній (R₂–R₅) ріжю ярого отриманих з експлантів сортів Степовий 1, Перемога, Клондайк та Євро 12 проводили впродовж 2017–2020 років. Створені за клітинної селекції стійкий до дії стресових чинників (хлорид натрію, маніт) рослинний матеріал після мікроклонального розмноження, укорінення та адаптації вирощували на дослідних ділянках кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету садівництва.

Показником, що об'єктивно оцінює вологозабезпеченість рослин, є гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – співвідношення суми опадів до суми температур за період часу з температурою вище 10 °С. ГТК характеризує не тільки надходження вологи, а й її непродуктивне випаровування (Адаменко та ін., 2011).

Період проведення наших досліджень характеризувався дефіцитом вологи та підвищеними температурами. Гідротермічний коефіцієнт за період вирощування культури (квітень – липень) у 2017 році становив 1,13, у 2018 та 2019 роках – 0,91, а у 2020 році – у 1,2. Окрім того відмічено суттєві відмінності за цим показником у період вегетації культури. У 2017 році початкові етапи росту ріжю ярого супроводжувались надмірним зволоженням (ГТК за квітень – 1,83). Низький дефіцит вологи відмічено у червні місяці (ГТК становив 0,68). У 2018 році у квітні та травні спостерігали сильну посуху – гідротермічний коефіцієнт становив відповідно 0,43 і 0,34. Це сприяло швидкому проходженню початкових фаз розвитку ріжю. Найбільший дефіцит вологи у 2019 році зафіксовано у липні (ГТК – 0,57), проте це не вплинуло на продуктивність культури, адже рослини перебували на останніх етапах онтогенезу. У 2020 році початок та кінець вегетації культури проходили за значного дефіциту вологи (ГТК за квітень становив 0,8, а за липень – 0,32), проте у травні відмічено надмірне зволоження – ГТК становив 2,6.

Вегетаційний період культури визначається тривалістю проходження окремих фенологічних фаз. Календарні дати настання фенологічних фаз

розвитку соматоклональних ліній рижію ярого відрізнялись у роки проведення досліджень. Строки сівби рижію ярого у досліді залежали від погодних умов і фізичної стиглості ґрунту. Сівбу селекційних номерів проводили 04 квітня в 2017 році, 16 квітня в 2018 році, 25 березня в 2019 році та 02 квітня в 2021 році.

Тривалість періоду «сівба–сходи» не залежала від генотипових особливостей і становила у 2017 та 2018 роках дев'ять діб, а у 2019 та 2020 роках – 13 діб. Швидкість проростання насіння залежала від погодних умов. Зниження температури повітря після висіву культури спричиняло затримку отримання сходів.

Формування розетки було найкоротшою фенологічною фазою розвитку культури і тривало, залежно від генотипу та погодних умов, 8–13 діб. У 2018 році формування розетки у всіх генотипів проходило швидше, що пов'язано з пізнішими термінами сівби, високими температурами і дефіцитом вологи у квітні місяці.

Тривалість періоду стеблуння та бутонізації в середньому за генотипами у 2017 році становила 26 діб, в 2018 році – 18, у 2019 році – 20, а у 2020 році 25 діб. Низька температура повітря та достатня вологозабезпеченість у травні 2017 року сприяла подовженню формування генеративної сфери рижію ярого.

Тривалість цвітіння рослин рижію ярого за роки досліджень залежно від генотипу варіювала від 8 до 27 діб.

Достигання врожаю рижію ярого розпочинається з фази зеленого стручка, яка в середньому за генотипом у 2017 році становила 12 діб, у 2018 році – 15 діб, у 2019 та 2020 роках – 13 діб. Період від початку побуріння стручків до настання повної стиглості насіння в середньому за генотипом тривав від 25 до 29 діб.

Період вегетації створених зразків рижію ярого у 2017 році в середньому складав 91 добу, в 2018 році – 80, у 2019 році – 89, а у 2020 – 93 доби.

Скорочення тривалості вегетації у 2018 році пов'язане з високими температурами повітря та дефіцитом вологи у період росту і розвитку рослин.

Вегетаційний період створених соматоклональних рослинних ліній рижію отриманих з калюсної тканини сорту Степовий 1 у 2017 році становив 94–96 діб, у 2018 році – 82–90, у 2019 році – 89–95, а в 2020 році 92–99 діб. Для зразків, отриманих з біоматеріалу сорту Перемога, цей показник становив відповідно 84–94, 68–81, 83–91 та 90–93 доби, з сорту Євро 12 — 87–88, 73–79 і 85–88, 85–90 діб, а з сорту Клондайк – 80–88, 77–82, 81–87 та 85–88 діб.

Сума активних температур, яка необхідна для проходження всіх етапів онтогенезу рослин рижію ярого істотно залежить від генотипу. Створені соматоклональні лінії, для повного циклу розвитку потребують різної суми температур. Цей показник у середньому за роки досліджень становив 1537 °С і варіював від 1366 до 1660 °С.

Отже, проведено фенологічну оцінку соматоклональних ліній рижію ярого та встановлено вплив кліматичних чинників на хід онтогенезу рослин.

Література

1. Комарова І. Б., Рожкован В. В. Рижій – альтернативна олійна культура та перспективи його використання. *Пропозиція*. 2003. № 1. С. 46–47.
2. Лях В. О., Комарова І. Б. Вміст та жирнокислотний склад олії рижію ярого. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2010. № 38. С. 137–142.
3. Кулакова С. Н., Гаппаров М. М., Викторова Е. В. О растительных маслах нового поколения в нашем питании. *Масложировая промышленность*. 2005. № 1. С. 4–8.
4. Мельничук М. Д., Демидась Г. І., Квітко Г. П., Гетман Н. Я. Рижій посівний як альтернатива ріпаку ярому для виробництва біодизеля. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2012. Т. 31. № 2. http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_2/12dgi.pdf.
5. Каленська С. М., Юник А. В. Роль олійних культур у вирішенні енергетичної безпеки України. *Збірник наукових праць ІБКіЦБ*. 2011. № 2. С. 90–96.
6. Любченко І. О., Рябовол Л. О., Любченко А. І. Використання культури *in vitro* в адаптивній селекції рослин. *Збірник наукових праць УНУС*. 2016. № 88. С. 126–139.
7. Бабинова А. В., Горпенченко Т. Ю., Журавлев Ю. Н. Растение как объект биотехнологии. *Комаровские чтения*. 2007. Вип. 55. С. 184–211.
8. Адаменко Т. І., Кульбіді М. І., Прокопенко А. Л. Агрокліматичний довідник по території України. Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза, 2011. 107 с.

СТІЙКІСТЬ ДО ПОШКОДЖЕННЯ ШКІДНИКАМИ ТА УРАЖЕННЯ ХВОРОБАМИ НОВИХ ГІБРИДНИХ КОМБІНАЦІЙ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

М. О. Макарчук, І. О. Полянецька

Уманський національний університет садівництва

email: marishka2708@ukr.net

Кукурудза упродовж багатьох років «цариця поля». Її ще називають «золотий качан». Проте, з часу свого вирощування, поширення на певній території змінювалася і назва. Так на англійській мові вона звучала як *miaze*, німецькій – *mais*, на мові індіанців – *mahiz*, турецькою – *Turkey corn*, болгарській – *влашка*, *панур*. Також відомі назви: *букалка*, *дудул*, *гугуи*, *какалашка*, *kokoros*, *kukurica*, *kikurisa*, *koselj*, *коцар*, *чокън*, *мамулига*, *моморозь*, *шикалка*, *шишка*, *шушульк*, *бобули* та багато інших [1].

За рахунок сприятливих ґрунтово-кліматичних умов вона набула широкого розповсюдження на території України. Однак, для повного розкриття генетичного потенціалу гетерозисних гібридів кукурудзи потрібно

детально вивчити реакцію новостворених гібридів на мінливі умови вирощування культури в умовах Правобережного Лісостепу із визначенням групового характеру стійкості до основних шкідників та хвороб. Частка сумарної шкодочинної дії яких в окремі роки може сягати до 30%.

Першими у лінійці хвороб що призводять до зниження врожаю до 20% є пухирчаста і летюча сажки. Збудником першої є базидіальний гриб – *Ustilago zeaе* Unger. Найбільшої шкоди завдає качанам формуючи на їх місці свої пухири. Збудником другої є гриб – *Sorosporium reilianum* Alpine. Стійкість до яких залежить від генетичної основи та фізіолого-біологічних особливостей рослин [2]. Так в умовах Правобережного Лісостепу за 2020 рік на дослідній ділянці серед дев'яти досліджуваних гібридних комбінацій ураження летючою сажкою не було встановлено. Тоді як ураження пухирчастою сажкою, яка для свого розвитку потребує високі температури (хоча для її проростання достатньо від 10 до 26 °C) та нестачі опадів саме у період цвітіння культури [3], досліджувані гібриди мали ураження від 3,1 до 4,0%, що вказує на високу стійкість рослин до патогена.

Ураження рослин фузаріозом його найбільш поширеним видом *Fusarium Verticillioides* відбувається у період від формування зерна до молочно-воскової стиглості. Проте, на відсоток ураження впливає наявність у посівах шкідників, наприклад кукурудзяного метелика. Нині гібридів із 100% стійкості не встановлено [4]. Так за нашими даними встановлено ураження на рівні 2,0 та 6,7% у досліджуваних гібридів, що свідчить про високий ступінь стійкості, оскільки значення не перевищили 10%.

Кукурудзяний стебловий метелик є гігрофільним та поліморфним організмом, із потребує для свого масового розвитку достатньої вологи (понад 200 мм та середньодобової температури 20 °C) [5].

Наші досліджувані гібриди неоднозначно реагували на пошкодження рослин кукурудзяним метеликом. Так зокрема найбільшу частку пошкодження на рівні 3,5% мав лише один гібрид, тоді як у інших вона не перевищувала 2,2%.

Тож, аналіз отриманих даних вказує, що пухирчастою сажкою та фузаріозом качана уражувалися три досліджувані гібриди із дев'яти. Натомість пошкодження кукурудзяним метеликом мали всі вирощувані гібриди.

Отже, продовження роботи, щодо створення і добору гібридів кукурудзи із високою часткою стійкості до шкідників і хвороб забезпечить отримання прибутку без додаткового врахування статті витрат на засоби захисту посівів від хвороб та шкідників. Та для страхування виробництва (і отримання прибутку) необхідно добирати гібриди кукурудзи із приналежністю до різних груп стиглості. Саме частка насичення гібридами певної стиглості і залежатиме від умов вирощування. Тож, у зв'язку з цим здійснюється пошук гібридів кукурудзи із високим біоресурсним потенціалом вирощування для різних ґрунтово-кліматичних умов.

Література

1. Живка Колева-Златева. О происхождении некоторых славянских названий кукурузы. 2018. № 1–2. С. 120–128.
2. Татаринова В. І., Рожкова Т. О., Бурдуланюк А. О., Васирина М. І. Стійкість гібридів кукурудзи до сажкових хвороб. Вісник Сумського національного аграрного університету. Суми: СНАУ, 2015. Вип. 9 (30). С. 108–111.
3. Баннікова К. В. Розвиток сажкових хвороб кукурудзи у Лісостеповій зоні залежно від агрокліматичних умов. Бюлетень Інституту зернового господарства. 2010. № 39. С. 153–155.
4. Оменюк В. Я. Діагностичні ознаки та видовий склад хвороб качанів кукурудзи, викликаних грибами з роду *Fusarium* в умовах Правобережного Лісостепу України. Вісник аграрної науки. 2017. № 10. С. 74–77.
5. Паламарчук В. Д. Вплив застосування бактеріального добрива «Біомаг» на продуктивність гібридів кукурудзи. Збірник наукових праць Вінницького НАУ. 2012. № 63. Вип. 4. С. 14–22.

ПРОДУКТИВНІСТЬ ГЕТЕРОЗИСНИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

М. О. Макарьчук, Ж. М. Новак, С. П. Коцюба

Уманський національний університет садівництва

email: marishka2708@ukr.net

Завдання збільшення продуктивності кукурудзи було і залишається першочерговим для зростання виробництва валової продукції [1].

Однак, природні чинники мають суттєвий вплив на прояв генетичного потенціалу вирощуваних культур. Для свого росту і розвитку культура потребує достатньо високі запаси вологи у ґрунті або ж через надходження з атмосферних опадів, особливо за умови глибокого залягання ґрунтових вод (які виявляються недоступними для рослин) [2]. Дослідженнями Інституту зрошувального землеробства встановлено, що за умови зрошення приріст урожаю становить 6,3 т/га [3].

У сумарній діє культурна потребує для свого росту і розвитку від 450 до 600 мм опадів. І хоча десятки вчених відносять її до посухостійких культур, вона має високу чутливість у період за десять діб від появи волоті до двадцяти діб після.

Саме нестача опадів у поєднанні із високими температурами повітря в цей проміжок вегетаційного періоду призводять до зменшення формування фотосинтетичної площі культури і є наслідок зменшення продуктивності. Продовження таких умов для рослини у період наливу зерна призводить до порушення фізіологічних процесів пов'язаних із біохімічними змінами його формування. Так нестача опадів і висока температура повітря у період формування до 10–12 листків призводить до втрати врожаю від 6 до 7%, упродовж 14 діб до періоду цвітіння призводить до втрат врожаю на 50%, у фазі молочно-воскової стиглості втрати сягатимуть до 25% [4].

За даними Я. Грушка на формування 20 кг/га потребує 1 мм опадів, проте на формування 1 кг сухої речовини потребує (менше ніж пшениця) від мінімального 250 до максимального 400 кг води.

Однак, залежно від групи стиглості рослина формує відповідну зелену масу, яка у наступний критичний період, а саме наливу зерна [5] здійснює відток поживних речовин у качан. Відсутність мінімально необхідної вологи призводить значно критичного зниження врожаю.

Гібриди які мають довший період вегетації відповідно формують більшу площу листової поверхні, і як результат потребують більшу кількість води. Необхідно врахувати що і тривалість періоду від сходів до цвітіння качана у ранньостиглих гібридів коротший у порівнянні до пізньостиглих. Тож у останніх період запліднення вже проходить у липні місяці за гранично високих температур повітря із нестачею опадів.

Так за умови недостатнього зволоження у зоні Степу України взагалі іноді про врожайність мова не йдеться. Оскільки рослини перейшовши межу граничного в'янення без додаткових заходів зрошення (поливу, відсутності атмосферних опадів) не відновлюються і всихають на корню.

У 1970 було проведено дослідження за яким визначено, що у період формування п'ятнадцяти листків рослини потребують від семи до восьми відсотків вологи, у наступному періоді до молочної стиглості рівень потреби рослин зростає до 70%.

Гібриди різної групи стиглості потребують урахування строків сівби. Оскільки рання сівба насіння у не прогрітий ґрунт через тривале зберігання у ґрунті може зменшувати відсоток його життєздатності. Однак неочікуване зниження температури повітря після появи сходів також може призвести не лише до загибелі, а також до значного ураження хворобами. Вже порушення процесу росту і обміну поживних речовин у схожих рослин настає за умови зниження температури від 5 °C до 0°C. Всі вище викладені особливості притаманні певним гібридам.

Залежно групи стиглості гібриди формують і продуктивність. На показники якої можна впливати регулюючи густоту посіву. Так відомо, що рослини ранньостиглих гібридів формують меншу вегетативну масу, однак методом збільшення густоти сівби ця різниця може бути компенсована [6].

Тож, за свідченням П. Йовіна рослини кукурудзи серед основних факторів впливу на продуктивність кукурудзи мають забезпеченість вологою, рівень температурного показника і тривалість вегетаційного періоду [7].

За даними О. П. Волощук, І. С. Волощук та М. О. Пащак для Степу переважно створюють ранньостиглі, середньоранні та середньостиглі гібриди, Лісостепу – ранньостиглі та середньоранні [25].

Випробовування гетерозисних гібридів кукурудзи середньоранньої і середньостиглої групи проводили у ґрунтово-кліматичних умовах Правобережного Лісостепу. На дослідній ділянці кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету садівництва.

За результатами аналізу урожайності було встановлено, що істотне збільшення врожаю у досліді забезпечили два досліджувані гібриди

середньоранньої групи і один середньостиглої. Проте, саме група гібридів середньостиглого типу не змогла забезпечити отримання максимально можливого генетично передбачуваного врожаю, через критично сухі умови періоду досягання зерна.

Отже, за умови вибору гібриду, особливу увагу необхідно приділяти рекомендаціям зони вирощування. Оскільки, врахування зональних умов із відповідністю групи стиглості є фактором визначаючим 60% майбутнього врожаю і прибутку.

Література

1. Петриченко В. Ф., Колісник С. І., Кобак С. Я., Панасюк О. Я., Савченко В. О. Ефективність системи землеробства No-till у правобережному Лісостепу України. Корми і кормовиробництво: міжвідомчий тематичний науковий. Збірник. Вінниця: ФОП Данилюк. 2016. Вип. 82 С. 179–184.
2. Томащук О. В. Продуктивність посіви кукурудзи під впливом різних систем землеробства в умовах Лісостепу Правобережного. Корми і кормовиробництва. 2018. Вип. 85. С. 63–70.
3. Клопакова Ою С. Продуктивність нових гібридів кукурудзи залежно від агротехнологічних заходів в умовах зрошення Південного Степу України. Зрошуване землеробство. Збірник наукових праць. Вип. 62. С. 68–71.
4. Черчель В. Ю., Рябченко Е. М., Плотка В. В., Максимова Л. О. Використання фізіологічних методів при оцінці подвоєно – гаплоїдних ліній кукурудзи (*Zea Mays* L.) плазми Lancaster. Таврійський науковий вісник: Херсон, 2015. Вип. 93 С. 380–390.
5. Писаренко П. В., Біляєва І. М., Пілярський В. Г., Пілярська О. О. Фотосинтетичний потенціал рослин кукурудзи залежно від умов вирощування. Миронівський вісник. 2015. Вип. 1. 243–251.
6. Коломієць Л. В., Маткевич В. Т. Фотосинтетична продуктивність сумісних посіви кукурудзи. Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інституту землеробства УААН». 2008. Вип. 1. С. 92–95.
7. Йовин, П. Влияние плотности посева на урожайность и полегание стандартных и модифицированных гибридов кукурузы. Кукуруза и сорго. 1999. № 5. С.23–24.
8. Волощук О.П., Волощук І. С., Пащак М. О. Біологічні вимоги гібридів кукурудзи до умов вирощування в Західному Лусостепу. Передгірське та гірське землеробство і тваринництво. 2019. Вип. 65. 22–36.

ИЗУЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ЛИНИЙ СОИ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МУТАГЕНЕЗА

А. Малий¹, А. Будак¹, А. Рукадова², А. Кердиварэ²

¹Институт генетики, физиологии и защиты растений, Республика Молдова

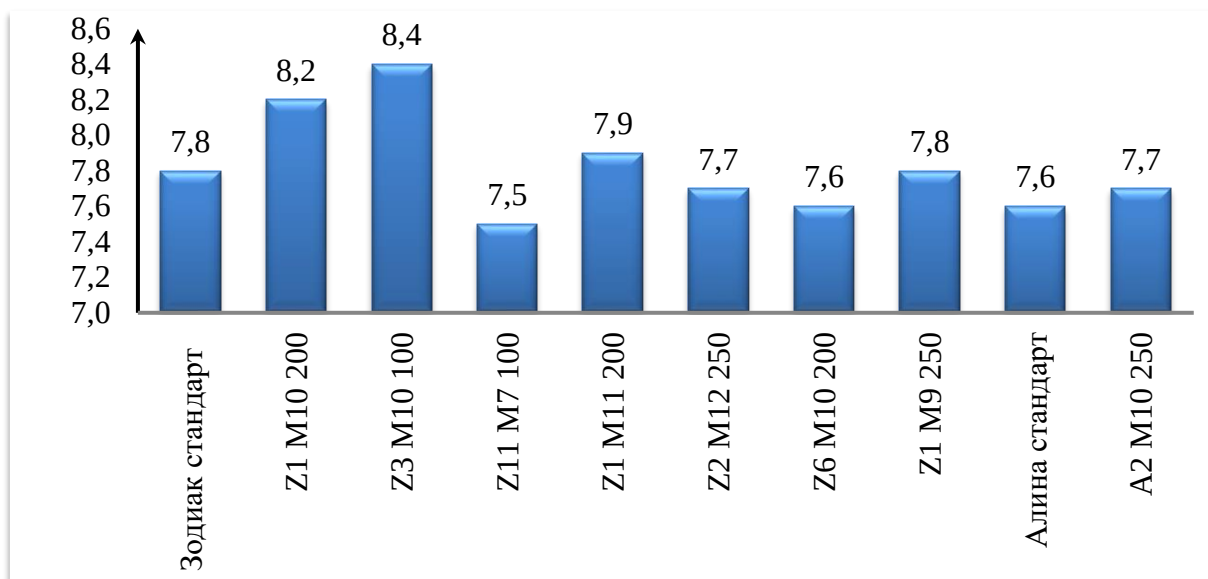
²Государственный университет Молдовы

e-mail: malii.aliona@mail.ru

Вступление. Известно, что соя (*Glycine max.*) – одна из ведущих культур в мировом сельском хозяйстве, имеющая большое экономическое значение и большую ценность из-за полноценного растительного белка, масла а также витаминов, микроэлементов, фитоэстрогенов и клетчатки. Уникальность продуктов из этой культуры состоит в том, что полезные вещества, содержатся в них в количествах, необходимых человеку, при этом они прекрасно сочетаются, дополняя друг друга, взаимно усиливая полезные свойства (Bâlteanu, 1993). И поэтому, с учетом стоимости зерна для пищевой промышленности, культура сои, несомненно, является ценной для национальной экономики Республики Молдова. Изменение климата в последние годы неблагоприятно влияет на многие культуры, в том числе и на развитие растения сои. Увеличение температуры воздуха сопровождается изменением количества осадков и неравномерным распределением их, что приводит к более частым и серьезным засухам, а следовательно, к уменьшению урожаев сельскохозяйственных культур, в том числе и сои. В связи с этим, главная задача научных исследований это создание и внедрение высокоурожайных сортов сои с высоким качеством семян, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам среды. Решение этой задачи в значительной степени зависит от исходного материала. Для получения его успешно используются методы экспериментального мутагенеза. Одним из них является индуцированный мутагенез, облучение гамма-лучами. Результаты многочисленных исследований показывают, что в результате индуцированного мутагенеза создаются все те формы, которые способен дать каждый вид растений в естественных условиях, а также мутации, которые чрезвычайно редко появляются или же совсем не извесны в природе (Шевченко, 1968). Но в условиях эксперимента интенсивность этого процесса, частота появления каждого типа мутантов могут быть усилены в сотни и тысячи раз (Juhi Chaudhary et al. 2015); (Hanafiah, Yahya и Wirnas, 2010). В Республике Молдова проведенные исследования по выращиванию сои были направлены на повышение продуктивности, улучшения качества зерна и устойчивости к стрессовым факторам. Институт генетики, физиологии и защиты растений проводит исследования по культуре сои используя экспериментальный мутагенез, с целью улучшения качества существующих сортов, получения генотипов с высокой урожайностью, с высоким содержанием белка и масла в семенах, устойчивых к болезням, вредителям и неблагоприятным климатическим факторам, которые представляют серьезную проблему для сельского хозяйства в Республике Молдова (Budac, 1994); (Malii, 2010).

Материалы и методы. Исследуемый материал состоит из 8 линий сои, полученных в результате использования индуцированного мутагенеза (гамма-облучения), отобранных по ряду ценных признаков в сравнении с контрольными сортами – Зодиак и Алина и другими линиями сои. Посев проводили ручными сажалками, в третьей декаде апреля. Каждый генотип высевали на учетной делянке площадью 5м² в 4-х повторениях на опытном участке ИГФЗР в 2019 году. Сбор урожая проходили во второй декаде августа – первой декаде сентября. Эксперименты проводились согласно методике полевого опыта в селекции растений (Siminel, 2004); (Доспехов, 1985). Биохимический анализ содержания белков и масла проводился группой биохимиков государственного университета Молдовы по методу Брэдфорда (Bradford, 1976).

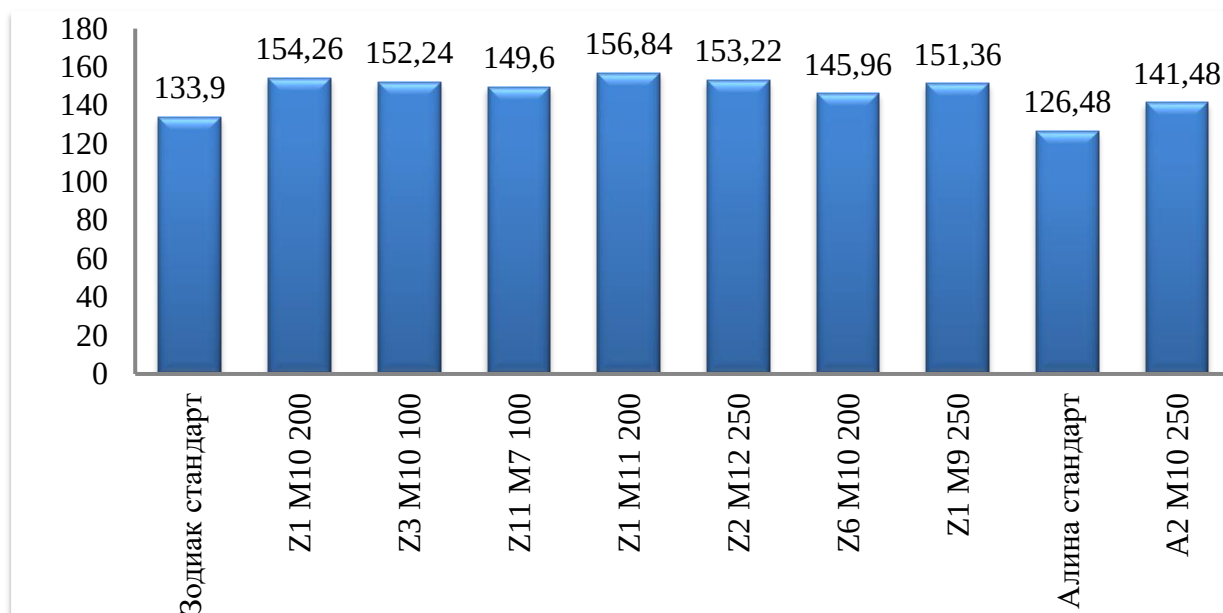
Результаты и обсуждения. В результате проведенных работ выделенно восемь мутантных линий сои, которые по результатам фенологических наблюдений и структуры урожая существенно отличаются от растений контрольного образца. Они представляют интерес с точки зрения улучшения селекционных признаков, а именно: семенная продуктивность растения, масса 1000 зерен и содержание белка и масла в семенах. Анализ полученных данных показал (рис. 1), что масса семян с растения у линий полученных из сорта Зодик, варьирует от 7,5 г до 8,4 г. У трех линии: Z3M₁₀200, Z1M₁₀200 и Z1M₁₁200 зафиксирован небольшой рост этого показателя. А линия A2M₁₀250, полученная из сорта Алина, характеризуется незначительным увеличением по сравнению с контролем.



1. Масса семян с растения, г (2019 г.).

Другим важным признаком растения является масса 1000 семян – критерий, который характеризует конечный результат взаимодействия генотипа и среды в процессе онтогенетического становления продуктивности, позволяющий оценить размер зерна (рис. 2). Из полученных результатов можно отметить тот факт, что все линии сои показали лучшие значения по

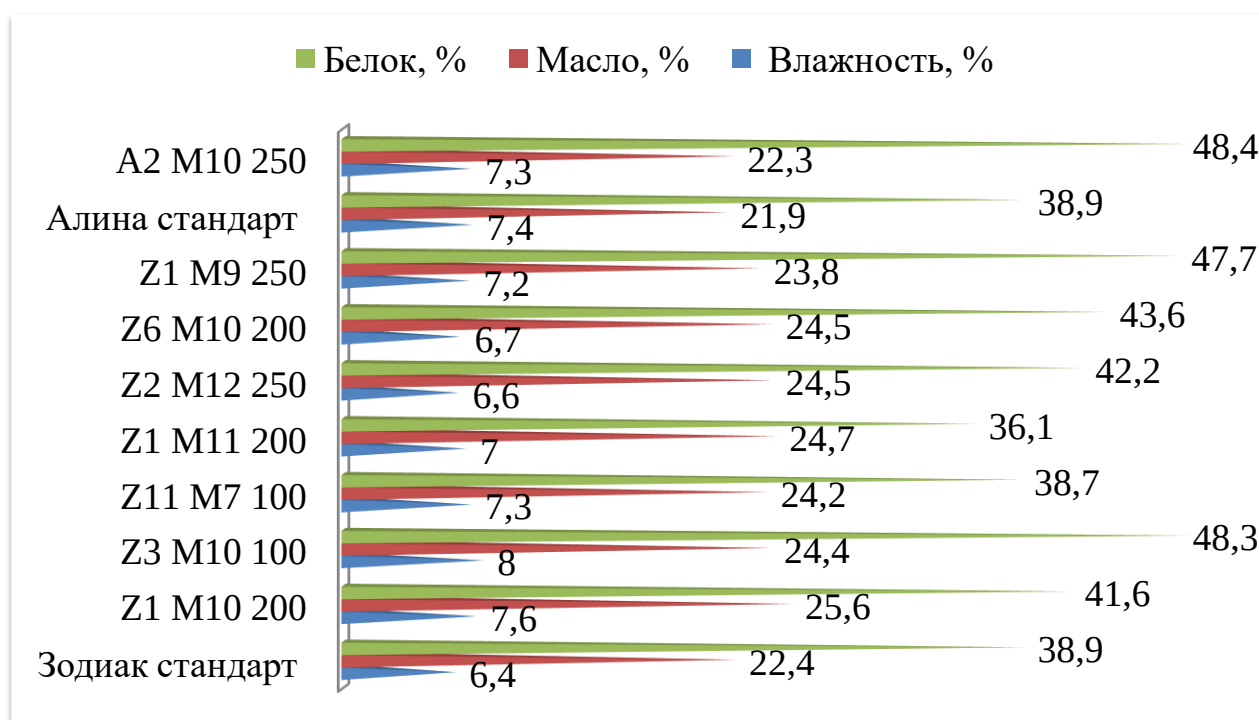
этому признаку по сравнению со стандартом сортом Зодиак (133,9г) и стандартом сортом Алина (126,48г), и варьировали в пределах от 141,48 г и до 156,84г. Линии, полученные от сорта Зодиак, характеризовались более высоким показателем по этому признаку в сравнении с линией полученной из сорта Алина. Приведенные данные показывают, что семена в отобранных линиях по крупности превышают контрольные образцы.



2. Масса 1000 семян, г (2019 г.).

Следующим важным показателем качества семян, который был изучен, является содержание белка и масла в семенах. Из рисунка 3 видно, что содержание белка в семенах контрольных образцов составляет 38,9%. Амплитуда колебаний содержания белка в семенах у линий, полученных из сорта Зодиак, составляет от 36,1% до 48,3%. Наблюдалось значительное увеличение содержания белка в линиях: Z3M₁₀100 (48,3%) – на 9,4%, Z1M₉250 (47,7%) – на 8,8% и Z6M₁₀200 (43,6%) – на 4,7%. Ниже этот параметр по сравнению с контролем у одной линии – Z1M₁₁200 (36,1%) – на 2,8%. А линия A2M₁₀250 (48,4%), полученная из сорта Алина, характеризуется приростом на 9,5% по сравнению с контролем. Что касается содержания масла в семенах, то у всех исследованных линий оно выше по сравнению со стандартами (Зодиак -22,4% и Алина 21,9%) и колеблется от 23,8% до 25,6%.

Выводы. Результаты исследований показано, что использование индуцированного мутагенеза (гамма-облучения) у сои позволило получить новые линии, характеризующиеся более высокими показателями, как по продуктивности, так и качеству семян. Выделенные линии будут включены в рабочие программы для последующих более глубоких селекционно-генетических исследований и получения на их основе новых высокоурожайных сортов с улучшенным качеством семян, устойчивых к неблагоприятным факторам внешней среды для дальнейшего внедрения их в производство.



3. Биохимический анализ семян, % (2019г.).

Литература

1. Bâlțeanu J. Fitotehnie. București: Ceres, 1993, 548 p.
2. Bradford M. M. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding // Anal. Biochem. V. 72. 1976: P. 248–254
3. Budac A. Influența radiației γ asupra variabilității caracterelor ereditare cantitative la hibridii de soia. Materialele Conferinței Naționale „Probleme actuale ale geneticii, biotehnologiei și ameliorării”. Chișinău. 1994. P. 6–7.
4. Juhi Chaudhary, Gunvant B. Patil, Humira Sonah, Rupesh K. Deshmukh, Tri D. Vuong, Babu Valliyodanand Henry T. Nguyen Expanding Omics Resources for Improvement of Soybean Seed Composition Traits. Review ARTICLE. Front. Plant Sci., 24 November 2015 |<https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01021>
5. Malii A. P. Variabilitatea indusă cu raze gamma asupra caracterelor valoroase la plantele de soia. Materialele Conferinței Internaționale “Rolul culturilor leguminoase și furajere în agricultura Republicii Moldova”. Bălți, 17–18 iunie 2010. P. 139–143. ISBN978–9975–78–883–0.
6. Hanafiah D., Trikoesoemaningtyas, Yahya S., Wirnas D. Induced mutations by gamma ray irradiation to Argomulyo soybean. “Biosciences”, Vol. 2, No 3, 2010, P. 121–125.
7. Siminel V. Ameliorarea specială a plantelor agricole. Chișinău: Tipografia centrală, 2004, 798 p.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1985, 352 с.
9. Шевченко Н. С. Использование гамма-лучей в целях создания исходного материала для селекции сои // Селекция и семеноводство. 1968. Вып. 1. С. 150–154.

ХАРАКТЕР ПРОЯВЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У ТОМАТА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА

Н. И. Михня, Д. П. Климэуцан, Г. А. Кихай, К. В. Рошка

Институт генетики, физиологии и защиты растений, Республики Молдова
e-mail: Mihneanadea@yahoo.com

Создание и внедрение в производство новых высокопродуктивных, скороспелых, с высокими вкусовыми качествами плодов, устойчивых к экстремальным факторам среды и к основным болезням сортов и гибридов томата является основной целью многих селекционных учреждений.

В селекционно-генетических исследованиях особое значение приобретает знание об изменчивости количественных признаков культуры, особенно хозяйственно-ценных (3).

Одним из наиболее распространённых показателей, характеризующих относительную изменчивость признака, является коэффициент вариации. Информация о вариабельности определённого признака указывает на возможности изменения его параметров в желанную сторону, что позволяет селекционеру на конкретном этапе селекционного процесса точнее спланировать опыт, свою дальнейшую работу (4).

Специфичность исследования количественных признаков, обусловленная действием множественных факторов, требует применения определенных методов статистической обработки экспериментальных данных: выявление коэффициентов вариации и наследуемости, определение характера наследования признака у гибридов F_1 по степени доминантности.

В селекции томата для улучшения хозяйственно ценных признаков очень важно использовать в качестве исходного материала генетически исследованные формы.

Цель настоящих исследований: оценить количественные признаки в новых внутривидовых гибридах томатов F_1 , изучить изменчивость и степень доминирования этих признаков для прогнозирования эффективности дальнейшего селекционного процесса.

Материалы и методы. Опыты проводили на экспериментальном участке Института генетики, физиологии и защиты растений Республики Молдова. В качестве исходного материала были взяты девять гибридных комбинаций, полученных при внутривидовой гибридизации культурного томата между сортами: Mary Gratefully x Pontina, Prestij x Pontin, Pontina x Prestij, Prestij x Roma, местная форма (Timișoara) x Mary Gratefully, Mary Gratefully x Florina, Deșteptarea x Florina, Deșteptarea x Pontina, Roma x Deșteptarea. Полевые опыты закладывали в рассадной культуре в трёх повторностях в рендомизированных блоках. Схема посева в теплице была 7 x 10 см, а схема посадки рассады в поле 70 x 30 см. Посадка рассады осуществлялась во второй декаде мая. Сбор урожая был многократный (4–6). Уход и выращивание томатов осуществляли по технологии, принятой в Республике Молдова (2). Степень доминирования признаков определяли по Д. Брюбейкеру (1). В течение вегетационного

периода непосредственно в поле проводили фенологические наблюдения, а признаки плода описывали в лабораторных условиях (6).

Полученные экспериментальные данные были обработаны статистически с использованием пакета программ Statistica 7.

Результаты исследований. Фенологические наблюдения, проведенные в период вегетации, показали большие различия между фазами развития в зависимости от сорта, гибридных комбинаций и климатических условий. В результате наших исследований выявили значительную изменчивость межфазного периода появления массовых всходов – начала цветения, который варьировал в пределах 60...74 дней. Позднее цветение наблюдалось у местной формы (Timișoara), сортов Florina (74 дня) и Deșteptarea (70 дней), раннее – у сорта Mary Gratefully (60 дней). Анализ данных фенотипической изменчивости межфазного периода цветения – начала созревания показал несущественные различия у исследуемых форм в пределах 50–57 дней, за исключением гибридной комбинации F₁ Prestij x Roma, у которой соответствующий период составил 45 дней. Наиболее длительный период цветение-созревание плодов выявили у сортов Pontina, Roma и гибридной комбинации

F₁ Deșteptarea x Pontina (табл.), которые могут успешно использоваться в селекции для создания позднеспелых сортов.

Одним из основных генетических показателей, демонстрирующих тип наследования в поколениях F₁, является степень доминирования (Hd). Для получения гибридов F₁ были произведены скрещивания родительских форм различной степени скороспелости. Исследование степени доминирования скороспелости томатов показало, что в зависимости от уровня (высокий / низкий) и ориентации (+/-) этот параметр был различным и зависел от комбинации. В большинстве случаев гибриды F₁ проявили промежуточное доминирование или отрицательное сверхдоминирование признака (табл. 1).

Степень доминирования в изученных комбинациях варьировала от отрицательного до положительного сверхдоминирования. Из 9 изученных комбинаций неполное / полное доминирование / отрицательное сверхдоминирование у гибридов F₁ для первого межфазного периода было обнаружено в 3-х случаях, для второго периода – в 7-и и за весь период вегетации – в 7-и случаях (табл. 1).

Для создания раннеспелых генотипов интерес представляют гибридные комбинации, проявившие отрицательное сверхдоминирование, т.е. более короткий вегетационный период. В эту категорию гибридов вошли 2 комбинации – Prestij x Roma, Roma x Deșteptarea

Полученные данные показывают, что создание раннеспелых сортов томатов можно достигнуть и ускорить путем выявления гибридных комбинаций F₁, проявивших отрицательное доминирование / сверхдоминирование межфазных периодов появления всходов – начало цветения, цветение – начало созревания. Такими комбинациями оказались Pontina x Prestij, Prestij x Roma и Roma x Deșteptarea.

**1. Степень доминантности по признаку продолжительности
вегетационного периода и составляющих его фаз у гибридов F₁
томата**

Гибридные комбинации	Массовое появление всходов - начало цветения, (дни)			Hd	Цветение – начало созревания, (дни)			Hd	Вегетационный период, (дни)			Hd
	P ₁	P ₂	F ₁		P ₁	P ₂	F ₁		P ₁	P ₂	F ₁	
Mary Gratefully x Pontina	60	65	65	+1,0	53	57	52	-1,5	113	122	117	-0,1
Prestij x Pontin	64	65	66	+3,0	52	57	51	-1,4	116	122	117	-0,7
Pontina x Prestij	65	64	66	-1,0	57	52	51	-0,2	122	116	117	-0,3
Prestij x Roma	64	65	64	-1,0	52	57	45	-0,5	116	122	110	-3,0
Vtcnyfz ajhvf (Timișoara) x Mary Gratefully	74	60	68	+0,14	53	53	51	0,0	127	113	119	-0,14
Mary Gratefully x Florina	60	74	72	+0,7	53	54	53	-1,0	113	128	125	+0,6
Deșteptarea x Florina	70	74	72	0,0	52	54	50	-3,0	120	128	122	-0,5
Deșteptarea x Pontina	70	65	65	-1,0	52	57	58	+1,4	120	122	123	+2,0
Roma x Deșteptarea	65	70	62	-2,2	57	52	53	-0,2	122	120	115	-6,0

Примечание: $-0,0 < h_p < -1$ – отрицательное сверхдоминирование; $-1 < h_p < -0,5$ – отрицательное доминирование; $-0,5 < h_p < +0,5$ – промежуточное доминирование; $+0,5 < h_p < +1$ – положительное доминирование; $+1 < h_p < +\infty$ – положительное сверхдоминирование [Брюейкер, 1966].

Оценка изученных форм по признакам плода показала, что формы проявили довольно высокую изменчивость (табл.2). В исследуемой группе наибольший коэффициент вариации был зарегистрирован по признаку массы плода (в среднем 35,2%). Анализ полученных данных выявил широкий диапазон вариабельности длины и ширины плодов, толщины околоплодника, толщины мякоти и количества семенных камер, где средние значения параметров составляют 11,4, 13,6%, 14,4, 17,0 и 18,9% соответственно, что указывает на среднюю изменчивость анализируемых признаков исследуемой группы форм.

Наши исследования степени доминантности признаков плода томата показали, что в зависимости от уровня (высокий / низкий) и ориентации (+/-) параметр был различным и зависел от гибридной комбинации и признаков.

Гибриды F₁ в 20 случаях из 54 показали промежуточное доминирование, в 6 – положительное доминирование, и положительное сверхдоминирование - в 3-х случаях (таблица 2).

2. Фенотипическая изменчивость и степень доминантности некоторых признаков плодов у различных форм томата

Гибридные комбинации и исходные формы	Масса плода		Hd	Длина плода		Hd	Ширина плода		Hd	Толщина околоплодника		Hd	Толщина мякоти		Количество локул		Hd
	x±m _x	V, %		x±m _x	V, %		x±m _x	V, %		x±m _x	V, %		x±m _x	V, %	x±m _x	V, %	
Mary Gratefullt	62,4±8,23	59,0		42,8±1,44	15,2		46,9±1,94	18,6		5,0±0,22	20,0		38,4±1,29	15,1	3,2±0,17	25,0	
Pontina	105,6±5,60	19,8		52,3±0,89	6,4		60,0±1,82	11,4		5,9±0,35	16,9		39,3±1,56	11,2	4,1±0,30	20,1	
F ₁ Mary Gratefully x Pontina	43,5±2,50	11,4	-1,9	39,3±1,03	5,3	-1,8	41,8±0,63	3,1	-1,8	4,5±0,29	13,3	-2,5	34,0±1,35	7,9	3,3±0,25	15,2	-1,0
Prestij	66,7±7,02	36,4		45,6±1,66	12,7		47,4±2,20	16,0		4,2±0,17	12,8		40,8±1,80	15,2	4,2±0,27	22,5	
F ₁ Prestij x Pontin	80,8±9,49	35,2	-0,3	50,3±1,97	11,7	+0,4	51,2±2,53	14,8	-0,4	5,2±0,15	8,4	+0,1	44,3±2,45	16,6	3,4±0,18	15,4	-0,0
F ₁ Pontina x Prestij	44,6±4,30	35,0	-2,1	40,8±1,20	10,6	-2,5	42,6±1,71	14,6	-1,8	4,5±0,14	10,9	-0,8	36,1±1,64	16,4	2,6±0,14	19,5	-0,0
Roma	28,0±2,90	33,7		37,8±1,07	11,7		36,3±1,34	15,3		4,5±0,15	13,7		30,2±1,20	16,6	2,8±0,14	20,3	
F ₁ Prestij x Roma	35,7±2,98	11,2	-0,6	38,2±1,18	11,6	-0,9	38,9±1,30	12,6	-0,9	5,0±0,20	16,0	+6,0	34,1±0,91	10,3	2,8±0,11	15,4	-1,0
F ₁ Formă locală Timișoara x Mary Gratefully	99,7±8,86	32,6	+0,3	52,3±1,34	11,3	+2,0	54,8±1,56	12,4	+0,2	4,8±0,20	12,4	-4,0	45,3±1,52	14,6	4,0±0,15	16,8	-0,2
Formă locală (Timișoara)	118,6±15,5	57,0		49,2±2,13	18,3		60,3±2,41	17,4		5,3±0,29	24,5		54,6±1,83	14,7	5,2±0,20	16,3	
Florina	124,7±10,9	39,2		52,0±1,08	9,3		64,1±1,52	10,6		7,3±0,36	22,1		45,8±1,71	16,7	4,4±0,22	22,5	
F ₁ Mary Gratefully x Florina	106,1±6,62	27,9	+0,4	50,9±0,86	7,7	+0,6	56,0±1,52	12,1	+0,1	5,7±0,28	22,8	-0,5	42,0±1,30	13,8	4,3±0,14	15,1	+0,8
F ₁ Deșteptarea x Florina	102,6±9,96	43,4	-0,1	50,2±1,39	12,4	+0,5	56,2±1,82	14,5	-0,5	5,5±0,22	18,2	-0,6	43,3±1,13	11,6	4,4±0,18	18,6	+1,0
Deșteptarea	84,6±10,0	47,3		45,4±1,42	12,6		53,8±2,11	15,8		5,1±0,14	11,8		44,6±1,65	14,8	3,8±0,19	20,5	
F ₁ Deșteptarea x Pontina	85,3±8,70	43,2	-0,9	51,8±1,70	13,9	+0,9	53,8±1,96	15,5	-1,0	5,4±0,31	24,6	-0,3	43,8±1,84	17,8	3,8±0,20	20,9	-2,0
F ₁ Roma x Deșteptarea	42,5±2,30	31,5	-0,5	42,7±1,07	11,2	+0,3	40,2±1,09	12,2	-0,6	5,1±0,26	23,5	+1,0	27,3±1,04	17,2	2,7±0,11	18,5	-1,2
Среднее		35,2 ±			11,4 +			13,6 +			17,0 +			14,4 +		18,9 +	
		3,41			0,80			0,89			1,34			0,70		0,76	

Виявлено, що из 54 вариантов (9 гибридов по 7 признаков) H_d имели положительные значения только в 29,6% случаев. Это свидетельствует о преобладающем проявлении родителей с высокими ценностями признака. В создании мелкоплодных сортов практический интерес представляют гибридные комбинации F_1 Mary Gratefully x Pontina и F_1 Pontina x Prestij, у которых имеется отрицательное сверхдоминирование признака.

Выводы. В результате изучения изменчивости признаков плода установлено, что по массе плода у всех изученных форм коэффициент вариации является высоким, за исключением двух гибридных комбинаций F_1 Prestij x Roma и F_1 Mary Gratefully x Pontina, у которых коэффициент вариации был 11,2 и 11,4% соответственно. Они оказались более выровненными по данному показателю. По остальным признакам (длина и ширина плода, толщина околоплодника и мякоти, количество семенных камер) коэффициент вариации показал среднюю изменчивость.

Сведения о характере наследования признака «масса плода» свидетельствуют о том, что чаще всего этот признак проявляется в F_1 промежуточно. Только у двух комбинаций F_1 Mary Gratefully x Pontina и F_1 Pontina x Prestij отмечено отрицательное сверхдоминирование, что является перспективным для получения раннеспелых сортов.

Литература

1. Брюбейкер Д. Сельскохозяйственная генетика. Москва, Колос, 1966, 223 с.
2. Ершова В.А. Возделывание томатов в открытом грунте. Кишинёв, Штиинца, 1978, 280 с.
3. Жученко А.А., Адрущенко В.К., Король М.М. Изменчивость и наследование хозяйственно-ценных признаков у томатов. Кишинёв: Картя молдовеняскэ, 1973, 632 с.
4. Fasoylas A. A. New approach to breeding superior yielding varieties. Dept. Gen. Pl. Breed. Aristotelion Univ. of Thessaloniki, 1973, nr. 3, p. 1–12.
5. Test Guidelines for Tomato – UPOV (International Union for the protection of new varieties of plants), Jeneva, 2011, 69 p.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОБОРУ ІНТРОГРЕСІВНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ НА АДАПТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ

І. І. Моцний¹, А. І. Кривенко², Р. В. Соломонов²

¹ Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН, Україна

e-mail: motsnyyii@gmail.com

² Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція НААН, Україна

e-mail: rusolomonov@ukr.net

Основним завданням селекції пшениці м'якої *Triticum aestivum* L. є створення високопродуктивних сортів з високою якістю зерна, стійких до несприятливих умов зовнішнього середовища. Методом внутрішньовидової

гібридизації вдалося значно збільшити потенційну врожайність культури, але разом із зростанням продуктивності загострилася проблема захисту рослин від хвороб, шкідників та інших несприятливих чинників. В той же час, наразі необхідні сорти не лише з високим генетичним потенціалом продуктивності, але й здатні у різноманітних екологічних умовах зон ризикованого землеробства Степу України, на низьких агрофонах і навіть за технологічних відхилень забезпечувати достатній мінімум урожайності. Більш того, створюються сорти, придатні, за рахунок значного підвищення їх адаптивного потенціалу, до екстремальних умов вирощування, а також для технологій без обробітку ґрунту. Низька врожайність часто буває обумовлена розвитком хвороб або низькою адаптацією до умов вирощування.

Весь експериментальний матеріал одержано методом Pedigree внаслідок численних багаторічних індивідуальних доборів, починаючи з першої генерації, що розщеплюється, на природному та штучному інфекційному фоні хвороб за наявністю чужинних ознак як за бекросування, так і після кожного самозапилення. Елітні рослини для створення ліній відбирали без будь-якого хімічного захисту рослин від хвороб та шкідників, в умовах ґрунтово-повітряної осінньої та (або) весняно-літньої посухи, зимою – вимокання, випирання та льодяної кірки, з мінімальним внесенням добрив або без нього. При доборі ліній особливу увагу звертали на їхню константність як за окремими, в тому числі чужинними, ознаками, так і за їх комплексом. Оскільки пріоритетом дослідження ліній була адаптивність та толерантність до низьких агрофонів, хімічний захист посівів також не проводився. Боротьба зі забур'яненням проводилась вручну. Посіви здійснювались пізно – наприкінці листопада, тому сформований рівень урожайності можна вважати результатом реалізації потенціалу продуктивності (адаптивності) та генетично обумовленої стійкості (толерантності) кожної лінії в умовах впливу комплексу абіотичних і біотичних негативних факторів.

Недоліком переважної більшості відібраних інтрогресивних ліній, є їх пізньостиглість, що за настання характерної для Півдня України ранньої літньої посухи може призводити до запалу зерна. Взагалі, скоростиглість – дуже важлива біологічна ознака сучасного селекційного матеріалу, а пізньостиглість – це одна із основних проблем віддаленої гібридизації. Однак у даному разі вона головним чином обумовлена залученням у схрещування в ролі рекурента відносно пізньостиглого сорту Одеська 267. Взагалі, суттєвим недоліком інтрогресивних ліній є відсутність стабільної урожайності в різних умовах [1–4]. Означене, як правило, притаманне похідним екологічно віддалених гібридів [5]. Очевидно, ця закономірність розповсюджується і на міжвидову гібридизацію, яка, в певній мірі, також є екологічно віддаленою. В нашому дослідженні також відзначена розбіжність досліджених показників в різні роки.

Результати випробувань у контрольному розсаднику 2017–2018 рр. показали, що матеріал відібраний за комплексом ознак у селекційному розсаднику відділу селекції та насінництва пшениці м'якої озимої з сімей, що розщеплювались, в цілому кращий за продуктивністю, ніж константні лінії, відібрані за наявністю окремих чужинних ознак у відділі загальної та

молекулярної генетики. Отже, вища урожайність, досягнута таким чином у 2018 році перш за все серед інтрогресивних ліній, пояснюється проведенням серед них доббором, в тому числі і за стійкістю до хвороб, що знижує загальне інфекційне навантаження в біоценозі. При цьому константні в селекційному розсаднику за стійкістю лінії ранніх генерацій (проведені у відділі генетики індивідуальні добори з популяцій F_2 - F_4) при пересіві ділянками у контрольному розсаднику в більшій мірі розщеплювались за комплексом агрономічних ознак, ніж похідні індивідуальних доборів проведених у відділі селекції. Однак, саме з таких ліній іноді вдається виділити високопродуктивні біотиби більш пізніх генерацій. Натомість, всі константні в контрольному розсаднику лінії виявилися низькопродуктивними. Вочевидь, низька ефективність доборів у ранніх поколіннях (F_2 - F_3) пояснюється наявністю гетерозиготності та прояву конкурентного гетерозису, який поступово затихає в наступних генераціях. З іншого боку, проведення доборів у пізніх поколіннях, особливо за інтенсивних технологій, досить часто підпадає під дію природного негативного добору, коли екстенсивний, краще пристосований до середніх і низьких агрофонів біотип має нижчу потенційну продуктивність, проте більший в даних умовах коефіцієнт розмноження (дрібне зерно), що дозволяє йому успішно конкурувати з високопродуктивним біотипом і превалювати у пізніх генераціях [6].

Зауважимо, що за використання батьківських форм зі значними розбіжностями в походженні (генетично або екологічно віддалених гібридів) ефективність добору високопродуктивних генотипів серед стійких гібридних популяцій підвищується як у вищих бекросах (BC_{5-6}), так і у більш пізніх генераціях. Так, серед досліджених комбінацій найбільший вихід високоврожайних генотипів отримано серед удосконалених ліній, похідних зразка Н79/90–245. Натомість, серед первинних ліній було більше форм з груповою стійкістю. Вочевидь, стійкість до кожної із хвороб і особливо продуктивність – це полігенні ознаки, крім того, їх успадкування контролюється додатковими як генотипними, так і екзогенними факторами, що призводить до тривалого розщеплення. Тому для віддалених гібридів початок інтенсивних індивідуальних доборів в селекційному розсаднику для виділення високопродуктивних біотипів, які можуть вважатися донорами стійкості, бажано починати з 5–6 покоління, до якого матеріал необхідно довести методом Pedigree з перманентним доббором за ознаками інтересу.

Отже, в результаті схрещування оригінальних первинних інтрогресивних ліній, колекційних зразків, амфіплоїдів та елітних синтетиків за участю *Ae. tauschii* з сучасними сортами пшениці одержано декілька селекційних ліній з чужинними полігенними комплексами стійкості до хвороб, високих значень маси 1000 зерен, вмісту білка, а також морфологічних ознак. Ці лінії шляхом 8–10 бекросів з високоадаптивним максимально пристосованим до місцевих умов сортом Одеська 267 позбавлені негативних ознак, притаманних дикорослим видам.

Отримані лінії характеризуються груповою стійкістю проти борошнистої роси і видів іржі різного ступеню, високою адаптивністю до умов вирощування на Півдні України, посухо- та зимостійкістю, толерантністю до низьких та жорстких агрофонів, високою якістю зерна. За продуктивністю

вони сягають стандарту зони Степу України або перевищують його в суворих умовах та за технологічних відхилень в окремі роки. Означені лінії необхідно досліджувати на продуктивність у високих агрофонах, та поліпшувати у відношенні стабільності урожайності і ранньостиглості, а також можна без жодних обмежень використовувати як вихідний матеріал для селекції пшениці. При цьому слід мати на увазі, що при схрещуванні їх з кращими сортами чи перспективними лініями і подальшому доборі за продуктивністю чужинні генні комплекси будуть «розсипатися», якщо їх спеціально не контролювати. Крім того, аналогічно літературним свідченням [7, 8], показана ефективність використання похідних колекційного зразка Н74/90–245, для отримання удосконалених інтрогресивних ліній, що поєднують гени стійкості до грибних патогенів, локалізовані в ПЖТ 1BL.1RS, з комплексами ефективних генів стійкості від інших джерел.

Література

1. Лифенко С.П., Нарган Т.П., Наконечний М.Ю. Інтрогресії в геном пшениці м'якої від різних донорів – проблемний, але перспективний напрям селекції. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 105. С. 39–50. doi: 10.30835/2413–7510.2014.42043.
2. Моцний І.І., Нарган Т.П., Лифенко С.П. та ін. Залучення інтрогресивних ліній для селекції пшениці м'якої озимої // *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Сер.: Біологія. 2014. Вип. 1 (31). С. 79–90.
3. Нарган Т.П., Моцний І.І., Сечняк В.Ю. та ін. Оцінка ліній пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) від віддаленої гібридизації за господарсько корисними ознаками. *Зб. наук. праць СГП–НЦНС*. Одеса, 2016. Вип. 28 (68). С. 15–32.
4. Моцний І.І., Нарган Т.П., Єриняк М.І. та ін. Застосування похідних неповного пшенично-елімусного амфіплоїда (НПЕА) *Elytricum fertile* в селекції пшениці м'якої озимої. *Вісник аграрної науки*. 2017. Вип. 8. С. 45–50.
5. Кириченко Ф. Г., Литвиненко Н. А., Адамовская В. Г. Изучение и отбор высокобелковых образцов озимой мягкой пшеницы из коллекции ВИР как исходного материала для селекции. *Докл. ВАСХНИЛ*. 1979. № 11. С. 6–9.
6. Орлюк А. П., Базалий В. В., Лавриненко Ю. А. Изменчивость генетической структуры гибридных популяций яровой пшеницы при пересеве. *Генетика*. 1987. Т. 23, № 3. С. 464–472.
7. Leonova I.N., Skolotneva E.S., Orlova E.A. et al. Detection of genomic regions associated with resistance to stem rust in Russian spring wheat varieties and breeding germplasm. *Int. J. Mol. Sci.* 2020. V. 21, № 13. Art. 4706. P. 1–13. doi: 10.3390/ijms21134706.
8. Сауляк Н. И., Терновой К. П., Бабаянц О. В. и др. Эффективность генов устойчивости пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss et Henn в условиях Украины. *Сб. научн. тр. СГИ–НЦСС*. Одесса, 2017. Вып. 30 (70). С. 61–69.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАСОЛЕНИЮ

А. А. Налбандян, Т. П. Федулова, Т. С. Руденко, А. В. Моисеенко

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара им. А.Л. Мазлумова», России

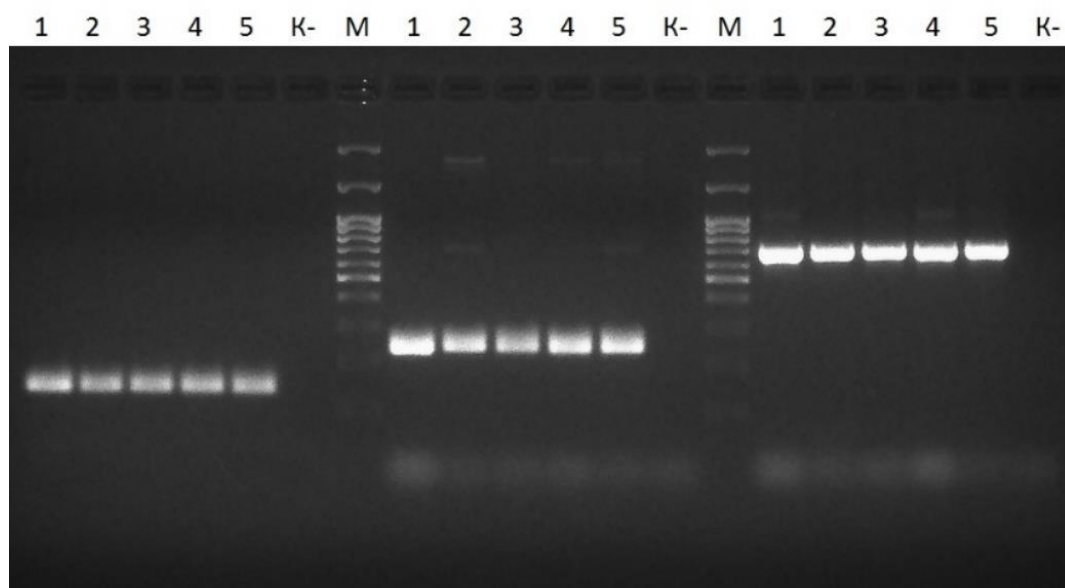
e-mail: arpna1@rambler.ru

Как показывает практика возделывания культурных растений, наибольших успехов в создании урожайных, устойчивых и высококачественных сортов и гибридов, отвечающих требованиям современного производства, можно добиться при организации селекционной работы на молекулярно-генетической основе [1, 2]. За последние три десятилетия на помощь традиционной селекции пришли новые технологии – технологии ДНК маркеров, что сделало селекцию более эффективной, отвечающей современным реалиям. Молекулярно-генетические маркеры являются надежным инструментом в руках экспериментатора, так как в основном наследуются сцеплено, моногенно и доминантно [4, 6, 10]. Известно, что влияние абиотических стрессоров на растения сахарной свёклы крайне негативно сказывается на урожае данной культуры, что является большой проблемой для продовольственной безопасности. В ответ на изменения климата и ухудшения состояния окружающей среды растения инициируют молекулярные, клеточные и физиологические изменения, чтобы адаптироваться к различным типам абиотического стресса. Селекционно-ценными являются солеустойчивые растения, толерантные и к засухе. Засоление приводит к созданию в почве низкого (отрицательного) водного потенциала, поэтому поступление воды в растение сильно затруднено. Чтобы противостоять таким стрессам растения отвечают программируемыми изменениями экспрессии генов на уровнях транскрипции, процессинга и трансляции мРНК. В связи с этим **цель исследования** заключалась в проведении молекулярно-генетического тестирования селекционных образцов сахарной свёклы на наличие генов устойчивости к засолению.

В качестве материалов для исследования нами были использованы проростки МС-линий сахарной свёклы, сростноплодных опылителей, гибридов, полученных с их участием, предоставленные д. с.-х. наук В.П. Ошевневыми канд. с.-х. наук Н.П. Грибановой. Выделение суммарной ДНК из растительной ткани осуществляли при помощи 20% SDS и 3,5М ацетата аммония, а также наборами для выделения ДНК (ООО «Синтол») [5]. Качество выделенной ДНК было определено путем электрофореза в 1,5%-ном агарозном геле в присутствии бромистого этидия. Полученная ДНК растворялась в 10 мМ трис-НСl-буфера, рН 8,0, содержащем 0,1 мМ ЭДТА и использовалась для ПЦР-анализа. Классическая полимеразно-цепная реакция была проведена на амплификаторе «Genius» (Великобритания). Условия проведения ПЦР-реакции оптимизировали в соответствии с характеристиками используемых праймеров. В качестве специфических праймеров были использованные созданные нами в программе BLAST олигонуклеотиды *NHX 5.1*, *NHX 5* к белкам семейства NHX – антипортеров, контролирующим засоление [3].

Солевой стресс моделировали путём обработки 10 растений каждого генотипа 3мМ раствором NaCl в качестве контроля, а также при действии концентрации 70мМ и 210мМ в качестве индуктора стресса. Активность аскорбатпероксидазы в листьях сахарной свёклы изучали по модифицированной методике Nakano, Asada, 1981. Уровень экспрессии генов NHX 1, NHX 4, NHX 5, APX1, был исследован методом ПЦР в реальном времени на амплификаторе CFX 96 (США).

Одним из важных направлений на современном этапе исследований является идентификация генов устойчивости к абиотическому фактору – засолению. Большой успех в решении проблемы адаптации растений к засолению достигнут с развитием методов молекулярной генетики, что позволило идентифицировать многие гены, активирующиеся при засолении. Так, выявлено, что в ответ на повышение концентрации NaCl увеличивается уровень экспрессии генов, контролирующих белки семейства NHX-антипортеров [3,8,9]. Нами было использовано 3 специфических праймера к генам *NHX4* и *NHX5* из семейства указанных антипортеров: *NHX4*, *NHX5*, *NHX5.1*. В результате проведенных молекулярно-генетических исследований с данными праймерами у всех изученных генотипов получен ожидаемый ПЦР-продукт длиной 140 п.н., 250 п.н. и 700 п.н., соответственно (рис. 1).

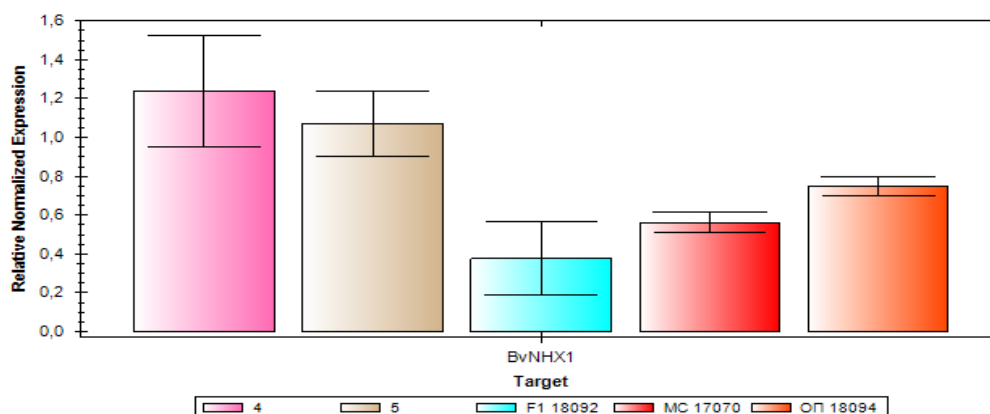


1. Электорофоретическое разделение ПЦР-ампликонов, полученных с праймерами *NHX4*, *NHX5*, *NHX5.1*

Обозначения образцов: 1 – F₁Портланд, 2 – Оп18094, 3 – F₁Хамбер, 4 – F₁18092, 5 – МС17070, К⁻ (ПЦР-смесь без ДНК), М – маркер молекулярных масс ДНК GeneRuler™ (ThermoScientific, США).

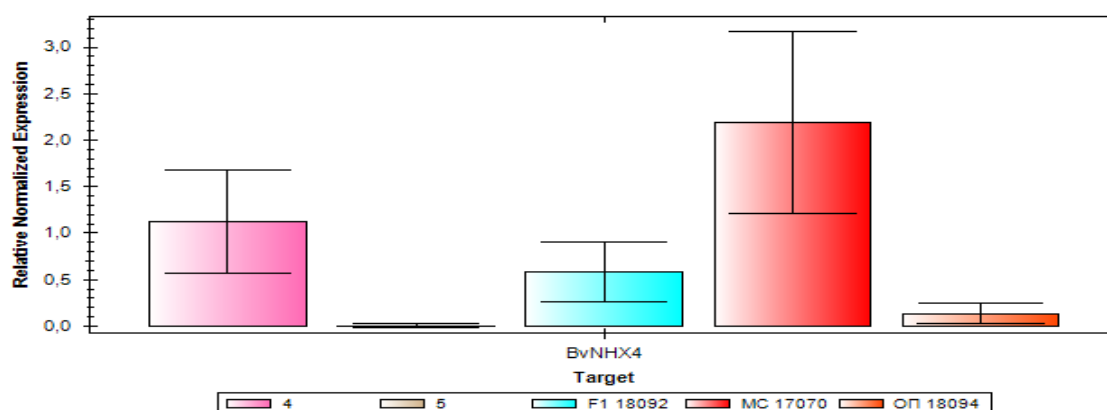
То, что результаты проведенных молекулярно-генетических исследований позволили установить наличие генов устойчивости к засолению во всех изученных образцах свёклы, не случайно. Так как данный ген относится к генам «домашнего хозяйства», то есть присутствуют у всех растений. В частности, у сахарной свеклы, как у вида, относящегося к

умеренно солеустойчивым. Относительный уровень экспрессии генов *NHX1*, *NHX4*, *NHX5*, ответственных за устойчивость растений к засолению, был оценен методом ПЦР в реальном времени на амплификаторе BioRad CFX96 (рис. 2 – 4). Провокационный фон создавался путем обработки проростков растений сахарной свёклы растворов NaCl в концентрации 210 мМ.

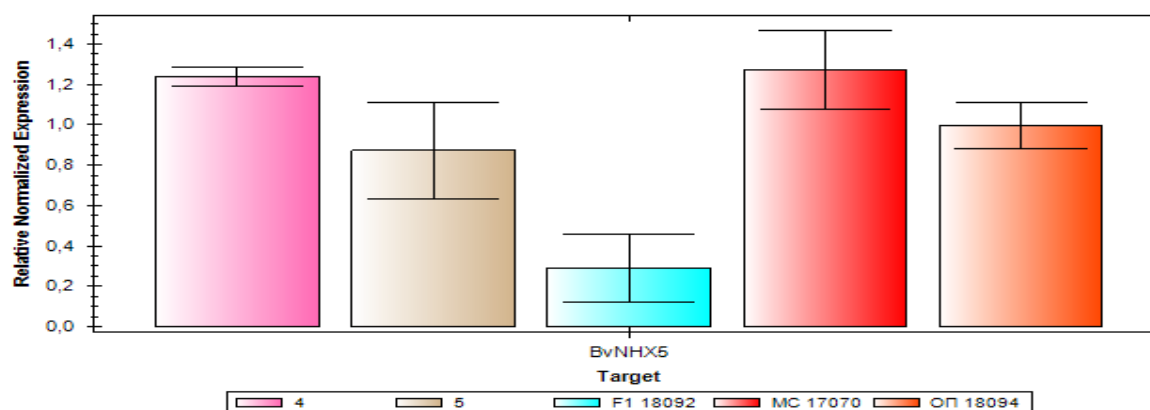


2. Относительный уровень транскриптов гена *BvNHX1*

Обозначения образцов: 1 – F₁18092, 2 – MC17070, 3 – Оп18094, 4 – F₁Хамбер, 5 – F₁Портланд.

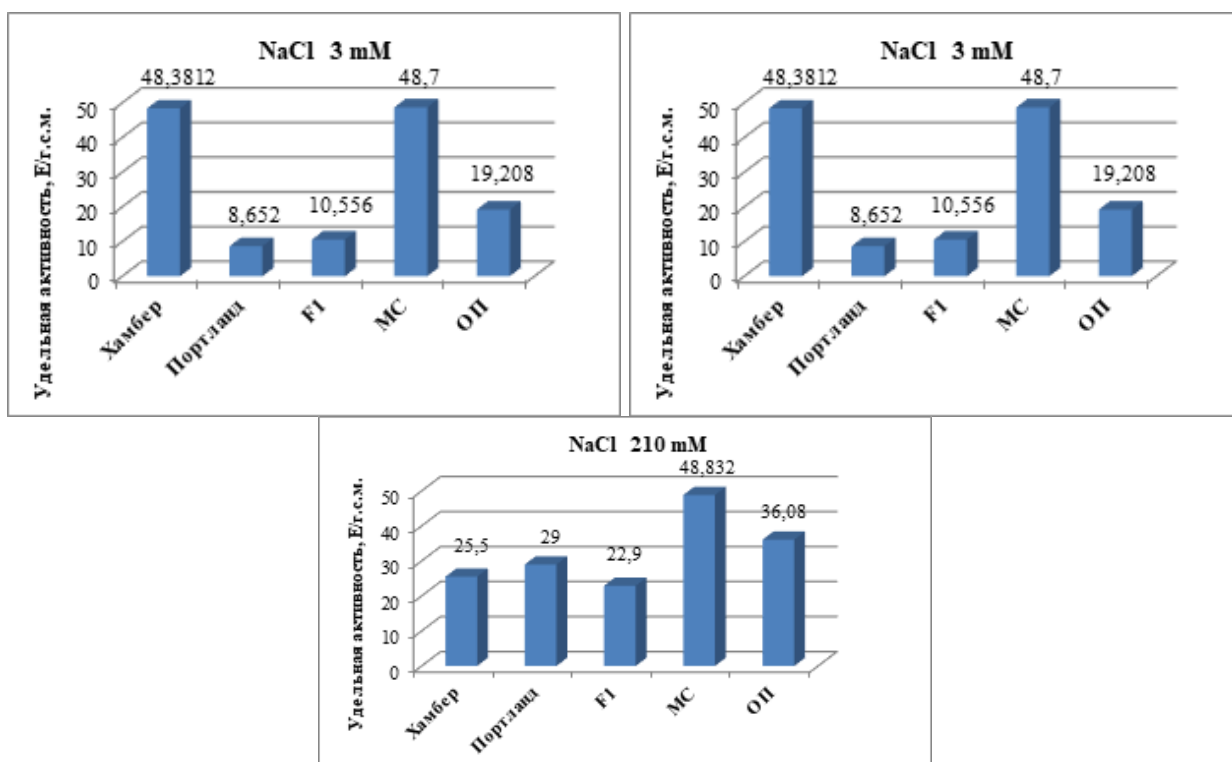


3. Относительный уровень транскриптов гена *BvNHX4*



4. Относительный уровень транскриптов гена *BvNHX5*

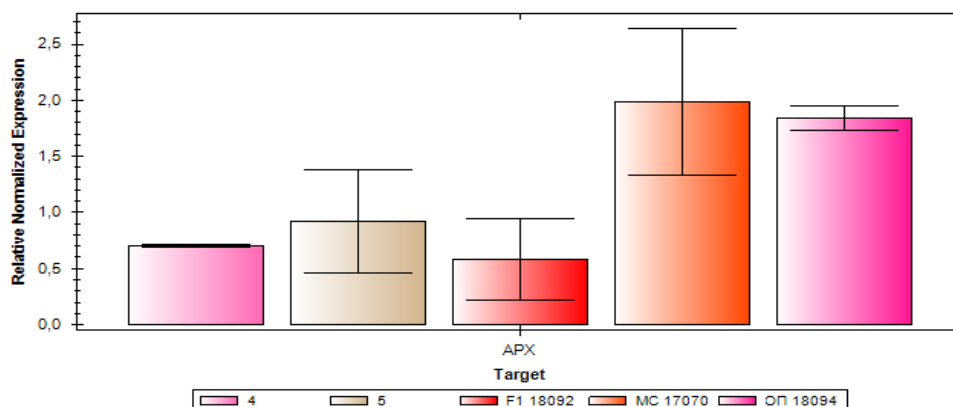
Анализируя графики, можно предположить, что в формирование устойчивости к засолению, особый вклад вносят гены *BvNHX1* и *BvNHX5*, то есть они могут работать как самостоятельные единицы, а вот *BvNHX4*, предположительно, только совместно с ними, и при ингибировании *BvNHX1* и *BvNHX5*, он не может обеспечить относительную устойчивость. У иностранных гибридов Хамбер и Портланд проявились достаточно высокие показатели при анализе относительного уровня транскриптов генов *BvNHX1* и *BvNHX5*. К устойчивым генотипам можно также отнести и отечественные образцы МС17070 и Оп18094, а вот гибрид F₁18092 не проявил никакой активности. Кроме того, в процессе исследований нами была изучена активность аскорбатпероксидазы – ключевого фермента антиоксидантной системы растений. Активность аскорбатпероксидазы в листьях сахарной свёклы изучали при действии 3мМ раствора NaCl в качестве контроля, а также при действии 70мМ и 210мМ раствором NaCl в качестве индуктора солевого стресса по модифицированной методике Nakano, Asada, 1981 [7] (рис. 5).



5. Удельная активность аскорбатпероксидазы у растений сахарной свёклы

Так, при действии стресса в виде 3мМ раствора NaCl выявлено повышение удельной активности данного фермента у растений гибрида иностранной селекции Хамбер и МС-формы №17070 Рамонской селекции до 48 Е/г.с.м. При воздействии на растения сахарной свёклы раствором NaCl в концентрации 70мМ также у данных генотипов установлена более высокая активность аскорбатпероксидазы, у гибрида Хамбер (68 Е/г.с.м.) и МС-формы (115 Е/г.с.м.). При использовании раствора NaCl в концентрации 210мМ наивысшая активность фермента обнаружена у растений МС-формы и составила 48 Е/г.с.м. Полученные результаты свидетельствуют о повышенной

устойчивости растений данных генотипов к солевому стрессу и о лучшей адаптации их нему. Относительный уровень экспрессии гена *APX1*, ответственного за работу фермента аскорбатпероксидазы, изменяется при действии различных стресс-факторов, вызывающих ОС (оксидативный стресс), что свидетельствует о наличии *cis*-элемента в промоторной части гена. Работа данного гена была оценена методом ПЦР в реальном времени (рис. 6).



6. Относительный уровень транскриптов гена *APX1*

Обозначения образцов: 1 – F₁18092, 2 – MC17070, 3 – Оп18094, 4 – F₁Хамбер, 5 – F₁Портланд.

ПЦР в режиме реального времени подтвердил результаты, полученные при оценке активности аскорбатпероксидазы на спектрофотометре. Отечественные селекционные материалы сохраняли относительно высокий уровень экспрессии гена *APX1* и при стрессе, вызванном критической концентрацией NaCl (210мМ) по сравнению с зарубежными гибридами Хамбер и Портланд.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что для изучения проявления генов *NHX4* и *NHX5* из семейства антипортеров *NHX* и отбора генотипов с генами устойчивости к засолению могут быть использованные созданные нами специфические праймеры *NHX 5.1*, *NHX 5*. Установлено, что отечественные селекционные материалы, MC17070 и Оп18094, можно рекомендовать как источник устойчивости к данному стресс-фактору. Высокий уровень относительной экспрессии показал и иностранный гибрид Хамбер. По удельной активности аскорбатпероксидазы также наиболее высокие показатели отмечены у отечественных генотипов.

Литература

1. Корниенко А.В., Буторина А.К. Генетика и селекция сахарной свёклы *B. vulgaris* L. // Воронеж, Воронежский ЦНТИ. — 2012. — 391 с.
2. Буренин В.И. Генетические ресурсы рода *Beta* L. (Свекла) // Санкт-Петербург. — 2007. — 274 с.
3. G. Adler, E. Blumwald, D. Bar-Zvi. The sugar beet gene encoding the sodium/proton exchanger 1 (BvNHX1) is regulated by a MYB transcription factor \ Planta. — 2010. — V. 232. — P. 187–195.

4. Broccanello Ch., Chiodi C., Funk A., Mitchell McGrath J., Panella Lee, Stevanato P. Comparison of three PCR-based assays for SNP genotyping in plants // *Plant Methods*. — 2018. — V. 14:28.
5. Hussein A.S., Nalbandyan A.A., Fedulova T.P., Bogacheva N.N. Efficient and nontoxic DNA isolation method for PCR analysis // *Russian Agricultural Sciences*. — 2014. — V. 40. — Issue 3. — P. 177–178.
6. Izzatullayeva V., Akparov Z., Babayeva S., Ojaghi J., Abbasov M. Efficiency of using RAPD and ISSR markers in evaluation of genetic diversity in sugar beet // *Turkish Journal of Biologiy*. — 2014. — V.38. — P. 429–438.
7. Nakano Y., Asada K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts // *Plant Cell Physiol*. — 1981. — V. 22. — P. 867–880.
8. Rodríguez-Rosales M., Gálvez F., Huertas R., Aranda M., Baghour M., Cagnac O., Venema K. Plant NHX cation/proton antiporters // *Plant Signaling & Behavior*. — 2009. — V. 4 (4). — P. 265–276].
9. Shafaqat Ali, Muhammad Rizwan, Muhammad Farooq Qayyum, Yong Sik Ok, Muhammad Ibrahim, Muhammad Riaz, Muhammad Saleem Arif, Farhan Hafeez, Mohammad I. Al-Wabel, Ahmad Naeem Shahzad. Biochar soil amendment on alleviation of drought and salt stress in plants: a critical review // *Environmental Science and Pollution Research*. — 2017. — V. 24. — P. 12700–12712.

ВИСОТА РОСЛИН ТА КІЛЬКІСТЬ ПРОДУКТИВНИХ СТЕБЕЛ ГІБРИДНИХ ПОПУЛЯЦІЙ F₃ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ЯРОЇ

Ж. М. Новак, С. П. Коцюба, М. О. Макаrchук

Уманський національний університет садівництва

У сучасних ринкових умовах сільськогосподарське виробництво націлене на отримання максимального прибутку, часто на шкоду якості одержуваної продукції.

У зв'язку з цим ряд виробників, що традиційно вирощує пшеницю, скорочує посіви цієї цінної культури, замінюючи її пшеницею м'якою, яка забезпечує більш високу валову врожайність (в середньому на 20–30%) і, відповідно, більшу рентабельність виробництва [1]. В результаті в ряді країн, недостатнє виробництво якісного зерна твердої пшениці призводить до того, що частина макаронів та інших пресованих виробів, а також круп виготовляється із зерна м'якої пшениці, що значно знижує їх поживні та смакові якості [2, 3].

Наразі склалася ситуація, коли попит на зерно пшениці твердої стабільно перевищує пропозицію і, за оцінками експертів, буде рости і в майбутньому, так як в світі спостерігається тенденція збільшення виробництва продуктів з зерна твердої пшениці, які становлять основну групу здорової, збалансованої

і поживної продукції. Традиційні постачальники зерна твердої пшениці, такі як *Produttori Sementi* (Італія), освоюють можливості виробництва твердої пшениці в нетрадиційних регіонах її вирощування з подальшим відвантаженням сировинного зерна [1, 4]. Все це також свідчить про актуальність і доцільність проведених досліджень по інтродукції твердої пшениці.

Гібридні популяції F_3 пшениці являють собою третє покоління гібридів. Оскільки пшениця є самозапильною культурою, то зі збільшенням поколінь у сортозразків зростає ступінь гомозиготизації. Такі гібридні популяції ще будуть розщеплюватися протягом двох- трьох поколінь, проте вже серед них на даному етапі селекційних досліджень можна виділити селекційні номери, які відрізняються за врожайністю, стійкістю до несприятливих біотичних та абіотичних чинників середовища та якістю зерна.

У наших дослідженнях аналізувались 11 гібридних популяцій F_3 , що створені на кафедрі генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету садівництва. Ми аналізували їх за комплексом господарсько-цінних ознак, зокрема, висотою рослин та кількістю продуктивних стебел.

Висота рослин – це один з найбільш важливих біометричних показників для рослин пшениці твердої ярої. З одного боку, чим вище стебло має рослина, тим більше схильна вона до вилягання. У такому разі необхідно з обережністю використовувати високі дози добрив, особливо азотних, що негативно вплине на формування високого врожаю зерна. Це, в свою чергу, може призвести до недоотримання прибутку.

З іншого боку, деякі гени короткостебельності у пшениці спричиняють не лише укорочення міжвузль, а також зменшення діаметру стебла, утворення великої кількості стебел з маленькими, погано розвиненими колосами.

За результатами наших спостережень (табл. 1) висота рослин сорту пшениці твердої ярої Династія становила у 2020 році 129 см. У всіх аналізованих гібридних популяцій вона була нижчою за показник стандарту.

1. Висота рослин

Гібридна популяція	см	Відхилення від стандарту		Гібридна популяція	см	Відхилення від стандарту	
		%	±			%	±
Династія (стандарт)	129	-	-	165/20	114	-12	-15
159/20	120	-7	-9	166/20	108	-16	-21
160/20	106	-18	-23	167/20	113	-12	-16
161/20	108	-16	-21	168/20	118	-9	-11
162/20	113	-12	-16	169/20	98	-24	-31
163/20	63	-51	-66	170/20	116	-10	-13

Найменше відрізнявся від сорту Династії за даним показником селекційний номер 159/20 — його рослини були заввишки 120 см. Близькими були дані зразків 168/20, 170/20, 165/20, 162/20 і 167/20 — їх висота становила

відповідно 118; 116; 114 і 113 см, що поступалось стандарту на 11–16 см або 9–12%.

У межах 16–18% за висотою рослин поступались стандарту гібридні популяції 160/20, 161/20 і 166/20 з показниками відповідно 106 і 108 см.

Висота популяції 169/20 складала 98 см, що було менше стандарту на 24% або 31 см. Найменшою висотою рослин характеризувався біотип 163/20 з показником 63 см.

Згідно класифікації Дорофєєва [5], високорослими вважають рослини з висотою понад 120 см, середньорослими — 105–120, низькорослими — 85–105, напівкарликами — 60–85, висота карликів менша 60 см.

Згідно цієї класифікації, сорт Династія є високорослим, гібридні популяції 159/20, 160/20, 161/20, 162/20, 165/20, 166/20, 167/20, 168/20 та 170/20 — середньорослі. Селекційний біотип 169/20 належить до низькорослих, а 163/20 — напівкарлик.

Кількість продуктивних стебел з одиниці площі значною мірою визначає урожайність посіву. Вона залежить від норми висіву насіння та продуктивної куцистості кожної рослини.

Загальновідомо, що рослини пшениці твердої ярої куцяться набагато слабше, ніж м'якої озимої, що частково пояснює меншу їх врожайність. Пояснюється це меншою тривалістю другого та третього періодів органогенезу ярої пшениці порівняно з озимою.

Тому при посіві цієї культури необхідно встановлювати оптимальну норму висіву, враховуючи ґрунтово-кліматичні умови та специфічну реакцію генотипу.

Різні біотики в однакових умовах формують різну кількість продуктивних стебел. Саме таку реакцію ми спостерігали у досліджуваних гібридних популяціях.

Продуктивну куцистість можна визначати на одну рослину, та на одиницю площі. Ми обліковували кількість продуктивних стебел з 1 м² — таблиця 2.

2. Кількість продуктивних стебел, шт./м²

Гібридна популяція	шт./м ²	Відхилення від стандарту		Гібридна популяція	шт./м ²	Відхилення від стандарту	
		%	шт./м ²			%	шт./м ²
Династія (стандарт)	355	-	-	165/20	611	71,9	255
159/20	279	-21,6	-77	166/20	239	-32,7	-116
160/20	207	-41,7	-148	167/20	489	37,7	134
161/20	154	-56,8	-202	168/20	336	-5,5	-20
162/20	407	14,6	52	169/20	307	-13,6	-48
163/20	296	-16,6	-59	170/20	339	-4,5	-16

За норми висіву насіння 500 шт./1 м², що відповідає 5 млн/ га, рослини сорту пшениці твердої ярої Династія сформували 355 продуктивних стебел.

Гібридні популяції 159/20, 160/20, 161/20, 163/20, 166/20, 168/20, 169/20 і 170/20 поступались стандарту відповідно на 77; 148; 202; 59; 116; 20; 48 і 16 шт. Найменший показник було відмічено у біотипа 161/20 — лише 154 продуктивних стебла.

Тобто значна частина рослин не сформувала колоса. На 32,7 та 41,7% поступались стандарту – сорту Династія гібридні популяції 166/20 і 160/20. Проте у трьох селекційних зразків відмічалось перевищення кількості продуктивних стебел над показником стандарту. Так, у біотипу 162/20 налічувалось 407 шт./м², що було більше, ніж у сорту Династія на 14,6% або 52 шт. Зразок 167/20 мав 489 продуктивних стебел, що на 37,7% та 134 шт./м² перевищувало стандарт.

Найбільшу кількість продуктивних стебел сформувала гібридна популяція 165/20 — 611. Це перевищувало показник стандарту на 71,9% або 255 стебел.

Отже, аналіз гібридних популяцій за кількістю продуктивних стебел свідчить про коливання даного показника від 154 (у популяції 161/20) до 611 (біотип 165/20) шт./м² що відрізнялось від даних сорту пшениці твердої ярої Династія на (-56,8)–71,9%.

Література

1. Твердая пшеница / Агропромышленный портал Оренбургской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.agroportal.su/tverdayapsenica.html>. Дата доступа: 15.04.2015.
2. Веприяк Я. Тверда яра пшениця. Повернення на українські лани. *Зерно і хліб*. 2006. № 4. С. 44.
3. Новак Ж.М., Полянецька І.О., Слабенко В.В. Стійкість до вилягання сортозразків пшениці твердої ярої різного географічного походження.
4. Матеріали VIII Міжнародної конференції. Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання). 19 березня 2020. Умань. 2020. С. 153–155.
5. Дорофеев В.Ф., Удачин Р.А., Семенова Л.В. Пшеницы мира. Под ред. В.Д.Дорофеева. Л.: Агропромиздат, 1987. 560 с.

ПАРАМЕТРИ КОЛОСА СОРТОЗРАЗКІВ РІЗНИХ ВИДІВ ПШЕНИЦІ

Ж. М. Новак, І. О. Полянецька, І. П. Діордієва

Уманський національний університет садівництва

Селекцією пшениці у нашій країні займається низка установ. Щорічно збільшується кількість сортів, що вносяться в «Реєстр сортів рослин України, придатних для поширення в Україні». Постійно ведеться селекція і на якість зерна.

Разом з тим, поряд з іншими методами селекції, використовується гібридизація між генетично віддаленими формами. При цьому дикі види використовуються як донори корисних ознак [1–3].

В Уманському національному університеті садівництва підтримується колекція сортозразків різних видів пшениці. У нашій роботі аналізувалися шість сортозразків пшениці трьох видів: *Triticum aestivum*, *Triticum sphaerococcum* і *Triticum spelta*.

Довжина колоса має середню кореляційну залежність з урожайністю, проте вона є особливістю сорту або сортозразка пшениці. Кожен вид колосових культур характеризується певною довжиною колоса. При цьому норма реакції даного показника досить широка та залежить від умов вирощування.

Згідно даних таблиці 4, довжина колоса сортів пшениці м'якої ярої становила у середньому 10,8 та 11,1 см.

1. Довжина колоса, см

Сортозразок	Вид пшениці	Роки			Відносно стандарту, %
		2019	2020	Середнє	
Героїня	<i>Triticum aestivum</i>	11,0	10,6	10,8	99
Харківська 30	<i>Triticum aestivum</i>	11,3	10,8	11,1	101
Груповий стандарт		11,2	10,7	10,9	100
146/20	<i>Triticum sphaerococcum</i>	3,8	4,1	4,0	36
147/20	<i>Triticum sphaerococcum</i>	5,8	5,5	5,7	52
150/20	<i>Triticum spelta</i>	14,4	13,9	14,2	130
151/20	<i>Triticum spelta</i>	9,6	9,3	9,5	87

Різниця між сортами становила 0,3 см. Показники 2019 року були вищими, ніж аналогічні дані 2020 року відповідно на 0,4 та 0,5 см відповідно у сортів Героїня та Харківська 30.

Показник групового стандарту становив у роки досліджень 11,2 та 10,7 см, у середньому – 10,9 см.

Біотики сортозразків пшениці шарозерної мали вдвічі менший колос: у зразка 146/20 – 4,0, у 147/20 – 5,7. У 2019 році колос сортозразка 146/20 був коротшим, ніж у 2020 році, а у селекційного номера 147/20 – більша довжина колоса була відмічена у 2019 році.

Селекційні зразки пшениці спельти досить різнилися. У біотипа 150/20 довжина колоса становила 14,2 см, коливаючись за роками досліджень від 14,4 у 2019 році до 13,9 см у 2020 році. Колос сортозразка 151/20 становив у середньому 9,5 см.

У середньому за роки досліджень довжина колоса групового стандарту становила 10,9 см. Сорти пшениці м'якої ярої відхилялись на $\pm 1\%$ від стандарту, селекційні зразки шарозерної пшениці поступались стандарту відповідно на 64 та 48%. Біотип 150/20 (*Triticum spelta*) перевищував стандарт за довжиною колоса на 30%, тоді як інший зразок пшениці спельти – поступався груповому стандарту на 3%.

Середня довжина колоса сортів пшениці м'якої ярої становила 10,8 і 11,1 см, сортозразків пшениці шарозерної – 4,0 та 5,7 см, пшениці спельти – 14,2 і 9,5 см.

Урожайність пшениці – це кількість зерна, отриманого з одного гектара в результаті життєдіяльності певної сукупності рослин, яка складається в засвоєнні поживних речовин і води з ґрунту та синтезу органічних речовин під дією сонячної енергії.

Загальновідомо, що величина урожаю залежить від двох найголовніших показників – густоти продуктивного стеблостою і маси зерна с одного колоса.

Ці дві складові урожаю є узагальнюючими показниками. На них впливає багато факторів, які можна розділити на дві групи – метеорологічні і технологічні. Ясно, що всю складність і багатогранність життєвого циклу рослин протягом вегетаційного періоду може відобразити лише сукупність факторів [4].

Зменшення густоти продуктивного стеблостою нижче певного оптимального рівня внаслідок втрат рослин і стебел призведе до закономірного зниження врожайності посівів. Щоб не допустити цього, необхідно можливі втрати продуктивності компенсувати збільшенням іншого показника структури, який закладається і формується пізніше, – продуктивністю колоса. Навіть за умови зменшення густоти продуктивного стеблостою до 300–400 шт./м² певними агрозаходами можна збільшити продуктивність колоса до 1,5 г, що дасть можливість зібрати 40–60 ц/га. Такий же рівень урожаю буде при густоті 400–600 колосків на 1 м² і масі зерна с колоса приблизно 1 г. Зниження кількості і маси зерен при сильному куцєнні рослин обумовлено ростом конкуренції між стеблами куцєння. Найбільш високий урожай можливий при оптимальному об'єднанні обох показників.

Озерненість колоса у першу чергу визначається кількістю колосків, освічених у виступах колосового стержня. Чим більше колосків, тим більше зерен у колосі і маса зерна з одного колоса. У пшениці середня кількість колосків у колосі знаходиться в межах 16–22 шт. Це сортова ознака, збільшити яку можна лише агротехнічними заходами. Зокрема, найбільший вплив на кількість колосків у колосі має удобрення.

Середнє проходження початкових етапів органогенезу, особливо III та IV, також забезпечує закладку більшої кількості колосків.

У пшениці кожного колоска є 2–3, рідше 4 і 5 сформованих колосків, які дають зерно. Інші колоски розвиваються не повністю і не формують зерна. На ранніх фазах формування колоса в колосках закладається до 8–9 зачатків колосків, але як тільки перші 2–4 колоски досягли визначеного ступеня розвитку, а інші вище розташовані колоски перестають рости.

Підвищення рівня живлення у потрібному періоді можна отримати до 11 колосків та до 8 зерен у колосках. Тому вивчення умов формування колосків з більшою кількістю квіток та зерен у ньому є важливими завданнями дослідників. При нестачі вологи та харчових речовин значна частина зав'язаних зерен не розвивається. Максимальна кількість формується в колосках в середній частині і зменшується впериферійних частинах колоса. У більшості колосків міститься по три зерна, в середній частині – чотири, а на кінцях колоса – по дві.

Вважається, що 25–35 шт. зерен у колосі може забезпечити урожайність 30–50 ц/га. Реально в одному колосі можна отримати 70 зернівок, що підвищує продуктивність посіву [4].

Ми досліджували кількість колосків у колосі та щільність колоса сортозразків різних видів пшениці (табл. 5).

У групового стандарту в середньому у колосі налічувалось 14,9 колосків. Сорти пшениці м'якої ярої мали відповідно 15,3 та 14,6 колосків у колосі, пшениці шарозерної – 12,6 та 16,2., тоді як пшениці спельти – 19,1 і 12,7 шт. тобто. В межах кожного виду спостерігалось як перевищення кількості колосків у колосі, так і зниження даного показника відносно стандарту. Так, сорт пшениці м'якої Героїня мав 15,3 колоска в колосі, що перевищувало стандарт на 0,4 шт. У сорту Харківська 30 цей показник поступався груповому стандарту на 0,3 шт. Відхилення показників сортозразків 146/20 і 147/20 (*Triticum sphaerococcum*) від стандарту складало відповідно (-2,3) – 1,3 шт., а номерів 150/20 і 151/20 – 4,2 та (-2,3) шт.

Кількість колосків у колосі більшою була у 2020 році у всіх аналізованих біотипів. Найбільше варіювали показники зразка 151/20 – 1,5 шт., тоді як у селекційних зразків 147/20 і 150/20 воно становило 0,8, у зразків 146/20 і сорту Героїня – відповідно 0,6 і 0,5 шт.

2. Кількість колосків у колосі та його щільність

Сортозразок	Вид пшениці	Кількість колосків у колосі, шт.				Щільність колоса, шт./10 см			
		Роки				Роки			
		2019	2020	Середнє	±	2019	2020	Середнє	±
Героїня	<i>Triticum aestivum</i>	15,0	15,5	15,3	0,4	13,6	14,6	14,1	0,4
Харківська 30	<i>Triticum aestivum</i>	14,5	14,7	14,6	-0,3	12,8	13,6	13,2	-0,5
Груповий стандарт		14,8	15,1	14,9	-	13,2	14,1	13,7	-
146/20	<i>Triticum sphaerococcum</i>	12,3	12,9	12,6	-2,3	32,4	31,5	31,9	18,2
147/20	<i>Triticum sphaerococcum</i>	15,8	16,6	16,2	1,3	27,2	30,2	28,7	15,0
150/20	<i>Triticum spelta</i>	18,7	19,5	19,1	4,2	13,0	14,0	13,5	-0,2
151/20	<i>Triticum spelta</i>	11,9	13,4	12,7	-2,3	12,4	14,4	13,4	-0,3

Примітка. Відхилення від групового стандарту, ±

У середньому за два роки досліджень, у колосі сортів пшениці м'якої кількість колосків становила 15,3 – 14,6 шт., пшениці шарозерної – 12,6 – 16,2 шт., а пшениці спельти – 19,1- 12,7 шт.

Щільність колоса належить до показників біологічної характеристики. Визначається за кількістю колосків, що припадають на 10 см колосового стрижня. У більшій мірі обумовлюється генотипом, ніж факторами середовища.

Щільність колоса групового стандарту в середньому становила 13,7 колосків/10 см. У пшениці м'якої ярої показники відрізнялись на 0,4- (-0,5)

шт./10 см. У пшениці шарозерної колос був дуже щільним – 31,9 та 28,7 колосків припадало на 10 см колосового стрижня, що перевищувало стандарт відповідно на 18,2 та 15,0 шт./10 см.

Колос обох сортотразків пшениці спельти був більш рихлим, ніж стандарт – на (-0,2) – (-0,3) шт./10 см.

Показники за окремі роки відрізнялись у всіх сортотразків. У сортів пшениці м'якої така різниця становила 1,0 – 0,8, пшениці шарозерної – 0,9 – 3,0, а пшениці спельти – 1,0 – 2,0 шт./10 см.

Тож, щільність колоса сортів пшениці м'якої ярої в середньому складала 14,1 та 13,2 колосків/10 см стрижня, пшениці шарозерної – 31,9 та 28,7 та пшениці спельти – 13,5 і 13,4 шт./10 см.

Література

1. Родионов А. В., Амосова А. В., Беляков Е. А., Журбенко П. М., Михайлова Ю. В., Пунина Е. О., Шнеер В. С., Лоскутов И. Г., Муравенко О. В. Генетические последствия межвидовой гибридизации, ее роль в видообразовании и фенотипическом разнообразии растений. Генетика, 2019, том 55, № 3, с. 255–272.
2. Шнеер В.С., Пунина Е.О., Родионов А.В. Внутривидовые различия в плоидности и их таксономическая интерпретация. Бот. журн. 2018. Т. 103. № 5. С. 555–585.
3. Работягов В.Д., Палий А.Е., Хохлов Ю.С. Межвидовая гибридизация в селекции (*lavandula* x *intermedia emeric ex loisel.*) на качество эфирного масла. Сельскохозяйственная биология, 2018, том 53, № 3, с. 547–556.
4. Лихочвор В. Продуктивность и структура урожая озимой пшеницы. Доступно з: <https://www.zerno-ua.com/journals/2008/iyul-2008-god/produktivnost-i-struktura-urozhaya-ozimoy-pshenicy/>

ЩІЛЬНІСТЬ ТА МАСА ЗЕРНА З КОЛОСА СОРТОЗРАЗКІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО КОЛЕКЦІЇ УМАНСЬКОГО НУС

Ж. М. Новак, А. В. Новак

Уманський національний університет садівництва

Ячмінь ярий належить до традиційних сільськогосподарських культур різнобічного використання. У нашій країні його висівають на площі близько 3–4 млн га, де він за площами, та валовим збором зерна посідає третє місце після кукурудзи та пшениці озимої як. Ячмінь ярий – фуражна, продовольча і технічна культура. За даними ФАО 42–48% валових зборів зерна ячменю використовуються на промислову переробку, 16% – на кормові цілі, 15% – на харчові і 6–8% – у пивоварінні [1]. У зв'язку з цим досить актуальним є завдання з розробки нових і вдосконалення існуючих технологій вирощування ячменю ярого, які спроможні забезпечити високі і стійкі врожаї високоякісного зерна.

Одним з джерел підвищення врожайності та стійкості рослин до несприятливих факторів зовнішнього середовища, залишається селекція. Створення сортів ячменю ярого, адаптованих до певної ґрунтово-кліматичної зони, дає змогу підвищити врожайність культури та забезпечити стабільне виробництво цієї стратегічної культури.

На кафедрі генетики, селекції рослин та біотехнологій Уманського національного університету садівництва підтримується колекція ячменю ярого та вивчається реакція селекційного матеріалу на умови вирощування.

У нашій роботі проведено порівняльний аналіз шести сортозразків ячменю ярого даної колекції

Для збільшення виробництва зерна ячменю необхідно створювати і впроваджувати сорти, які відповідають вимогам сільськогосподарських виробників. Велике значення в підвищенні ефективності селекції належить науково обґрунтованому підбору вихідного матеріалу для його використання в гібридизації [2].

Тому необхідно визначати селекційну цінність сортів за проявом рівня продуктивності та її структурних елементів і інших кількісних ознак рослин [3–4], а також господарських ознак. Необхідно враховувати залежність цих ознак як від генотипу, так і від умов вирощування [5–7]. При проведенні доборів слід керуватися рівнем прояву ознак з найменшою варіабельністю [8].

Кожен сорт чи селекційний номер культурних рослин характеризується певними особливостями. Деякі з них (наявність і форма остей, опушення, антоціанове забарвлення) стали і не залежать від умов вирощування. Інші досить сильно варіюють за покращення або погіршення умов живлення, вологозабезпечення чи комплексу метеофакторів.

Довжина колоса, як і кількість колосків у колосі досить сильно змінюються за різних факторів середовища. Разом з тим, ці показники формують інший – щільність колоса. Для пшениці цей показник визначається на 10 см колосового стрижня, а для ячменю – на 4 см.

За кількістю члеників стрижня колоса, які припадають на 4 см довжини, розрізняють ячмінь з дуже щільним колосом – понад 20 члеників на 4 см, щільним – 15–19, середньощільним – 12–14, нещільним – 9–11, дуже нещільним – менше 8 члеників на 4 см стрижня.

Згідно отриманих нами даних, які представлено у таблиці 1, щільність колоса сорту ячменю ярого Гезіне становила в середньому 12,9 шт./4 см стрижня, коливаючись за роками від 10,4 до 15,4 шт.

1. Щільність колоса, шт./4 см стрижня

Сортозразок	2019 р.		2020 р.		Середнє		
	шт./4см	%*	шт./4см	%*	шт./4см	%*	±*
Гезіне – стандарт	10,4	-	15,4	-	12,9	-	-
6/20	12,5	120	16,3	106	14,4	112	1,5
7/20	12,3	118	14,6	95	13,5	104	0,6
14/20	9,0	87	14,2	92	11,6	90	-1,3
15/20	11,8	114	14,1	92	13,0	101	0,1
16/20	11,4	110	16,9	110	14,2	110	1,4

Примітка: % *, ±* — порівняно зі стандартом Гезіне

Найбільш близьким до даних стандарту був показник селекційного номера 15/20. Чотирьохвідсоткове перевищення даних сорту спостерігалось у біотипу 7/20. Сортозразки 6/20 і 16/20 мали більш щільний колос, ніж стандарт, на 1,4 і 1,5 колосків. Лише у одного зразка щільність колоса була меншою, ніж у сорту Гезіне.

Слід відмітити, що протягом років досліджень, щільність колоса змінювалась на користь 2020 року. Така тенденція відмічалась у всіх сортозразків. Якщо у 2019 році вельтчна вказаного показника становила 9,0 (біотип 14/20) – 12,5 шт./4 см (селекційний зразок 6/20), то у 2020 – від 14,1 до 16,9 шт./4 см.

Отже, згідно середніх даних за два роки, сортозразок 14/20 має нещільний колос, усі інші біотиби – колос середньої щільності.

Урожайність посіву визначається поєднанням кількості продуктивних стебел на гектарі та продуктивності окремого стебла.

Важливі складові, що визначають рівень урожайності зернових колосових культур, – це кількість продуктивних пагонів на одиниці площі (м²), кількість колосків і зерен у колосі, маса зерна з колоса, маса 1000 зерен. Ці елементи закладаються в різні фази розвитку рослин. Спочатку вони досягають максимального розвитку, а пізніше більшою або меншою мірою редукуються, адаптуючись до умов росту. Структурні елементи тісно взаємопов'язані між собою. Так, існує негативна кореляція між кількістю продуктивних стебел на одиниці площі та кількістю зерен у колосі, а також масою 1000 зерен. Тобто надмірна густина навіть продуктивного стеблостою може призвести до зниження кількості й маси зерна з колоса, маси 1000 зерен. З іншого боку, посіви зернових культур спроможні певною мірою компенсувати низьку густоту посіву підвищеною кількістю і масою зерна з колоса, масою 1000 зерен [9, 10].

Згідно даних таблиці 2, продуктивність одного колоса сорту ячменю ярого Гезіне у 2019 році становила 0,99 г. Показники аналізованих сортозразків поступались стандарту на 9-37% і ця різниця була істотною. Проте селекційні зразки досить сильно відрізнялись між собою. Найбільшою була маса зерна одного колоса сортозразка 7/20 – 0,90г. У біотипів 6/20, 14/20, 15/20 і 16/20 даний показник становив відповідно 0,78; 0,73; 0,68 і 0,62 г.

2. Маса зерна з колоса, г

Сортозразок	2019 р.		2020 р.		Середнє	
	г	%*	г	%*	г	%*
Гезіне – стандарт	0,99	-	1,08	-	1,04	-
6/20	0,78	79	1,10	102	0,94	91
7/20	0,90	91	1,21	112	1,06	102
14/20	0,73	74	1,12	104	0,93	89
15/20	0,68	69	1,14	106	0,91	88
16/20	0,62	63	1,13	105	0,88	85
НІР 0,95	0,04		0,06			

Примітка: % *, ±* — порівняно зі стандартом Гезіне

У 2020 році рослини ячменю мали вищу продуктивність одного колоса. У сорту ячменю ярого Гезіне цей показник складав 1,08 г. У сортозразків маса зерна однієї рослини була вищою, ніж у стандарту на 2–12%, що становило відповідно 1,10; 1,21; 1,12; 1,14 і 1,13 г. Тобто впродовж двох років серед сортозразків найбільшою продуктивністю колоса відрізнявся 7/20 – його показник був істотно вищим за значення інших біотипів.

Істотне перевищення за даним показником над стандартом відмічалось у селекційних зразків 7/20 і 15/20. Суттєвої різниці цього показника між стандартом і іншими зразками не відмічалось.

У середньому за 2019–2020 роки, продуктивність одного колоса сорту Гезіне становила 1,04 г. Значення сортозразка 7/20 було у межах стандарту, тоді як інших селекційних номерів – поступались йому. Маса зерна одного колоса номерів 6/20 і 14/20 складала 0,94 і 0,93 г, що було менше, ніж у сорту Гезіне на 9–11%. Значення біотипів 15/20 і 16/20 поступалось стандарту на 12 і 5%.

Маса зерна одного колоса сортозразків ячменю ярого становила в середньому 0,88 – 1,06 г. Біотип 7/20 на достовірному рівні перевищував інші селекційні зразки впродовж обох років досліджень.

Література

1. Дмитришак М. Я., Філь Т. П. урожайність ячменю ярого залежно від застосування стимуляторів росту. Наукові доповіді НУБіП України. № 4 (68), 2017. Доступно з: удк 633.16:631.16 урожайність ячменю ярого залежно від...journals.nubip.edu.ua > article > dopovidi2017.04.011
2. Mekonnen B. Selelection of barley varieties for their yield potential at low rain fall area based on path quantitative and qualitative characters worth West Tigray, Shire, Ethiopia. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 2014. V. 8. No 4. P. 205–213.
3. Noworolnik K. Morphological characters, plant phenology and yield of spring barley (*Hordeum sativum* L.) depending on cultivar properties and sowing date. *Acta Agrobotanica*. 2012. V. 65. No 2. P. 171–176.
4. Rahimi-Baladerai A., Nemati N.A., Mobasser H.R., Chanbari-Malidarreh A., Dastan S. Effects of showing dates and CCC application yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in the North of Iran. *American-Australian J. Agric. S. Environ. Sci.* 2011. V. 11. No 2. P. 49–54.
5. Абрамова М.В., Дубовец Т.А., Кротова Т.А. Испытание ярового ячменя в условиях Центрального Казахстана. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2016. № 1(135). С. 15–19.
6. Бердін С.І., Ткаченко О.М. Формування структури продуктивності посівів ячменю ярого в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. Випуск 11(26). С. 52–155.
7. Гирка А.Д., Кулик І.О., Педаш О.О., Вінюков О.О., Іщенко В.А. Агроєкологічне випробування сортів ярих зернових культур у Північному Степу України. *Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького*. 2015. № 6(3). С. 54–60.

8. Valcheva D., Vulchev D., Popova T., Dimova D., Ozturk I., Kaya R. Productive Potential of Bulgarian and Turkish varieties and lines of barley in the conditions of southeast Bulgaria. *Trakya University Journal of Natural Sciences*. 2013. V. 14. No 2. P. 97–102.
9. Valcheva D., Vulchev D., Popova T., Dimova D., Ozturk I., Kaya R. Productive Potential of Bulgarian and Turkish varieties and lines of barley in the conditions of southeast Bulgaria. *Trakya University Journal of Natural Sciences*. 2013. V. 14. No 2. P. 97–102.
10. Васько Н. І. Урожайність та маса 1000 зерен сортів ячменю ярого і кореляція між ними. *Селекція і насінництво*. 2017. Випуск 111. С. 28–39.

ЯК ОТРИМАТИ ШІСТЬ ПОКОЛІНЬ РІПАКУ ЗА РІК?

С. В. Омельчук^{1,2}, А. В. Сидоров¹, М. Ф. Парій¹

¹Всеукраїнський науковий інститут селекції

²Національний університет біоресурсів і природокористування України

e-mail: svitlankaom@gmail.com

Створення нового гомозиготного вихідного матеріалу у ріпаку вимагає щонайменше п'ять поколінь бекросів, або самозапилень. В польових умовах можна виростити лише одне покоління за рік. Якщо в зимовий період використати теплиці або зимові розсадники у південній півкулі нашої планети – два або три покоління, австралійськими вченими із Квінслендського університету у 2018 році було опубліковано дані про отримання чотирьох поколінь за рік, із використанням технології прискореної селекції «Speed breeding» [1]. В нашій лабораторії досягнуто завершення повного циклу – від насіння – до насіння за 60 днів, що потенційно дає можливість отримувати шість поколінь за рік.

Ріпак культура довгого світлового дня, а отже позитивно реагує на збільшення тривалості дня. В умовах 22-годинного світлового дня рослини розвиваються в два рази швидше ніж в польових умовах, тобто цвітіння настає в середньому через 30–35 днів після сівби. Оптимізація умов вирощування полягала у зменшенні об'єму тари для вирощування до 0,5 л, а також у передчасному збиранні насіння.

Як показала практика – зменшення об'єму горщика до 0,5 л, порівняно із 4 л, які раніше використовувались в нашому зимовому розсаднику, сприяло синхронізації строків цвітіння різних генотипів без значних втрат по кількості насіння. В ході експерименту, було виявлено найбільш ранні можливі строки збирання насіння, яке мало б достатню схожість для закладання наступного покоління. Для цього було проведено порівняння схожості насіння зібраного з рослин починаючи з 20-го дня після запилення. Збирання проводилось з інтервалом в 1 добу. За результатами оцінки встановлено, що мінімально можливий термін збирання насіння – 30 днів після запилення. Схожість такого

насіння становить в середньому 90%. Більш ранні терміни збирання призводили до критичного зниження рівня схожості, ті ж насінини, що проростали давали дуже слабкі проростки, які затримувались в розвитку, нівелюючи таким чином заплановане прискорення.

Ще більшого прискорення процесу можна досягти, використовуючи культуру незрілих зародків. Перші спроби показали, що через 15 днів після запилення насіння уже здатне прорости на безгормональному середовищі *in vitro* і отримати здорову повноцінну рослину. Використання цього методу дозволяє скоротити один цикл вирощування, щонайменше на 15 днів. Таким чином в ідеальних умовах можливо отримувати наступне покоління ріпаку через 45 днів після сівби.

Література

1. Watson, Amy, et al. Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding. *Nature plants*, 2018, 4.1: 23–29.

ГЕНЕТИЧНА КОЛЕКЦІЯ ГРУШІ (*PYRUS L.*) НДП «СОФІЇВКА» НАН УКРАЇНИ

О. А. Опалко, Н. М. Кучер, А. І. Опалко

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України, м. Умань
e-mail: opalko_a@ukr.net

Груша (*Pyrus L.*) належить до найдавніших у світі плодових дерев і нині класифікується у складі родини Rosaceae Juss. (Takhtajan, 2009), підродини Amygdaloideae, триби Maleae Small і підтриби Malinae Rev. (Kucher et al., 2019; Mezhen'skyj & Mezhen'ska, 2015; Opalko et al., 2020). На згадки про грушу натрапляємо у стародавніх китайських одах. У творах кашмірського епосу (Індія) грушеві дерева нерідко наділялися людськими рисами. Є свідчення про грушу у Стародавньому Римі, зображення її плодів бачимо на фресках Помпеї (Opalko et al., 2012; Pear: A brief history..., 2021). Походження роду *Pyrus* зазвичай пов'язують з гірськими районами західної і південно-західної частини Китаю, де він, очевидно, виник 65–55 млн. років тому у часи третинного періоду (Rubtsov, 1944), а потім поступово еволюціонував у дві групи: західну (європейська груша) з відомими нам сортами та східну (азійська груша), сортоטיפи якої розвивалися у Китаї, Японії та Кореї майже рівнобіжно (Bailey, 1917; Dong et al., 2020). М. І. Вавилов визначив три осередки різноманіття представників роду *Pyrus* (Vavilov, 1992). Зокрема Китайський центр, в якому ростуть *P. ussuriensis* Maxim та *P. serotina* Rehder, вид, що однак нині в авторитетній Базі даних Королівських ботанічних садів К'ю (Kew Royal Botanic Gardens) наводиться як синонім *P. pyrifolia* (Burm. f.) Nakai (Plants of the World..., 2018). Як другий був визначений Середньоазійський центр, що займає північно-західну частину Індії (Пенджаб), північну частину

Пакистану, охоплює Афганістан, Таджикистан, Узбекистан і Західний Тянь-Шань. У цьому центрі ростуть проміжні форми між *P. communis* L. і *P. bretschneideri* Rehder, і відбувалась, як вважають, гібридизація *P. communis* з *P. heterophylla*, і можливо, *P. korshinskyi* Litv. і *P. boissieriana* Buhse. Третім був Близькосхідний центр, що включає гори Кавказу та Малої Азії, де був одомашнений вид *P. communis*.

На території сучасної України первинні осередки груші з'явилися в Причорномор'ї (Ольвія, Херсонес) ще в V–IV ст. до н.е. (Matviienko et al., 2006). У часи Київської Русі культура груші розпочалася дещо раніше яблуні. Грушу висаджували в князівських і монастирських садах Києва. У XII–XVII сторіччях груша навіть була більш поширеною, ніж яблуня, а наприкінці XIX сторіччя, за рахунок європейських сортів, стала набувати промислового значення (Pear: A brief history..., 2021; Opalko et al., 2012).

Труднощі таксономії роду *Pyrus* зумовлені недостатньою репродуктивною ізоляцією, внаслідок чого з'являються гібридні види, а велике внутривидове морфологічне різноманіття істотно збільшує ці труднощі, призводячи до того, що окремі різновиди і навіть морфотипи класифікуються як окремі самостійні види. Так в електронній базі даних «The Plant List...» (Genera in Rosaceae, 2013) у роді *Pyrus* нині нараховується 809 видових назв, з яких лише 69 визнаних (9,2%), 58 синонімів (7,8%) та 620 невирішеного статусу (83,0%), а також 62 назви внутривидових таксонів, з-поміж яких трапляються визнані й синонімічні назви та невирішеного статусу майже у тих самих пропорціях (Genera in Rosaceae, 2013).

Припускається, що все нинішнє видове різноманіття роду *Pyrus* сформувалося з невеликої кількості первинних видів (з-поміж яких європейські, середземноморські, середньоазійські та східноазійські види) внаслідок спонтанної та штучної міжвидової гібридизації (Bell et al., 1996; Dong et al., 2020). Виконані японськими науковцями дослідження послідовностей некодуючих ділянок ДНК хлоропластів 24 сортів груші засвідчили, що майже 40% з них походять від міжвидових схрещувань, а решта належать до *P. bretschneideri* Rehder, *P. calleryana* Decne., *P. communis* та *P. pyrifolia* (Kimura et al., 2003).

Представники дрібноплідних видів, *P. calleryana*, *P. fauriei* C. K. Schneid., *P. betulifolia* Bunge, *P. salicifolia* Pall. та *P. kawakamii* Hayata, мають декоративну цінність. Сіянці та селекціоновані клони *P. betulifolia*, *P. calleryana*, *P. pyrifolia*, *P. ussuriensis* та *P. communis* застосовуються в Європі, Північній Америці та Східній Азії за підщепи, а *P. pyraster* (L.) Bursd., *P. amygdaliformis* Vill. та *P. elaeagnifolia* Pall. періодично використовуються у Малій та Центральній Азії (Bell & Itai, 2011).

Видова колекція груші *Pyrus* spp. НДП «Софіївка» НАН України протягом останніх десятиріч зросла майже у десять разів і нині налічує представників близько 30 видів і внутривидових таксонів, однак переважна більшість матеріалів для неї (живці, насіння й сіянці) отримані не з природних ареалів, а з різних ботанічних установ (табл.).

Колекція видів роду *Pyrus* НДП «Софіївка»

№ з/п	Вид	Примітки
1	2	3
1	<i>P. amygdaliformis</i> Vill.	синонім <i>P. spinosa</i> Forssk. (Plants of the World..., 2018); живці отримані з НБС ім. М. М. Гришка НАНУ у 2017 р.
2	<i>P. aromatica</i> Kikuchi & Nakai	синонім <i>P. ussuriensis</i> Maxim. (Plants of the World..., 2018); живці отримані з Інституту садівництва НААН у 2011 р.
2 а	<i>P. aromatica</i> Kikuchi & Nakai	сіянці вирощені з власного насіння зібраного у 2015 р.
3	<i>P. balansae</i> Decne	ендемичний реліктовий вид з Грузії (Asanidze et al., 2011); синонім <i>P. communis</i> (Plants of the World..., 2018); живці отримані з НБС ім. М. М. Гришка НАНУ у 2017 р.
4	<i>P. betulifolia</i> Bunge	насіння отримане з Біосферного заповідника «Асканія-Нова» НААН у 2012 р.
4 а	<i>P. betulifolia</i> Bunge	живці отримані з НБС ім. М. М. Гришка НАНУ у 2014 р.
5	<i>P. bretschneideri</i> Rehder	насіння отримане з Біосферного заповідника «Асканія-Нова» НААН у 2012 р.
6	<i>P. cajan</i> V. Zapr	живці отримані з Донецького ботсаду НАН України у 2012 р.
7	<i>P. calleryana</i> Decne.	живці отримані з Донецького ботсаду НАН України у 2012 р.
7 а	<i>P. calleryana</i> Decne.	сіянці вирощені з насіння отриманого з плодів, зібраних у НБС ім. М. М. Гришка НАНУ у 2014 р.
8	<i>P. canescens</i> Spach	насіння отримане з Біосферного заповідника «Асканія-Нова» НААН у 2012 р.
9	<i>P. caucasica</i> Fed.	насіння отримане з Гірського ботанічного саду Дагестанського наукового центру РАН у 2012 р.
10	<i>P. communis</i> L.	живці отримані з Донецького ботсаду НАН України у 2012 р.
10 а	<i>P. communis</i> L.	сіянці отримані з власного насіння, зібраного у 2015
11	<i>P. elaeagnifolia</i> Pall.	насіння отримане з Ботанічного саду Дніпровського НУ ім. Олеся Гончара у 2012 р.
11 а	<i>P. elaeagnifolia</i> Pall.	живці отримані з Донецького ботсаду НАН України у 2012 р.
12.	<i>P. georgica</i> Kut	живці отримані з НБС НАНУ у 2017 р.
13.	<i>P. grossheimii</i> Fed.	живці отримані з НБС НАНУ у 2014 р.
14	<i>P. korshinskyi</i> Litv.	насіння отримане з Біосферного заповідника «Асканія-Нова» НААН у 2012 р.
15.	<i>Pyrus orthocarpa</i> G. Nicholson	у «The Plant List...» класифікується наразі у статусі невирішеної (unresolved) назви; насіння отримане з Чехії у 2014 році
16.	<i>P. pashia</i> Buch. — Ham. Ex D. Don.	живці отримані з Донецького ботсаду НАНУ у 2012 р.

1	2	3
16 а	<i>P. pashia</i> Buch. — Ham. Ex D. Don.	сіянці вирощені у 2013 р. з насіння отриманого з Донецького ботсаду НАНУ у 2012 р.
17.	<i>P. pyrifolia</i> (Burman f.) Nakai	живці отримані з Дослідного господарства «Новокаховське» Інститут рису НААН у 2011 р.
18.	<i>Pyrus rossica</i> A. D. Danilov	насіння отримане з Березнівського дендрологічного парку Березнівського лісового коледжу у 2014 р.
19.	<i>P. salicifolia</i> Pall.	живці отримані з Ботанічного саду ім. акад. О.В. Фоміна Київського НУ ім. Тараса Шевченка у 1996 р.
19 а	<i>P. salicifolia</i> Pall.	сіянці вирощені у 2013 р. з власного насіння, зібраного у 2012 році
20.	<i>P. ussuriensis</i> Maxim.	живці отримані з Донецького ботсаду НАН України у 2012 р.

Це Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України, Донецький ботсад НАН України, Ботанічний сад ім. академіка О. В. Фоміна Київського НУ ім. Тараса Шевченка, Біосферний заповідник «Асканія-Нова» НААН, Інститут садівництва НААН, Ботанічний сад Дніпровського НУ ім. Олеся Гончара, Дослідне господарство «Новокаховське» Інститут рису НААН, Гірський ботанічний сад Дагестанського наукового центру РАН, Березнівський дендрологічний парк Березнівського лісового коледжу та ін.

При цьому ряд видів введені в колекцію і живцями й насінням, а деякі – з різних ботанічних установ. Так, представники *P. aromatica* Kikuchi & Nakai в колекції у 2011 р. були розмножені щепленням живцями з Інституту садівництва НААН України, а у 2015 р. вирощені з власного насіння отриманого з першого плодоношення вирощеного саджанця.

P. betulifolia представлений у колекції сіянцями, вирощеними з насіння отриманого з Біосферного заповідника «Асканія-Нова» НААН у 2012 р. та саджанцями, отриманими внаслідок щеплення, отриманими з НБС ім. М. М. Гришка НАНУ у 2014 р. живцями. Відповідно живці для розмноження *P. calleryana* були отримані з Донецького ботсаду НАН України у 2012 р., а сіянці вирощені з насіння отриманого з плодів, зібраних у НБС ім. М. М. Гришка НАНУ у 2014 р.

Типовий *P. communis* представлений вирощеними з власного насіння сіянцями та саджанцями, отриманими весняним щепленням живцями з Донецького ботсаду НАН України у 2012 р. Натомість насіння *P. elaeagnifolia* було отримане з Ботанічного саду Дніпровського НУ ім. Олеся Гончара у 2012 р., а живці того ж року з Донецького ботсаду. Живці *P. pashia* були також завезені з Донецького ботсаду у 2012 р., а сіянці вирощені у 2013 р. з насіння отриманого з Донецького ботсаду у 2012 р.

P. salicifolia був розмножений щепленням отриманих у 1996 р. живців з Ботанічного саду ім. акад. О. В. Фоміна Київського НУ ім. Тараса Шевченка, а сіянці цього виду вирощені у 2013 р. з власного насіння.

Порівняння листків отриманих з різних джерел рослин представників одного й того ж виду засвідчило різницю в прояві їхніх морфологічних ознак. Так, рослини *P. betulifolia*, вирощені з отриманого у Біосферному заповіднику «Асканія-Нова» ім. Ф. Е. Фальц-Фейна НААН України насіння, мали яскраво-зелені, блискучі, ромбічні за формою листки, завдовжки від 4,0 до 5,5 см, завширшки від 2,5 см до 3,5 см, з пильчасто-зубчастим краєм та густоволосистими черешками. Натомість зелені листки розмножених щепленням живцями з НБС ім. М. М. Гришка мали форму від яйцеподібної до слабо ромбічної, з округлою або слабо серцевидною основою, пильчастими краями листової пластинки, завдовжки 4,5–8,0 см, завширшки 3,5–5,0 см.

Листки сіянців, вирощених з отриманого у Ботанічному саду Дніпровського університету насіння *P. elaeagnifolia*, були цільнокраї, овальні з загостреною верхівкою, знизу опушені, завдовжки від 5,0 до 7,5 см, завширшки від 2,0 до 3,5 см, тоді як рослини, щеплені живцями з Донецького ботсаду, мали цільнокраї продовгуваті загострені листки, з обох боків білувато-сірі, знизу опушені, завдовжки від 7,0 до 10,0 см, завширшки від 2,5 до 3,5 см.

Сіянци *P. pashia*, вирощені з отриманого з Донецького ботсаду насіння, мали серцеподібні видовжені загострені листки завдовжки від 7,0 до 10,0 см, завширшки від 3,5 до 4,0 см. Рослини від щеплення живцями з Донецького ботсаду, мали листки округлі й загострені, завдовжки від 5,5 до 8,5 см, завширшки від 4,5 до 6,5 см.

Вирощені з власного насіння сіянци *P. salicifolia* мали цільнокраї, продовгуваті загострені листки, завдовжки від 4,0 до 8,0 см, завширшки 2,0–2,5 см, з обох боків білувато-сіро-шовковисто опушені. Натомість розмножені щепленням живцями з Ботсаду ім. О. В. Фоміна рослини мали також цільнокраї, з обох боків білувато-сіро-шовковисто опушені листки, однак вузько ланцетні, завдовжки від 5,0 до 10,0 см, завширшки 1,0 см й на вигляд, схожі на листки верби.

Отримані дані щодо морфологічного поліморфізму листків вивчених *Pyrus* spp. свідчать про необхідність більш прискіпливого всебічного аналізу отримуваних не з природних ареалів матеріалів, а також запровадження молекулярно-філогенетичних методів для їх ідентифікації й паспортизації. Адже в ботанічних установах, де представники різних видів вирощуються у невеликих кількостях не виключається ані внутривидова гейтоногамія чи інші форми інбридингу, ані міжвидова гібридизація, що можуть супроводжуватись ефектами природного і підсвідомого штучного добору на популяційному, організменному, клітинному (диплонтному й гаплонтному) та молекулярному рівнях.

Література

1. Bailey, L. H. (1917). *Pyrus. Standard cyclopedia of horticulture*. New York: Macmillan. Vol. V. P. 2865–2878.
2. Bell, R. L., & Itai, A. (2011). 8.1 Basic Botany of *Pyrus*. *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources* [Ed.: Chittaranjan Kole]. Berlin, Heidelberg: Springer. P. 147–148. DOI: 10.1007/978-3-642-16057-8_8.

3. Bell, R. L., Quamme, H. A., Layne, R. E. C., & Skirvin, R. M. (1996). Pears. *Fruit breeding*. New York: John Wiley & Sons. Vol. 1: Tree and tropical fruits [Eds.: Jules Janick & James N. Moore]. Ch. 8. P. 441–514.
4. Dong, X., Wang, Z., Tian, L., Zhang, Y., Qi, D., Huo, H.,... & Cao, Y. (2020). De novo assembly of a wild pear (*Pyrus betuleafolia*) genome. *Plant biotechnology journal*. Vol. 18(2). P. 581–595. DOI: 10.1111/pbi.13226.
5. Genera in Rosaceae (2013). *The Plant List is a working list of all known plant species*. Version 1.1. September 2013. URL: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Rosaceae/> (Accessed 09 February 2021).
6. Kimura T., Iketani H., Kotobuki K., Matsuta N., Ban Y., Hayashi T. & Yamamoto T. Genetic characterization of pear varieties revealed by chloroplast DNA sequences. *Journal of horticultural science and biotechnology*. 2003. Vol. 78. P. 241–247. DOI: 10.1080/14620316.2003.11511612.
7. Kucher, N., Matenchuk, L., & Trofymenko, N. (2019). The chemical composition of the fruit of *Pyrus* L. genus representatives. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. Vol. 15. P. 58–65. DOI: 10.37555/.15.2019.184894. (in Ukrainian with English abstract).
8. Matviienko, M. V., Babina, R. D., & Kondratenko, P. V. (2006). *Hrusha v Ukraini*. Kyiv: Ahrarna dumka. 320 p. (in Ukrainian).
9. Mezhen'skyj, V. M., & Mezhen'ska, L. O. (2015). *The formation of the collection and improvement of plant breeding methods of rare fruit and ornamental crops*. Kyiv: Comprint. 480 p. (in Ukrainian with English abstract).
10. Opalko, A. I., Kucher, N. M., Opalko, O. A., & Chernenko, A. D. (2012). Phylogeny and phytogeography pome fruits. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. Vol. 8. P. 35–44. (in Ukrainian with English abstract).
11. Opalko, O. A., Kucher, N. M., & Opalko, A. I. (2020). Taxonomic notes on the genus *Pyrus* L. *Fundamental and applied aspects of plant introduction in the context of global environmental change*: Proceedings of the international scientific conference is dedicated to the 85th anniversary of the founding of the M. M. Gryshko National Botanical Garden NAS of Ukraine. (Kyiv, September 22–24, 2020). P. 91–93. (in Ukrainian with English abstract).
12. Pear: A brief history of pears (2021). Portal "Agrarian sector of Ukraine". URL: <http://agroua.net/plant/catalog/cg-46/c-54/info/cag-264/> (Accessed 09 February 2021).
13. Plants of the World Online (2018). *Royal Botanic Gardens, Kew* <http://www.plantsoftheworldonline.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30000967-2>. (Accessed 09 February 2021).
14. Rubtsov, G. A. (1944). Geographical distribution of the genus *Pyrus* and trends and factors in its evolution. *The American Naturalist*. Vol. 78(777). P. 358–366.
15. Takhtajan, A. L. (2009). *Flowering plants* [corr. 2nd ed.]. New York: Springer Science+Business Media, 871 p.
16. Vavilov, N. I. (1992). *Origin and geography of cultivated plants* [Translated by Doris Löve]. Cambridge: Cambridge University Press. 532 p.

ФЕНОЛОГІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ РОСТУ І РОЗВИТКУ ІНТРОДУКОВАНИХ СОРТІВ АКТИНІДІЇ (*ACTINIDIA* LINDL.) В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

В. В. Пиж'янов, В. В. Поліщук, А. Ф. Балабак

Уманський національний університет садівництва

Важливим показником інтродукції видів, форм і сортів актинідії роду *Actinidia* Lindl. є їх здатність до адаптації в нових умовах культивування, яка проявляється у проходженні сезонного циклу розвитку і визначається ступенем відповідності ритму рослин до кліматичних умов району інтродукції. Чинниками, що стримують широке впровадження актинідії в декоративне садівництво, є недостатня вивченість біологічних особливостей росту і розвитку цих рослин, відсутність науково обґрунтованих рекомендацій з їх розмноження та вирощування садивного матеріалу, а також використання в озелененні населених місць.

Мета дослідження полягала в оцінюванні і розширенні можливостей практичного використання у декоративному садівництві інтродукованих сортів видів роду *Actinidia* Lindl. Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження: вивчити особливості сезонних ритмів росту і розвитку інтродукованих сортів актинідії відповідно до природно-кліматичних умов району інтродукції та визначити перспективність і доцільність їх використання у зеленому будівництві і декоративному садівництві в умовах Правобережного Лісостепу України. Об'єктом дослідження було виявлення особливостей проходження початкових етапів онтоморфогенезу інтродукованих сортів актинідії — Ласунка, Помаранчева, Київська гібридна, Київська крупноплідна, Пурпурна садова, Сентябрьська, Самоплідна, Фігурна та Дон Жуан (чоловіча форма) і встановлення репродуктивної здатності та стійкості до несприятливих факторів середовища.

Експериментальну частину роботи виконано впродовж 2018–2020 рр. у польових, вегетаційних і лабораторних умовах кафедри садово-паркового господарства Уманського національного університету садівництва, а також розсадниках Національного дендропарку «Софіївка» НАН України і ТОВ «Брусвяна» (Житомирська обл., Брусловський р-н, с. Костовці). У кожному варіанті досліду використано по 18 трирічних маточних рослин кожного сорту, висаджених у контейнери місткістю 10 л. Фенологічні спостереження і біометричні показники росту пагонів маточних рослин сортів актинідії вивчали згідно діючих методик.

Проведені фенологічні спостереження за досліджуваними сортами актинідії свідчать про те, що інтродукція рослин значною мірою супроводжується змінами в їх сезонних ритмах розвитку. Строки настання і тривалість певних фенологічних фаз у досліджуваних сортів актинідії залежать від погодних умов навколишнього середовища (температури і кількості опадів). Ці фактори зумовлюють дати початку і тривалості фаз розвитку в нових умовах. За несприятливих температурних показників

(похолодання) настання наступної фази затримується, тим самим подовжуючи тривалість попередньої. Надмірно високі температурні показники прискорюють настання тієї чи іншої фенологічної фази. Характерною ознакою залежності ритмів розвитку від сортових особливостей є значно триваліший період росту пагонів у пізньостиглих сортів.

За результатами проведених досліджень з феноспостереження сортів актинідії, виділено сім основних фаз у сезонному ритмі розвитку, що відображають основні моменти сезонного розвитку як генеративних, так і вегетативних органів рослин. На їх основі встановлено дати початку і закінчення таких фаз як період спокою, набрякання бруньок (вегетативних), розтріскування бруньок, лінійний ріст пагонів, цвітіння, утворення і дозрівання плодів, листопад.

Початок вегетації у більшості досліджуваних сортів актинідії відмічається в умовах м. Умань у третій декаді березня за середньодобової температури 4–5⁰С. У першій декаді квітня, коли сума ефективних температур складає 40–45⁰С, спостерігається набрякання і початок розтріскування бруньок у всіх сортів. Тривалість від розтріскування бруньок до початку досягання плодів, залежно від сорту, становить 123–167 діб, плоди повністю досягають та утворюють схоже насіння.

Ріст вегетативних пагонів у рослин розпочинається в другій декаді квітня відразу після відособлення перших листків і триває упродовж всього вегетаційного періоду, довжина яких у кінці вегетації становить 3,2±0,5 м. Тривалість лінійного росту пагонів залежить від сорту рослини і типу пагона. Генеративні пагони розвиваються на прирості минулого року і призупиняють ріст зі вступом рослин у фазу цвітіння. Максимальний приріст пагонів у сортів Ласунка, Помаранчева, Дон Жуан відмічається в червні, а в інших досліджуваних сортів — Київська крупноплідна, Сентябрьська, Пурпурова садова, Київська гібридна, Фігурна, Сентябрьська в червні–липні становить 40,8±2,9 см за декаду.

Цвітіння рослин актинідії спостерігається у травні–червні, де початок і закінчення фази цвітіння у досліджуваних сортів відрізняються. За нашими спостереженнями біологія цвітіння досліджуваних сортів актинідії подібна для всіх сортів, а початок і тривалість цвітіння різні. Першими у фазу цвітіння вступають рослини сортів *A. kolomikta* (в середині або в кінці травня). Період цвітіння усіх сортів триває від 6 до 18 діб і залежить від погодних умов (температури та вологості повітря) в цей період. Досліджено, що для початку цвітіння сортів рослин актинідії необхідна сума ефективних температур в межах 379,6–541⁰С.

Початок досягання плодів у сортів *A. kolomikta* відмічається в кінці липня на початку серпня за суми ефективних температур 1356,4⁰С. Період плодоношення триває впродовж 30–40 діб, при досяганні плоди цих сортів обсіпаються. У рослин сортів *A. arguta* початок досягання плодів відмічається в першій декаді вересня, коли сума ефективних температур становить 1813,8⁰С. Період плодоношення рослин даного виду, в середньому, триває впродовж 20 діб.

Отже, кліматичні умови Правобережного Лісостепу України забезпечують проходження повного циклу сезонного розвитку досліджуваним сортам актинїдії, плоди повністю досягають, дають схоже насіння, що свідчить про можливу інтродукцію їх в регіон досліджень і використання в озелененні. Досліджено, що всі сорти характеризуються досить високою зимостійкістю в умовах Правобережного Лісостепу України.

ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ МОРКВИ

І. М. Підлубенко

Інститут овочівництва і багаторічності НААН

Для збільшення продукції моркви важливим питанням є створення нових високоврожайних сортів з високим вмістом поживних і лікувальних речовин. Розширення генетичного банку вихідного матеріалу на основі створення джерел з комплексом продуктивних, лікувальних та адаптивних ознак є одним із головних завдань селекції моркви. Тому, метою наших досліджень було проаналізувати колекційний матеріал і виявити джерела для селекції за ранньостиглістю, врожайністю і вмістом хімічних речовин [1, 2].

Матеріалом для дослідження були 52 зразки моркви вітчизняної та іноземної селекції.

Ранньостиглість є важливою не тільки для одержання раннього врожаю, а й дає можливість вирощувати моркву у повторних посівах.

За роками досліджень (2016 – 2019 рр.) у колекційних зразків моркви тривалість між фазового періоду «посів – масові сходи» у середньому становила від 14 до 20 діб (за сприятливих погодних умов) та 32 до 40 діб (за несприятливих умов). Тривалість між фазового періоду «масові сходи – початок формування коренеплоду» – від 35 до 45 діб та від 38 до 50 діб відповідно.

З колекційних зразків генофонду моркви за стабільним проявом ознаки ранньостиглості за роками нами було виділено 6 джерел.

У моркви найважливішими показниками є урожайність і товарність коренеплодів. Протягом 2016 – 2019 років досліджень з вивченої колекції за стабільно високою врожайністю виділилися зразки: Грильяж (41,3 т/га), Вітамінна 6 (42,4 т/га), Осіння королева (45,0 т/га) та Chantenay red cor 3 supreme (48,8 т/га).

За результатами чотирирічної оцінки виділено за товарністю зразки: Осіння королева та Каротель (98,8% та 96,4 відповідно). Як найбільш урожайні виділилися Зайка зазнайка та Мармеладка. Врожайність цих зразків при високому відсотку товарності щорічно складала близько 40 т/га.

Вміст корисних речовин у коренеплодах – важлива селективна ознака при створенні нових генотипів.

За результатами оцінки генофонду на вміст хімічного складу встановлено, що зразки по-різному реагували на накопичення сухої речовини,

загального цукру, аскорбінової кислоти та β -каротину. За наявності в коренеплодах сухої речовини $> 17\%$ виділено за цим показником адаптивні генотипи української селекції – Цукат, Помаранчевий мускат та Мармеладка, за вмістом загального цукру – 5 зразків, β -каротину – 7 зразків. За найменшим вмістом нітратів виділено 4 сорти.

Таким чином, в результаті проведеної комплексної оцінки вихідного матеріалу в колекційному розсаднику виділено джерела продуктивності та якості серед зразків моркви, які рекомендується використовувати в якості вихідних форм для створення лінійного матеріалу в гетерозисній селекції моркви.

Література

1. Барабаш О. Ю. Столові коренеплоди [Текст] / О. Ю. Барабаш, М. Ф. Сиротін, М. П. Рубцов. К.: Урожай, 1987. 136 с.
2. Биохимический справочник [Текст] / Н. Е. Кучеренко, А. Р. Виноградова, Б. А. Литвиненко [и др.]. К.: Высшая школа, 1979. 303 с.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА РОСТА РЕГЛАЛГ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕКСАПЛОИДНОЙ ПШЕНИЦЫ К ДЕЙСТВИЮ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

Н. Платовский, Н. Здиорук, Т. Раля

*Институт Генетики, Физиологии и Защиты Растений Республики Молдова
e-mail: nik.plat@hotmail.com*

В свете глобального изменения климата на земной поверхности все чаще растительный организм испытывает непривычные для его развития абиотические факторы внешней среды (Дука Г. и др., 2005). Как правило, рост и продуктивность зерновых культур во многом определяются еще на начальных этапах развития растения. Основными факторами, которые, в основном, вызывают снижение жизнеспособности или даже гибели развивающихся растений озимых злаков, являются низкие отрицательные температуры в бесснежные зимы, а также осенние и ранневесенние засухи. В связи с чем, все большее внимание отводится отбору и выведению новых генотипов озимых злаков, характеризующихся высокими показателями не только урожайности, но и устойчивости к воздействию на них неблагоприятных факторов внешней среды.

Для минимизации вредных последствий влияния этих факторов, наряду с применением морозоустойчивых и засухоустойчивых сортов, в последнее время широкое распространение получило применение биологических регуляторов роста растений. Интерес к регуляторам роста обусловлен спектром их биологического действия на растительный организм и их способностью целенаправленно регулировать отдельные этапы развития,

которые влияют на рост и адаптацию растений (Платовский Н., 2020). В наших исследованиях использовался биорегулятор роста *Реглалг*, в состав которого входит смесь ненасыщенных жирных кислот, органических кислот, фенольных соединений, кетонов и других биологически активных компонентов, выделенных из водорослей рода *Spirogina sp.*, в специальных условиях (Желев Н.Н. и др., 2019). Цель работы – исследование влияния природного биорегулятора роста *Реглалг* на морфогенез и метаболические процессы, протекающие в узлах кущения растений озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сортов Молдова 5 и Миссия при действии неблагоприятных факторов внешней среды в зимний – ранневесенний период времени.

Материалы и методы исследования. В качестве материала для исследования послужили растения мягкой озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Молдова 5 (Молдавской селекции) и сорта Миссия (Украинской селекции), выращенные на опытном поле Института Генетики, Физиологии и Защиты Растений Республики Молдова в промежутках времени с 2014 – 2018гг. Для проведения исследовательской работы семена перед посевом обрабатывались биорегулятором роста *Реглалг* в концентрации 1/200 и высевались при норме в 5,5 млн шт./га с шириной междурядий 15 см. при глубине посева 5–6 см. Отбор растений проводился в фазе 4-х розеточных листьев на протяжении: от начала зимнего периода до фазы выхода в трубку – весенний период времени. О динамике метаболических процессов судили по активности перекись-расщепляющих ферментов и по содержанию сахаров в узлах кущения (Асанов Э.О. и др., 2006., Филипцова Г.Г. и др., 2004).

Результаты и обсуждения. Применение препарата Реглалг приводит к укорачиванию длины эпикотилия на ранних этапах развития проростка растения пшеницы в почве, что тем самым способствует образованию узла кущения глубже в почве. Заглубление узла кущения растений пшеницы дает возможность развиваться корневой системе в более благоприятных горизонтах почвы, тем самым защищая корневую систему от резких перепадов температуры на протяжении всего периода вегетации.

Проведенные измерения длины эпикотилия показали, что у растений, которые были получены из семян, обработанных перед посевом биорегулятором роста *Реглалг*, укорачивается длина эпикотилия в среднем на 1,3 – 1,5 см с сохранением данной динамики независимо от сорта. Данное незначительное сокращение длины эпикотилия позволяет образовываться узлу кущения в почве на глубине в среднем 4 – 5,5 см. в то время, как контрольные варианты образовывали узел кущения на глубине 3 – 2,5 см от поверхности почвы (Рис 1).

Данное свойство имеет исключительно важное значение для дальнейшего развития растительного организма, поскольку благодаря более глубокому его залеганию, узловые корни образуются в более влажных горизонтах почвы, а в бесснежные зимы температура в данных горизонтах почвы на 3 – 5°C выше, что создает более оптимальные условия для преодоления неблагоприятных факторов внешней среды на начальных этапах развития растительного организма.

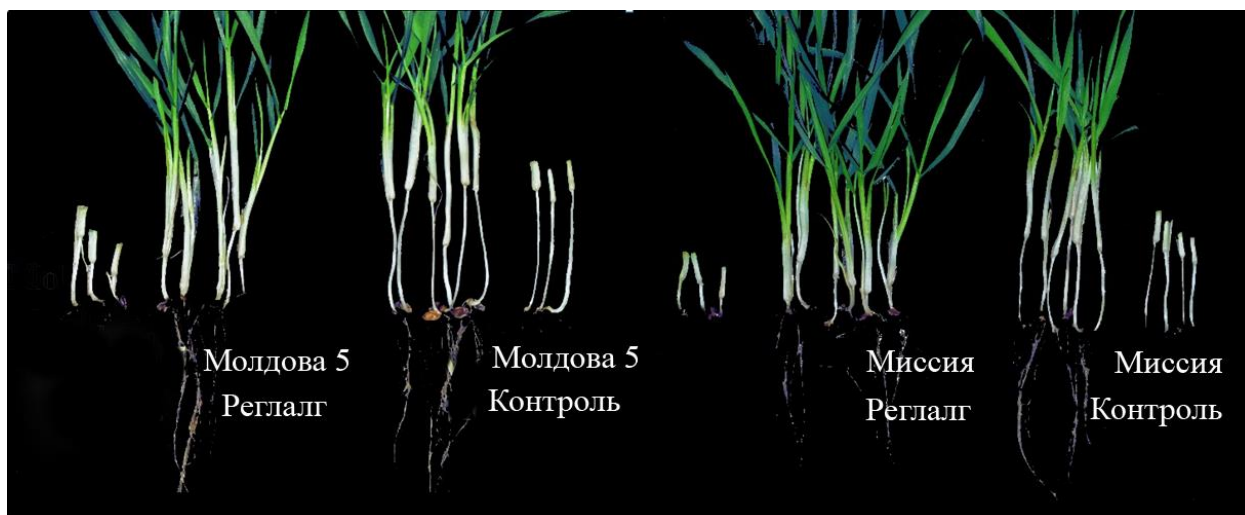
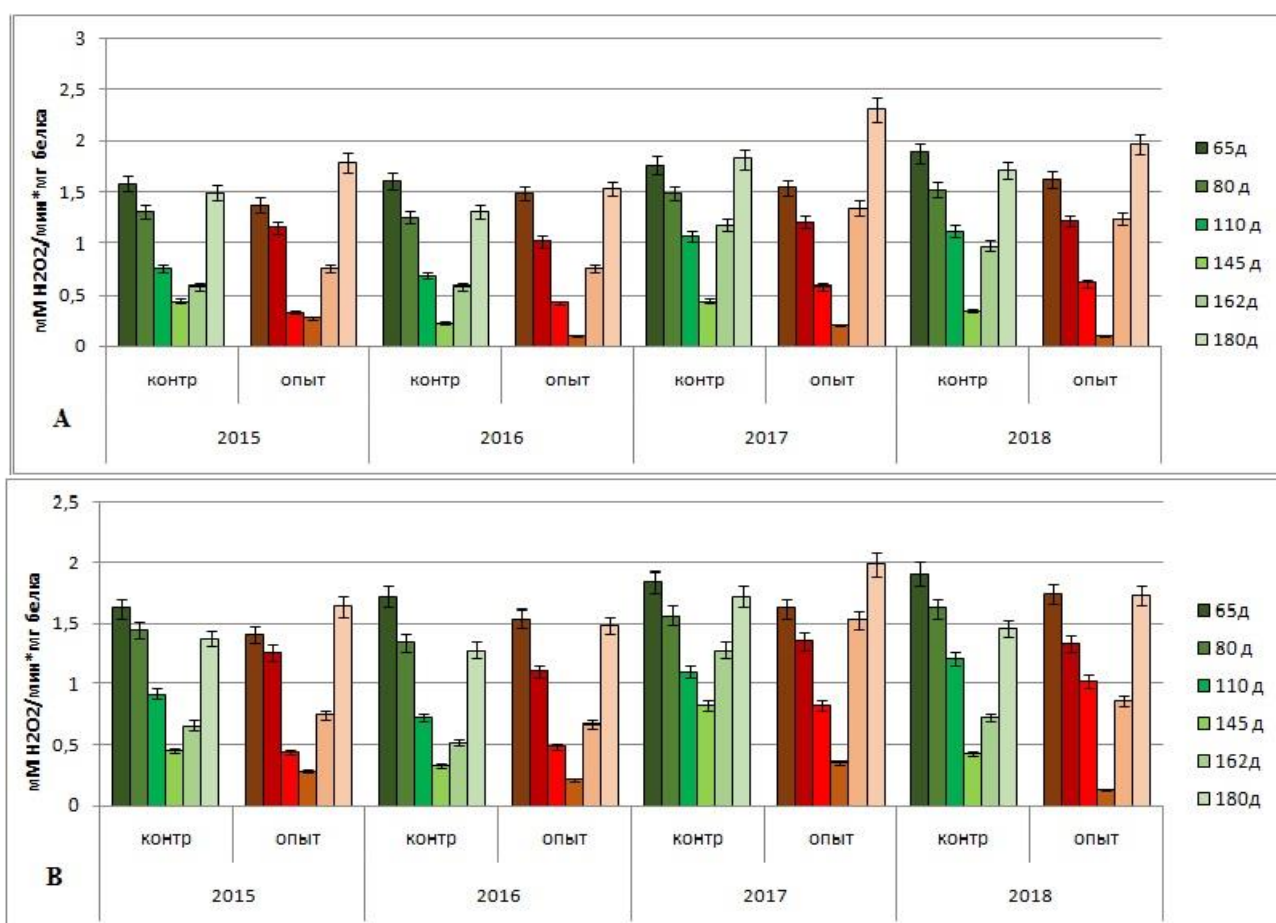


Фото. 1. Фотография 105-дневных растений озимой мягкой пшеницы сортов Молдова 5 и Миссия (контрольных и опытных вариантов).

На графике 1 представлены результаты по активности перекись-расщепляющих соединений в экстрактах из узлов кушения сортов Молдова 5 и Миссия в динамики времени на протяжении нескольких лет исследований.

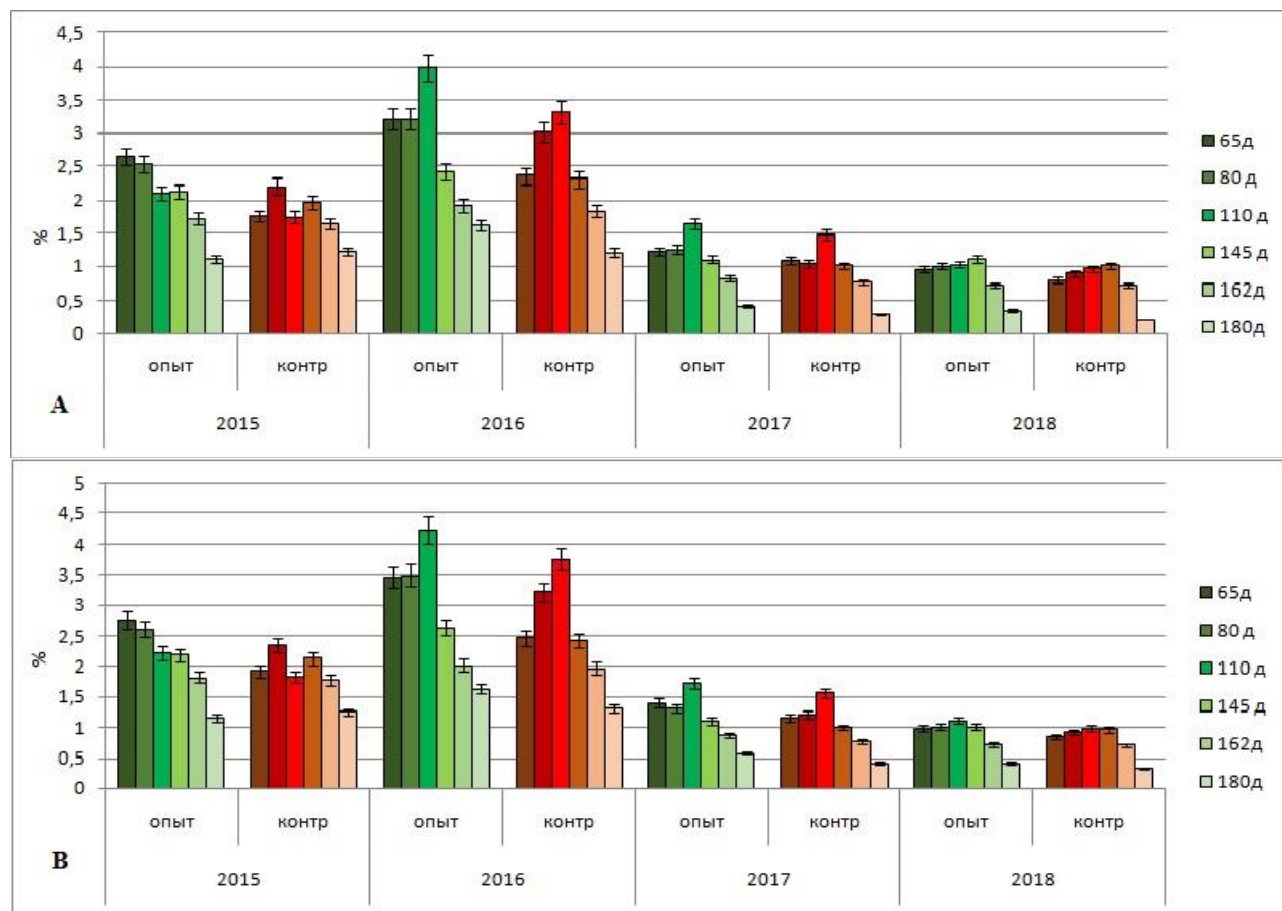


Граф. 1. Динамика активности перекись-расщепляющих соединений в узлах кушения сорта Миссия (А) и сорта Молдова 5 (В) контрольных и опытных вариантов.

Анализируя представленные результаты, стоит отметить, что активность перекись-расщепляющих ферментов на 65 день от посева контрольного варианта сорта Миссия составляет 1,58 mM H₂O₂/min 1 mg белка, а в экстрактах из узлов кущения опытного варианта 1,37 mM H₂O₂/min 1 mg белка. У сорта Молдова 5 на тот же период измерения этот показатель составляет 1,62 mM H₂O₂/min 1 mg белка, а в экстрактах из узлов кущения опытного варианта 1,41 mM H₂O₂/min 1 mg белка, что свидетельствует о более интенсивных процессах метаболизма по отношению к сорту Миссия. Данная закономерность сохраняется на протяжении 4-х лет исследования и колеблется незначительно, в зависимости от года, и с каждым последующим годом имеет тенденцию к усилению данной активности. В дальнейшем, с продолжением наступления холодов, активность постепенно снижается. У контрольных растений данный показатель выше опытных вариантов до 145-дня от момента всходов. У контроля сорта Миссия активность составляет 0,44 mM H₂O₂/min 1 mg белка у опыта 0,27 mM H₂O₂/min 1 mg белка, для сорта Молдова 5, контроль, 0,45 mM H₂O₂/min 1 mg белка опыт 0,28 mM H₂O₂/min 1 mg белка с сохранением тенденции по всем годам исследования. С наступлением весеннего периода ситуация меняется и растения, полученные от обработки биорегулятором *Реглалг*, имеют тенденцию к увеличению активности метаболических процессов в узле кущения по сравнению с контрольными вариантами. Данная тенденция сохраняется на протяжении всего периода исследований. Отдельно необходимо отметить, что если активность метаболических процессов у сорта Молдова 5 была выше по сравнению с сортом Миссия до входа в полный покой, то с наступлением активного периода ситуация меняется и у сорта Миссия активность метаболических процессов наступает раньше по сравнению с сортом Молдова 5. Данная тенденция может быть объяснена сроками созревания растений: сорт Миссия является более раннеспелым по сравнению с сортом Молдова 5.

По накоплению сахаров судят о морозостойкости растений. Шведский селекционер-физиолог Акерман на основе исследований озимой пшеницы установил тесную связь между содержанием сахаров и морозостойкостью растений. На графике 2 приведена динамика накопления сахаров в контрольных и опытных растениях сорта Миссия (А) и сорта Молдова 5 (В). В зимний период времени содержание сахаров в узлах кущения накапливается, но с наступлением весеннего периода они резко начинают израсходоваться. Меж сортовые различия являются не значительными: у сорта Молдова 5 содержание сахаров в среднем по всем годам на +0,24 – +0,46% больше по сравнению с сортом Миссия. Согласно исследованиям Белкина, в процессе закаливания растений синтез сахаров сдвигается тем дальше, чем выше зимостойкость. Наши исследования данную закономерность также подтверждают, тем самым мы можем сказать, что метаболические процессы в растениях сорта Миссия происходят быстрее и накопление сахаров ниже по сравнению с более медленными метаболическими процессами сорта Молдова 5. Стоит отметить – сахара являются высокоэнергетическим углеводом, что в свою очередь, отражается на скорости и качестве метаболических процессов.

Таким образом, применение биорегулятора *Реглалг*, благоприятно сказывается на усиленном избегании влияния неблагоприятных факторов внешней среды, на растениях – влияя на их морфогенез.



Граф. 2. Динамика накопления суммы сахаров в узлах кущения сорта Миссия (А) и сорта Молдова 5 (Б) контрольных и опытных вариантов.

Выводы. В целом хочется отметить, что полученные результаты свидетельствуют об образовании узлов кущения, у опытных растений, глубже в почве и тем самым позволяя им развиваться в благоприятных условиях. Свидетельством является меньшая активность перекись-расщепляющих ферментов и более высокое содержание сахаров в узлах кущения у опытных растений по сравнению с контрольными.

Литература

1. Асанов Э.О., Беликова М.В. (2006) Биология растения. Т. 15 №4. с. 285 – 290.
2. Дука Г.Г., Постолатий В.М., Быкова Е.В. (2005) Анализ состояния энергетической безопасности Республики Молдова. В: Энергетика Молдовы-2005. Сб. докладов международной конференции. Кишинэу: изд-во АН РМ, с. 27. ISBN 978-905948-178-7
3. Платовский Н. (2020) Влияние биостимулятора реглалг на термоустойчивость растений пшеницы *Triticum aestivum* L.

4. Желев Н.Н., Даскалюк А. П. (2019) Влияние природного регулятора роста реглалг на устойчивость растений озимой пшеницы *Triticum aestivum* L. к низким экстремальным температурам. 2019 Агрохимия №6 с.34–43 DOI: 10.1134/S0002188119040136
5. Филиппова Г.Г., Смолич И.И. (2004) Биохимия растений. Методические рекомендации к лабораторным занятиям. Минск. БГУ.

ВИОКРЕМЛЕННЯ ГЕНЕТИЧНИХ ДЖЕРЕЛ ВРОЖАЙНОСТІ ТА СТАБІЛЬНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО РІЗНОГО ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Т. П. Поліщук, В. М. Гудзенко, О. О. Бабій

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН

Ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) – одна з основних культур у сільськогосподарському виробництві України. Переконаливо доведено визначальну роль у збільшенні врожайності культури створення і впровадження нових сортів [1]. В свою чергу, результативність селекційної роботи безпосередньо пов'язана із наявністю достатньої кількості генетично різноманітного вихідного матеріалу. Виходячи з цього необхідність інтродукції, дослідження та залучення в селекційний процес нового генетичного різноманіття ніколи не втрачали своєї актуальності, а у зв'язку з інтенсифікацією селекції та глобальними змінами клімату набули особливого значення [2]. Однією з ключових проблем в аспекті селекційного-генетичного підвищення потенціалу врожайності та її стабільності є взаємодія генотип–середовище [3]. У зв'язку з цим, одні й ті ж генотипи можуть мати різну цінність у різних екологічних нішах [4]. Тому навіть для ідентифікованих генетичних джерел необхідним є всебічне дослідження за основними ознаками і властивостями в умовах проведення подальшої селекційної роботи. Це сприяє зменшенню нагромадження неперспективного матеріалу, що має місце при залученні до схрещувань генотипів одразу, без ґрунтового їх дослідження.

Виходячи з викладеного, мета досліджень полягала у виділенні нових генетичних джерел за поєднанням урожайності та її стабільності для використання в селекційному процесі в умовах центральної частини Лісостепу України.

Дослідження проведено в умовах Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН у 2018–2020 рр. Матеріалом для дослідження були 96 колекційних зразків ячменю ярого походженням з 15 країн світу. Генетичне різноманіття представлено двома підвидами (шестирядним та дворядним), двома групами різновидностей (плівчасті та голозерні) і загалом дев'ятьма різновидностями. Номери висівали сівалкою СКС-6–10Ц за настання фізичної

стиглості ґрунту в триразовій повторності. Розміщення ділянок рендомізоване. Облікова площа ділянки – 1м². Стандарт – сорт ячменю ярого Взірець розміщували через 20 номерів.

Погодні умови передпосівного періоду та впродовж вегетації різнились за роками досліджень, а також варіювали відносно середніх багаторічних значень. Середнє значення врожайності усієї вибірки досліджених зразків за роками мало коливання від 265 г/м² у 2018 р. до 447 г/м² у 2020 р. У 2019 р. середня врожайність становила 391 г/м². У той же час, на рисунку 4 добре помітний значний розмах варіювання зразків у межах окремих років. Так, у 2018 р. різниця між мінімальною і максимальною врожайністю окремих зразків становила 388 г/м² (від 67 г/м² до 455 г/м²), у 2019 р. мінливість була найбільшою – 522 г/м² (від 113 г/м² до 635 г/м²), а в 2020 р. становила 440 г/м² (від 173 г/м² до 612 г/м²). Виявлено суттєві відмінності за адаптивними реакціями у досліджених 96 генотипів ячменю ярого різного походження на що вказують варіювання врожайності як у розрізі контрастних років випробувань, так і в межах року, а також співвідношення часток внеску в загальну дисперсію (середовище – 49,10%, генотип – 36,73%, взаємодія генотип–середовище – 14,17%). Серед виділених 15 зразків, що у середньому за три роки мали вищу за стандарт Взірець врожайність, оптимальний її рівень у контрастні за погодними умовами роки формували генотипи Almonte (CAN) та Смарагд (UKR), Skald (POL) та Vienna (AUT). Дані зразки є найбільш цінними генетичними джерелами для використання в селекційній роботі. Зразки Suveren (POL), Крок (UKR), Kormoran (POL), Северянин (RUS), Аверс (UKR), Тівер (UKR), Дар Носівщини (UKR), Skarb (POL), АС Alma (CAN), Despina (DEU), Glacier AL.38 (GBR) характеризувались різною реакцією на зміну умов років досліджень. Тому при залученні їх до гібридизації в якості батьківських компонентів доцільним буде комбінований підхід як за різним походженням (еколого-географічний принцип), так і з урахуванням рівня прояву врожайності залежно від умов років досліджень.

Важливим результатом досліджень, з огляду розширення генетичного різноманіття вихідного матеріалу для селекції, є виділені зразки, походженням не лише з України, але й різних країн Західної Європи, Росії і, особливо, Канади. Не зважаючи на те, що останнім часом обмін генетичним матеріалом у світі відбувається досить активно, значна географічна віддаленість Північної Америки і, відповідно, інші кліматичні умови дають можливість передбачати зразки канадського походження як носії більш відмінної генетичної плазми, порівняно із зразками з Європейського континенту.

Література

1. Laidig, F. et al. (2017). Breeding progress, genotypic and environmental variation and correlation of quality traits in malting barley in German official variety trials between 1983 and 2015. *Theor. Appl. Genet.* 130(11), 2411–2429. DOI: 10.1007/s00122-017-2967-4
2. Govindaraj, M., Vetriventhan, M., & Srinivasan, M. (2015). Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives. *Genet. Res Int., Article ID 431487*. DOI: 10.1155/2015/431487

3. Hill, J. (1975). Genotype-environment interaction – a challenge for plant breeding. *J. Agric. Sci.*, 85(3), 477–493. DOI: 10.1017/S0021859600062365
4. Ceccarelli, S., Grando, S., & Hamblin, J. (1992). Relationship between barley grain yield measured in low- and high-yielding environments. *Euphytica*, 64(1–2), 49–58. DOI: 10.1007/BF00023537

СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДРАЖОВАНОГО НАСІННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ

В. В. Поліщук¹, М. С. Колісник¹, А. Ф. Балабак¹, В. П. Миколайко²

¹*Уманський національний університет садівництва*

²*Уманський педагогічний університет ім. П. Тичини*

Дражоване насіння – насіння, яке знаходиться в оболонці наближеній до кулеподібної форми і містить, як правило, окрему насінину, форму і розміри якої більше не видно. Таке насіння призначене для точної сівби. Дражувальні суміші можуть вміщувати інсектициди, фунгіциди, барвники та інші речовини.

Якість дражованого насіння залежить від ряду факторів: розміру фракції насіння до дражування, стану поверхні насіння до дражування [5], маси дражувальної оболонки, її щільності та складу. З метою покращення надходження води до насіння додають солі двох- і трьох валентних металів. В умовах надмірного зволоження та холодної весни за підготовки дражованого насіння при дражуванні використовують штучне покриття "Germaines RVS".

Для проростання насінини і одержання сходів необхідно 150–180% води від її маси. Маса дражованого насіння удвічі більша, ніж недражованого (інкрустованого або протруєного). За даними Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН маса інкрустованого або протруєного насіння становить 13,5–16,0 г, а дражованого – 22,5–28,0 г. Тому, для проростання дражованого насіння потрібно більше води і чим швидше драже вбиратиме відповідну кількість води, тим швидше будуть отримані сходи. Враховуючи великі переваги дражованого насіння, всі провідні фірми світу з селекції і насінництва цукрових буряків постійно проводять інтенсивну науково-дослідну роботу з пошуку нових компонентів для дражування насіння, компоненти та їх співвідношення змінюються практично кожних 2–3 роки. Удосконалення суміш для дражування насіння та процесу дражування завжди було і залишається актуальним.

Метою досліджень було удосконалення дражувальної суміші для створення оболонки насіння цукрових буряків, що забезпечувало б інтенсивне проростання дражованого насіння.

Програмою досліджень передбачено включення в дражувальну суміш абсорбенту, який акумулював би вологу біля насінини та клею для утримання його в суміші драже. Дослідження проводили в Уманському Національному

університеті садівництва та в експериментальному цеху Київського насіннєвого заводу в 2020 р.

Технологія підготовки дражованого насіння включає декілька етапів, а саме: підготовка насіння для дражування (очистка, калібрування, шліфування), створення драпувальної оболонки, наближеної за формою до кулі та інкрустування дражованого насіння. При дражуванні насіння покращується його форма, підвищується точність висіву, зменшуються норми висіву насіння. Дражоване насіння має добру сипучість і не стирається. В дражувальну оболонку можна включати різні стимулюючі речовини, мікроелементи та препарати захисту проростків і молодих рослин від хвороб та шкідників.

Експериментально доведено, що інтенсивність проростання насіння достовірно залежала від вологості ложа (субстрату) для пророщування. На другу добу обліку як в контролі, так і варіантах, де дражували насіння удосконаленою сумішшю кількість пророслого насіння істотно була вищою за вологості ложа, яке створювали кількістю води 30 мл. на одну ростильню порівняно з вологістю ложе, де додавали 20 та 10 мл. води на ростильню

На третю добу пророщування на ложе, яке створювали кількістю води 20 та 30 мл./ростильню достовірної різниці з інтенсивності проростання не виявлено. За пророщування насіння на ложе, яке створене 10 мл. води на ростильню як в контролі, так і в варіантах, де висівали дражоване насіння інтенсивність проростання була значно меншою, порівняно з вологістю ложа з кількістю води 20 та 30 мл./ростильню.

Найменша кількість насіння, яке проросло, було за вологості ложа, де на одну ростильню давали 10 мл. води. За вологості ложа, яке створене додаванням 20 мл. води на одну ростильню кількість пророслого насіння істотно була меншою, ніж за вологості 30 мл. води на ростильню і більшою, ніж за вологості 10 мл. води. За пророщування дражованого насіння за вологості 30 та 20 мл. води на ростильню достовірної різниці з кількості отриманих сходів не виявлено.

За пророщування насіння в дражувальну суміш, якої було включено 30 мл./посівну одиницю (п.о.) клею та 10 г/п.о. абсорбенту на ложе, яке створене додаванням 20 мл. води істотної різниці з кількості насіння, яке проросло через дві доби після сівби не було.

Найбільший вплив на інтенсивність проростання як на другу добу, так і на третю добу пророщування був фактору «вологість ложе», який становив, відповідно – 87,7% та 90,1%.

Вплив фактору «драже» на інтенсивність проростання був незначним.

Висока інтенсивність проростання насіння свідчить не лише про його дружність проростання як в лабораторних, так і в польових умовах, а і впливає на енергію проростання та схожість насіння.

З'ясовано, що включення в дражувальну суміш 10 г/п.о. забезпечило достовірне збільшення енергії проростання та схожості дражованого насіння порівняно з контролем – сірим драже без абсорбенту як за пророщування при вологості ложе, яке формували кількістю води 20 та 30 мл./ростильню. Не

виявлено істотної різниці з цих показників залежно від складу дражувальної суміші. Енергія проростання та схожість дражованого насіння були майже однаковими за включення в суміш 10 г/п.о. абсорбенту та 61 або 30 мл./п.о. клею за пророщуванні з вологістю ложа 20 і 30 мл. води на одну ростильню.

Тобто, включення в дражувальну суміш 10 г/п.о. абсорбенту та 30 мл./п.о. клею забезпечує достовірне збільшення інтенсивності проростання дражованого насіння на 2-й та 3-й дні обліку, а також енергії проростання і схожості як за вологості для пророщування 30 мл. води на одну ростильню, так і за меншої забезпеченості вологою – 20 мл. води на одну ростильню. Це висновок має важливе практичне значення оскільки весною період сівби та отримання сходів характеризується дефіцитом вологи, а в таких умовах за сівби дражованим насінням сходи не дружні і не рівномірні, що впливає на продуктивність цукрових буряків.

Аналіз факторів, які впливали на енергію проростання та схожість показав, що на енергію проростання значний вплив мали як фактор «вологість» – 35%, так і фактор «драже» – 45%. Взаємодія цих факторів також була не малою – 19,5%.

На схожість насіння значний вплив мав фактор «вологість», який становив 78,9%, а вплив фактору «драже» був значно меншим.

З метою підвищення інтенсивності проростання дражованого насіння його енергії проростання та схожості доцільно в дражувальну суміш включати 10 г/п.о. абсорбенту та 30 мл./п.о. клею. що забезпечує достовірне збільшення цих показників як за вологості для пророщування 30 мл. води на одну ростильню, так і за меншої забезпеченості вологою – 20 мл. води на одну ростильню.

Висновок має важливе практичне значення, оскільки весною період сівби та отримання сходів характеризується дефіцитом вологи, а в таких умовах за сівби дражованим насінням сходи не дружні і не рівномірні, що призводить до зниження продуктивності буряків цукрових.

BIOLOGICAL PECULIARITIES OF FORMATION AND CAUSES OF HETEROGENEITY OF MILLET SEEDS

**S. Poltoretskyi¹, V. Bilonozhko², A. Yatsenko¹,
N. Poltoretska¹, A. Berezovskyi¹**

¹*Uman National University of Horticulture*

²*Cherkasy National University named after Bogdan Khmelnytsky*

The maximum realization of the genetic potential of the yield of modern varieties of agricultural crops is possible only when sowing high-quality seeds. A seed is the result of the work done by the plant to prolong the existence of its own species. It is the link that supports the continuity of the plant life on our planet. The

seed contains information on heredity, origin, features of vegetative and generative processes of plants. It has accumulated huge reserves of energy. All this, as well as its size, fullness, weight, place of formation on a parent plant, conditions of agricultural technologies, the environment and other peculiarities determine the basis of productivity of subsequent generations.

Since ancient times, farmers have tried to select the most valuable and quality seeds, subconsciously seeing large grain. So, at the beginning of our era Lucius Columella in his paper "On Agriculture" wrote about the need to select the best seed: "... it is necessary to select the largest and most important grain and preserve them for a new sowing. This method is the best except on the wet and dry soils". Significantly later, with the development of a number of sciences (botany, genetics, selection, embryology, seed breeding, plant growing, agriculture, ecology, morphology, anatomy, physiology, biochemistry of plants, etc.), the assertion about the decisive influence of seeds, its qualitative indicators on the productivity of the next generation became indisputable. According to the results of reports of various scientists, the share of the influence of quality indicators of seeds in the formation of the future harvest is assimilated to such agricultural measures as soil cultivation, fertilization, peculiarities of cropping and harvesting and reaches 20–40 %.

However, the observation of many scientists allowed us to establish that, depending on a number of reasons, even from one plant or ear, comfrey, corn cob, or boll can vary greatly in morphological, anatomical, and physiological-biochemical indicators.

Seed formation is a combination of complex physiological processes which are closely related to the characteristics of fertilization and conditions of the external environment. Thus, a germ is formed as a result of the fusion of genetically and physiologically distinct gametes. In addition, not simultaneous occurrence of morphogenesis phases, the anatomical structure of the conducting system, differences in the activity of the assimilation apparatus, the conditions of nutrition and water supply are the cause of quality heterogeneity of the seed material.

The process of forming and maturing seeds of *Panicum miliaceum* L. millet goes somewhat unusually. Due to the uneven comfrey appearance and the significant duration of flowering, maturing seeds in various parts of it is also uneven. This phenomenon is a consequence of morphogenesis peculiarities of millet plants at the beginning of the vegetation. Thus, A. A. Kornilov (1960) has established that after the appearance of the first leaf there is an extension of the growth apex and around it there are embryonic tubercles of future branches of the comfrey. They are secondary growth apices from which the first laminae, branches and inflorescences. It is characteristic for millet that the second-order growth apices occur only in the lower third of the main apex in such a way that upper branches appear first and have the flowering phase. In turn, each embryotic branch is differentiated, forming spike-like rumpled and acquires a pluripartite form.

Simultaneously with ear formation of upper branches, the formation of new growth apices of ramuluses and their subsequent branches – branches of the third and fourth orders continues. Usually, the lower floral rumple remains underdeveloped, staminal rumpled do not grow in it and in the future are in the form

of thin husks. The upper floral rumple is larger and in the future, in the middle of its flower scales, there will be one central rumple (pistil) and around it there are three staminal rumples. However, there are known cases where, under certain conditions (short daylight hours), two flower ears were developed and two grains were formed. Also, millet species are known in which two grain ears are well inherited. Rarely millet develops multi flower ears (more than three) but only one–two flowers bear.

The ovary of the millet flower is sessile, oval with two receptacles on long stiles. There are two lodicules at the base of the flower. The pollen is round, smooth and light yellow. Spikes of the upper part of the comfrey are developed normally and spikes of the lower part are often underdeveloped with atrophied flowers.

Many scientists studied peculiarities of millet flowering. A. F. Batalin (1887) considered millet to be a cross-pollinated plant because cross-breeding varieties were observed in compatible sowing of different millet varieties. According to the results of many observations under the conditions of Bezenchuk research station S. A. Belov (1914) concluded that millet is an exclusively self-polluting crop. The same opinion was also observed by S. V. Levitsky (1917) which special studies show that 95–100 % of grain setting under the conditions of comfrey isolation and cross-pollination is possible only due to small insects. K. Frovirts (1985) admitted the possibility of self-pollination, as well as cross-pollination of millet, that is, it is an optional self-pollinator. Later this conclusion was confirmed by other scientists.

The degree of cross-pollination depends on the duration and nature of flowering, as well as the conditions for millet growth. Thus, according to some scientists, under the conditions of Kyiv region, the proportion of grain setting after cross-pollination did not exceed 1 % and in the East of Ukraine it increased to 10–12 %. According to other scientists, under the conditions of Kinel breeding station, cross pollination reached 10 % or more and this type of pollination increased in warm and arid conditions with weak winds.

Subsequent studies have made it possible to clarify which conditions provide exclusively self-pollination and when partial cross-pollination is possible. Summarizing these studies, as well as the results of his own observations, A. V. Vatagin (1960) depending on the weather conditions and the nature of flowering, he identified three types of pollination:

- pollination in a closed flower which occurs in the cloudy cool weather (typical self-pollination);
- pollination occurs under favorable conditions of the warm and sunny weather, pollinums are thrown outside floral scales and after their cracking the pollen is freely dispersed (both types of pollination are possible);
- pollination under moderately favorable weather conditions, when, during flowering, pollinums are cracked quickly and the pollen basically falls on the snout of its own pistil (predominantly self-pollination).

The closure of flowers occurs regardless of whether pollination has occurred or not. Repeatedly millet flowers are not disclosed. The duration of flowering of a single flower, depending on the air temperature and the degree of its readiness for flowering, usually lasts from 3–5 to 20–40 minutes.

The first flowers on the comfrey bloom in 2–5 days in the upper part of it and

then it spreads downwards. Studies by L. M. Aseyeva (1940) found that in the warm dry and sunny weather, flowering of early and middle-aged varieties begins on average on the second–fourth day after comfrey appearance, flowering of late ripening varieties is on the fourth–sixth day and flowering of very late ripening varieties is on the fifth–eighth day. Pollinium cracking takes place on average 0.5–3.0 minutes after flowering and lasts 1–2 minutes, after which they quickly dry.

The average flowering time of a single comfrey is 6–20 days. At first single buds are blooming and the maximum flowering is observed on the fifth–eighth day. During mass flowering in one day, there are 50–80 buds; sometimes their number reaches 150 flowers. The total plant can have from 300 to 3000 flowers.

Depending on the temperature, during the day millet begins to bloom from 8 to 15 hours. Under the conditions of Kyiv region, the greatest intensity of flowering starts from 11–13 hours, under the conditions of Kharkov it is 10–11 hours and in Vesely Podil it is from 11–12 hours of the day.

Usually, the flowering of all millet plants in the field occurs almost simultaneously and lasts 10–30 minutes. In most cases, millet blossoms at very low temperature fluctuations (20–27 °C) but with significant fluctuations in relative humidity (40 to 70 %). However, there are reports that its flowering is possible at relatively low temperatures of 13–18 °C (Kharkiv region) and extremely high temperatures – 36–41 °C (Kazakhstan). At the same time, taking into account the varietal characteristics, scientists concluded that under the conditions of Forest-Steppe and Polissia, early ripening varieties bloomed at low temperatures (16–19 °C) and ceased to bloom at 25–28 °C. Drought-tolerant Volga and Kazakhstan varieties under the conditions of Steppe zone require about 25 °C to start flowering and cease to bloom only at temperatures above 40 °C.

The observations made by B. V. Yezhov (1947) allowed us to establish that even for a weak wind (1–2 m/s) about 7 % of the pollen is transferred to the distance of 500–700 m from sowing and with an increase in speed to

4.0–4.5 m/s its quantity is increased to 10 % and is transferred to the distance up to 600 m. The author concludes that there is a probability of not only free intravarietal re-pollination but also the threat of intravarietal transpollination under hot weather conditions. Therefore, during sowing of different millet varieties in the plots, it is necessary to have the spatial isolation.

It should also be taken into account that physiologically mature millet flowers open not only under the influence of temperature changes but also from mechanical irritation (for example, rain drops). Knowing this feature, it is recommended to call it artificially (by pulling the rope over crops) to accelerate and increase the mass of flowering. The use of additional artificial millet pollination increases the yield by 1.5–3.0 c/ha.

Under favorable conditions germination of pollen takes place immediately after its penetration on the pistil and after 30–60 minutes, pollen tubes are already reaching the embryo sac and fertilization is in progress. The pollen, which did not fall on the pistil after 15–30 minutes, loses its ability to sprout.

The maturation phase consists of three stages: the first stage is the formation of the germ, the second stage is the formation of the endosperm and the accumulation

of nutrients in it and the third phase is the loss of moisture and maturation.

The first stage begins in one day (20–24 hours) after pollination. After 7–10 days, the germ is so mature that it can sprout, although the seed does not have the endosperm and is not filled. Filling lasts 18–24 days after fertilization. Due to not simultaneous flowering, the period of seed formation in a separate comfrey is quite long in time and can last from 25 to 30 days.

The heaviest and largest seed is formed in the upper part of the comfrey. There are other 15–20 days from the beginning of seed maturing in the upper part of the comfrey to its full ripeness in the lower part. In addition, the maturation period can be extended even due to not simultaneous formation of comfrees on individual stems of the plant. Therefore, the total duration of the period from comfrey appearance to economic maturity on average lasts 45–50 days. Such inconsistency in maturing grain from different parts of the comfrey causes a significant difference in the yield properties and seed qualities of millet seeds.

Thus, studying processes of maturing and accumulation of dry matter by grain from different parts of the comfrey allowed us to establish that the upper part of the comfrey forms the largest thousand-kernel weight and fully ripens but its share in the total comfrey weight is only 10–20 % (depending on the variety and the ecological group). The middle part of the comfrey is less productive and with lower thousand-kernel weight (80–90 % of thousand-kernel weight from the upper part) but its share in the harvest is about 60 %. In total, this amount of grain (70–80 %) and is the basis of the harvest. In the lower part of the comfrey (20–30 %), thousand-kernel weight is only 60 % of the thousand-kernel weight from the upper part of the comfrey and usually does not mature. Moreover, according to the observations of scientists, these indicators changed slightly, depending on the weather conditions of the year. Therefore, A. F. Yakimenko (1973) concludes that to reduce the period of ear emergence and achieve simultaneous maturing can be carried out only selectively and not by agricultural measures.

Due to not simultaneous maturing of seeds in different parts of the comfrey, harvest time, as well as the duration of post harvest maturing, are important in forming the level of its qualitative indicators. It is found that the duration of this period for millet is on average 12–15 days and under the conditions of optimal drying on the 15-th day its laboratory germination with 30–40 % of seeds (5-th day) increases to 95 % of seeds. This feature needs to be taken into account for the accelerated reproduction of several generations in the selection process.

Millet is characterized by its ability to fall. This is due to the structure of ears which scales hold ripe slippery grain weakly. Delays in harvesting and adverse weather conditions strengthen falling. Observations have shown that seeds from the upper part of the comfrey fall basically, that is, the most productive part of the harvest may be lost.

The research has established a significant dependence of yield properties of millet seeds on its physical characteristics. So, in growing Rubin 2 millet variety, the largest and heaviest fraction of seeds provided the best yields which was selected on a sieve with holes of 2.0 mm and thousand-kernel weight of 8.5 g and the smallest seeds from sieves of 1.8 mm gave the worst yields and thousand-kernel weight was

7.9 g. Accordingly, the advantage of the largest fraction in terms of yield was 2.2 c/ha or 15 %. Such data once again confirm the assertion about the size and weight of its seed material for millet, as a small seed crop.

Millet caryopsis is false chaffy caryopsis of a glomerular, oval or elongate shape with a ratio of width to length, respectively, 0.9; 0.8 and 0.75. The caryopsis consists of the endosperm, germ, membranes and flower husks. The germ is placed in the bottom of the grain and occupies about 25 % of its volume. Thousand-kernel weight varies from 4 to 10–11 g (diploid and tetraploid forms) but can reach 10–14 g (hexa- and octaploid forms). Husk content varies from 10 to 20 %, although in individual forms it can reach 30 %. Depending on the characteristics of grain processing there are two types of groats: whole millet (the kernel released from flower and partly from fruit seed scales and germ); crushed millet (quite large crushed kernels – by-product of whole millet). The harder the grain is, the less crushed millet is obtained. Considerable hardness is characteristic for varieties with vitreous grain endosperm.

Millet contains, on average, 11.5–12.0 % protein, although there are forms characterized by its increased content to 16 and even 20–23 %. Millet proteins are complete, containing 19 amino acids, among which are threonine, valine, leucine, lysine and histidine. The starch content averages 81.0–83.5 % and consists mainly of amylase (20 %) and amilopectin (80 %). However, there are millet varieties in the production which have only amylopectin (sticky varieties) in the grain starch. Growing such varieties is of great practical importance for the food, paper, textile and alcohol industries. Also, millet contains fatty acids (linoleic and palmitic acids), enzymes (amylase, maltose, lipase and catalase) and vitamins (B₁, B₂, B₅, B₆ and E) and others. By the content of vitamins B₁ and B₂ millet grain is almost twice as high as other cereals.

The content of chemical compounds in millet grain depends on varietal characteristics and growing conditions. Studies have found that the chemical composition of millet grain depends on the geographic factor (when moving its crops from west to east and from north to south the protein content increased and starch content decreased).

In addition, the change in the chemical composition of millet grain is also influenced by the weather conditions of the year of harvesting. Thus, in dry years, the protein content, as well as vitamin B₁ in grain and amylase in starch increases, as well as the overall starch content decreases. The fat accumulation, which content in millet grain on average is 3.8–5.0 %, is promoted by high humidity and moderate temperature regime.

There are significant differences comparing millet with other cereals and in the initial phases of growth and development of plants after falling seeds into the soil. So, it requires for germination only 25–34 % of water from its dry mass. The structure and development of millet root system is typical for plants which photosynthesis in the CALVIN cycle runs on C₄ type. Unlike the first group, millet seeds sprout only with one germinal root which does not die before the end of the plant vegetation and provides some minimum yield. However, the maximum grain yield of millet is determined by the number of nodal (real) roots that grow

simultaneously with the germinal one. First, there are roots from the first lowest node, then from the second, third one and so on. The bulk of the root system is located in the layer of soil of 70–90 cm. However, under favorable conditions (deep plowing), it can reach 120–130 cm and absorb moisture from the soil when its contents are close to the limit of the dead stock. The period of its maximum development is on the second half of tillering phase-the beginning of panicle emergence. At this time, millet root system by its weight is much more developed, compared with such spring crops as buckwheat and wheat, yielding only barley and oats.

These features of biology and morphology of seeds and millet plants determine the significant heterogeneity of its seed material. Knowledge and understanding of these features, as well as physiological processes occurring in seeds and plants, will optimize conditions of agricultural technology of millet crops. Full seeds have better optimized metabolism and significant reserves provide more vigorous germination. Under unfavorable conditions for longer periods of time, plants developing from such seeds do not have autotrophic feed and in the future ensure not only the maximum yield but also seeds of better quality.

ВМІСТ БІЛКА У ЗЕРНІ НОВОСТВОРЕНИХ ПОПУЛЯЦІЙ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

І. О. Полянецька, В. В. Любич, Ж. М. Новак, М. О. Макаrchук

Уманський національний університет садівництва

Прийнявши від народної селекції на початку 20 століття сорти злаків з урожайністю 7 ц/га, наукова селекція створила в кінці століття сорти злаків із генетичним потенціалом продуктивності 100 ц/га. На даному етапі розвитку сільського господарства України створення високоврожайних форм пшениці з високим вмістом білка у зерні є першочерговим завданням [1].

У дослідженнях 2019–2020 років вивчалися популяції пшениці і порівнювали їх з вітчизняним сортом пшениці м'якої озимої Подолянка.

Для вивчення нових номерів пшениці озимої, одержаних від схрещування *Triticum aestivum* L. / *Triticum spelta* L. — висівали у контрольному розсаднику. Досліджували номери F_4 – F_5 і сорти пшениці озимої Подолянка, Зоря України висівали у чотирьох повтореннях. Густота рослин становила 5 млн./га. Загальна площа ділянки у досліді становила 5 м² з послідовним розміщенням ділянок.

Всі найважливіші процеси людини (обмін речовин, здатність рости і розвиватися, розмноження) пов'язані з білками. Білки пшениці є повноцінними за амінокислотним складом, містять усі незамінні амінокислоти – лізин, триптофан, валін, метіонін, треонін, фенілаланін, гістидин, аргінін, лейцин, ізолейцин, які добре засвоюються людським організмом. Проте у складі білків недостатньо таких амінокислот, як лізин, метіонін, треонін, тому

поживна цінність пшеничного білка становить лише 50% загального вмісту білка. Це означає, наприклад, що при вмісті білка в зерні 14% ми використовуємо його лише 7%. Тому так важливо вирощувати високобілкову пшеницю [2].

Одним із найбільш важливих показників оцінки якості зерна у пшениці озимої є вміст білка. Тому проблема поліпшення якості її зерна перш за все зводиться до збільшення вмісту білка. Особливу актуальність вона набула в останні роки на фоні істотно помітного зниження його вмісту у зерні пшениці озимої у сільськогосподарському виробництві [3].

Вміст білка за роки досліджень у сортів Подолянка і Зоря України становив 13,22 та 22,6%.

У популяції цей показник коливався в межах від 13,2 до 15,9%. Найвищий вміст білка становить 15,9% і відмічений у номера 83/19. Його різниця із показниками сорту Подолянка та пшеницею спельтою становила відповідно 2,7 та 6,7%. Найменше значення встановлено у зразків 84/19 і 86/19 – 13,2 т/га. У решти популяцій вміст білка дорівнював 14,4–15,2%.

За роками була відмічена деяка різниця, проте не значна, оскільки у 2019 році спостерігалось досить відчутне ураження хворобами. Так, у 2019 році у зерні сорту пшениці м'якої озимої Подолянка і сорту плівчастої пшениці спельти Зоря України сформувався білок обсягом – 13,5 та 23,0%.

Серед популяцій цей показник знаходився на рівні 13,4–16,3%. Істотно більші значення порівняно з сортом пшениці м'якої, відмічені у більшості номерів 83/19, 88/19, 90/19 і 94/19. У зразка пшениці озимої 86/19 вміст білка становив 13,6%, тобто різниця з показником пшениці м'якої була не істотною. Номер 84/19 сформував найменший вміст білка – 13,4%, проте також із несуттєвою різницею (0,1%).

У 2020 році показник вмісту білка у сортів Подолянка, Зоря України та досліджуваних номерів становила відповідно 12,9, 22,1 і 12,7–15,5%. Найменше значення – 12,7% – відмічено у популяції 86/19. Високий відсоток – 15,5 – у зразка 83/19. Решта гібридних популяцій за досліджуванним показником знаходилась в межах від 13,0 до 14,8%, що перевищувало значення у сорту пшениці м'якої на 0,1–1,9%.

У середньому за два роки показник збору білка у сортів батьківських форм Подолянка і Зоря України та популяцій пшениці м'якої становив відповідно 810, 1082 і 769–1084 кг/га. Найбільший збір білка відмічено у 83/19 номера, який становить 1084 кг/га, що більше за значення стандартів.

Найнижче значення у номера 94/19 становить 769 кг/га. У решти досліджуваних популяцій збір білка дорівнює 830–1063 кг/га.

У 2019 році збір білка загалом був меншим ніж у наступному, 2020 році, що було зумовлено погодними умовами. Так, найбільший показник встановлено у популяції пшениці 83/19 – 1046 кг/га, що перевищило сорт пшениці м'якої Подолянка і спельти Зоря України на 35%, тобто перевищення істотне. Суттєво більші значення за показник сорту Подолянка встановлені у номерів 84/19, 88/19, 90/19, що становили 977–1026 кг/га. Найменший показник відмічено у зразка 94/19 – 680 кг/га.

У 2020 році у сортів Подолянка і Зоря Україна збір білка становив відповідно 844 і 1180 кг/га. Найвищий показник відмічений у популяції пшениці 84/19 – 1063 кг/га, що істотно було вище за значення сорту пшениці м'якої на 219 кг/га. Найменший показник зразка 94/19 становить 858 кг/га. У решти популяцій пшениці збір білка коливався від 859 до 1044 кг/га.

Таким чином, найвищий вміст білка становить 15,9% і відмічений у номера 83/19. Його різниця із показниками сорту Подолянка та пшеницею спельтою становить відповідно 2,7 та 6,7%. Найбільший збір білка відмічено у 83/19 номера, який становить 1084 кг/га, що більше за значення сорту Подолянка на 34%.

Література

1. Моргун В. Хлібний достаток і продовольча безпека. Світ. 2014. № 35–36 (вересень). С. 2–3.
2. Мацибора В. І. Економіка сільського господарства. К.: Вища школа, 1994. 258 с.
3. Гасанова І. І. Особливості формування якості зерна пшениці озимої в північному Степу України. Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва. Дніпропетровськ, 2007. №31–32. С. 177–180.

ОЦІНКА ГЕНЕТИЧНОЇ РІЗНОМАНІТНОСТІ *GLI-1* ЛОКУСІВ У СУЧАСНИХ УКРАЇНСЬКИХ СОРТАХ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ

Ю. А. Попович¹, О. М. Благодарова², С. В. Чеботар^{1,2}

¹ Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

² Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насінництва і сортовивчення

e-mail: s.v.chebotar@onu.edu.ua

Гліадини і глютеніни – основні запасні білки ендосперму пшениці м'якої. Вони є багатими на пролін та глутамін і відіграють важливу роль в забезпеченні зародка нітрогеном та сульфуром при проростанні. Крім цього мономерні гліадини та полімерні глютеніни формують глютеновий комплекс, який впливає на хлібопекарську якість борошна, зокрема еластичність та сила забезпечується глютенінами, а в'язкість та розтяжність – гліадинами (Созинов, 1985).

Високополіморфні гліадинові гени локалізовані в шести основних локусах – *Gli-A1*, *Gli-B1*, *Gli-D1* та *Gli-A2*, *Gli-B2*, *Gli-D2* у першій та шостій гомеологічній групі хромосом та декількох мінорних. За амінокислотною послідовністю та електрофоретичною рухливістю гліадини розділяють на α -, γ -, δ -, ω -гліадини, з яких три останні закодзовані у *Gli-1* локусах (Wrigley et al., 1973; Payne et al., 1982; Anderson et al., 2012).

Кожен гліадин-кодуєчий локус залежно від сорту пшениці містить різну кількість генів та псевдогенів, які успадковуються зчеплено і називаються

алельним варіантом. Методом електрофорезу в кислому поліакриламідному гелі Поперелею та ін. (1980) було показано високий поліморфізм алельних варіантів гліадинів та розроблено першу номенклатуру. Пізніше з'явилася більш популярна сьогодні міжнародна класифікація за Е.В. Метаковським, де на даний момент визначено щонайменше 74 алельних варіанти для *Gli-1* локусів, у якій в деяких алельних варіантах *Gli-A1* враховуються також гліадини мінорних *Gli-A5* та *Gli-A6* локусів (Metakovsky et al., 2018).

З розвитком методів молекулярної біології, та секвенування авторами Zhang et al. (2003) було розроблено алель-специфічні до SNP праймери для послідовностей псевдогенів *Gli-A1*, *Gli-B1* і гена *Gli-D1* з локусу, які призначалися для ідентифікації, зчеплених з ними *Glu-3* локусів. Поліморфізм даних маркерів було показано на 50 австралійських сортах (Zhang et al., 2018) та 18 українських сортах та лініях пшениці м'якої (Polischuk et al., 2010).

Гліадини сучасних українських сортів досліджені недостатньо, тому метою даної роботи було дослідити поліморфізм *Gli-1* локусів у сучасних українських сортів та ліній пшениці м'якої за допомогою електрофорезу запасних білків та ПЛР з алель-специфічними праймерами.

Матеріали і методи. У дослідженні використовували 41 сучасний український сорт пшениці м'якої із наступних селекційних центрів: Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (11 сортів), Білоцерківська дослідно-селекційна станція (9 сортів), Носівська селекційно-дослідна станція (7 сортів), Полтавська державна аграрна академія (5 сортів), Інститут зрошуваного землеробства НААН України (4 сорти), Донецький інститут агропромислового виробництва (2 сорти), науково-виробнича фірма «Дріада» (1 сорт). Електрофорез гліадинів, екстрагованих з половинки зернівки, проводили в кислому поліакриламідному гелі за методикою Поперелі (1989). З іншої половинки зернівки здійснювали екстракцію ДНК СТАВ методом (Doyle et al., 1990). ПЛР проводили з використанням алель-специфічних праймерів, що розроблені Zhang et al. (2003) до *Gli-A1*, *Gli-B1*, *Gli-D1* локусів. Продукти ампліфікації фракціонували у 7% поліакриламідному гелі та фарбували нітратом срібла згідно рекомендацій Promega (1999). Розмір фрагментів ампліфікації визначали у програмі GelAnalyzer.

Результати. Методом електрофорезу в кислому ПААГ у сучасних українських сортів було виявлено п'ять алельних варіантів гліадинів *Gli-A1* локусу (GLD-1A2, GLD-1A3, GLD-1A4, GLD-1A5, GLD-1A10), п'ять – *Gli-B1* локусу (GLD-1B1, GLD-1B2, GLD-1B3, GLD-1B4, GLD-1B15) та сім – *Gli-D1* локусу (GLD-1D1, GLD-1D2, GLD-1D2+K, GLD-1D4, GLD-1D4в, GLD-1D5 та новий алель, якій раніше не зустрічався). Гетерогенними виявилися: лінія Л59/95 (GLD-1A4+GLD-1A10), сорти Білосніжка (GLD-1A2+GLD-1A4), Левада (GLD-1B1+GLD-1B3, GLD-1D2+GLD-1D4), Миронівська 61 (GLD-1B3+GLD-1B1, GLD-1D1+GLD-1D4) та Соната (GLD-1D4+GLD-1Dнов), що становить 12% від дослідженої вибірки.

За результатами ПЛР з алель-специфічними праймерами у 30 сортів пшениці було знайдено *Gli-A1.1* алель, в десяти сортах – *Gli-A1.2* алель та один гетерогенний сорт Миронівська 61 мав алелі *Gli-A1.1* і *Gli-A1.2*. По *Gli-B1*

локусу у 17 сортів з житньо-пшеничними транслокаціями жодних продуктів ампліфікації не виявлено, в інших сортах спостерігався поліморфізм не тільки за наявністю-відсутністю продукту ПЛР, але й за його розміром, що спричинене мікросателітним повтором у послідовності, що ампліфікується. Таким чином 18 сортів характеризувалися *Gli-B1.1* алелем з фрагментами ампліфікації розміром 369 п.н., *Gli-B1.2* алель виявлений лише у двох сортів з розміром фрагментів ампліфікації 397 п.н. (Говтва та Л 59/95) та один сорт Білоцерківська напівкарликова характеризувався продуктом ампліфікації – 409 п.н. Сорти Левада та Миронівська 61 були гетерогенні по *Gli-B1* локусу. По *Gli-D1* локусу, у дев'яти сортів зустрічався *Gli-D1.1* алель, гетерогенними були Соната, Царичанка та Сидор Ковпак, інші 29 характеризувалися *Gli-D1.2* алелем. Загалом за результатами ПЛР, гетерогенність виявлена також у 12% досліджених сортів.

У таблиці наведена відповідність між алельними варіантами гліадинів та алелями визначеними в ПЛР з праймерами, розробленими Zhang et al. (2003). Усі сорти з алельним варіантом GLD-1A2 характеризувалися *Gli-A1.2* алелем, а сорти з GLD-1D1 алельним варіантом – *Gli-D1.2* алелем (крім сорту Кларіса). Також чіткий розподіл спостерігається і по *Gli-B1* локусу, як було описано раніше (Porovych et al., 2020).

Відповідність алелів *Gli-1* локусів, визначених за допомогою алель-специфічних праймерів та алельних варіантів гліадинів

Генотип	Алельний варіант
<i>Gli-A1.1</i>	GLD-1A4, GLD-1A5
<i>Gli-A1.2</i>	GLD-1A2
<i>Gli-A1.1</i> або <i>Gli-A1.2</i>	GLD-1A3, GLD-1A10
<i>Gli-B1.1</i> - / <i>Gli-B1.2</i> -	GLD-1B3
<i>Gli-B1.1</i> (369 п.н.)	GLD-1B1
<i>Gli-B1.2</i> (397 п.н.)	GLD-1B4, GLD-1B15
<i>Gli-B1.2</i> (409 п.н.)	GLD-1B2
<i>Gli-D1.1</i>	GLD-1D2+K, GLD-1D5, GLD-1D1 (Кларіса)
<i>Gli-D1.2</i>	GLD-1D1
<i>Gli-D1.1</i> або <i>Gli-D1.2</i>	GLD-1D4в, GLD-1D2, GLD-1D4, GLD-1Dнов

Щодо гетерогенних сортів, то цікавим є те, що не всі гетерогенні по алельним варіантам гліадинів сорти є гетерогенними по результатах ПЛР з алель-специфічними праймерами, що розроблені Zhang et al. (2003), і навпаки. Наприклад, Миронівська 61 та Левада характеризуються GLD-1D1+GLD-1D4 та GLD-1D2+ GLD-1D4 алельними варіантами гліадинів відповідно, але мають *Gli-D1.2* алель. Або ж гетерогенні за результатом ПЛР по *Gli-D1* Царичанка і Сидор Ковпак є гомогенними по алельному варіанту гліадинів (GLD-1D4в, GLD-1Dнов відповідно).

Висновок. Поліморфізм *Gli-A1* та *Gli-B1* локусів у сучасних українських сортах представлений п'ятьма алельними варіантами гліадинів, а *Gli-D1* – сімома. За ПЛР-аналізом переважають *Gli-A1.1*, *Gli-B1.1* (369 п.н.) та *Gli-D1.2*

алелі, які відповідають GLD-1A4 та GLD-1A5, GLD-1B1 та GLD-1D1 алельним варіантам гліадинів, відповідно. Гетерогенність за дослідженими локусами спостерігалася у 12% сортів, що вивчалися.

Література

1. Поліщук, А. М., Чеботар, С. В., Благодарова, О. М., Козуб, Н. А., Созинов, І. А. & Сиволап Ю. М. (2010) Аналіз сортів та майже-ізогенних ліній м'якої пшениці за допомогою ПЛР з алель-специфічними праймерами до *Gli-1* та *Glu-3* локусів. *Цитол. і генет.*, 44 (6), 22–31.
2. Попереля, Ф.А. Полиморфизм глиадин и его связь с качеством зерна, продуктивностью и адаптивными свойствами сортов мягкой озимой пшеницы. Селекция, семеноводство и интенсивная технология возделывания озимой пшеницы. (1989) *Агропромиздат*, 138–150.
3. Созинов, А. А. (1985) Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции. *Наука*, 272 с.
4. Anderson, O.D., Dong L., Huo N. & Gu Y.Q. (2012) A new class of wheat gliadin genes and proteins. *PLoS One*, 7(12), e52139. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052139>.
5. Doyle, J.J. & Doyle J.L. (1990) Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, 12, 13–15.
6. Metakovsky, E., Melnik, V. A., Rodriguez-Quijano, M., Upelniek, V.P. & Carrillo J.M. (2018) A catalog of glidin alleles: Polymorphism of 20th-century common wheat germplasm. *Crop J.*, 6, 629–641.
7. Payne, P.I., Holt, L.M., Lawrence, G.J., Law, C. N. (1982) The genetics of gliadin and glutenin, the major storage proteins of the wheat endosperm. *Plant Food Hum Nutr*, 31, 229–241.
8. Popovych, Y., Chebotar, S., Melnik, V., Rodriguez-Quijano, M., Pascual, L., Rogers, W., & Metakovsky, E. (2020). Congruity of the polymorphisms in the expressed and Noncoding parts of the *Gli-B1* locus in common wheat. *Agronomy*, 10(10), e1510. <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/10/1510>.
9. Promega Technical Manual. (1999) *Gene Print. STR Systems. Printed in USA. Revised*, 7, 52 P.
10. Sozinov, A.A. & Poperelya, F.A. (1980) Genetic classification of prolamins and its use for plant breeding. *Ann. Technol. Agric*, 29, 229–245.
11. Wrigley, C. W. & Shepherd, K. W. (1973) Electrofocusing of grain proteins from wheat genotypes. *Ann N Y Acad Sci.*, 209:154–162.
12. Zhang, W., Gianibelli, M. C., Rampling, Ma. L. & Gale, K. R. (2003) Identification of SNPs and development of allele-specific PCR markers for γ -gliadin alleles in *Triticum aestivum*. *Theoretical and Applied Genetics*, 107, 130–138.

ОЦІНКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ СОНЯШНИКУ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ГІБРИДІВ КОНДИТЕРСЬКОГО НАПРЯМКУ ВИКОРИСТАННЯ

І. О. Ракул, В. В. Коваленко

Уманський національний університет садівництва

Використання соняшнику у кондитерській промисловості є важливим напрямком в харчовій галузі. У світовому виробництві на частку великоплідних сортів і гібридів культури припадає понад 5% посівних площ. Існує стабільний попит як на обрушене, так і на ціле насіння крупноплідного соняшнику [1].

За розширення використання насіння соняшнику в кондитерській галузі виникають нові вимоги до сортів і гібридів цієї культури [2]. Існують вимоги до якісних показників зразків соняшнику відповідно до реєстрації сортів і гібридів кондитерського напрямку:

- маса 1000 насінин – не менше 80 г;
- вміст протеїну – не менше ніж 19%;
- олійність – не вище 42% [3].

Крупність сім'янки служить основним критерієм, що дозволяє відокремлювати культурний соняшник від дикорослого. На думку деяких вчених, саме селекція на збільшення розміру сім'янки зіграла основну роль в еволюції соняшнику як культурної рослини. Селекція в цьому напрямку триває і в наш час, але значною мірою тільки в створенні кондитерських і лузальних сортів соняшнику [4].

На вирішення комплексу задач, пов'язаних зі створенням вихідного матеріалу і селекцією ліній і гібридів кондитерського соняшнику, що відповідають всім сучасним вимогам, і були спрямовані наші дослідження.

Скринінг рівня прояву господарсько-цінних ознак у зразків соняшнику проводили на дослідній ділянці кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології Уманського національного університету садівництва.

Облік морфологічних та господарсько-цінних ознак проводили на 30 рослинах за густоти 40 тисяч рослин на гектар. Ділянка дворядкова площею 4,9 м².

Для розподілу зразків за крупноплідністю використовували показник кількості насінин в одному літрі, який розраховується за формулою [4]:

$$K=(\gamma/\rho)*1000$$

де К – кількість насінин в одному літрі, шт/л;

γ – об'ємна маса, г/л;

ρ – маса 1000 насінин, г.

Цей показник дозволяє диференціювати сорти і гібриди соняшнику за розміром насінини:

- < 5,5 тисяч насінин в 1 л – крупноплідні сорти;
- 5,6 – 7,0 тисяч насінин в 1 л – середньоплідні;
- 7,1 і більше – дрібнонасінні.

У дослідженнях аналізували сорти і гібриди соняшнику кондитерського напрямку використання СПК, Лакомка, Універсал, Щелкунчик та Орешек.

Показник кількості насіння достовірно відображає різницю між сортами за крупністю насіння (табл. 1). Максимальну кількість насіння зафіксовано у сорту Лакомка – 3884 шт/л і Універсал 3927 шт/л. Вказані зразки мали найменше насіння серед досліджуваних зразків 1,3 см та 1,2 см відповідно. Середні значення мав сорт СПК – 3772 шт/л. з довжиною насінини 1,5 см. Найменшу кількість сім'янок на один літр і в той же час найкрупніше насіння (1,7 см) мали сорт Орешек і Щелкунчик 3428 шт/л і 3516 шт/л, відповідно.

Господарсько-цінні ознаки сортів соняшнику кондитерського напрямку використання

Сорто-зразок	Маса 1000 насінин, г	Об'ємна маса насіння, г/л	Кількість насіння на 1 л, шт	Довжина насіння, см	Олійність, %	Лушпинність, %	Урожайність, т/га
СПК	98,5	368,0	3772	1,5	47,3	32,3	4,2
Лакомка	100,5	352,2	3884	1,3	48,1	29,3	3,5
Універсал	110,0	332,4	3927	1,2	39,6	30,2	3,6
Щелкунчик	92,5	330,3	3516	1,7	44,1	28,1	4,4
Орешек	98,6	357,1	3428	1,7	45,6	27,0	4,5

У досліджуваних сортів кількість насінин на один літр не перевищує 5,5 тис., тому їх віднесено до крупноплідних зразків.

Урожайність – основна ознака, завдяки якій новий сорт або гібрид може набути поширення в виробництві. Найвищі показники урожайності відмічено у сортів Орешек (4,5 т/га) і Щелкунчик (4,4 т/га). Дещо поступається їм сорт СПК – 4,2 т/га. Мінімальні значення врожайності зафіксовано у сортів Лакомка та Універсал 3,5 та 3,6 т/га, відповідно. Необхідно відзначити, що врожайність залежить від багатьох складових і значною мірою варіює при зміні умов навколишнього середовища.

Отже, відібрані зразки є крупноплідними і можуть використовуватися для створення і поліпшення вихідних матеріалів соняшнику кондитерського напрямку використання.

Література

1. Леонова Н. М. Селекція соняшнику на використання ефекту гетерозису в гібридів F₁ кондитерського типу: дис. канд. с.-г. наук. Харків, 2017. 202 с.
2. Драган Шкорич, Джеральд Дж. Сейлер, Жао Лью [и др.]. Генетика и селекция подсолнечника / Международная монография. Сербская академия наук и искусств. Ассоциация «Селекция и семеноводство подсолнечника» г. Харьков. НТМТ. 2015. 540 с.
3. Обыдало Н. Д. Селекция линий и гибридов подсолнечника кондитерского направления: дис. канд. с.-х. наук. Краснодар, 2014. 107 с.
4. Мамонов А. И. создание крупноплодного селекционного материала подсолнечника кондитерского, грызового и масличного направления: автореферат дис. канд. с.-х. наук. Краснодар, 2007. 23 с.

МЕЖВИДОВАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

С. Г. Ротарь, С. И. Лятамбург, А. И. Горе

Институт Генетики, Физиологии и Защиты Растений

e-mail rotari.1960@mail.ru

Основные задачи селекции озимой твердой пшеницы в Молдове заключаются в создании высокопродуктивных, зимостойких, засухоустойчивых, жароустойчивых, неполегаемых и иммунных к фитозаболеваниям сортов с отличными технологическими качествами зерна. В наших исследованиях основным методом создания исходного материала является метод внутривидовой ступенчатой гибридизации. Однако генетический потенциал хозяйственно-ценных признаков при внутривидовой гибридизации имеет определенный предел. Для обогащения генотипа твердой пшеницы новыми полезными признаками, которые мы не можем передать от твердой пшеницы такие как зимостойкость, устойчивость к фузариозу колоса, используется метод межвидовой гибридизации. Данный метод позволяет получать генетически обогащенные гибридные популяции, с возможностью выделения линий с новыми трансгрессивными признаками, отсутствующими у исходных форм [1, 2].

Одним из начальных этапов селекции при межвидовой гибридизации является получение жизнеспособных гибридных семян и высокоплодовитых гибридов первого поколения. В связи с этим, в работе по межвидовой гибридизации приходится встречаться со значительными трудностями, связанными в основном с нескрещиваемостью или трудной скрещиваемостью видов, с бесплодием или слабой плодовитостью гибридных растений [3, 5].

Первый этап – это подбор исходного материала, второй – формирование и отбор наиболее ценных форм и третий – оценка лучших отобранных форм по хозяйственно-ценным признакам и биологическим особенностям и выделение перспективных сортов.

Первый и второй этапы в значительной мере определяют успех селекционной работы, так как на основе использования существующих форм растений создаются новые формы, которые по продуктивности и другим качествам должны быть лучше имеющихся сортов озимой пшеницы [4].

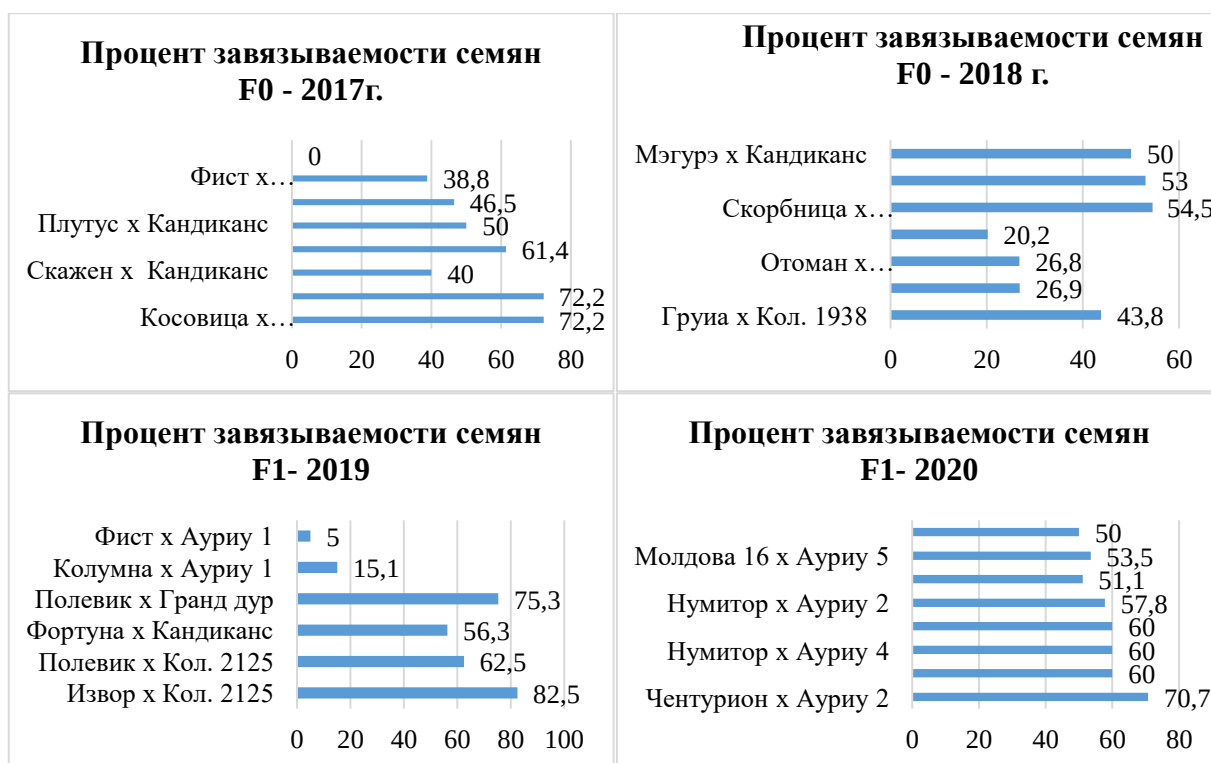
Материалы и методы. Опыты были посеяны на полях Института Генетики, Физиологии и Защиты Растений Республики Молдова. Для создания и улучшения новых форм озимой твердой пшеницы использовали межвидовые скрещивания. В качестве исходного материала были взяты районированные сорта озимой твердой, мягкой пшеницы и самые хорошие сорта из мировой коллекции. В качестве стандарта мы использовали сорт Гордейформе 335.

Гибриды F_1 высевали в поле с родительскими формами по схеме $P_1F_1P_2$, а гибриды второго поколения (F_2) – без родительских форм. Уборку проводили вручную, выдергиванием растений с корнями.

Результаты и обсуждения. В целях создания более продуктивных, зимостойких и неполегающих форм и сортов озимой твердой пшеницы

проводили межвидовые скрещивания, которые по комплексу биологических особенностей и хозяйственных признаков были на уровне лучших сортов озимой мягкой пшеницы.

В качестве родительских форм в скрещиваниях использовали сорта озимой твердой пшеницы нашей селекции: Ауриу 273, Кишинэу 11, Гордейформе 333, 335, 340, Кристалл 2, Леукурум 2224 и сорта озимой мягкой пшеницы: Одесская 117, Ватра, Молдова 16, Змина, Таня и другие, которые характеризуются высокими ценными признаками. На основании изучения исходного материала по ценным признакам были отобраны лучшие из них, которые использовались в гибридизации в качестве родительских форм. Таким образом, в 2017 – 2020 годах было получено 230 межвидовых гибридных комбинаций. В результате изучения процента завязываемости гибридов F_0 , как мы видим из рис. 1–4, процент завязываемости зерен был очень разнообразный и варьировал от 0 до 82,5% и зависит от типа гибридной комбинации, условий окружающей среды и совместимости сортов, используемых в качестве родительских форм. Более высокий процент завязываемости зерен у некоторых комбинаций (Косовица х Гордейформе 335, Извор х Кол. 2125, Клоса х Гордейформе 340 и другие) объясняется полным совпадением времени колошения и особенно, цветения родительских форм при наличии благоприятных условий для перекрестного опыления. В комбинациях скрещивания, имеющих более низкий процент завязываемости (Фист х Ауриу 1, Гришка х Гордейформе 9 и др.), колошение материнских форм было отмечено на 2–3 дня раньше отцовских. Как видно из рис. 1–4 самый большой процент завязываемости имели в 2017, 2019 и 2020 гг., а самый низкий процент имели в 2018г.



Характеризуя зерно гибридов F_0 пшеницы в год скрещивания в течение нескольких лет, мы обнаружили, что, когда озимая твердая пшеница используется в скрещиваниях в качестве материнской формы зерна более крупные, но щуплые, а когда твердая пшеница используется в качестве материнской формы зерна выполненные, но более мелкие. Цвет зерна также больше похож на материнскую форму. Поэтому структура и цвет зерен у межвидовых гибридов F_0 различны в зависимости от типа пшеницы, используемой в качестве материнской формы. В 2017–2020 гг. гибриды пшеницы и их родительские формы изучались в гибридном потомстве первого года. Полевая всхожесть гибридов пшеницы первого поколения варьировала от 32 до 60% при 88–91% у материнских форм и 90–93% у отцовских. Зимостойкость выше у гибридов F_1 где в качестве материнской формы мы использовали мягкую пшеницу, а именно сорта Косовица, Плутус, Скажен и др.

В первом поколении гибридов пшеницы наблюдалось полное доминирование по опушенности на чешуях и остистости колоса, а остальные признаки как цвет (колоса, остей и зерна) наследуются промежуточным типом (табл.1).

У нас также есть некоторые результаты исследования степени доминирования устойчивости к фузариозу гибридов F_1 . Был сделан вывод о том, что в большинстве случаев устойчивость к этой болезни является доминирующей, однако степень доминирования варьирует от одной формы к другой в широком диапазоне от промежуточного уровня до полного доминирования.

1. Наследование морфологических признаков межвидовых гибридов пшеницы F_1

Комбинация скрещивания	Тип колоса	Опушенность колоса	Окраска		
			колоса	остей	зерна
Фист	остистый	неопушенный	белый	белые	красное
Фист х Ауриу 273	\\	\\	розовый	розовые	розовое
Ауриу 273	\\	\\	красный	красные	желтое
Кнопа	\\	\\	белый	белые	красное
Кнопа х Кишинэу 11	\\	\\	серый	серые	розовое
Кишинэу 11	\\	\\	черный	черные	желтое
Полевик	\\	\\	белый	белые	красное
Полевик х Мутико-леукурум	безостый	\\	белый	-	розовое
Мутико-леукурум	\\	\\	белый	-	желтое
Яшма	остистый	опушенный	белый	белые	желтое
Яшма х Селект	\\	\\	розовый	розовые	розовое
Селект	\\	неопушенный	красный	красные	красное

Материалом для изучения степени гетерозиса послужили следующие

комбинации (табл. 2). Анализ данных изучения гетерозиса межвидовых гибридов озимой твердой пшеницы первого поколения показал, что в среднем они превосходят своих родителей в основном по вегетативным признакам (высота растений, длина колоса и число колосков в колосе) (табл. 2).

2. Гетерозис межвидовых гибридов твердой пшеницы F₁

Родительские формы и комбинация скрещивания	Высота растений		Длина колоса		Число колосков в колосе		Озерненность колоса		Вес зерна с колоса	
	см	% к луч. род.	см	% к луч. род.	шт.	% к луч. род.	шт.	% к луч. род.	г.	% к луч. род.
Скорбница	92,4		10,0		20,6		66,8		1,6	
СкорбницахГорд335	98,2	106,3	11,0	110	21,8	101,4	4,8	7,2	0,2	10,5
Гордейформе 335	89,7		7,6		21,5		41,7		1,9	
Служница	77,8		9,8		20,3		47,4		1,1	
Служница х Кор. од.	96,2	105,2	10,6	108,2	22,7	108,1	11,4	24,0	0,4	20,0
Коралл одесский	91,4		9,0		21,0		42,0		2,0	
Клоса	86,0		10,5		20,0		62,9		2,3	
Клоса х Черноморка	109,5	118,5	11,7	111,4	23,3	110,9	17,0	27,0	0,8	34,7
Черноморка	92,4		8,0		21,0		38,5		1,1	
Клоса	86,0		10,4		19,0		35,0		1,0	
Клоса х Горд. 333	93,4	104,2	10,7	102,9	22,2	103,2	28,2	67,6	0,9	60,0
Гордейформе 333	89,7		7,6		21,5		41,7		1,5	
Фист	87,1		10,2		20,2		44,6		1,5	
Фист х Горд. 9	91,5	105,1	11,6	113,7	23,2	107,9	15,3	34,3	0,5	33,3
Гордейформе 9	78,7		8,8		21,5		40,0		1,5	

В гибридном питомнике F₂ было изучено 62 межвидовых комбинации. Всхожесть и особенно выживаемость растений в осенний период повысились. Это вызвано значительным ослаблением влияния материнского растения на формирование зерна, что наблюдается в F₁. Самую высокую зимостойкость имели гибриды Авинт х Гордейформе 335, Клоса х Аურიу 273, Таня х Аურიу 4 и другие.

Межвидовые гибриды второго поколения характеризуются бурным формообразовательным процессом. Расщепление происходит в основном на исходные виды и растения анеуплоидов промежуточного типа F₁. В зависимости от комбинации процент видов пшеницы в F₂ составил: мягкой – 43,2–45,1, твердой – 35,6–38,2 и промежуточной – 16,7–21,2%.

В заключение можно сделать вывод, что межвидовые гибриды F₂ и последующие поколения характеризуются бурным формообразовательным процессом с появлением озимой твердой и мягкой пшеницы с высокими агрономическими показателями. В следующих этапах отбора будут изучены стабильные короткостебельные формы с крупным колосом и зерном с целью

виявлення найлучших форм по продуктивности и устойчивости к экологическим стрессам.

Выводы. В 2017–2020 годах было получено 230 межвидовых гибридных комбинаций. Процент завязываемости зерен был очень разнообразный и варьировал от 0 до 82,5%.

В первом поколении гибридов пшеницы наблюдалось полное доминирование по опушенности на чешуях и остистости колоса, а остальные признаки как цвет (колоса, остей и зерна) наследуются промежуточным типом.

Межвидовые гибриды F_2 и последующие поколения характеризуются бурным формообразовательным процессом с появлением озимой твердой и мягкой пшеницы с высокими агрономическими показателями.

Литература

1. Буюкли, П. И. (1976) *Селекция озимой твердой пшеницы в Молдавии*. Кишинев: Штиинца, 162 с.
2. Салтыкова, Н.Н. (2010) Роль межвидовой и межродовой гибридизации в эволюции мягкой и твердой озимой пшеницы и аграрные реформы в России опыт., проблемы перспективы. В: *Материалы Рос. Научн. Проект. Конференции, Саратов., 22–24 сентября, 1994, с. 3–7.*
3. Шулындин, А.Ф. (1960) Межвидовые гибриды пшеницы и создание твердой пшеницы / А.Ф. Шулындин // *отдаленная гибридизация растений*. — М: Сельхоз ГИЗ, с.256–270.
4. Щипак, Г. (2012) Селекция озимой твердой пшеницы на повышение адаптивного потенциала и урожайность. В: *Вавиловский журнал генетики и селекции, т 16, №.2, с. 455 – 463.*
5. Rotari, S. (2017) Obținerea și studierea formelor noi de grâu durum de toamnă în Republica Moldova. În *culegerea Agricultura durabilă în Republica Moldova: Provocări actuale și perspective în culegeri de articole științifice. Bălți, 2017, p. 188–192.*

ВИКОРИСТАННЯМ ЕМБРІОКУЛЬТУРИ ЗА ГІБРИДИЗАЦІЇ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

Я. С. Рябовол¹, Л. О. Рябовол¹, М. Кертон², О. І. Урадник¹

¹Уманський національний університет садівництва, Україна,

²DSV United Kingdom Ltd, Великобританія

e-mail: Liudmila1511@mail.ru

Пшениця м'яка озима – самозапильна культура і проведення гібридизації, особливо за участю генетично віддалених партнерів, супроводжується високим бар'єром несумісності та, як результат, – не зав'язування насіння [1, 2]. Подолати несумісність, зокрема постгамну, що виникає після запліднення і за своєю природою, може бути як генетичною, так і фізіологічною, можливо за використання біотехнологічних методів, що передбачає виділення та

культивуванням гібридного зародка, в умовах *in vitro* [3, 4, 5]. Нині ембріокультура стає одним з дієвих способів розширення генетичного потенціалу злакових культур і, зокрема, пшениці м'якої озимої.

Найефективніший спосіб отримання гібридних рослин-регенерантів реалізується через дорощування, утвореного в гібридній зернівці зародка, який вичленовується в конкретний термін після запилення та вводиться в ізолювану культуру [6, 7].

Метою проведених досліджень було вдосконалення технології отримання генетичного різноманіття зразків пшениці м'якої озимої при залученні до селекційної схеми біотехнологічної ланки. Основним питанням поставленим на вирішення було визначення віку незрілого зародку для ізоляції і введення в культуру *in vitro* за індукції формування рослин-регенерантів.

Вихідними формами слугували сорти пшениці м'якої озимої Банкір, Мулан, Традиція одеська, Зорепад, Віген, Пилипівка, що показали низьку перехресну сумісність за гібридизації.

Для запилення колос рослини ізолювали і фіксували період цвітіння та опилання. Незрілі насіннєві зародки разом з тканинами насіннєвого зачатку виділяли на 8–16 добу після запилення і висаджували на модифіковане живильне середовище Мурасіге-Скуга. Культивували експланти за температури 25 °C в темнових умовах до формування проростків.

За результатами досліджень встановлено, що вихід макроструктур з незрілих зародків пшениці м'якої озимої залежить від генотипу вихідного матеріалу та віку незрілих зародків, введених в ізолювану культуру. У комбінації схрещування Мулан × Зорепад рівень зав'язування насіння на ділянці гібридизації склав 28,2%. За виділення насіннєвих зачатків на 12 і 16 добу після запилення кількість отриманих проростків була, відповідно, 36,3 і 48,4%, що істотно перевищило показник зав'язування насіння в природних умовах вирощування. За культивування зародків виділених з рослин комбінацій схрещування Банкір × Віген і Банкір × Пилипівка, що мали рівень зав'язування насіння, відповідно 23,7 та 16,7%, кращі показники отримано при виділенні зародків на 12 добу після запилення. Проростки формувало, відповідно, 38,3 і 32,8% висаджених експлантів. Шіснадцятидобові зародки індукували істотно нижчий відсоток рослин.

Зі збільшенням віку незрілих зародків зменшувалась частка експлантів, що формували калюсну біомасу. У всіх варіантах досліду восьмидобові зародки характеризувались вищим рівнем калюсогенезу ніж зародки виділені на 16-ту добу розвитку.

Отримані результати можуть слугувати доказом можливості практичного застосування культури зародків для створення гібридів пшениці за низького рівня зав'язування насіння в природних умовах вирощування.

Отже, показано доцільність використання ембріокультури в селекційно-генетичних дослідженнях для подолання постгамної несумісності та створення гібридних форм пшениці м'якої озимої. Встановлено, що вихід макроструктур з незрілих зародків залежить від генотипу вихідного матеріалу та віку ізолюваних зародків, введених у культуру *in vitro*. Найвищий вихід проростків, у середньому за геннотипами, отримано з дванадцятидобових зародків (32,8–38,3%).

Література

1. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Залежність показника зав'язування насіння пшениці м'якої озимої від періоду запилення. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції *Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур*. Дніпро, 2016. С. 162–164.
2. Власенко В. А., Осьмачко О. М., Бакуменко О. М. Зав'язування насіння пшениці озимої в F₁ при схрещуванні сортів з пшенично-житніми транслокаціями. *Вісник Сумського НАУ. Серія Агрохімія та біологія*. 2014. Вип. 3. С. 197–201.
3. Калинин Ф. Л., Сарнацкая В. В., Полищук В. Е. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. Київ: Наукова думка, 1980. 487 с.
4. Игнатова С. А. Биотехнологические основы получения гаплоидов, отдалённых гибридов и соматических регенерантов зерновых и бобовых культур в различных системах in vitro: Автореф. Дис. д-ра біол. наук: 03.00.20. Южный биотехнологический центр в растениеводстве УААН. Одесса, 2004. 425 с.
5. Teale W. D., Paponov I. A., Palme K. Auxin in action: signalling, transport and the control of plant growth and development. *Nat. Rev. Mol. Cell. Biol.* 2006. V. 7. № 1. P. 847–859.
6. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Використання культури зрілих зародків для розмноження цінних зразків жита озимого. Матеріали VI науково-практичної конференції з міжнародною участю *Біотехнологія: звершення та надії*. Київ, 2017. С. 81–82.
7. Murashige T. Skoog F. A revised media for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. *Physiology Plant.* 1962. № 15. P. 473–497.

АНАЛИЗ ПЫЛЬЦЫ КАК СПОСОБ ОЦЕНКИ ТЕРМОУСТОЙЧИВОСТИ ГЕНОТИПОВ ТОМАТА

Т. И. Салтанович, Л. И. Антоц, А. Н. Дончилэ

Институт генетики, физиологии и защиты растений, Молдова

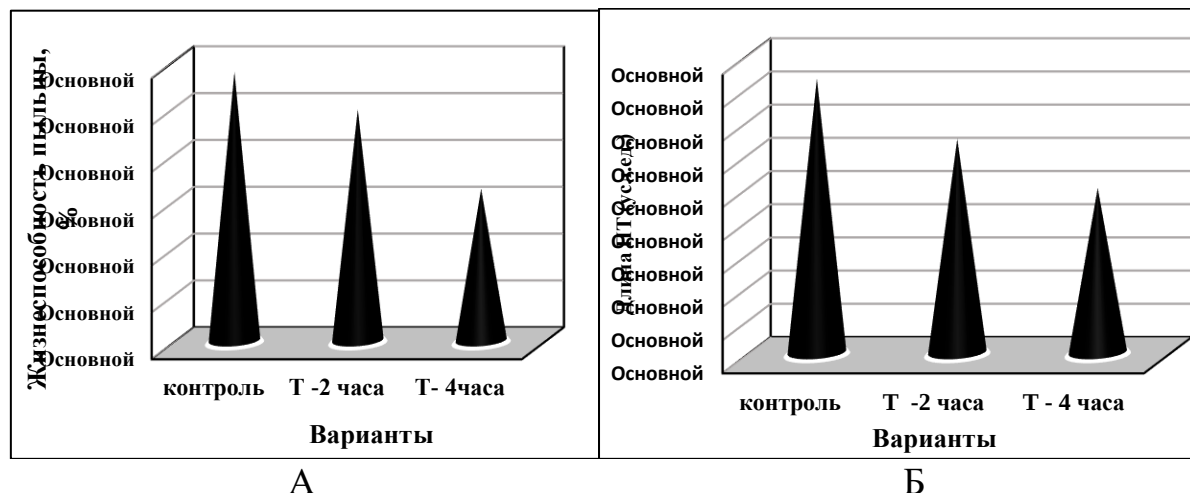
Специфические условия каждой климатической зоны предполагают необходимость возделывания сортов сельскохозяйственных культур, устойчивых к конкретным условиям среды. Создание генотипов устойчивых к определенным климатическим факторам делает их адаптированными и позволяет максимально использовать имеющийся генетический потенциал. Известно, что характер генетической детерминации и наследования признаков стрессоустойчивости растений к действию абиотических факторов среды зависит от многих генов, реализация их активности наблюдается только в условиях действия стрессовых факторов (Авдеев, 2006). Одним из важных этапов в селекционном процессе при создании новых сортов и гибридов является поиск и выделение источников хозяйственно-ценных признаков.

В литературе имеются сведения подтверждающие результативность оценки и отбора устойчивых генотипов в мужском гаметофитном поколении, и о возможном его практическом использовании в качестве инструмента в селекционных программах (Koubouris, Ioannis, 2009). Практика показала, что эффективность гаметной селекции обусловлена специфическим для каждого вида растений характером корреляционных связей между экспрессией генов на стадии гаметы, зиготы и спорофита и, следовательно, установление таких связей представляет собой первый необходимый этап успешного развития этого селекционного направления (Пивоваров, Балашова, Сирота, 2013). Кроме того, по мнению некоторых авторов (Лях, Сорока, 2014) оценка на уровне пыльцы может представлять и самостоятельный интерес, поскольку чувствительность к тому или иному фактору самой репродуктивной системы растения является весьма важным признаком для многих сельскохозяйственных культур. Следует отметить, что в литературе представлены результаты исследований по пыльцевой селекции различных культур, базирующиеся на идентичности реакций гаметофита и спорофита на действие ряда факторов (Юрлова, 2006; Jäger, Fábíán, Barnabás, 2008; Koubouris, Ioannis, 2009). Проведение пыльцевого анализа для каждой культуры имеет свои задачи, поскольку в одних случаях это может быть связано с вопросами адаптации генотипов, продуктивности, устойчивости или же гибридной природой исследуемого объекта (Щаценко, 2021). Учитывая то, что в условиях Молдовы в период вегетации растений томата довольно часто отмечаются высокие температуры, снижающие, как урожайность, так и качество плодов, цель проведенных экспериментов состояла в изучении реакции мужского гаметофита томата на действие повышенной температуры для характеристики устойчивости гаметофитного и спорофитного поколений.

Для проведения экспериментов использовали набор внутривидовых гибридов F₄ томата, полученных в результате серии циклов гаметного отбора на устойчивость к повышенной температуре. Растения выращивали в полевых условиях по общепринятой для томатов методике, собирали цветки, отделяли и подсушивали пыльники при оптимальной температуре, выделяли пыльцу. В опыте часть пыльцы прогревали в контролируемых условиях при температуре 43°C и экспозиции 2 и 4 часа, в контроле пыльца находилась в термостате при температуре 26°C; для проращивания пыльцу высевали на искусственную питательную среду и культивировали в чашках Петри в течение 3-х часов в термостате при 26°C. Анализировали препараты под микроскопом, подсчитывали число проросших и непроросших пыльцевых зерен в контроле и опыте; определяли жизнеспособность пыльцы, а также измеряли длину пыльцевых трубок. Оценку жаростойкости генотипов на стадии спорофита проводили по известной методике (Ивакин, 1981). Статистическую обработку полученных экспериментальных данных осуществляли с использованием программ Statgraphics v.5.1 и Excel 2016.

В результате проведенных исследований установлена различная чувствительность пыльцевых зерен к действию температуры. У большинства генотипов средние значения признаков пыльцы изменялись в сторону уменьшения. Так, в опытном варианте в среднем отмечено снижение значений жизнеспособности пыльцы в 1,2...1,7 раза в зависимости от экспозиции

прогревания. В тоже время установлено, что после термообработки снижалась скорость прорастания и роста пыльцевых трубок, что в результате привело и к уменьшению их длины в 1,3...1.5 раза (рис. 1).



1. Влияние температуры на изменение жизнеспособности пыльцы (А) и длины пыльцевых трубок (Б).

Несмотря на то, что большинства генотипов температурное воздействие на пыльцу вызывало снижение ее жизнеспособности, реакция генотипов была различной. Так, у 3-х генотипов, в результате 2-х часового прогревания пыльцевых зерен, отмечен рост жизнеспособности, связанный с процессом их дозревания в этих условиях. Результаты проведенных экспериментов показали, что параллельно с увеличением экспозиции прогревания у половины изученных генотипов значения жизнеспособности пыльцы уменьшились на 3,0...13,2% в зависимости от генотипа. Следует отметить, что результаты наших исследований показали более высокую стабильность изучаемых признаков по сравнению с результатами предыдущих лет, что может являться следствием ранее проведенных циклов пыльцевой селекции.

Обработка полученных результатов методом многофакторного дисперсионного анализа выявила в составе спектра варибельности признаков мужского гаметофита достоверный вклад ($P \leq 0,05$) генотипа, температуры, а также их взаимодействия (табл.).

Результаты дисперсионного анализа изменчивости признаков мужского гаметофита генотипов томата

Источники изменч-ти (факторы)	Жизнеспособность пыльцы	Длина пыльцевых трубок	Устойчивость пыльцы
	Доля влияния факторов в изменчивости, %		
Генотип	31,8*	49,3*	56,0*
Температура	49,6*	38,5*	34,8*
Взаимодействие факторов	13,2*	8,5*	7,1*
Остаточная изменч-ть	5,4*	3,7*	2,1*

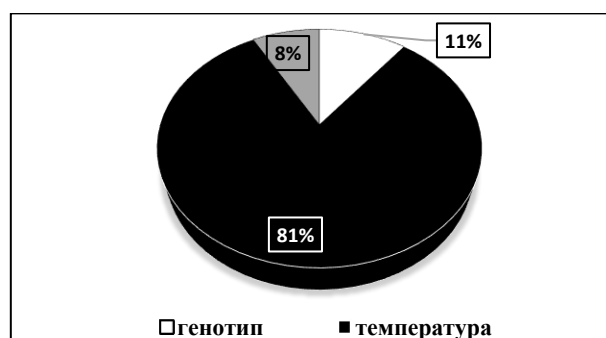
*- $P \leq 0,05$.

Таким образом, большая часть выявленной изменчивости жизнеспособности и пыльцы и ее устойчивости детерминирована действием температурного фактора, влияние генотипа было слабее в 1,6 раза. Установлено, что у изученных гибридов генотип определял почти половину возникшей изменчивости длины пыльцевых трубок, сила влияния температурного фактора была слабее в 1,3 раза. Таким образом, температурный фактор и генотип являются ключевыми факторами, вызывающими вариабельность качества мужского гаметофита.

Анализ результатов статистической обработки полученных данных выявил у большинства генотипов довольно высокий уровень устойчивости пыльцы, варьирующий пределах 57,0...93,7%, и только у 4-х комбинаций устойчивость пыльцы была более низкой (32,0 до 45,3%).

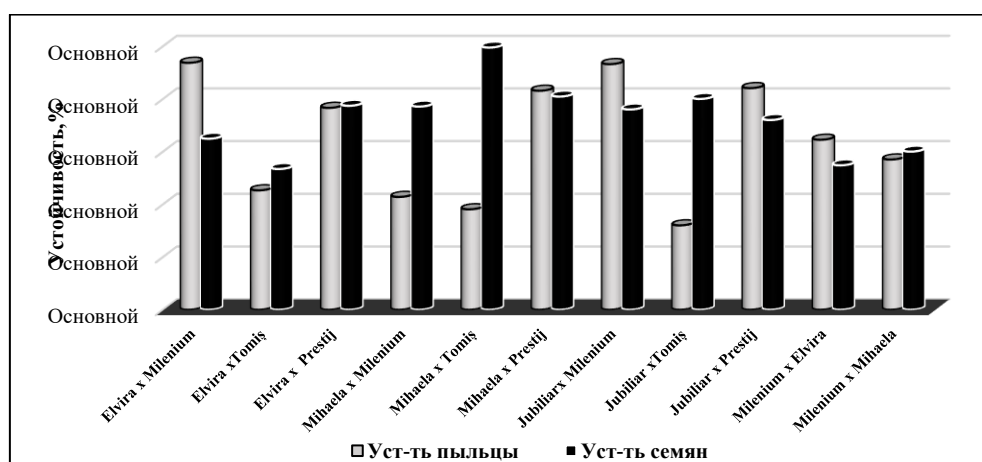
Таким образом, изученные генотипы томатов различаются по устойчивости микрогаметофитов к повышенной температуре, на это указывают как различия по проценту прорастания пыльцевых зерен, так и по скорости роста пыльцевых трубок. Отселектированы 5 гибридных комбинаций (F₄ Elvirax Milenium, ElviraxPrestij, Mihaela x Prestij, JubiliarxMilenium, Jubiliar x Prestij), сочетающих высокий уровень устойчивости пыльцы и пыльцевых трубок.

Существует мнение, что комплексный подход, сочетающий оценку селекционного материала, как по гаметофиту, так и по спорофиту позволяет значительно расширить возможности и повысить эффективность скрининга устойчивых генотипов. В связи с этим нами проведена оценка жаростойкости этих же гибридных комбинаций на стадии спорофита по ростовой реакции проростков. Установлен, что все исследуемые генотипы при оптимальных условиях характеризовались довольно высоким уровнем прорастания семян – 77,5...97,5% в зависимости от генотипа. Средние значения длины проростков при первом измерении составляли 6–15 мм; в результате второго измерения в контроле отмечено увеличение их размеров в 3,5...6,8 раза, тогда в опыте (после воздействия температуры) длина проростков увеличивалась в 2,6...5,0 раз. Следовательно, в результате прогревания проростков происходит уменьшение скорости их роста. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа, показали достоверность ($P < 0,05$) влияния генотипа, температуры и их взаимодействия на изменчивость длины проростков.



2. Источники изменчивости длины проростков на фоне высокой температуры

В результате сравнения устойчивости генотипов на стадиях гаметофита и спорофита выявлены гибриды, сочетающие высокие показатели устойчивости как на стадии пыльца, так и на стадии семян (рис. 3). Для дальнейшего использования в селекции отселектированы 6 жаростойких гибридов томата (F₄ ElviraxMilenium, ElviraxPrestij, MihaelaxPrestij, JubiliarxMilenium, JubiliarxPrestij, MileniumxElvira), характеризующихся высокими показателями устойчивости гаметофита и спорофита (рис. 3). Проведенный в полевых условиях анализ элементов продуктивности показал, что эти гибридные комбинации формировали большее число цветков и характеризовались более высоким процентом завязывания плодов, что, вероятно, может свидетельствовать о перспективе их дальнейшего использования в процессе селекции.



3. Устойчивость к повышенной температуре гаметофита и спорофита томата.

Выводы. Совместное использование методов оценки устойчивости по признакам мужского гаметофита и спорофита, а также генетико-статистического анализа, позволило выявить дифференцированную реакцию генотипов и на этой основе показать различия между гибридами по устойчивости к повышенной температуре. Выявлены основные источники изменчивости признаков гаметофита и спорофита томата, а также их вклад в общую изменчивость. Использование результатов анализа компонентов изменчивости может обеспечивать более полную реализацию генетического потенциала гибридов томата. Результаты проведенных исследований позволяют прогнозировать реакции генотипов на действие температурного фактора, что в итоге обеспечит ускорение темпов селекции.

Литература

1. Авдеев А.Ю. Селекция и испытание сортов томатов для индивидуальных и коллективных хозяйств Нижнего Поволжья. автореф. канд. с.-х. н. /А.Ю.Авдеев. Астрахань., 2006. — 20 с.
2. G.Koubouris, Ioannis T. et al. Impact of temperature on olive (*Olea europaea* L.) pollen performance in relation to relative humidity and genotype. *Environmental and Experimental Botany*. V. 67, Issue 1, 2009, p. 209–214.

3. Пивоваров В.Ф., Балашова И.Т., Сирота С.М. и др. Усовершенствование селекции по спорофиту с целью ускорения отбора форм томата для технологии узкостеллажной гидропоники Сельскохоз. биология 2013. N1, с.95–101.
4. Лях В.А., Сорока А.И. Пыльцевой отбор как способ интенсификации селекции масличных культур. Научно-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН, № 20, 2014: 72–80.
5. Юрлова Е.В. Оценка томатов на устойчивость к нерегулируемым абиотическим факторам. Сиб.Вестник с-х. наук. 2006. №2. С.27–36.
6. K. Jäger, A.Fábián, B.Barnabás. Effect of water deficit and elevated temperature on pollen development of drought sensitive and tolerant winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Acta Biologica Szegediensis* Volume 52.1, 2008.67–71.
7. G. Koubouris, Ioannis T. et al. Impact of temperature on olive (*Olea europaea* L.) pollen performance in relation to relative humidity and genotype. *Environmental and Experimental Botany*. V. 67, Issue 1, 2009, p. 209–214.
8. Цаценко Л.В., Назаров А.Л. Пыльцевой анализ в селекции пшеницы. Научный журнал КубГАУ, №165(01), 2021.1–11.
9. Ивакин А.П. Определение жаростойкости овощных культур по ростовой реакции проростков после прогревания // Физиология растений. 1981. Т.28. Вып.2. с. 444–447

ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ *TRITICUM AESTIVUM* L. К ГРИБУ *FUSARIUM SOLANI* IN VIVO И IN VITRO

Е. Ф. Сашко

*Институт генетики, физиологии и защиты растений, Республика Молдова
e-mail: elenasasco5@gmail.com*

Введение

Корневые гнили являются наиболее вредоносным и ограничительным препятствием при выращивании основных продовольственных культур в целях решения проблемы продовольственной безопасности во всем мире. Снижение продуктивности растений, ухудшение качества зерна, экологическая нестабильность и экономические ущербы являются последствиями распространенных заболеваний зерновых культур, таких, как корневые гнили корней и стеблей, листовая пятнистость, поражение колоса и зерна. При дефиците влажности ущерб особенно высок на стадиях всхожести растений и их роста после цветения (Ovsyankina, 2017).

Корневая и стеблевая гниль, вызываемая возбудителями видов *Fusarium*, является серьезным заболеванием зерновых во многих засушливых регионах мира. Водный стресс способствует развитию фузариоза, причём усиление тяжести заболевания связано как с изменением восприимчивости растений к инфекции, так и с количественными изменениями в комплексе патогенов, вызывающих специфические тканевые инфекции (Liu X., 2016). Прогнозы,

связанные с глобальным изменением климата, предполагают значительную потерю урожая и широкое распространение патогенов, представляющих собой комплекс грибковых агентов в зерновых агроэкосистемах во всем мире. Авторами обсуждается возможность использования активности патогенов фузариозного комплекса в качестве датчика глобального изменения климата (Moya-Elizondo, 2013).

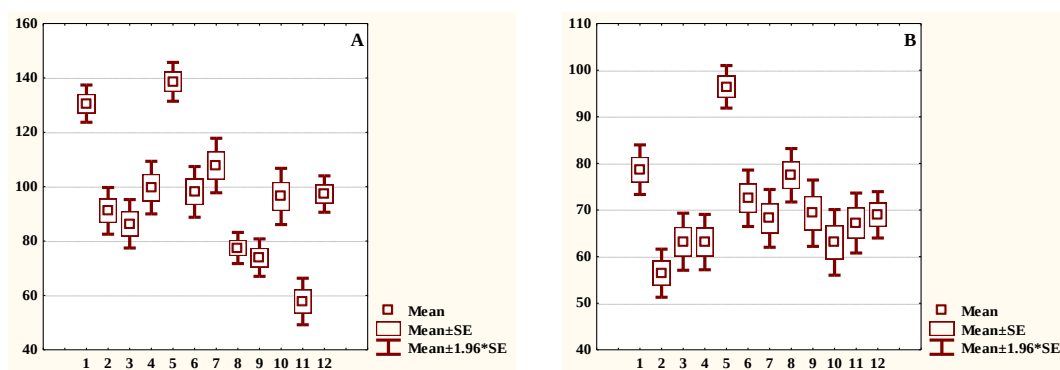
Результаты морфологического исследования в сочетании с молекулярной идентификацией в системе выращивания пшеницы на юге Ирака подтвердили присутствие 7 и 9 видов *Fusarium* в фузариозных комплексах колоса и стебля. Гриб *F. solani* был идентифицирован в качестве патогенного агента обоих заболеваний пшеницы (Minati, 2019). Рост и жизнеспособность *Fusarium solani* в ответ на осмотический потенциал (-13,8 бар) указывает на особо адаптированный физиологический механизм выживания патогена в средах с низким водным потенциалом (Palmero, 2008). Распространение мицелия в виде пленки, интенсивность пигментации, наличие воздушного мицелия свидетельствуют об адаптации гриба к осмотическим условиям на осмотически модифицированной культуральной среде Potato Dextrose Agar, дополненной PEG 6000 (Sasco, 2020).

Цель исследований состоит в определении сходства реакции растительных объектов с различным уровнем организации на культуральный фильтрат *Fusarium solani*. Это позволит отбирать для селекционных программ источники устойчивости озимой мягкой пшеницы к данному патогену.

Методы исследований. Были исследованы процессы роста корешка и стебелька на ранней стадии онтогенеза растений и каллусогенеза зрелого зародыша у генотипов Moldova 614 (М 61), Moldova 66 (М 66) и линии L Selandia/Accent (L S/A). В качестве селективного фактора был использован 21-дневный культуральный фильтрат 3-х изолятов (КФ) *F. solani*, полученный по используемой в лаборатории методике. Он применялся в концентрациях 100% и 20% соответственно для обработки семян в лабораторных условиях и при добавлении в питательную среду Мурасиге-Скуга (МС) *in vitro*. Калиброванные семена стерилизовали в течение 1–2 мин в 96% этаноле, затем в течение 15–20 мин – в 9% растворе хлорной извести, а затем промывали стерильной дистиллированной водой и оставляли на 1.5–2 часа при температуре 28°C для проклевывания. Вырезанный зародыш переносили в чашки Петри на питательную среду МС, содержащую полный набор макро- и микроэлементов, витамины, 2,4-Дихлорфеноксиуксусную кислоту (2 мг/л), инозит (100 мг/л), сахарозу (3%) и агар (0,7%) (контрольный вариант). Также были представлены варианты, дополненные культуральным фильтратом (КФ) 3-х изолятов *F. solani* в концентрации 20% от объема. Для индукции каллусообразования культуры выращивали в темноте при температуре 25°C. Оценку реакции проводили на основе показателей длины корешка и стебелька пшеницы (мм) на 6-е сутки после обработки семян КФ *D F. solani* (изоляты 1, 2, 3) и проращивания в чашках Петри.

Частоту индукции каллусогенеза (%) и площадь поверхности каллуса (мм²) определяли на 14-е сутки культивирования. Статистический анализ данных был проведен с использованием пакета программ STATISTICA 7.

Результаты исследований. В контрольном варианте длина корешка и стебелька варьировали в следующих пределах: 130.6 ± 3.5 – 78.6 ± 2.7 мм, 138.6 ± 3.6 – 96.4 ± 2.3 мм и 97.3 ± 3.4 – 69.2 ± 2.6 мм соответственно для генотипов М 61, М 66 и L S/A. Наименьшие значения ростовых параметров обнаружены у L S/A. Это генотип, имеющий низкие показатели роста и развития в полевых условиях засухи 2019–2020гг. Под влиянием КФ *F. solani* наблюдалось только ингибирование длины корешка и стебелька у М 61 и М 66, а также отсутствие реакции ростовых параметров линии L S/A под действием изолята 3 (рис. 1).



1. Вариабельность признаков длины корешка (А) и стебелька (В) под действием культурального фильтрата *Fusarium solani*.

Примечание (А, В). По горизонтали: 1, 2, 3, 4 – М 61; 5, 6, 7, 8 – М 66; 9, 10, 11, 12 – L S/A;

1, 5, 9 – контроль; 2, 6, 10– КФ 1; 3, 7, 11– КФ 2; 4, 8, 12– КФ 3.

Дисперсионным двухфакторным анализом (ANOVA) взаимоотношений компонентов фитопатосистем выявлено наибольшее значение генотипического фактора (82.9% и 68.8%) для вариабельности признаков длины корешка и стебелька. Данные указывают на высокую роль генотипа в ответе корешка и стебелька на ранних стадиях онтогенеза пшеницы в вариантах взаимодействия с КФ *F. solani*. Высокой для роста стебелька является также и доля фактора КФ (изолят) – 18.6%. Вклад взаимодействия факторов *генотип* $\times$ *КФ* имел существенные различия лишь в создании вариабельности длины корешка (10.7) (Табл. 1).

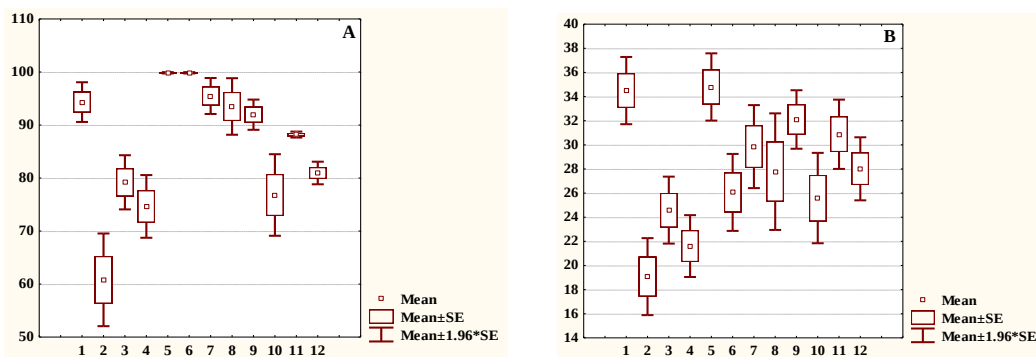
1. Долевой вклад факторов и их взаимодействие в образовании вариабельности признаков роста

Фактор	Степень свободы	Длина корешка		Длина стебелька	
		Дисперсия	Доля влияния	Дисперсия	Доля влияния
Генотип (Г)	2	125373	82.9*	6800	68.8*
КФ (Изолят)	2	8636	5.7*	1837	18.6*
Г $\times$ КФ	4	16197	10.7*	710	7.2

* – Различия существенны при $P \leq 0.05$

В контрольном варианте параметры частоты и площади поверхности каллуса варьировали в пределах 99.8%...92.0% и 34.8 мм^2 ... 32.1 мм^2 . Самые низкие значения признаков наблюдались у генотипа L S/A. В большинстве

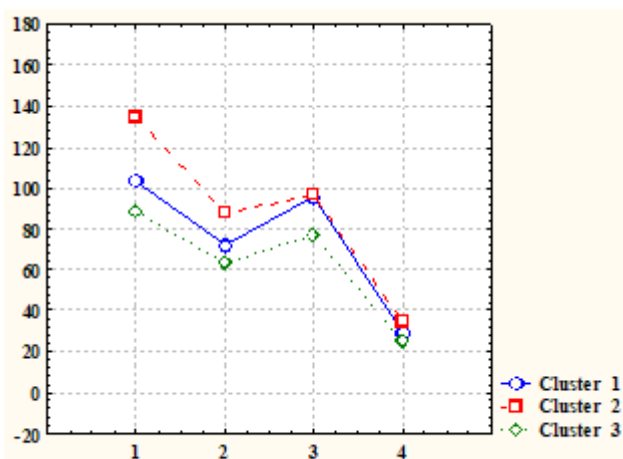
случаев КФ *F. solani* оказывал выраженное ингибирующее действие на процессы частоты индукции каллусогенеза (до 35.6%) и образования площади каллуса (до 44.4%). В вариантах с КФ гриба *F. solani* изолята 1 отмечено самое сильное ингибирование частоты индукции каллусогенеза и площади поверхности каллуса у генотипа М 61 (рис. 2).



2. Вариабельность признаков частоты индукции каллуса% (А) и площади поверхности каллуса, мм² (В) под действием культурального фильтрата *Fusarium solani*

Примечание (А, В). По горизонтали: 1, 2, 3, 4 – М 61; 5, 6, 7, 8 – М 66; 9, 10, 11, 12 – L S/A;
1, 5, 9 – контроль; 2, 6, 10– КФ 1; 3, 7, 1– КФ 2; 4, 8, 12– КФ 3.

Кластерный анализ (к-средних), основанный на распределении генотипов в зависимости от центральных средних, позволил дифференцировать уровень ответа параметров роста и каллусогенеза пшеницы на действие КФ 3-х изолятов *F. solani* на 3 кластера. Центральный кластер включил контрольные варианты (1, 5) – М 61 и М 66, которые выделяются наивысшими значениями роста и каллусогенеза пшеницы и находятся на 17.7 и 28.4 евклидовы расстояния между кластерами 1 и 3. Варианты ответа генотипа М 66 на действие КФ *F. solani* изолята 1, 2 и 3 включены в кластер 1 и отдалены на 28.4 евклидовы расстояния от 3-го кластера. Генотип М 66 проявил наивысшую устойчивость на действие изолятов *F. solani*. Варианты, обладающие самыми низкими средними значениями параметров роста (88.1 мм и 63.6 мм) и каллусогенеза (76.8% и 25 мм²), включены в кластер 3 (рис. 3).



3. Кластерный анализ (метод k-средних) распределения ответа пшеницы на КФ изолят *Fusarium solani*.

Выводы. Дисперсионным двухфакторным анализом взаимоотношений компонентов фитопатосистем выявлено наибольшее значение фактора *генотип пшеницы* для вариабельности признаков длина корешка и стебелька.

Генотип Moldova 66 был идентифицирован с наивысшей средней устойчивостью изученных параметров к воздействию КФ изолята, что дает возможность использовать данный генотип в селекционных программах в качестве источника устойчивости к патогену *Fusarium solani*.

Литература

1. Liu, X., Liu, C. (2016) *Effects of Drought Stress on Fusarium Crown Rot Development in Barley*. PLoS ONE, 11(12): e0167304. doi:10.1371/journal.pone.0167304.
2. Minati, M.H., Mohammed-Ameen, M.K. (2019) *Novel report on six Fusarium species associated with head blight and crown rot of wheat in Basra province, Iraq*. Bulletin of the National Research Centre, 43:139, <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0173-z>.
3. Moya-Elizondo, E.A. (2013) *Fusarium crown rot disease: biology, interactions, management and function as a possible sensor of global climate change*. Cien. Inv. Agr., 40(2), 235–252.
4. Ovsyankina, A.V et al. (2017) *The species ratio of root rot pathogens and wheat diseases at fields of the Orenburg region*. RJOAS, 1(61), 276–281. DOI <https://doi.org/10.18551/rjoas.2017-01.30> (in Russian).
5. Palmero, D. et al. (2008). *Effects of water potential on spore germination and viability of Fusarium species*. J. Ind. Microbiol. Biot., 35, 1411–1418.
6. Sasco, E. (2020) *The influence of water restrictions on the fungus Fusarium solani var. coeruleum*. International Scientific Symposium „Plant Protection – Achievements and Prospects, 27–28 October 2020 Chisinau, Republic of Moldova, 314–318 (in Moldavian).

ХРОМОСОМНАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ У СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS*) В СУХОСТЕПНЫХ УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Т. С. Седельникова, А. В. Пименов

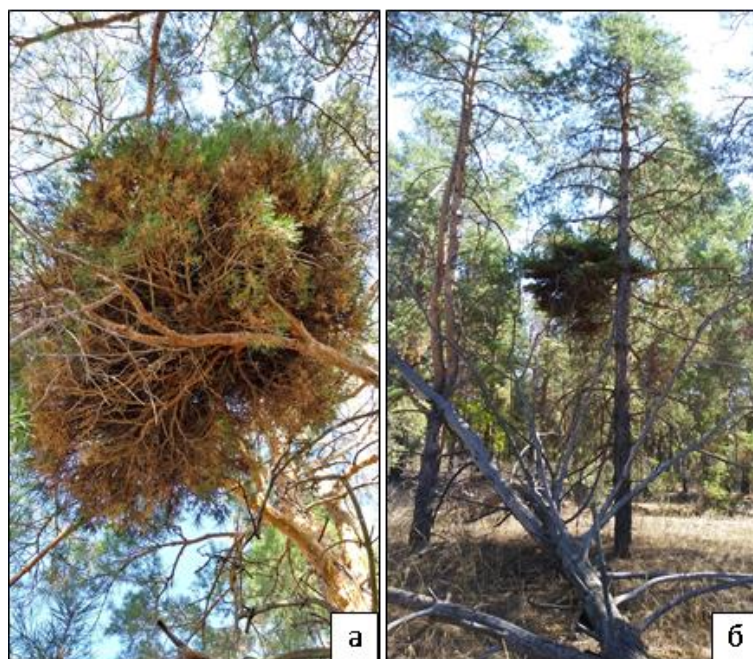
Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
e-mail: tss@ksc.krasn.ru

Исследование состояния искусственных насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestis* L.), являющихся компонентами агроландшафтов сухостепной зоны Нижнего Поволжья, актуально как для выявления адаптации данного вида в засушливых условиях произрастания, так и в качестве метода биоиндикации экологической обстановки. В данном сообщении приводятся результаты цитогенетического мониторинга,

включающего анализ числа хромосом и хромосомных перестроек в семенном потомстве деревьев, произрастающих в искусственных насаждениях сосны обыкновенной на территории Волгоградской области.

Семенной материал был собран в 2019 г. в Калачевском и Суровикинском р-нах в сосновых посадках, созданных в 1960–70-х гг. в окрестностях г. Калача-на-Дону «в зеленом кольце» вокруг города ($48^{\circ}42'17''$ с.ш. $43^{\circ}30'33''$ в.д.), х. Рюмино-Красноярский – в 2 км от особо охраняемой природной территории «Голубинский песчаный массив» ($48^{\circ}48'03''$ с.ш. $43^{\circ}35'43''$ в.д.), г. Суровикино ($48^{\circ}37'53''$ с.ш. $42^{\circ}52'45''$ в.д.) и пос. Пятиморск – вдоль федеральной автотрассы А-260 ($48^{\circ}39'25''$ с.ш. $43^{\circ}36'32''$ в.д.), с 30 деревьев в каждом происхождении. Насаждения представляют тип леса сухой бор, состав – 10С, класс бонитета – III, возраст деревьев – 40–60 лет, высота – 17–21 м, диаметр – 18–22 см. Исследованные деревья характеризуются вторичным ростом, многовершинностью, некоторые из них – нарушениями габитуса, наличием образований типа «ведьмины метлы» (рис. 1). Параметры семенной продуктивности деревьев и жизнеспособности семян низкие. К настоящему времени данные лесные массивы сосны обыкновенной достигли предельного для условий сухой степи возраста – 50–60 лет. Их естественное старение усугубляется воздействием негативных факторов, связанных с нарастающей засушливостью климата и ухудшением лесопожарной обстановки. Исследования хромосом производили на стадии метафазы митоза. Препараты просматривали под микроскопом Axiostar plus (Carl Zeiss) с применением системы формирования изображений AxioVision (окуляр $\times 10$, объектив $\times 90$).

В диплоидном наборе *P. sylvestris*, произрастающей в исследованных насаждениях, содержится 24 хромосомы ($2n=2x=24$). В семенном потомстве деревьев выявлено нарушение числа хромосом – миксоплоидия, при которой в клетках проростков, наряду с диплоидными, содержались клетки с кратно увеличенным числом хромосом – триплоидные ($2n=3x=36$) и тетраплоидные ($2n=4x=48$) (рис. 2). Доля миксоплоидных проростков варьировала в исследованных насаждениях *P. sylvestris* от 20.1% (окрестности г. Суровикино) до 100.0% (окрестности х. Рюмино-Красноярский). Насаждение сосны, расположенное вблизи х. Рюмино-Красноярский, произрастает в аридных условиях окрестностей Голубинских песков, представляющих собой фрагмент пустыни в сухой степи. Тот факт, что практически все проростки в насаждении из окрестностей х. Рюмино-Красноярский являются миксоплоидами, может свидетельствовать о влиянии экстремальных условий произрастания деревьев на повышение гетерогенности клеточных линий, что, вероятно, способствует лучшей выживаемости семенного потомства. По данным предыдущих лет, процент миксоплоидов среди проростков семян из сухостепных насаждений *P. sylvestris* Волгоградской области не превышал 4.8% (Седельникова, 2003). Очевидно, что в сосновых насаждениях Волгоградской области количество миксоплоидов в семенном потомстве деревьев существенно увеличилось. По все вероятности, миксоплоидия как общий феномен распространяется в сухостепных насаждениях сосны обыкновенной, что может свидетельствовать об усилении процесса аридизации исследованных территорий.



1. Искусственное насаждение сосны обыкновенной в окрестностях х. Рюмино-Красноярский (Волгоградская обл., Калачевский р-н): а) общий вид; б) «ведьмина метла» в кроне дерева.

Миксоплоидия рассматривается как один из факторов, обеспечивающих устойчивость растений к экстремальным факторам среды, поскольку сочетание клеток разной пloidности усиливает пластичность генома, обеспечивает генетическое и фенотипическое разнообразие потомства, способствует выработке новых адаптаций (Кунах, 2011). Миксоплоидные формы древесных, в том числе хвойных, растений встречаются в северной и арктической зонах, на болотах, в высокогорьях, в засушливых условиях (Буторина, 1989; Sedel'nikova et al., 2011). При этом прослеживается связь степени экстремальности условий произрастания с уровнем изменчивости хромосомных чисел в семенном потомстве деревьев (Sedel'nikova et al., 2011).



2. Полиплоидные ($2n=4x=48$) клетки в проростках сосны обыкновенной в насаждениях: а) в окрестностях пос. Пятиморск; б) в окрестностях х. Рюмино-Красноярский; в) в окрестностях г. Калач-на-Дону.

В корневых меристемах проростков семян в исследованных насаждениях обнаружены структурные перестройки хромосом, представляющие кольцевые

хромосомы различной морфологии, фрагменты и полицентрические (дидцентрические и трицентрические) хромосомы (рис. 3). Частота встречаемости проростков с хромосомными перестройками в насаждениях *P. sylvestris* из окрестностей пос. Пятиморск и г. Суровикино составила 13.3%, г. Калач-на-Дону – 16.7%. Процент метафазных клеток с хромосомными перестройками в корневых меристемах семян во всех исследованных насаждениях составляет 0.8%. В семенном потомстве деревьев из окрестностей х. Рюмино-Красноярский хромосомных перестроек не выявлено, что может быть связано с малым количеством семян, вовлеченных в исследование, вследствие их крайне низкого качества. Ранее у сосны обыкновенной из степных местопроизрастаний Нижнего Поволжья выявлялись аналогичные хромосомные нарушения, при этом встречаемость клеток с хромосомными перестройками в проростках семян составляла 6.9% (Седельникова, 2003).



3. Фрагменты метафазных пластинок с кольцевыми хромосомами в проростках семян сосны обыкновенной из насаждений: а)-б) в окрестностях г. Калач-на-Дону; в) в окрестностях г. Суровикино.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в сухостепных насаждениях *P. sylvestris*, произрастающих в Нижнем Поволжье, частота встречаемости миксоплоидных проростков семян, уровень мутабельности клеток и разнообразие типов хромосомных перестроек в семенном потомстве деревьев достаточно высоки. Выявленная цитологическая нестабильность семенного потомства *P. sylvestris* в исследованных насаждениях, вероятно, сопровождается естественным отбором наиболее устойчивых генотипов и форм деревьев, адаптированных к засушливым лесорастительным условиям.

Литература

1. Буторина А.К. Факторы эволюции кариотипов древесных // Успехи современной биологии. 1989. Т. 108. № 3. С. 342–357.
2. Кунах В.А. Пластичность генома соматических клеток и адаптивность растений // Молекулярная и прикладная генетика. 2011. № 12. С. 7–14.
3. Седельникова Т.С. Хромосомные и геномные мутации у сосны обыкновенной в Нижнем Поволжье // Лесоведение. 2003. № 6. С. 28–33.
4. Sedel'nikova T.S., Muratova E.N., Pimenov A.V. Variability of Chromosome Numbers in Gymnosperms // Biology Bulletin Reviews. 2011. Vol. 1. N 2. P. 100–109.

ЗАСТОСУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ ШТАМІВ АЗОТФІКСУВАЛЬНИХ БАКТЕРІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР

В. І. Січкарь, А. І. Кривенко, Р. В. Соломонов

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція НААН, Україна

e-mail: sgi.hlebodar@gmail.com

Основними шляхами підвищення продуктивності сільськогосподарських культур є створення і впровадження у виробництво нових сортів і гібридів, а також застосування інтенсивних технологій, які включають внесення великої кількості мінеральних добрив, пестицидів для захисту від хвороб і шкідників, регуляторів і стимуляторів росту рослин. За цього суттєво зростають урожаї, але одночасно це веде до значного погіршення довкілля, особливо ґрунтів. Крім того, використання підвищеної кількості азотних мінеральних добрив призводить до збільшення енергетичних затрат. У ґрунті, водоймищах, продукції рослинництва нагромаджуються нітрати, які в організмах людей і тварин провокують формування ракових пухлин.

Біологічний азот, зв'язаний із повітря, не має таких недоліків. Він є екологічно чистим, засвоюється рослинами повністю, сприяє покращенню родючості ґрунтів. Інокуляція ефективними штамми насіння зернобобових культур перед сівбою дозволяє зв'язувати 90–250 кг/га азоту в діючій речовині, який є легкозасвоюваним і йде на формування врожаю. а певна його частина залишається в ґрунті й слугує стартовою дозою для наступних в сівозміні культур. Величина симбіотично зв'язаної кількості цього елемента в значній мірі залежить від обох партнерів цього процесу.

Селекціонери нашої країни інтенсивно працюють над створенням нових сортів сої, гороху, нуту, багаторічних бобових трав. Щорічно державний реєстр поповнюється сортами цих культур, тому дуже важливо для них добрати ефективні штамми бульбочкових бактерій. Як показують наші, а також інших дослідників результати, за рахунок вдалого добору макро- і мікросимбіонтів можливо збільшити урожай зернобобових культур на 3–5 ц/га. Ми вважаємо, що на сьогоднішній день це найбільш дешевий спосіб підвищення урожайності без порушення екологічної рівноваги довкілля [1–3].

Наші багаторічні дослідження направлені на створення шляхом гібридизації нових сортів сої, гороху та нуту, які б поєднували високі насінневу продуктивність і азотфіксувальну здатність за посушливих умов довкілля. З цією метою ми виявляємо окремі генотипи цих культур, які несуть вищеназвані ознаки, що використовуються як батьківські компоненти в програмі схрещувань. Потім кращі лінії, які характеризуються стабільними морфологічними показниками, випробовуємо за інокуляції насіння набором найбільш ефективних штамів. Таким чином ми виявляємо комплементарні пари сорт зернобобової культури – штам бульбочкових бактерій, які найбільш сприятливо взаємодіють між собою.

Ми вважаємо такі дослідження досить важливими, поскільки рівень азотфіксувальної здатності дуже залежить від умов вирощування. Зниження

нітрогеназної активності є одним із найбільш важливих показників, які свідчать про дію несприятливих умов на рослинні організми. При настанні посухи в першу чергу різко падають фотосинтетична та азотфіксувальна здатності [4, 5]. Тому виявлення толерантних асоціацій генотип рослини–штам бактерії за наявності водного стресу має надзвичайно важливе значення у сільськогосподарському виробництві. Особливої актуальності воно набуває в останні роки, коли в нашій країні різко посилились ознаки глобального потепління. У зоні Степу України останнє десятиріччя спостерігаємо значний недобір опадів у літній період та підвищений температурний режим. Показовим виявився 2020 рік, коли посуха охопила майже всю територію нашої країни.

Зона, де ми проводимо дослідження, майже кожного року страждає від недостатньої кількості опадів і надзвичайно високих температур повітря. Такі умови дозволяють в польових умовах об'єктивно оцінити посухостійкість рослин, в тому числі й симбіотичну активність. На виявлення стійких до посухи симбіотичних систем сої, нуту та гороху були направлені наші дослідження.

Польові дослідження проводили на полях дослідного господарства Селекційно-генетичного інституту ДП ДГ «Дачна», яке розташоване на території південної частини Причорноморської низини, у степовій зоні Одеської області. Рельєф представлений майже ідеальною рівниною.

Ґрунтовий покрив являє південні середньогумусні важкосуглинисті чорноземи на лесових відкладеннях. Товщина гумусного шару 40–50 см, вміст гумусу 3,5–4,5%. Сума поглинутих основ 40–45 мг. екв. на 100 г ґрунту. Кількість доступних форм елементів живлення (в мг. екв. на 100 г ґрунту): 3–4 азоту, 10–15 P_2O_5 та 20–30 K_2O . Реакція ґрунтового розчину нейтральна або слаболужна (рН сольової витяжки 6,0–7,2).

Сівбу сої, нуту і гороху виконували селекційною сівалкою СКС-6–10, збирання – комбайном «Сампо-130». Урожай перераховували на 14%-ну вологість насіння. У процесі вегетації проводили фенологічні спостереження, необхідні обліки та оцінки. Кількість бульбочок і їх масу визначали у фазі цвітіння рослин.

У дослідах використовували штами мікроорганізмів колекції Інституту сільського господарства Криму та Інституту фізіології рослин і генетики НАН України. Пересів колекції ризобій проводили за загальноприйнятими методами. У дослідженнях застосовували насіння сортів та селекційних ліній Селекційно-генетичного інституту. Ефективність бобово-ризобіального симбіозу оцінювали за кількістю та масою бульбочок на рослині, масою однієї бульбочки та врожайністю насіння.

У вегетаційних дослідах зі соєю рослини вирощували в теплицях у посудинах з перфорованим дном об'ємом 0,3 л на безазотному субстраті – вермикуліті, насиченому 0,2% розчином калію фосфорнокислого однозаміщеного (KH_2PO_4). Насіння обробляли перед висівом суспензією 7-добової культури ризобій із розрахунку 10^6 бактерій/насінину. Щільність суспензії бульбочкових бактерій для дозування інокуляційного навантаження визначали на фотоелектроколориметрі (КФК-2). Повторність вегетаційних дослідів 6-разова.

У вегетаційних дослідженнях виявили суттєву залежність показників симбіозу як від сорту сої, так і штаму бульбочкових бактерій (табл. 1).

1. Ефективність симбіозу сортів сої зі штамми *Bradyrhizobium japonicum* на без азотному субстраті, середні дані

Штам Сорт	Контроль без інокуляції			М 8			36			Х-9		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Аркадія одеська	1,5	5,0	3,6	11,8*	51,5	4,8	9,8*	39,0	4,6	6,5	66,0	4,6
Ятрань	3,0	9,5	3,6	18,2*	159,5*	5,4	13,6*	72,5	4,6	31,2*	241,5*	5,4
Симфонія	3,5	39,5	3,4	9,9	38,5	4,8	8,1	35,5	4,3	11,5*	94,5	5,0
Сяйво	3,0	33,5	4,8	15,2*	78,5	5,6	18,8*	105,0*	6,2	10,4	84,0	5,6
Фенікс	7,0	50,0	4,2	17,0*	94,0*	5,3*	16,6*	140,0*	5,1*	18,6*	109,5*	5,0*

Примітка: 1— кількість бульбочок на рослині

2— маса бульбочок, мг/рослину

3— маса рослини, г

* — достовірно по відношенню до контролю за НІР_{0,5}

Наявність зазначеної кількості бульбочок у контрольному варіанті свідчить про можливість перенесення певної кількості бактеріальних клітин насінням.

Аналіз показників таблиці 1 свідчить про те, що як за кількістю бульбочок на рослині, так і за їх масою виділився новий сорт сої Фенікс, на якому активними виявились всі випробувані штами. Значна кількість бульбочок формувалась і на корінні сорту Ятрань за інокуляції всім набором штамів. За використання штамів М 8 і Х-9 у цього сорту спостерігали максимальну масу бульбочок. Сорт Симфонія уступав за вивченими показниками симбіозу іншим сортам. Достовірну різницю по відношенню до контролю за кількістю бульбочок у нього виявили лише за використання штаму Х-9. Надземна маса проростків, яка сформувалась лише за рахунок симбіотичного зв'язування азоту, несуттєво різнилась за інокуляції всіма штамми і були більшою порівняно з контролем.

Важливо відмітити, що при проведенні цих досліджень було виявлено ряд цінних комбінацій сорт-штам, що підтверджує наявність специфічних взаємовідносин партнерів симбіозу, які являють значну цінність для практичного використання. Наприклад, на рослинах сорту Ятрань за інокуляції насіння експериментальним штамом Х-9 в середньому сформувалось 31,2 бульбочок, тоді як у сорту Аркадія одеська всього 6,5, а у Сяйва – 10,4. Перевагу цього штаму за нодулюючою здатністю спостерігали і у симбіозі з рослинами сої сорту Фенікс. У цілому штам Х-9 виявився найбільш вірулентним: Він переважав інші штами за середнім значенням кількості бульбочок у всіх сортів.

У нуту значною позитивною дією на продуктивність обох сортів Пам'ять та Буджак виділився штам А-44 (табл. 2). На сорті Пам'ять досить ефективними були штами 065 і НС-6, які у роки із різним вологозабезпеченням

дали суттєву прибавку врожаю. У симбіозі з сортом Буджак, який виділяється крупним насінням, штам 065 виявився неефективним, середній урожай якого був на рівні контролю без інокуляції..

2. Урожайність сортів нуту в залежності від оброблення насіння штамми бульбочкових бактерій

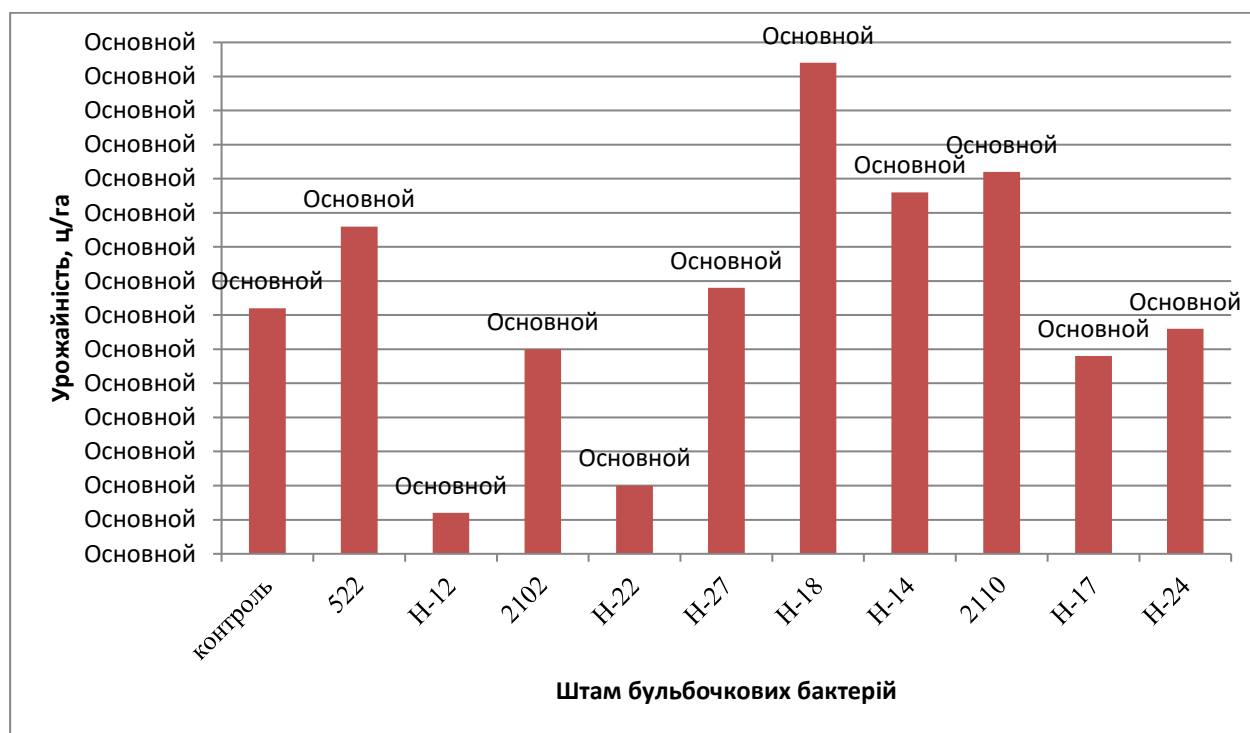
Штам	Урожай насіння, ц/га							
	Пам'ять				Буджак			
	2013	2014	2015	сер.	2013	2014	2015	сер.
Контроль, без інокуляції	16,9	9,5	10,2	12,2	15,0	10,1	11,6	12,2
Н-12, ст.	21,6	10,2	11,6	14,5	18,1	12,8	11,9	14,3
065	21,4	11,9	11,9	15,1	15,8	10,2	12,1	12,7
068	17,2	12,9	14,0	14,7	15,4	14,0	13,8	14,4
НС-6	17,4	14,0	14,2	15,2	15,2	12,0	15,6	14,3
А-44	21,0	13,5	12,1	15,5	18,0	12,4	14,6	15,0
<i>НІР_{0,5}</i>	<i>1,58</i>	<i>0,98</i>	<i>1,11</i>		<i>1,51</i>	<i>1,18</i>	<i>1,0</i>	

Серед нового селекційного матеріалу нами виділена лінія № 19/12, яка навіть у найбільш посушливі роки випробування за інокуляції штамми 065, 068 і А-44 збільшувала урожайність на 20–25%. Ріст продуктивності в цих варіантах мав місце за рахунок збільшення кількості бобів на рослині та насінин у бобі, а також маси 1000 насінин. За результатами конкурсного випробування інституту ми лінію № 19/12 передаємо до державного сортовипробування. У другому експерименті урожай насіння сорту Пам'ять за використання значного набору штамів досяг 24,7, 23,1, 22,8 і 22,3 ц/га за 21,1 ц/га на контролі (рис.). У цих дослідженнях було виявлено, що уже через 12–15 днів після сходів на рослинах нуту формується 18–25 бульбочок, маса яких складає 250–300 мг. Суттєва варіабельність за показниками симбіозу існує і між сортами. Серед нових сортів нуту одеської селекції підвищеною кількістю і масою бульбочок виділяється крупнонасінневий сорт Триумф.

У польових умовах провели випробування найбільш поширеного в Україні сорту гороху Світ та нових сортів Дарунок Степу і Круїз за інокуляції їх виробничим штамом 2616 і перспективними штамми К-29 і У-1. Вплив штамів на урожай сортів суттєво залежав від умов, які склалися в період вегетації. У добре вивченого сорту Світ за використання виробничого штаму 2616 середній урожай склав 17,9 ц/га, а за дії штамів К-29 і У-1 відповідно 21,1 і 22,2 ц/га. Суттєва прибавка врожайності мала місце й за використання інших штамів на цих сортах, за виключенням Круїзу за інокуляції У-1. Аналіз господарсько цінних ознак й елементів продуктивності показав, що у сортів Світ і Капітал на протязі обох років спостерігали збільшення маси 1000 насінин за дії експериментальних штамів К-29 і У-1 порівняно зі стандартом.

Це свідчить про те, що в процесі наливу насіння до рослин цих варіантів поступає додаткова кількість пластичних речовин. Таким чином, за умов недостатнього зволоження ґрунту й підвищених температур повітря у сої,

гороху та нуту виділені комплементарні асоціації сорт рослини – штам бульбочкових бактерій, які характеризуються підвищеною насінневою продуктивністю, формуванням значної кількості бульбочок і їх маси на рослині. Експериментальні штами *B. japonicum* X-9, *R. leguminosarum* K-29 і Y-1, а також штам *Mesorhizobium ciceri* A-44 є більш ефективними порівняно з виробничими штамми на вивчених сортах сої, гороху та нуту. На основі багаторічних випробувань рекомендуємо їх для виготовлення мікробних препаратів для використання у виробництві.



Урожайність сорту нуту Пам'ять за інокуляції новими штамми бульбочкових бактерій

На основі одержаних експериментальних результатів та аналізу наукової літератури можливо зробити висновок, що взаємодія рослин і симбіотичних мікроорганізмів являє собою комплекс процесів, які реалізуються через молекулярні механізми. В процесі формування і функціонування симбіозів відбувається взаємодія генів-партнерів, які на час існування симбіозу об'єднуються в надорганізову генетичну систему. Результатом її дії є тісна метаболічна інтеграція партнерів, регуляція рослиною-донором швидкості розмноження симбіонта і утворення спеціалізованих симбіотичних структур. Бобово-мікробні симбіози варіюють за ступенем складності своєї морфологічної організації. Але в усіх випадках розвиток структурної основи симбіозу контролюється рослинними генами, експресія яких відбувається тільки при взаємодії з мікроорганізмами. Формування симбіозу – це особлива стратегія розвитку рослин, яка еволюційно пов'язана із загальними морфологічними програмами, але сформувалася головним чином в процесі спільної еволюції з мікроорганізмами. Необхідно зазначити, що дефіцит вологи негативно діє як на рівень симбіозу, так і на фотосинтетичну

активність. Тому надзвичайно важливо добрати штами бульбочкових бактерій, які виділяються стійкістю до посухи. Над цією проблемою працює багато наукових лабораторій США, Китаю, низка європейських країн. У наших дослідженнях була чітко виявлена неоднакова активність штамів бульбочкових бактерій як за кількістю зв'язного із повітря азоту, так і за показники продуктивності рослин зернобобових культур. Для максимальної реалізації азотфіксувального потенціалу зернобобових культур потрібно в процесі створення сортів добирати до них комплементарні штами бульбочкових бактерій. Краще це робити в польових умовах за наявності природних ризобій в ґрунті, оскільки такі дослідження дозволять одночасно оцінити і конкурентну здатність досліджуваного штаму. При цьому досить важливо, щоб ґрунт був збалансований за кількістю фосфору та мікроелементів.

Література

1. Amarger N. Rhizobia in the field. *Adv. Agron.* 2001. v. 73. P. 109–168. DOI: 10.1016/s0065–2113(01)73006–4.
2. Bernal G. R., Tlustý B., Estevez de Jensen, van Berkum P., Graham P. H. Characteristics of rhizobia modulating beans in the central region of Minnesota. *Can. J. Microbiol.* 2004. v. 50. N 12. P. 1023–1031. DOI: 10.1139/w04–092.
3. Січкарь В.І. Селекція зернобобових культур на покращення симбіотичної азотфіксації. Збірник наукових праць «Фактори експериментальної еволюції організмів». 2017. т. 21. С. 183–186.
4. Gil-Quintana E., Larrainzar E., Seminario A., Diaz-Leal J. L., Alamillo J. M., Pinada M.... Gonzales E. M. Local inhibition of nitrogen fixation and nodule metabolism in drought-stressed soybean. *J. Exp. Bot.* 2013. v. 64. N 8. P. 2171–2182. DOI: 10.1093/jxb/ert074.
5. Irar S., Gonzalez E. M., Arrese-Igor C., Marino D. A proteomic approach reveals now actors of nodule response to drought in split-root grown pea plants. *Physiol. Plant.* 2014. v. 152. N 4. P. 634–645. DOI: 10.1111/ppl.12214.

ГЕНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СТІЙКОСТІ КУКУРУДЗИ ДО РІЗНИХ ТИПІВ ЗАСОЛЕННЯ

О. Л. Січняк, М. Г. Оснач

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Протягом онтогенезу рослина зазнає дії різних стресових факторів довкілля. Основним негативним фактором, який впливає на дорослі рослини є посуха. Посушливі періоди характерні для клімату багатьох країн. Одним з найгірших наслідків посухи є засолення ґрунтів. За даними FAO, площа засолених ґрунтів склала 831 млн. га [1]. Для зменшення втрат, викликаних стресовими факторами, застосовують різні підходи, одним з яких є створення

нових толерантних генотипів. Відправною точкою цього є оцінка вихідного матеріалу на толерантність до стресорів.

Метою представленої роботи є порівняльне вивчення ювенільної толерантності кукурудзи до натрій-хлоридного та натрій-сульфатного засолення.

У дослідженні використовували високо інбредні лінії кукурудзи (*Zea mays* L.), створені у відділі селекції і насінництва кукурудзи Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення: дві лінії з ЦЧС молдавського типу – Зміна АМ і Акація М, а також дві лінії – відновники фертильності – Одеська 221 МВ і Заповіт МВ.

Для оцінки толерантності до сольового стресу використовували метод паростків [2]. Насіння пророщували у 0,7% водному розчині NaCl або Na₂SO₄. Обрана концентрація створює осмотичний тиск 5,8 атм. для розчину NaCl і 3,6 атм. для розчину Na₂SO₄, тобто пригнічує, але не припиняє ріст рослин. Як контроль використовували пророщування у воді. Насіння пророщували в фільтрувальному папері у термостаті при +26 °С. На 4-у добу визначали енергію проростання, на 7-му – схожість насіння і масо-розмірні характеристики паростків. Для порівняння ліній за солестійкістю використовували індекс солестійкості (ІС), який розраховували як відношення досліджуваного показника (енергія проростання, схожість насіння, довжина і маса пагону, довжина і маса коріння) за дії хлориду натрію або сульфату натрію до значення того ж показника у контролі, виражене у відсотках.

За додавання NaCl достовірно зменшувалися енергія проростання (59–64%) і схожість насіння (74–92%). Досліджувані лінії за енергією проростання насіння суттєво не розрізнялися (ІС склав 75–78%). Схожість насіння за умов сольового стресу у ліній Акація М і Зміна АМ була дещо нижчою (ІС 87,5% і 75,5%, відповідно), ніж у ліній Заповіт МВ і Одеська 221 МВ (ІС 93,9% і 89,8%, відповідно). За даними літератури [3] схожість насіння кукурудзи за дії 0,8% розчину NaCl складала 94,5%, а розрахований нами на основі даних, опублікованих у зазначеній роботі, ІС склав 97,1%.

NaCl перешкоджає поглинанню води насінням, знижує мітотичну активність злакових культур. Це уповільнює проростання насіння у третій фазі (початок діяльності органів зародкової осі). У насінні, яке проростає на засоленому середовищі, суттєво підвищується вміст іонів солей, а найбільше акумулюють іони клітини зародка. Ймовірно, накопичення іонів солей у зародку насіння, яке проростає, а потім у пагоні є основною причиною різкого гальмування або повного припинення ростових процесів, гальмуються обидві фази ростових процесів – і поділ, і розтягування клітин [4].

Усі лінії реагували на сольовий стрес достовірним ($p \leq 0,01$) зменшенням довжини пагонів. Розрахунок солестійкості за зазначеним показником показав, що лінії Акація М і Зміна М мали суттєво меншу солестійкість (ІС 54,7% і 52,8%, відповідно) ніж лінії Заповіт МВ (ІС=74,3%) і Одеська 221 МВ (ІС=64,9%). Маса пагонів зменшувалася слабше, ніж довжина пагонів, хоча зменшення маси пагонів було достовірним (ІС склав 59,1–80,3%). Не виключено, що це пов'язано з фізіологічними особливостями реакції на

сольовий стрес. В умовах засолення знижується інтенсивність транспірації, що сприяє підвищенню обводнення листя. За даними [4] тургесцентність тканин кукурудзи при засоленні була у 1,4 рази вища, ніж у контролі.

Коренева система паростків також реагувала на сольовий стрес достовірним зменшенням довжини коріння. Як і за раніше розглянутими показниками, досліджені лінії відрізнялися за солестійкістю: більш чутливими виявилися лінії Акація М (IC=40,0%) і Зміна АМ (IC=34,7%), більш толерантними виявилися лінії Заповіт МВ (IC=49,2%) і Одеська 221 МВ (IC=55,0%). Також спостерігали достовірне зниження маси коріння, однак індекс солестійкості був більш високим у ліній Акація М і Зміна АМ (86,4% і 71,7%, відповідно), в той час як лінії Заповіт МВ і Одеська 221 МВ суттєво поступалися за індексом солестійкості (68,8% і 62,1%, відповідно).

При дослідженні гібридів кукурудзи [5] встановлено негативний вплив засолення на накопичення маси коріння і наземної частини паростків. Маса наземної частини знижувалася більше, ніж маса коріння. Так, у солестійких і у чутливих до солі гібридів в умовах засолення (NaCl 100 мМ), зниження маси коріння коливалося від 36,6% (Веселка МВ) до 73,3% (ОдМа 310 МВ), а надземної частини – від 66,0% (Одеський 385 МВ) до 86,7% (ОдМа 310 МВ), проти контрольного варіанта.

За дії Na_2SO_4 також спостерігали зменшення схожості насіння кукурудзи. Однак пригнічення енергії проростання та схожості насіння було меншим, ніж за дії NaCl. Ймовірно, це пов'язане з тим, що осмотичний тиск 0,7% розчину NaCl майже у 1,5 рази вищий, ніж осмотичний тиск розчину Na_2SO_4 такої же концентрації. Отже, на самих ранніх стадіях проростання, коли ще не виявляється токсична дія окремих іонів, менший осмотичний тиск зовнішнього розчину є більш сприятливим фактором для проростання насіння.

Інбредні лінії не розрізнялися за ступенем зниження енергії проростання внаслідок дії Na_2SO_4 . Однак зниження схожості насіння у ліній Акація М та Зміна АМ (IC склав 89,8% і 79,6%, відповідно) було більш суттєвим, ніж у ліній Заповіт МВ (IC=95,9%) і Одеська 221 МВ (IC=91,8%).

В усіх ліній довжина пагонів паростків зменшувалася з високою достовірністю. Однак слід зазначити, що і за даним параметром ліній-відновників фертильності показали меншу редукцію показника: їх IC були суттєво більшими (81% і 69,3%), ніж у ліній з ЦЧС (57,35 і 55,6%). Маса пагонів паростків була менш лабільним показником, хоча індекси солестійкості ліній-відновників фертильності були вищими (87,6 і 84,8%), ніж у ліній з ЦЧС (71,1% і 68,2%).

Корінці паростків кукурудзи за дії Na_2SO_4 також зменшували масу і довжину. Довжина корінців паростків за дії солі склала 42,6–56,2% від контролю для ліній з ЦЧС і 65,9–72,3% для ліній-відновників фертильності. Маса корінців паростків достовірно зменшувалася у ліній Зміна АМ (IC=75,5%), Заповіт МВ (74,1%) і Одеська 221 МВ (67,2%) за дії Na_2SO_4 . У ліній Акація М відмінності від контролю недостовірні (IC=91,7%).

За натрій-сульфатного засолення, також як і за умов натрій-хлоридного засолення за показниками довжини пагонів та корінців спостерігали більший

ступінь пригнічення коренів паростків. Однак за масою корінців та пагонів паростків це не виражалось так явно. В цілому дія NaCl виявилася для насіння кукурудзи, яке проростає, більш шкодочинною, ніж дія Na_2SO_4 . З одного боку, це обумовлено різним осмотичним потенціалом розчинів солей. Внаслідок цього відбувається зневоднення рослини.

Крім більш високого осмотичного тиску розчину NaCl причинами цього є різні механізми токсичного впливу сульфатних і хлоридних іонів. На тлі сульфатного засолення накопичуються продукти окиснення амінокислот, які містять сірку (сульфоксиди та сульфони), котрі також є отрутними для рослин. Підвищена концентрація солей, особливо хлористих, може діяти як розмикач процесів окиснення та фосфорилування і тим самим порушувати постачання рослин макроергічними фосфорними сполуками. Під впливом солей порушується ультраструктура клітин, зокрема відбуваються зміни в структурі хлоропластів, набрякання гранул і ламел [6].

Різна ростова реакція окремих органів рослин на засолення залежить від початкового гормонального фону в них, який у нормі є неоднаковим у корінні та у надземній частині. В умовах стресу у зазначених органах неоднаково відбуваються зміни ендогенного вмісту фітогормонів – у корінні рівень цитокінінів та індолілоцтової кислоти більший, ніж у пагоні. Саме тому екзогенні регулятори росту неоднаково впливають на ці органи. До того ж, деякі гібриди кукурудзи характеризуються певними особливостями метаболізму [7].

Стратегія солестійких культур спрямована на зменшення надходження іонів Na^+ в цитоплазму фотосинтезуючих клітин листа. Показана бар'єрна роль коріння в адаптації культурних рослин до умов засолення [8]. У солестійких гібридів активні транспортні механізми по «відкачуванню» іонів Na^+ , локалізовані і у плазмалемі клітин кореня, і у тонопласті паренхіми листа. У чутливого до солі гібрида Одеський 375 МВ значно збільшувався вміст Na^+ в гомогенаті органів надземної частини, а також у клітинному соку листа, що вказує на недостатню бар'єрну роль коріння. Таким чином, бар'єрна роль коріння у солестійких гібридів кукурудзи міститься у тому, що «надлишкові» іони Na^+ локалізуються у клітинних компартментах коріння. Отже, стратегія адаптації рослин кукурудзи спрямована на захист від ушкоджуючої дії «надлишкових» катіонів клітин листа, які містять хлоропласти. Це слід розглядати як адаптивну реакцію на організменному рівні, спрямовану на підтримання фотосинтетичної і біологічної продуктивності рослин в умовах сольового стресу [5].

З огляду на вищенаведене стає зрозумілою і більша чутливість до сольового стресу ліній Акація М і Зміна АМ за результатами більшості тестів. Ці лінії кукурудзи характеризуються наявністю ЦЧС молдавського типу. Як відомо, ЦЧС викликається мутаціями мітохондріального геному. Порушення функціонування цих енергетичних станцій клітини, в свою чергу, може знижувати ефективність роботи таких енерговитратних механізмів, як активні транспортери іонів натрію. Що стосується кращої солестійкості даних ліній за результатами тесту на масу коріння в умовах засолення, то ці дані добре

узгоджуються з даними про позитивний вплив засолення субстрату на накопичення маси коріння при уповільненні росту пагонів [9].

Сольовий стрес завжди погіршує надходження води у коріння рослин. Дефіцит води підсилює відкладання лігніну та суберину в області ендодерми і екзодерми коріння, збільшуючи супротив руху води по апопласту [10]. Одним з факторів, від яких залежить провідність судин, є присутність так званих «пор» – поглиблень у вторинних клітинних стінках. Їхній розмір залежить від ступеню набрякання клітинної стінки і змінюється в залежності від концентрації іонів у ксилемному соку [11]. Отже у корені певною мірою активуються синтетичні процеси і підсилюється водоутримуюча здатність тканин кореню, що у комплексі з недостатньою ефективністю роботи активних іонних транспортерів може привести до відносно більшої маси коріння в умовах сольового стресу у чутливих ліній Акація М і Зміна АМ.

Таким чином, в умовах як натрій-хлоридного, так і натрій сульфатного засолення досліджувані лінії достовірно зменшували енергію проростання і схожість насіння, а також довжину і масу пагонів та коріння у 7-денних паростків. Ступінь пригнічення коренів 7-денних паростків в умовах сольового стресу був вищим, ніж ступінь пригнічення пагонів. Дія хлориду натрію виявилася для насіння кукурудзи, яке проростає, більш шкодочинною, ніж дія сульфату натрію. Це обумовлено різним осмотичним потенціалом розчинів солей, а також різними механізмами токсичного впливу сульфатних і хлоридних іонів. Лінії з ЦЧС (Акація М і Зміна АМ) були більш чутливі до сольового стресу, ніж лінії з генами-відновниками фертильності (Заповіт МВ і Одеська 221 МВ).

Література

1. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. (2009). *Advances in the assessment and monitoring of salinization and status of biosaline agriculture: report of an expert consultation held in Dubai, United Arab Emirates, 26–29 November 2007*. Food And Agriculture Organization.
2. Удовенко, Г. В., Синельникова, В. Н., & Давыдова, Г. В. (1988). Оценка солеустойчивости растений. Г. В. Удовенко (Ред.), *Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методич. рук.)* (с. 85–97. Л.: ВИР.
3. Беловолова, А. А., Безгина, Ю. А., & Громова, Н. В. (2011). Солеустойчивость сельскохозяйственных культур и их урожайность на солонцеватых слитых черноземах. *Научный журнал КубГАУ*, 74(10), 676–686.
4. Кабузенко, С. Р., Жижина, М. Н., Пономаренко, С. П., & Ривная, И. В. (2009). Влияние синтетических регуляторов роста ивина и БАП на показатели водообмена проростков кукурузы и ячменя на фоне хлоридного засоления. *Физиология и биохимия культурных растений*, 41(2), 146–153.
5. Омельченко, А. В., Кабузенко, С. Н., Белоусов, А. А., & Сериков В. А. (2009). Локализация натрия в компартментах тканей корней и надземной части гибридов кукурузы нового поколения в связи с их

- солеустойчивостью. *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия»*, 22(4), 112–121.
6. Клышев, Л.К. (1989). Биохимические и молекулярные аспекты исследования солеустойчивости растений. А. И. Иммамалиев (Ред.), *Проблемы солеустойчивости растений*. (с. 142–183). Ташкент: ФАН.
 7. Калініна, Н., & Кабузенко, С. (2004). *Солестійкість кукурудзи різних генотипів та вплив на неї регуляторів росту*, Матер. II міжнар. конф. «Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти». Львів: вид-во «СПОЛОМ».
 8. Захарин, А. А. (2005). Быстрые реакции водообмена растений при воздействии на корни растворов солей различных концентраций. *Физиология растений*, 52(6), 876–881.
 9. Смольников, А. А., & Иванов, И. И. (2006). *Рост корневой системы растений яровой пшеницы на гомо- и гетерогенной питательной среде*, Матер. I (IX) междунар. конф. мол. ботан. в Санкт-Петербурге. С. — Пб.: ГЭТУ.
 10. Steudle, E., & Peterson C. A. (1998). How Does Water Get through Roots? *J. Exp. Bot.*, 49(322), 775–788.
 11. Gasco, A., Nardini, A., Gortan, E., & Salleo, S. (2006). Ion-mediated increase in the hydraulic conductivity of Laurel stems: role of pits and consequences for the impact of cavitation on water transport. *Plant, Cell and Environment*, 29(10), 1946–1955. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01570.x>

РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗНЫХ СОРТОВ АБРИКОСА

Н.В. Титова

Институт генетики, физиологии и защиты растений, Министерство образования, культуры и исследований Республики Молдова

В последнее время в плодоводстве Молдовы ведется усиленный поиск и внедрение новых сортов плодовых растений с высокой продуктивностью, включая и абрикос, чувствительной культуры к меняющимся условиям среды [1]. Знание физиологических и биохимических особенностей растений, формирования и функционирования фотосинтетического потенциала разных сортов таких растений становится особенно важным. Изучение взаимоотношений донор-акцептор у перспективных сортов с разным сроком созревания плодов представляет интерес не только для понимания роли плодов в развитии, но и для идентификации индивидуальных характеристик разных сортов абрикоса.

Задача работы — мониторинг особенностей ростовых и фотосинтетических ответов новых перспективных сортов абрикоса с разным сроком созревания плодов на запросы аттрагирующих центров в течение периода вегетации, а также выявление физиологических механизмов, определяющих их продуктивность.

Материал и методы. В течение ряда лет в условиях лизиметров вегетационного комплекса Института изучали четырехлетние плодоносящие растения позднего сорта абрикоса из Румынии Сирена и двухлетние растения среднего срока созревания сорта Шалах армянской селекции и раннего сорта местной селекции Василе Кочу. Изучали динамику роста листьев и побегов в течение вегетационного периода, интенсивность фотосинтеза и транспирации листьев с помощью прибора LCI, дыхания листьев на аппарате Варбурга, пигментный фонд листьев методом спектрофотометрии в ацетоновой вытяжке [2], чистую продуктивность фотосинтеза рассчитывали по А.А.Ничипоровичу [3]. Статистическую обработку данных проводили с применением критерия Стьюдента, результаты достоверны при 0,05% уровне значимости.

Результаты исследования. Сезонная динамика роста листьев, их длина, диаметр были близкими у всех исследуемых сортов. В то же время масса, площадь и удельная поверхностная площадь листьев у позднеспелого сорта Сирена с обильным урожаем превышали эти величины у сортов двухлетнего возраста Шалах и Василе Кочу. В таблице 1 отражено накопление сухой массы на дм^2 листа у исследуемых растений в течение вегетационного периода. Наиболее интенсивное нарастание листовой поверхности у всех растений происходит в течение мая. Сорт Сирена превосходит в этот период сорта Шалах и Василе Кочу на 11 и 22% соответственно, а также наиболее значительно во второй половине июня, во время роста плодов – на 41 и 55%.

1. Аккумуляция биомассы листьями абрикоса, мг сухой массы/ дм^2

Сорт/Дата	6 – 25 мая	31 мая - 7 июня	7 – 16 июня	16 – 30 июня
Сирена	$238 \pm 13,9$	$149 \pm 6,0$	$168 \pm 11,7$	$271 \pm 16,3$
Шалах	$213 \pm 10,6$	$129 \pm 6,4$	$103 \pm 5,2$	$159 \pm 6,4$
Василе Кочу	$186 \pm 11,2$	$130 \pm 6,5$	$126 \pm 6,5$	$122 \pm 6,1$

Определение удельной поверхностной площади листьев, отражающую структурные особенности листа [4], показало такое же преимущество плодоносящего сорта Сирена над другими сортами (табл. 2).

2. Удельная поверхностная площадь листьев абрикоса, мг сухой массы/ см^2

Сорт/Дата	6 мая	25 мая	7 июня	16 июня	30 июня	7 июля
Сирена	8,2	9,57	9,4	10,04	11,74	11,22
Шалах	6,63	8,45	8,36	8,44	10,22	10,09
Василе Кочу	5,97	7,77	7,77	8,46	9,68	10,76

В то же время интенсивность фотосинтеза разных сортов находится на близком уровне, отличаясь только в июле при созревании плодов у сорта Сирена и закладке почек у сорта Василе Кочу (табл. 3).

Как известно [5], аттрагирующая способность органов, в данном случае активно развивающиеся плоды и закладка почек, в значительной степени

зависит от генотипа (вид, сорт). В июле у всех сортов выше фотосинтез от средних значений за май – июнь у сорта Сирена в 2,25 раз, у сорта Шалах – в 1,95 и у сорта Василе Кочу в 2,92 раз.

3. Динамика интенсивности фотосинтеза листьев разных сортов абрикоса, $\text{мг CO}_2 \cdot \text{дм}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$.

Сорт/Дата	12 мая	24 мая	23 июня	19 июля
Сирена	3,86±0,19	2,27±0,11	2,71±0,13	6,60±0,33
Шалах	1,70±0,10	3,14±0,16	3,42±0,20	5,37±0,27
Василе Кочу	3,43±0,17	2,31±0,09	2,78±0,14	8,30±0,40

В отличие от других исследуемых сортов у плодоносящих растений абрикоса сорта Сирена за счет увеличения отношения фотосинтез: темновое дыхание накапливается больше продуктов фотосинтеза в листьях и плодах, что

Обеспечивает высокую продуктивность растений. Однако по содержанию ассимиляционных пигментов, важнейшего фактора в реализации фотосинтетической функции растения, значительных различий между сортами не наблюдалось. Динамика накопления хлорофиллов и каротиноидов у всех растений одинакова. Намечалось некоторое превышение содержания хлорофиллов у сорта Шалах во время интенсивного роста, что может быть связано с большей сильнорослостью этого сорта по сравнению с другими сортами.

В характеристике продукционных процессов как основы биологической продуктивности и урожайности важнейшим является организация донорно-акцепторных отношений в растении [6]. В хорошо согласованной системе донорно-акцепторных отношений в целом растении оптимально реализуется рост и фотосинтез. Это наглядно подтверждают данные, характеризующие фотосинтетическую продуктивность растений.

Высокий уровень удельной поверхностной плотности листьев, содержания пигментов, интенсивности ассимиляции CO_2 и соотношения фотосинтез:темновое дыхание у сорта Сирена способствовали аккумуляции биомассы листьев и росту чистой продуктивности фотосинтеза в период роста и созревания плодов в июне-июле более чем вдвое по сравнению с молодыми растениями. Средние значения чистой продуктивности фотосинтеза за вегетационный период у плодоносящего сорта Сирена составляли $0,72 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$, у сортов Шалах и Василе Кочу – соответственно $0,39$ и $0,47 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$.

Заключение. Выявлены особенности взаимосвязи между активностью ростовых процессов, фотосинтезом, пигментным фондом и донорно – акцепторными отношениями в органах разных сортов абрикоса в течение вегетации. Это свидетельствует о наличии ряда тесно взаимосвязанных процессов, служащих механизмом в реализации регуляторного действия генетического плана срока созревания плодов у плодоносящих растений и закладки почек у молодых растений абрикоса. Данные могут быть использованы для оценки физиологического состояния, фотосинтетической способности и продуктивности новых сортов плодовых растений.

Литература

1. Babuc Vasile. Pomicultura. Chişinău: T. Centrală, 2012. 664 p.
2. Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев. // Биохимические методы в физиологии растений. М: Колос, 1971, с.154–170.
3. Ничипорович А.А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений. // Физиология фотосинтеза. М: Наука, 1982. С.7–33.
4. Храмцова Е.В., Киселева И.С., Малкова Н.А. Взаимосвязь продукционных параметров с ростовыми и мезоструктурными характеристиками фотосинтетического аппарата рода *Triticum L.* // Современные проблемы сельского хозяйства. Калининград. 2002. С.163–171.
5. Мокроносов А.Е. Интеграция функций роста и фотосинтеза. // Рост растений и его регуляция. Кишинев, Штиинца, 1985. С.183 – 198.
6. Мокроносов А.Т. Донорно-акцепторные отношения в онтогенезе растения. // Физиология фотосинтеза. М, Наука. 1982. С.235–258.

АГРОБІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ КОЛЕКЦІЇ ГЕНЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ЧЕРЕШНІ В УМОВАХ ПІВДНЯ СТЕПУ УКРАЇНИ

Л. М. Толстолік

Мелітопольська дослідна станція садівництва імені М.Ф. Сидоренка ІС НААН

Серед плодових культур, що вирощуються на півдні України, черешня займає одне з провідних місць. Вона відкриває сезон споживання свіжої, високовітамінної плодової продукції, починаючи з травня і до початку липня. Це одна з небагатьох плодових культур, що дозволяє отримати високоякісні плоди за невисокого пестицидного навантаження, що є найціннішим для південної зони садівництва, особливо зважаючи на її курортний потенціал (Толстолік, 2019).

Однією з основ успішного вирощування цієї культури в теперішній час є наявність сучасного сортименту, що відповідає вимогам інтенсивного садівництва, а саме: сортів високопродуктивних, стійких до абіотичних і біотичних стресів. У «Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні», який є чинним станом на 17 лютого поточного року, знаходиться 28 сортів черешні виключно української селекції (2021). Для степової зони України дозволено до використання 22, з яких 82% – це мелітопольські сорти різного строку досягання. Загалом, мелітопольськими селекціонерами у різні часи їх було зареєстровано близько 50. Такий широкий сортимент створює сприятливі можливості вибору сортів для насаджень, але у зв'язку із змінами клімату і спрощенням агродогляду у деяких насадженнях, виникає потреба у сортах з високою екологічною стабільністю за ознаками продуктивності. До того ж на півдні степу України, де червень – період досягання черешні – найбільш дощовий місяць вегетаційного періоду –

важливою є ще й стійкість до розтріскування плодів. А оскільки для формування комерційних товарних партій плоди не повинні мати великих розбіжностей за зовнішнім виглядом, все більше бажаючих садити односортні сади черешні, тому підвищується попит на самоплідні сорти. Саме задачу створення таких сортів і вирішує селекція, спираючись на колекцію генофонду.

Об'єктом дослідження був генофонд черешні Мелітопольської дослідної станції садівництва імені М.Ф. Сидоренка ІС НААН, який містить 129 сортів з 7 країн. Насадження розташовані за схемами садіння – 6 м x 5 м, та 7 м x 7 м, підщепа – сіянці вишні магалебської. Кожен зразок представлений не менш, ніж 5 деревами. Ґрунти типові для півдня України – темно-каштановий слабосолонцюватий та чорнозем південний супіщаний та суглинковий. У насадженнях генофонду вивчалися морфологічні особливості зразків, особливості росту і плодоношення, урожайність, скороплідність, морозо- та зимостійкість, посухостійкість, стійкість до хвороб, оцінювались товарні та смакові якості плодів.

Представлені результати вивчення колекції генофонду черешні протягом 2019–2020 рр. Погодні умови впродовж цього періоду були в цілому сприятливими для культури, але не дозволили сортам у повній мірі реалізувати потенціал урожайності і якості плодів. За температурними умовами та вологозабезпеченістю вегетаційні періоди можна вважати у цілому задовільним для росту дерев.

Робота проводилася згідно з «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1999), «Методикою державного випробування сортів рослин на придатність до поширення в Україні» (2005) та «Широким унифицированным классификатором СЭВ рода *Cerasus* Mill (1989).

В результаті вивчення колекції генофонду були виділені джерела окремих господарсько-цінних ознак, а саме:

- пізнього початку вегетації (середня дата) – Францис, Крупноплідна (22.03), Зодіак (26.03);
- пізнього початку цвітіння (середня дата) – Романтика (20.04), Зодіак (22.04), Казка, Талісман, Ера (25.04);
- високої стійкості генеративних бруньок/квіток до весняного приморозку (% підмерзлих бутонів і квіток) – Дивна, Зодіак, Удівительна, Міраж (до 22%);
- тривалого цвітіння (днів):– Момент (14), Рубінова рання (16);
- стійкості до кокомікозу (без ознак ураження) – Зодіак, Аншлаг, Францис, Ера, Валерій Чкалов, Анонс, Міраж, Мелітопольська школьниця, Мелітопольська чорна;
- великоплідності (г) – Вакханка (9,9), Казка, Темпоріон (10,8), Mercant, Дилема, Анонс (11,2), Мечта (11,3), Суперниця, Крупноплідна (12,5);
- високої урожайності (кг/дер у 19-річних насадженнях.) – Аншлаг, Колхозная, Модная (22,2), Червнева рання (26,7), Анонс (35,3);
- надраннього та раннього строку досягання (кількість днів від кінця

- цвітіння до знімання): – Самоцвіт (30), Рубінова рання (32), Скороспілка (38);
- пізнього та дуже пізнього строку досягання (кількість днів від кінця цвітіння до знімання): – Зодіак (49), Темпоріон (51), Мелітопольська чорна (55), Удивительная (55), Анонс (56), Крупноплідна, Удача (57);
 - привабливості зовнішнього вигляду плодів (9 балів) – 32 сорти, ут.ч. Дивна, Mercant, Регіна, Темпоріон;
 - відмінного смаку(8,5–9 балів) – 26 сортів, серед яких Червнева рання, Mercant, Темпоріон, Простір;
 - високої стійкості до розтріскування плодів – Зодіак, Простір.

Виділені сорти-джерела комплексу ознак, серед яких Дивна, Талісман, Темпоріон, Анонс Подарок юбіляру, Мечта, які поєднують ознаки великоплідності (9,27–10,3 г), привабливості зовнішнього вигляду плодів (9 балів) та відмінного смаку з високою, або вищою за середню урожайністю.

Залучення виділених сортів у селекційний процес сприятиме підвищенню його ефективності.

Література

1. *Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік: чинний станом на 17.02.2021*, (2021). (Мінекономіки України). *Офіційний сайт УІЕСР* <<https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>> (2021, лютий, 27)
2. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур на придатність до поширення в Україні (плодові, ягідні, горіхоплідні, субтропічні, виноград та шовковиця). (2005). *Охорона прав на сорти рослин*, 2 (2), 161–221).
3. Седов Е.Н., Огольцова Т.П. (Ред) (1999) *Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур*. Орел: ВНИИСПК.
4. Толстолік Л.М. (2019). Склад і селекційна цінність колекції черешні Мелітопольської дослідної станції садівництва. *Генетичні ресурси рослин*, 24, 108–121.
5. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Cerasus* Mill. (виды *C. avium* (L.) Moench, *C. vulgaris* Mill., *C. fruticosa* Pall.). (1989). Ленинград: ВИР.

ЦІННІ ЗРАЗКИ КОРМОВИХ БОБІВ З РОЗСАДНИКА FBIEN-LS ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ В УКРАЇНІ

С. М. Холод, О. Ю. Роговий

Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України

e-mail: svitlanakhod77@ukr.net

Кормові боби (*Faba vulgaris* L.) – одна з давніх культур світового землеробства. Серед зернових і бобових культур кормові боби відзначаються високою врожайністю. Урожай зерна з одного гектара становить 50 ц і більше і до 500 ц зеленої маси. Зерно, яке містить 25–35% білка, до 54% вуглеводів, 1,5% жиру, близько 3,5% мінеральних речовин, вітаміни А, В тощо, є високопоживним концентрованим кормом, у 100 кг якого міститься 129 корм. од. і 28,4 кг перетравного протеїну. Білок кормових бобів містить більшість незамінних амінокислот, великий процент його фракції належить до водорозчинних [1, 2].

Боби вирощують також як харчову рослину. Зерно їх вживають у їжу у вареному вигляді, готуючи з нього салати, соуси, супи, холодні закуски. Боби мають агротехнічне значення: їх використовують під час вирощування овочевих культур як кулісні рослини, а в садівництві – як зелене добриво. Боби – цінна медоносна рослина. В Україні кормові боби вирощують на площі понад 10 тис. га, середня врожайність – близько 18 ц/га, за високої агротехніки отримують 25–30 ц/га [3]. Однією з головних умов успішної селекційної роботи є можливість якнайширшого використання генетично-різноманітного вихідного матеріалу різного еколого-географічного походження з комплексом цінних ознак і властивостей [4].

В польових та лабораторних умовах інтродукційно-карантинного розсадника Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України проведено первинне вивчення 24 нових зразків кормових бобів з розсадника FBIEN-LS-2017 (*Faba Bean International Elite Nursery – Large Seed*), що надійшли з Лівану (ICARDA). Сівбу проводили вручну у двократній повторності в оптимальні для кормових бобів строки. Ділянки дворядкові з міжряддям 0,50 м, площею 2,5 м². Стандартами були національні сорти Візир та Віват (Україна) (еталони середньостиглості, стабільної зернової продуктивності) та міжнародний сорт-стандарт ILB 1814 (Сирія). Попередник – чорний пар.

Інтродуковані зразки кормових бобів вивчали за комплексом господарсько-цінних ознак. Фенологічні спостереження та морфологічний опис проводили в польових та лабораторних умовах згідно "Рекомендацій по изучению зарубежных образцов сельскохозяйственных культур на интродукционно-карантинных питомниках" [5] та "Методических указаний по изучению коллекции зерновых бобовых культур" [6]. Вивчення нового інтродукованого матеріалу та порівняння його зі стандартами дозволили виділити зразки, які проявили себе як цінний генофонд для умов України.

Однією з найважливіших ознак, за якими оцінюють матеріал, є тривалість вегетаційного періоду. Цей показник визначає не тільки рівень врожайності сорту, але й його стійкість до посухи, хвороб та іншим стресовим факторам. За тривалістю вегетаційного періоду основна частина досліджуваного матеріалу віднесена до ранньостиглої групи стиглості (тривалість вегетаційного періоду від 80 до 82 діб). Тривалість періоду цвітіння у даного розсадника кормових бобів коливалась в межах 36–37 діб. Незважаючи на те, що початок цвітіння всіх сортів і настання технічної стиглості розпочиналися приблизно одночасно, дружність досягання бобів коливалась у значному діапазоні [7].

Висота рослин має важливе значення у технологіях з використанням сидератів. Водночас, з метою покращення збирання бобів навпаки, необхідні рослини з меншою висотою [7]. Висота рослин у інтродукованих зразків кормових бобів коливалась від 39,4 (FLIP16–152) до 53,8 см (FLIP16–144), що в середньому становило 47,6 см. У міжнародного стандарту ILB 1814 (Сирія) висота рослин в середньому становила 47,2 см. Висота прикріплення нижнього бобу у зразків знаходилась в межах від 15,0 (FLIP16–142) до 25,8 см (FLIP16–156), у міжнародного стандарту ILB 1814 (Сирія) – 19,6 см.

Продуктивність – одна з найважливіших характеристик, що визначає господарську цінність сорту. Були проаналізовані такі елементи структури врожаю кормових бобів, як кількість бобів, кількість насіння в бобі, показники параметру бобу, маса зерна з рослини та маса 1000 насінин [8].

Формування кількості бобів у бобу сильно залежить від погодних умов вегетаційного періоду. Кількість бобів на рослині є важливим показником продуктивності та урожайності. Сорти з великою кількістю бобів до певної межі характеризуються підвищеною насінневою продуктивністю та урожайністю [7]. Кількість бобів на одну рослину в інтродукованих зразків кормових бобів була в межах від 6,2 (FLIP16–155) до 17,0 шт. (FLIP16–146), що в середньому становила 11,1 шт. на рослину. За даним показником 10 зразків (42%) мали незначну кількість бобів на рослині (8,0–11,0 шт.). 8 зразків (33,3%) віднесено до групи з середньою кількістю бобів на рослині (11,1–13,0). Виділено зразки, які мали підвищену кількість бобів на рослині – більше 13,1 шт.: FLIP16–144, FLIP16–142, FLIP16–141. У міжнародного стандарту ILB 1814 кількість бобів на рослині становила в середньому 6,6 штук.

Довжина зрілого бобу у зразків варіювала від 7,0 (FLIP15–232 FB) до 13,0 см (FLIP16–145). Найдовші боби зафіксовано у зразків FLIP14–021 (12,4 см), FLIP16–154 (12,4 см), FLIP16–147 (12,6 см), FLIP16–145 (13,0 см), FLIP16–156 (12,0 см), FLIP16–155 (12,0 см); у міжнародного стандарту ILB 1814 (12,0 см). Ширина бобу в інтродукованих зразків кормових бобів становила в середньому 1,8 см. Виділено 12 зразків (50%), які мали ширину бобу на рівні 2,0 см. У міжнародного стандарту ILB 1814 ширина бобу в середньому становила 2,5 см. Кількість насінин у бобі в досліджуваних зразків кормових бобів змінювалась від 3,0 (FLIP16–142) до 5,2 шт. (FLIP15–232FB); у середньому 3,9 шт. Забарвлення насінневої шкірки (відразу після збирання) за кольором: світло-коричневе, коричневе. Форма повздовжнього розрізу насінини – неправильна.

Продуктивність рослин кормових бобів зумовлена взаємодією низки ознак, з яких найбільше значення мають такі елементи структури врожаю, як кількість бобів, насінин і продуктивних вузлів на рослині та маса 1000 насінин [8].

У залежності від сортових особливостей і з врахуванням погодних умов, що склалися у звітному році, продуктивність однієї рослини в середньому становила 23,30 г та варіювала в межах від 15,62 (FLIP16–144) до 31,90 г (FLIP16–148). Переважна більшість зразків, а це 18 зразків (75% від загалу) сформувала більше 20 г з рослини; стандарт ILB 1814 (17,0,5 г). Кращими за цим показником були: FLIP16–148 (31,90 г), FLIP16–156 (31,05 г), FLIP16–157 (30,25 г), FLIP16–146 (27,61 г), FLIP16–149 (27,41 г).

Середній показник маси 1000 зерен у інтродукованих зразків кормових бобів становив в середньому 792,30 г з варіюваннями по зразках від 525,3 (FLIP16–144) до 1123,2 г (FLIP16–149). Середня маса 1000 насінин (від 500 до 700 г) характерна для 8 зразків (33,33%). 16 зразків, які мали масу 1000 зерен 701–1100 г, віднесено до групи із великою крупністю зерна, що склало 66,6% їх від загальної кількості. Найбільше за масою насіння формували зразки FLIP16–146 (1000,34 г), FLIP16–149 (1112,32 г), FLIP16–147 (1034,20), FLIP16–156 (992,50 г), FLIP15–232FB (926,6 г).

Результати дослідження дозволили оцінити зразки кормових бобів та виділити за комплексом господарсько-цінних ознак: FLIP16–146, FLIP16–149, FLIP16–148, FLIP16–156, FLIP15–232FB, FLIP16–141, FLIP16–154, FLIP16–147 (Ліван). Таким чином, відібрані за комплексом господарсько-цінних ознак зразки кормових бобів можна включати в селекційний процес для створення посухостійких, середньоранніх сортів кормових бобів з високою продуктивністю і технологічністю при збиранні.

Література

1. Осадець Я., Вівчарик В. Кормові боби – цінна кормова культура. Пропозиція. 2002. № 11. С. 45–47.
2. Таланов И.П. Кормовые бобы – перспективная зернобобовая кормовая культура. Вестник Казанского ГАУ. 2013. №4 (30). С. 146–149. doi: 10.12737/2223
3. Нідзельський В.А., Мокрієнко В.А. Кормові боби – цінна зернобобова культура. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2014. Вип. 176. С.71–75
4. Кириченко В.В., Рябчун В.К., Богуславський Р.Л. Роль генетичних ресурсів рослин у виконанні державних програм. Генетичні ресурси рослин. 2008. №5. С.7–13.
5. Рекомендаций по изучению зарубежных образцов сельскохозяйственных культур на интродукционно-карантинных питомниках. Л.: ВИР. 1975. 40 с.
6. Методические указания ВИР по изучению коллекции зерновых бобовых культур / сост.: Н.И.Корсаков, О.П. Адамова, В.И. Буданова [и др.] ; под ред. Н.И. Корсакова – Л.: 1975. 23 с.
7. Костюк О.О., Кутовенко В.Б. Технологія вирощування бобу овочевого (*Faba bona* Medik.) в правобережному Лісостепу України. Монографія. Київ. 2015. 182 с.

8. Холод С.М. Характеристика різних сортотразків гороху посівного (*Pisum sativum* L.) у зоні південного Лісостепу України. Plant Varieties Studying and Protection. 2019. Т. 15, №2. С. 109–117. doi:10.21498/2518–1017.15.2.2019.173552.

ПОЛУЧЕНИЕ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ С УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ИОННОЙ ТОКСИЧНОСТИ

Н. Н. Черкасова, Т. П. Жужжалова

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», Россия
e-mail: biotechnologiya@mail.ru*

Разработка биотехнологических методов по созданию нового устойчивого исходного материала к стрессам является неотъемлемой частью селекционного процесса. Среди современных методов биотехнологии одним из эффективных подходов к решению этой проблемы является клеточная селекция, позволяющая отбирать резистентные клетки и ткани в селективных условиях *in vitro* [1,2]. Растения сахарной свёклы подвергаются действию абиотических стрессов, которые провоцируют комплекс взаимосвязанных реакций, протекающих одновременно или поочерёдно. Поэтому для первичной селекции целесообразно подобрать стрессовый фактор, который отличается высокой токсичностью в относительно малых количествах и вызывает существенные нарушения в клетке. Этому условию отвечают ионы тяжёлых металлов (ИТМ), которые особенно токсичны в следовых количествах [3,4,5]. ИТМ действуют совместно с неблагоприятными абиотическими факторами, усиливая стресс от окружающей среды. И тем самым расширяют спектр поражений растения к стрессам. Достижения последнего времени подтвердили перспективность использования метода клеточной селекции для получения устойчивых форм растений к ионам металлов на различных культурах [6,7].

Цель наших исследований заключалась в выявлении оптимальных концентрации ионов кадмия в питательной среде для отбора регенерантов сахарной свёклы устойчивых к ионной токсикации.

Научные исследования выполнены на базе лаборатории культуры тканей и молекулярной биологии ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» с использованием биотехнологических методов культуры *in vitro* [8].

В качестве исходного материала использованы генотипы сахарной свёклы Рамонской селекции. Индукция регенерации проводилась на питательных средах В₅ и MS, дополненных необходимыми регуляторами роста (БАП, кинетин, ИУК, ИМК, ГБ). Культивирование растений осуществлялась при температуре 23–26°C, с 16 часовым фотопериодом, освещенностью 5000 люкс и относительной влажностью воздуха 70%. В

качестве эксплантов использовали микроклоны и зрелые зародыши семян сахарной свёклы. Для изучения действия ионной токсикации к основной среде добавляли ацетат кадмия $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$ в различной концентрации (0- 15мМ).

Результаты проведённых исследований позволили выявить летальные дозы селективного фактора (ионы кадмия), вызывающие полную гибель микроклонов и дозы, соответствующие 50%-ной выживаемости регенерантов. Так, низкие концентрации ионов кадмия (1–2мМ) вызывали небольшое пожелтение листьев и уменьшение прироста в сравнении с контролем. При этом выживаемость варьировала от 68 до 80% (табл. 1).

1. Морфологические показатели микроклонов сахарной свеклы под влиянием ионов кадмия в питательной среде

Генотип	Концентрация $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$, мМ	Начальная высота, см	Увеличение высоты		Выживаемость, %
			см	%	
МС-2113	0	2,5±1,1	1,0±0,2	48,8	95,0
ОП-14044		2,2±0,9	0,9±0,4	41,1	98,0
МС-2113	1	2,4±0,80	0,7±0,3	30,47	79,0
ОП-14044		3,3±0,75	0,98±0,15	30,8	80,0
МС-2113	2	2,88±0,9	0,65±0,3	23,9	68,0
ОП-14044		3,7±0,5	0,85±0,15	23,15	70,0
МС-2113	4	2,58±0,5	0,24±0,15	10,33	52,0
ОП-14044		4,24±0,65	0,45±0,35	8,81	50,0
МС-2113	6	2,54±0,98	0,28±0,15	6,41	45,0
ОП-14044		3,46±0,98	0,15±0,10	3,66	43,0
МС-2113	8	2,7±0,95	0,2±0,1	2,67	25,0
ОП-14044		3,24±0,6	0,2±0,1	1,33	20,0
МС-2113	11	0	0	0	0
ОП-14044		0	0	0	0

Повышение концентрации ацетата кадмия вызывало ингибирование роста стеблей, некрозы и хлорозы. Наблюдалось уменьшение высоты микроклонов, при этом выживаемость сокращалась до 50% при 4 мМ; 43–45% при 6мМ.

Вероятно, присутствие ионов кадмия воздействует на клеточное деление апикальных меристем и является причиной замедления их роста. Это также уменьшает снабжение растений элементами минерального питания и приводит к нарушениям в фотосинтетическом аппарате. При высоких концентрациях селективного агента происходит потеря способности апикальной меристемы дифференцировать клетки в процессах вегетативного и генеративного развития.

Оптимальной для отбора устойчивых растений из микроклонов явилась питательная среда с содержанием 4 мМ ацетата кадмия. При концентрации от

8мМ и выше 11 мМ рост и развитие микроклонов сахарной свёклы прекращались уже на начальных этапах онтогенеза. Скорее всего, высокие концентрации нарушали процесс избирательного поглощения ионов. Поток токсичных ионов кадмия беспрепятственно поступал в растения, и механизмы детоксикации уже не могли справиться с ним. В результате останавливалось деление клеток, наблюдалось нарушение основных физиологических процессов, вследствие чего, происходило перераспределение пластических и энергетических ресурсов в растении. Рост и развитие их прекращались, и наступала гибель. Торможение роста растений и замедление их развития явилось одним из основных легко регистрируемых проявлений фитотоксичности кадмия [9].

Проведённые исследования позволили оптимизировать состав селективной питательной среды для получения регенерантов сахарной свёклы с устойчивостью к ионной токсичности в условиях *in vitro*. Выявлена сублетальная доза ацетата кадмия (4мМ) для отбора устойчивых регенерантов к ионной токсикации при культивировании микроклонов. Полученные данные будут использованы для отбора устойчивых регенерантов сахарной свёклы к ионному стрессу.

Литература

1. Сидоров В.А. Биотехнология растений. Клеточная селекция //Киев: Наукова Думка. — 1990. — 280с.
2. Шевелуха, Е.А. Калашникова, Е.З. Кочиева Сельскохозяйственная биотехнология: учебник. — М.,Высш. шк. — 2008. — 710с.
3. Духовский П., Юкнис Р., Бразайтите А., Жукаускайте И. Реакция растений на комплексное воздействие природных и антропогенных стрессов // Физиология растений. — 2003. — №2. — С. 165–173.
4. Сергеева Л.Е., Бронникова Л.И., Тищенко Е.Н. Клеточная селекция с ионами тяжёлых металлов: новые аспекты комплексной устойчивости // X Международной конференции «Биология клеток растений *in vitro* и биотехнология»/ Казань. — 2013. — С. 82.
5. Гладков Е.А. Биотехнологические методы получения растений с устойчивостью к кадмию и свинцу // Сельскохозяйственная биология. — 2008. — №3. — С. 18–22.
6. Гончарук Е. А, Загоскина Н. В. Реакция клеток контрастных по устойчивости сортов льна-долгунца (*linum usitatissimum* l.) на действие ионов кадмия //Вісник харківського національного аграрного університету серія біологія. — 2016 – Вип. 3 (39). — С. 27–38.
7. Щуплецова О.Н., Широких И.Г. Повышение устойчивости ячменя к токсичности металлов и осмотическому стрессу путём клеточной селекции // Зерновое хозяйство России. — 2015. — №1. — С. 124–135.
8. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнология на их основе. — М.:ФБК,ПРЕСС. — 1999. — 160с.
9. Титов А.Ф, Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам / Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр. — 2007. — 172с.

МОЛЕКУЛЯРНО-БІОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РОСЛИН ОЗИМОГО РІПАКУ *BRASSICA NAPUS* L., ЩО НЕСУТЬ ГЕН СИНТЕЗУ ЕНДОНУКЛЕАЗИ CAS9 ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО РЕДАГУВАННЯ ГЕНОМУ

Д. Г. Шатоха^{1,3}, О. І. Варченко^{2,3}, М. Ф. Парій³,
Ю. В. Симоненко^{2,3}, І. С. Гнатюк^{2,3}

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

e-mail: darya.shatokha@gmail.com

²Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

³ТОВ «Всеукраїнський науковий інститут селекції»

Зростання кількості населення та зміна клімату сприяли стрімкому розвитку біотехнології у сфері сільського господарства для поліпшення характеристик промислово важливих видів рослин. Наразі для збільшення врожайності та створення сортів, стійких до абіотичних стресів, все частіше використовуються методи генетичної інженерії на заміну традиційній селекції.

Редагування геному – один із методів генетичної інженерії, який дозволяє включати, видаляти або переміщувати фрагменти ДНК в геномі організму з використанням специфічних ендонуклеаз. Ці ферменти створюють сайт-специфічні дволанцюгові розриви на молекулі ДНК у певній ділянці генома, які потім репаруються в процесі рекомбінації.

Першими дослідженими гібридними нуклеазами були нуклеази цинкових пальців ZFN (англ. Zinc finger nuclease) та активатор транскрипції, подібний ефекторним нуклеазам, TALEN (англ. Transcription activator-like effector nucleases) [1]. Приблизно через два роки після відкриття системи химерних білків TALEN отримала розвиток і стала активно застосовуватися інша система редагування геномів – CRISPR, елементами якої є некодуєчі РНК і білки Cas (асоційовані з CRISPR). На відміну від химерних білків TALENs, впізнавання системою CRISPR/Cas здійснюється за рахунок комплементарної взаємодії між некодуєчою РНК і ДНК цільових сайтів. За допомогою системи CRISPR/Cas можна здійснювати всі види модифікацій геному: вносити точкові мутації, вбудовувати в певні місця нові гени або, навпаки, видаляти великі ділянки нуклеотидних послідовностей, виправляти або замінювати окремі генетичні елементи і фрагменти генів [2].

Для редагування геному рослин, клітини яких мають щільну оболонку, використовують метод трансформації протопластів плазмідами, що кодують елементи CRISPR/Cas, а також інфільтрація за допомогою *Agrobacterium tumefaciens*.

Метою нашої роботи було отримання трансгенних рослин озимого ріпаку, що несуть ген синтезу бактеріальної ендонуклеази Cas9 шляхом *Agrobacterium*-опосередкованої генетичної трансформації *in vitro*.

В якості вихідного матеріалу використовували насіння озимого ріпаку

Brassica napus L. лінії Bn1, надане ТОВ «Всеукраїнський науковий інститут селекції».

Озимий ріпак вводили в культуру *in vitro* шляхом поверхневої стерилізації насіння розчином гіпохлориту натрію. Для ініціації калусогенезу та регенерації пагонів використовували модифіковану методику. *Agrobacterium*-опосередковану генетичну трансформацію озимого ріпаку проводили згідно розробленого нами протоколу з оптимальними умовами, що забезпечують стабільну експресію трансгену й максимальний вихід трансформованих рослин [3].

Для *Agrobacterium*-опосередкованого перенесення генів використовували штам ґрунтової бактерії *Agrobacterium tumefaciens* GV3101, яка містила плазмиду pSPE2053 [4]. Бактеріальна конструкція містить ген синтезу бактеріальної ендонуклеази Cas9, репортерний ген β -глюкуронідази (*gus*), а також селективний ген фосфінотрицинацетил трансферази (*bar*), що надає рослинним клітинам стійкості до гербіциду Баста® (активна речовина L-фосфінотрицин) і забезпечує ріст та вкорінення трансгенних рослин на селективному середовищі.

Далі для детекції трансгену в рослинах-регенерантах озимого ріпаку *B.napus* L., отриманих після *Agrobacterium*-опосередкованої трансформації конструкцією pSPE2053, виділяли загальну ДНК з листового матеріалу за допомогою СТАВ методу [5].

Для виявлення послідовності гена синтезу бактеріального білка Cas9 було проведено полімеразну ланцюгову реакцію з використанням специфічних праймерів до гена Cas9.

Реакційні суміші включали: специфічні праймери, по 2 мкл буфера для ПЛР 10xDreamTaq™ GreenBuffer (Thermo Scientific), по 0,2 мМ кожного дезоксирибонуклеозидтрифосфата (Thermo Scientific), 0,5 од. полімерази DreamTaq™ DNA Polymerase (Thermo Scientific), 100 нг загальної ДНК. Реакційну суміш доводили до кінцевого об'єму 20 мкл деіонізованою водою Milli-Q.

Cas9 форвардний праймер: 5'-TTG-AAGACA-AAA-TGA-TGG-ATA-AGA-AGT-ACTCTA-TCG-GA-3';

Cas9 реверсний праймер: 5'-TTG-AAGACA-AAA-GCT-CAA-ACC-TTC-CTC-TTCTTC-TTA-GG-3'.

Довжина очікуваного фрагмента – 4136 пн.

Реакції проводили за таких умов: початкова денатурація 5 хв при 94°C, 35 циклів – денатурація 45 с при 94°C, ренатурація 45 с при 55°C, елонгація 4 хв при 72°C, фінальна елонгація 15 хв при 72°C.

Для аналізу експресії Т-ДНК у трансформованих рослинах було проведено гістохімічний аналіз активності β -глюкуронідази за методикою [6].

Отже, ПЛР з використанням специфічних праймерів показала наявність трансгену в 23 із 25 рослин-регенерантів озимого ріпаку української селекції (рис. 1).

Література

1. Gupta SK, Shukla P. (2014) Gene editing for cell engineering: trends and applications. *Crit Rev Biotechnol*, 37(5), pp. 672–684. doi: 10.1080/07388551.2016.1214557.
1. Doudna J.A., Charpentier E. (2014) The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346. doi: 10.1126/science.1258096.
2. Hnatyuk I.S., Varchenko O.I., Kuchuk M.V., Parii M.F., Symonenko Yu.V. (2020) Development of an Effective *In Vitro* Regeneration System for Ukrainian Breeding Winter Rape *Brassica napus* L. *Cytol Genet.*, 54(4), pp. 341–346. doi.org/10.3103/S0095452720040039.
3. Гнатюк І. С., Варченко О. І., Парій М. Ф., Симоненко Ю. В. (2020) Створення генетичного вектора для редагування геному рослин, що несе ген синтезу бактеріального білка Cas9. *Фактори експериментальної еволюції організмів*, 26. С. 176–182. doi.org/10.7124/FEEO.v26.1263.
4. Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis T. (1989) *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*, 2nd ed, Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory, 749 p.
5. Jefferson R. (1987) Assaying chimeric genes in plants: the GUS gene fusion system. *Plant Molecular Biology Reporter*, 5, pp. 387–405.

ЗМІСТ

<i>В. О. Бабич, Я. Ю. Шарипіна, І. Ю. Боровская, Я. Ф. Парій, М. В. Кучук, М. Ф. Парій, Ю. В. Симоненко</i>	ВИДІЛЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ГІБРИДНИХ КОМБІНАЦІЙ СОНЯШНИКА, СТІЙКИХ ДО ВОВЧКА (<i>OROVANCHE SUMANA WALLR.</i>) ТА ГЕРБЦИДУ ТРИБЕНУРОН-МЕТИЛУ..	3
<i>В. В. Базалій, О. П. Козлова, Є. О. Домарацький</i>	ВПЛИВ МОРФОСТРУКТУРНИХ ОЗНАК СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОБОРІВ ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ГЕНОТИПІВ.....	5
<i>А. Ф. Балабак, А. А. Піж'янова</i>	СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ КОНТЕЙНЕРНОГО ДОРОЩУВАННЯ ВКОРІНЕНИХ СТЕБЛОВИХ ЖИВЦІВ ЧОРНИЦІ ВИСОКОРОСЛОЇ (<i>VACCINIUM CORYMBOSUM L.</i>).....	9
<i>Г. Г. Белоусова, В. Э. Шубина</i>	МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГРИБКОВЫХ ПАТОГЕНОВ В ПЛОДАХ ТОМАТА НА РАННИХ СТАДИЯХ ЗАБОЛЕВАНИЯ	11
<i>О. М. Біленька</i>	НОВІ СОРТИ ЦИБУЛІ ШАЛОТ.....	15
<i>О. В. Білинська, С. Г. Понуренко, Л. М. Чернобай</i>	ЗАСТОСУВАННЯ КУЛЬТУРИ <i>IN VITRO</i> НЕЗРІЛИХ ЗАРОДКІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИПЛОЇДИЗАЦІЇ У ГАПЛОПРОДУКЦІЙНОМУ ПРОЦЕСІ КУКУРУДЗИ.....	17
<i>V. Bilonozhko, S. Poltoretskyi, A. Yatsenko, N. Poltoretska, A. Berezovskyi</i>	ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF FORMATION OF YIELD AND QUALITY OF MILLET SEEDS.....	22
<i>В. З. Богдан, Т. М. Богдан, М. А. Литарная, С. А. Иванов</i>	РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО ЛЬНУ-ДОЛГУНЦУ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ СЕЛЕКЦИИ	26

<i>В. З. Богдан, Т. М. Богдан, М. А. Литарная, И. Н. Блохина</i>	ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПО ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ.....	30
<i>Л. І. Броннікова, Л. О. Хоменко, І. Б. Ковалишин</i>	ВІЛЬНИЙ ПРОЛІН У РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ПОЧАТКОВИХ ЕТАПАХ ПРОРОСТАННЯ ЯК ПОКАЗНИК ОЦІНКИ СТРЕС-СТІЙКОСТІ	34
<i>О. Є. Важеніна, Н. І. Васько, М. Р. Козаченко, П. М. Солонечний, О. Г. Наумов, О. В. Зимогляд, О. В. Солонечна</i>	МІНЛИВІСТЬ УРОЖАЙНОСТІ ПИВОВАРНИХ СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ.....	36
<i>Л. И. Вайсфельд, Н. А. Боме, Ф. А Татаринов, А. Я. Боме</i>	ДИНАМИКА ПЕРЕСТРОЕК ХРОМОСОМ ПРИ ДЕЙСТВИИ ХИМИЧЕСКОГО МУТАГЕНА ФОС- ФЕМИДА	40
<i>О. І. Варченко, Д. І. Вольга, Н. С. Тітенко, М. В. Кучук, М. Ф. Парій, Ю. В. Симоненко</i>	МАХОРКА (<i>NICOTIANA RUSTICA</i> L.) – АЛЬТЕРНАТИВНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РЕКОМБІНАНТНИХ БІЛКІВ.....	45
<i>Н. В. Василенко, І. В. Правдзіва, Є. А. Кузьменко</i>	ВПЛИВ ГЕНОТИПУ І ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ОЗНАКИ ЯКОСТІ НОВИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ЯРОЇ МИРОНІВСЬКОЇ СЕЛЕКЦІЇ	47
<i>Е. Н. Васильченко, О. А. Землянухина</i>	ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НО- ВОГО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В КУЛЬТУРЕ <i>IN VITRO</i>	50
<i>Т. Б. Григоров, Л. И. Андроник, С. В. Смеря, Л. В. Китросан, В. Д. Раку, О. Урсаки</i>	ОЦЕНКА ИЗМЕНЧИВОСТИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ГИБРИДНЫХ КОМБИНАЦИЙ (F ₄) ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ.....	54

A. Dascaluiuc, N. Zdioruc, T. Ralea, Ia. Parii, Iu. Parii	EPIGENETIC FACTORS, SELECTION AND INTRODUCING OF NEW WHEAT VARIETIES	60
T. Călugăru-Spătaru, A. Dascaluiuc, Iu. Parii, Ia. Parii	PROSPECTS FOR CULTIVATING AND RESTORING THE PLANT POPULATION OF <i>RHODIOLA ROSEA</i> L IN THE CARPATHIAN MOUNTAINS.....	65
I. П. Діордієва	РОЗШИРЕННЯ ГЕНОФОНДУ ТРИТИКАЛЕ ОЗИ- МОГО ВІДДАЛЕНОЮ ГІБРИДИЗАЦІЄЮ	69
О. В. Дубчак	ВИВЧЕННЯ НОВИХ КАНДИДАТІВ У БАГАТО- НАСІННІ ЗАПИЛЮВАЧІ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ПРОДУКТИВНОСТІ.....	72
О. І. Жук	АДАПТИВНІ ЗДАТНІСТЬ ВІТЧИЗНЯНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ДО УМОВ ПОСУХИ ..	77
A. В. Кириєнко, М. Ф. Парій, Ю. В. Симоненко, М. В. Кучук, Н. Л. Щербак	IN PLANTA ГЕНЕТИЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ З ЕЛЕМЕНТАМИ РЕДАГУВАННЯ ГЕНОМУ АМФІДИПЛОЇДНИХ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ <i>TRITICUM</i> L.....	81
Л. П. Кисничан	ИНТРОДУКЦИЯ И РАЗМНОЖЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗЕЛЕЗНИЦ РОДА <i>SIDERITIS</i> В КАЧЕСТВЕ ПРЯНО- АРОМАТИЧЕСКИХ И ДЕКОРАТИВНЫХ ВИДОВ...	83
С. В. Клименко	ГЕНЕТИКО-БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ УСПІШНОЇ АДАПТАЦІЇ АЙВИ ДОВГАСТОЇ (<i>CYDONIA</i> <i>OBLONGA</i> MILL.) В УМОВАХ ІНТРОДУКЦІЇ.....	87
Р. Козмик, А. М. Чернец, Л. Н. Проданюк	СОРТА АЙВЫ В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА	92
Н. О. Козуб, І. О. Созінов, Г. Я. Бідник, Н. О. Дем'янова, О. І. Созінова, Я. Б. Блюм	МАРКЕРНИЙ ДОБІР ГЕНОТИПІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ З НУЛЬ-АЛЕЛЯМИ ЗА ГЛАДИНОВИМИ ЛОКУСАМИ.....	96

Л. А. Колдар, М. В. Небиков, Н. В. Дерев'янка	РОЗМНОЖЕННЯ <i>PRUNUS LAUROCERASUS</i> L. '03.02' – <i>IN VITRO</i>	100
А. В. Конопелько	САМОПЛІДНІСТЬ ТА САМОФЕРТИЛЬНІСТЬ ДЕКОРАТИВНОЇ ЯБЛУНІ (<i>MALUS MILL.</i>).....	103
Л. Корлэтяну, А. Ганя, С. Маслоброд	ИЗУЧЕНИЕ ПРОТЕКТОРНОГО ДЕЙСТВИЯ МИЛ- ЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СЕМЕНА ДУРМАНА (<i>DATURA STRAMONIUM</i> L.) ИЗ АКТИВНЫХ КОЛЛЕКЦИЙ <i>EX SITU</i>	107
М. О. Корнєєва, П. І. Вакуленко, Л. С. Андреєва	ГЕНЕТИЧНА ЦІННІСТЬ ЛІНІЙ-ЗАПИЛЮВАЧІВ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ АБІОТИЧНИХ ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА	112
І. С. Косенко, О. А. Балабак, А. В. Балабак, Є. М. Мазур, Л.І. Марно	ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ І ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКЦІЇ ФУНДУКА.....	117
Л. А. Котеля, М. М. Гончарюк, З. К. Балмуш, В. И. Бутнараш	ПРОЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТА ГЕТЕРОЗИСА У ПРОСТЫХ ГИБРИДОВ F ₁ <i>SALVIA SCLAREA</i> L.....	120
С. П. Коцюба	ОЦІНКА НА РАННЬОСТИГЛІСТЬ ІНБРЕДНИХ ЛІНІЙ КУКУРУДЗИ В МЕЖАХ КОЛЕКЦІЙНОГО ГЕНОФОНДУ УКРАЇНИ.....	126
В. Г. Крижанівський, А. В. Єлієвська, Р. О. Цимбал	ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	128
В. Г. Крижанівський, І. А. Бойко, Д. І. Кам'янченко	ОЦІНКА КОЛЕКЦІЙНИХ ЗРАЗКІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ І ВИДІЛЕННЯ ДЖЕРЕЛ ЦІННИХ ОЗНАК ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	131
Г. А. Лупашку, С. И. Гавзер, Н. И. Кристя	КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ СЕЛЕКЦИОННЫХ ФОРМ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ЭЛЕМЕНТАМ ПРОДУКТИВНОСТИ КОЛОСА	133

<i>В. В. Любич</i>	ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ	137
<i>А. І. Любченко, І. О. Любченко</i>	ОСОБЛИВОСТІ ФЕНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ СОМАКЛОНАЛЬНИХ ЛІНІЙ РИЖІЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ПОГОДНИХ УМОВ	139
<i>М. О. Макаrchук, І. О. Полянецька</i>	СТІЙКІСТЬ ДО ПОШКОДЖЕННЯ ШКІДНИКАМИ ТА УРАЖЕННЯ ХВОРОБАМИ НОВИХ ГІБРИДНИХ КОМБІНАЦІЙ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ	142
<i>М. О. Макаrchук, Ж. М. Новак, С. П. Коцюба</i>	ПРОДУКТИВНІСТЬ ГЕТЕРОЗИСНИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ	144
<i>А. Малий, А. Будаk, А. Рукадова, А. Кердиварэ</i>	ИЗУЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ЛИНИЙ СОИ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МУТАГЕНЕЗА	147
<i>Н. И. Михня, Д. П. Климэуцан, Г. А. Кихай, К. В. Рошка</i>	ХАРАКТЕР ПРОЯВЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У ТОМАТА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА	151
<i>І. І. Моцний, А. І. Кривенко, Р. В. Соломонов</i>	ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОБОРУ ІНТРОГРЕСИВНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ НА АДАПТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ.....	155
<i>А. А. Налбандян, Т. П. Федулова, Т. С. Руденко, А. В. Моисеенко</i>	ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАСОЛЕНИЮ	159
<i>Ж. М. Новак, С. П. Коцюба, М. О. Макаrchук</i>	ВИСОТА РОСЛИН ТА КІЛЬКІСТЬ ПРОДУКТИВНИХ СТЕБЕЛ ГІБРИДНИХ ПОПУЛЯЦІЙ F ₃ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ЯРОЇ	164
<i>Ж. М. Новак, І. О. Полянецька, І. П. Діордієва</i>	ПАРАМЕТРИ КОЛОСА СОРТОЗРАЗКІВ РІЗНИХ ВИДІВ ПШЕНИЦІ	167

<i>Ж. М. Новак, А. В. Новак</i>	ЩІЛЬНІСТЬ ТА МАСА ЗЕРНА З КОЛОСА СОРТОЗРАЗКІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО КОЛЕКЦІЇ УМАНСЬКОГО НУС 171
<i>С. В. Омельчук, А. В. Сидоров, М. Ф. Парій</i>	ЯК ОТРИМАТИ ШІСТЬ ПОКОЛІНЬ РІПАКУ ЗА РІК? 175
<i>О. А. Опалко, Н. М. Кучер, А. І. Опалко</i>	ГЕНЕТИЧНА КОЛЕКЦІЯ ГРУШІ (<i>PYRUS L.</i>) НДП «СОФІЇВКА» НАН УКРАЇНИ..... 176
<i>В. В. Пиж'янов, В. В. Поліщук, А. Ф. Балабак</i>	ФЕНОЛОГІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ РОСТУ І РОЗ- ВИТКУ ІНТРОДУКОВАНИХ СОРТІВ АКТИНІДІЇ (<i>ACTINIDIA LINDL.</i>) В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ 182
<i>І. М. Підлубенко</i>	ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ МОРКВИ .. 184
<i>Н. Платовский, Н. Здиорук, Т. Раля</i>	ПРИМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА РОСТА РЕГЛАЛГ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ УСТОЙ- ЧИВОСТИ ГЕКСАПЛОИДНОЙ ПШЕНИЦЫ К ДЕЙСТВИЮ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ 185
<i>Т. П. Поліщук, В. М. Гудзенко, О. О. Бабій</i>	ВИОКРЕМЛЕННЯ ГЕНЕТИЧНИХ ДЖЕРЕЛ ВРОЖАЙНОСТІ ТА СТАБІЛЬНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО РІЗНОГО ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ. 190
<i>В. В. Поліщук, М. С. Колісник, А. Ф. Балабак, В. П. Миколайко</i>	СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДРАЖОВАНОГО НАСІННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ..... 192
<i>S. Poltoretskyi, V. Bilonozhko, A. Yatsenko, N. Poltoretska, A. Berezovskyi</i>	BIOLOGICAL PECULIARITIES OF FORMATION AND CAUSES OF HETEROGENEITY OF MILLET SEEDS..... 194

<i>І. О. Полянецька, В. В. Любич, Ж. М. Новак, М. О. Макаrchук</i>	ВМІСТ БІЛКА У ЗЕРНІ НОВОСТВОРЕНИХ ПОПУ- ЛЯЦІЙ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ	200
<i>Ю. А. Попович, О. М. Благодарова, С. В. Чеботар</i>	ОЦІНКА ГЕНЕТИЧНОЇ РІЗНОМАНІТНОСТІ <i>GLI-1</i> ЛОКУСІВ У СУЧАСНИХ УКРАЇНСЬКИХ СОРТАХ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ.....	202
<i>І. О. Ракул, В. В. Коваленко</i>	ОЦІНКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ СОНЯШНИКУ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ГІБРИДІВ КОНДИТЕРСЬКОГО НАПРЯМКУ ВИКОРИСТАННЯ	206
<i>С. Г. Ротарь, С. И. Лятамборг, А. И. Горе</i>	МЕЖВИДОВАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ ОЗИМОЙ ТВЕР- ДОЙ ПШЕНИЦЫ.....	208
<i>Я. С. Рябовол, Л. О. Рябовол, М. Кертон, О. І. Урадник</i>	ВИКОРИСТАННЯМ ЕМБРІОКУЛЬТУРИ ЗА ГІБ- РИДИЗАЦІЇ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ.....	212
<i>Т. И. Салтанович, Л. И. Антоch, А. Н. Дончилэ</i>	АНАЛИЗ ПЫЛЬЦЫ КАК СПОСОБ ОЦЕНКИ ТЕРМОУСТОЙЧИВОСТИ ГЕНОТИПОВ ТОМАТА..	214
<i>Е. Ф. Сашко</i>	ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ <i>TRITICUM</i> <i>AESTIVUM</i> L. К ГРИБУ <i>FUSARIUM SOLANI IN VIVO</i> И <i>IN VITRO</i>	219
<i>Т. С. Седельникова, А. В. Пименов</i>	ХРОМОСОМНАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ У СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (<i>PINUS SYLVESTRIS</i>) В СУХОСТЕПНЫХ УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ	223
<i>В. І. Січкач, А. І. Кривенко, Р. В. Соломонов</i>	ЗАСТОСУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ ШТАМІВ АЗОТФІКСУВАЛЬНИХ БАКТЕРІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР.....	227
<i>О. Л. Січняк, М. Г. Оснач</i>	ГЕНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СТІЙКОСТІ КУКУ- РУДЗИ ДО РІЗНИХ ТИПІВ ЗАСОЛЕННЯ.....	232

<i>Н. В. Титова</i>	РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗНЫХ СОРТОВ АБРИКОСА	237
<i>Л. М. Толстолік</i>	АГРОБІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ КОЛЕКЦІЇ ГЕНЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ЧЕРЕШНІ В УМОВАХ ПІВДНЯ СТЕПУ УКРАЇНИ.....	240
<i>С. М. Холод, О. Ю. Роговий</i>	ЦІННІ ЗРАЗКИ КОРМОВИХ БОБІВ З РОЗСАДНИКА FВІЕН-LS ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ В УКРАЇНІ.....	243
<i>Н. Н. Черкасова, Т. П. Жужжалова</i>	ПОЛУЧЕНИЕ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ С УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ИОННОЙ ТОКСИЧНОСТИ	246
<i>Д. Г. Шатоха, О. І. Варченко, М. Ф. Парій, Ю. В. Симоненко, І. С. Гнатюк</i>	МОЛЕКУЛЯРНО-БІОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РОСЛИН ОЗИМОГО РІПАКУ <i>BRASSICA NAPUS</i> L., ЩО НЕСУТЬ ГЕН СИНТЕЗУ ЕНДОНУКЛЕАЗИ <i>CAS9</i> ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО РЕДАГУВАННЯ ГЕНОМУ	249

[illegible]

Для нотаток

[illegible]

Зверніть увагу! Видавець не несе відповідальності за зміст чи функціональність будь-якої допоміжної інформації, наданої авторами. Будь-які запити (крім тих, що стосуються пропущеного контенту) слід надсилати до відповідного автора статті.

Please note! The publisher is not responsible for the content or functionality of any supporting information supplied by the authors. Any queries (other than missing content) should be directed to the corresponding author for the article.

Обратите внимание! издатель не несет ответственности за содержание или функциональность любой вспомогательной информации, предоставленной авторами. Любые запросы (кроме касающихся пропущенного контента) следует направлять соответствующему автору статьи.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**МАТЕРІАЛИ X МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНА
НАУКА І ОСВІТА»**

(Парієві читання)

19 березня 2021 року

Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання). Матеріали X Міжнародної наукової конференції (19 березня 2021 р.). Умань, 2021. 264 с.

Адреса редакції:

20305, вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаської обл.
Уманський національний університет садівництва, тел.: 4–69–77.

Підписано до друку 17.02.2021 р. Формат 60х84 ¹/₁₆. Друк офсет.
Умов. друк. арк. 16,53. Наклад 300 екз. Зам. №71.

Надруковано:

Видавничо-поліграфічний центр “Візаві”
20300, м. Умань, вул. Тищика, 18/19.
Тел. (04744) 4–64–88, 4–67–77.
E-mail: vizavi08@mail. ru.
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи
ДК № 2521 від 08. 06. 2006 р.