УДК 631.527:633.111:633.112 doi: 10.54651/agri.2023.01.13

СТВОРЕННЯ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ЕМБРІОКУЛЬТУРИ ТА ВІДДАЛЕНОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ В СЕЛЕКЦІЇ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

Я.С. Рябовол, Л.О. Рябовол, І.П. Діордієва

Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)

Мета. ***Вдосконалення технології створення генетичного різноманіття зразків отриманих за віддаленої гібридизації пшениці м'якої озимої та пшениці спельта при залученні до селекційної схеми біотехнологічної ланки.*** **Методи.** ***Ефективним методом отримання нового вихідного матеріалу є віддалена гібридизація рослин. Дослідження проводили в лабораторії біотехнології Уманського національного університету садівництва впродовж 2018–2022 рр. Вихідною материнською формою слугували сорти пшениці м'якої озимої Артемісія, Смуглянка, Золотоколоса, батьківською формою – сорт спельти озимої Зоря України. Після гідридизації незрілі дванадцятидобові зародки висаджували на модифіковані варіанти живильного середовища MS і культивували за 25 °С в темних умовах до формування макроструктур.*** **Результати.** ***У результаті проведених досліджень удосконалено технологію отримання гібридного матеріалу за віддаленої гібридизації Triticum aestivum*** **L.** ***/ Triticum spelta*** **L.** ***і використання в селекційній схемі біотехнологічної ланки, що дає змогу подолати постгамну несумісність за віддаленого схрещування та отримати гібридні зразки для селекційного процесу.*** **Висновки.** ***Розроблено живильне середовище для розвитку незрілих гібридних зародків пшениці. Найвищий вихід проростків (40,0 % в середньому за генотипами) зафіксовано на модифікованому середовищі Мурасіге–Скуга, до складу якого вводили 1,5 мг/л 6–бензиламінопурину, 0,5 мг/л індолілоцтової кислоти, 1,0 мг/л гібереліну, 2,0 мг/л глютаміну, 2,0 мг/л гліцину, 0,5 мг/л серину, 100,0 мг/л мезоінозиту, 50,0 г/л сахарози. Відмічено, що індукція розвитку біоматеріалу з гібридних незрілих зародків є генетично обумовленим чинником. Показано, що за використання ембріокультури можна отримати генетичне різноманіття форм, яке доцільно використовувати джерелом генів окремих ознак.***

Ключові слова: *пшениця спельта, культура in vitro, морфогенез, живильне середовище, вихідний матеріал, гібридний матеріал.*

Вступ. Розвиток селекції та ускладнення селекційно-генетичних напрямів потребує пошуку нових нетрадиційних підходів і методів, які б дали змогу виявити і реалізувати потенційні можливості рослинного організму та в короткі строки виділити новий вихідний матеріал, стійкий до несприятливих чинників навколишнього середовища конкретного регіону вирощування, і на його основі отримати високопродуктивні сорти та гібриди сільськогосподарських культур.

Інтенсифікація селекційного процесу можлива за умови удосконалення технологічної моделі за рахунок введення в загальну схему біотехнологічної ланки. Використання біотехнології істотно доповнює та прискорює процес створення нових зразків цінних культур, зокрема, пшениці м'якої озимої.

Використання біотехнологічних методів дає можливість прискорити отримання генетично ідентичних матеріалів та змінених його форм, проаналізувати закономірності успадкування ознак і причини мінливості організму [1–3]. Кожен із методів є невід'ємною важливою складовою загального біопроцесу, використання якого потребує модифікації для окремо визначеного генотипу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Реалізація конкретного типу морфогенезу в системі відтворення рослин *in vitro* детермінована, тобто забезпечується умовами культивування та морфогенетичними потенціями окремих органів донорської рослини. У зв'язку з цим потенціальні можливості системи репродукції виду, що визначають відтворення та розмноження рослин у звичайних умовах,

мають важливе значення під час культивування в умовах *in vitro*.

Дослідження показують, що здатність відтворювати *in vitro* новий організм властива і статевим, і соматичним клітинам. В ізольованій культурі за створення експериментальних систем з визначеними, регульованими умовами, цілком проявляється властивість тотипотентності рослинних клітин [4; 5]. Морфологічний розвиток рослин-регенерантів із вегетативних і генеративних органів відбувається через пряму або непряму регенерацію з різних типів експланту (апікальних меристем, зародків, пиляків тощо).

Для розширення генетичного різноманіття та збіднення вихідного селекційного потенціалу в схему гібридизації необхідно долучати географічно-віддалені форми, інші підвиди та види рослин.

Зокрема, з метою підвищення якості зерна пшениці м'якої озимої в системі гібридизації доцільно використовувати пшеницю спельту, зерно якої має високий потенціал якості (понад 20 % білка). Це може сприяти широкому формотворчому процесу, дозволить створити нові колекційні форми і на їх основі – високопродуктивні сорти з геномами, насиченими генами, що контролюють низку цінних ознак і властивостей. Такі схрещування, в силу генетичних відмінностей батьківських компонентів, дають можливість формувати гібридну популяцію з широкою мінливістю, в якій істотно зростає ймовірність утворення зразків з позитивними запрограмованими господарсько-цінними ознаками [6; 7].

Пшениця м'яка озима та пшениця спельта – самозапильні культури і проведення гібридизації особливо за участю генетично віддалених партнерів супроводжується високими бар'єрами несумісності та, як результат, – не зав'язування насіння. Подолати несумісність, зокрема постгамну, що виникає після запліднення і за своєю природою, може бути як генетичною, так і фізіологічною, можливо за використання саме біотехнологічних методів, що передбачає виділення та культивуванням гібридного зародка, в умовах *in vitro* [8]. Нині ембріокультура стає одним з дієвих способів розширення генетичного потенціалу злакових культур.

Найефективніший спосіб отримання гібридних рослин-регенерантів реалізується через дорощування, утвореного в гібридній зернівці зародка, який вичленовується в конкретний термін після запилення та вводиться в ізольовану культуру [8; 9].

Інформації щодо використання біотехнологічних методів у селекції *Triticum spelta* L. в опублікованій літературі не знайдено. Тому потребує вивчення та аналізу процес культивування матеріалу *in vitro* з урахуванням видової та сортової належності вихідних форм.

Метою досліджень було вдосконалення технології отримання генетичного різноманіття зразків, створених за віддаленої гібридизації пшениці м'якої озимої та пшениці спельта за залучення до селекційної схеми біотехнологічної ланки.

Розмноження злакових культур в ізольованій культурі зазвичай проводять за використання соматичного ембріоїдогенезу. Цей метод передбачає індукцію з експланту морфогенної калюсної маси з наступною регенерацією в поверхневих тканинах ембріоїдів, з яких формуються сомаклони. Для ідентифікації та відбору генетично сталих матеріалів необхідно проводити регулярні цитологічний та біохімічний аналізи кожної сформованої рослини.

Основним питанням поставленим на вирішення було визначення фізико-хімічного балансу умов для культивування гібридних зародків, отриманих за схрещування *Triticum aestivum* L./T*riticum spelta* L., в культуру *in vitro* та формування рослин-регенерантів.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в лабораторії біотехнології Уманського національного університету садівництва впродовж 2018–2022 рр.. Вихідною материнською формою слугували сорти пшениці м'якої озимої Артемісія, Смуглянка, Золотоколоса, батьківською формою – сорт спельти озимої Зоря України.

Для запилення колос рослини ізолювали та фіксували період цвітіння. Після запилення материнської форми, для прискорення росту гібридних зародків, на третю добу зав'язі обробляли розчином гіберелінової кислоти концентрацією 50 мг/л.

На дванадцяту добу квітування колосся зрізали та експонували за низької позитивної температури (+5°С) в темнових умовах впродовж двох діб. Було обрано культивування саме дванадцятидобових зародків, адже за результатами попередніх досліджень такий вік зародків дав можливість отримати найвищий відсоток виходу проростків з експлантів пшениці м'якої озимої за внутрішньовидової гібридизації.

Перед введенням в культуру *in vitro* біоматеріал стерилізували 0,1%-им розчином сулеми за

експозиції 20 хв та п'ятиразово промивали стерильною дистильованою водою.

Незрілі насіннєві зародки разом із тканинами насіннєвого зачатку виділяли та висаджували на модифіковане живильне середовище Мурасіге-Скуга і культивували за 25°С в темнових умовах до формування проростків (рис. 1). Варіанти середовища вирізнялись різними концентраціями рістактивуючих речовин та амінокислот. Отримані проростки переносили в культуральну кімнату з 16-годинним фотоперіодом та інтенсивністю освітлення 4–5 кЛк і культивували до формування рослин з трьома листками і розвиненими корінцями.

Статистичний аналіз проводили за використання прикладної програми Microsoft Excel 2010.

Результати та їх обговорення. У процесі досліджень встановлено, що інтенсивність розвитку створеного гібридного матеріалу в ізольованій культурі істотно залежить від складу живильного середовища. Вміст, співвідношення та концентрація регуляторів росту в субстраті впливали на морфологічні процеси експлантів і стимулювали розвиток різних типів макроструктур, зокрема, проростків, калюсу, коренів тощо.

Найвищий вихід проростків із незрілих гібридних зародків пшениці зафіксовано на модифікованому середовищі за прописом Мурасіге–Скуга, до складу якого входили 1,5 мг/л 6–бензиламінопурину, 0,5 мг/л індолілоцтової кислоти, 1,0 мг/л гібереліну, 1,0 мг/л глютаміну, 1,0 мг/л гліцину, 0,5 мг/л серину, 100,0 мг/л мезоінозиту, 50,0 г/л сахарози. Частка регенерантів сягала 35,2 %, що істотно перевищувало показники інших варіантів.

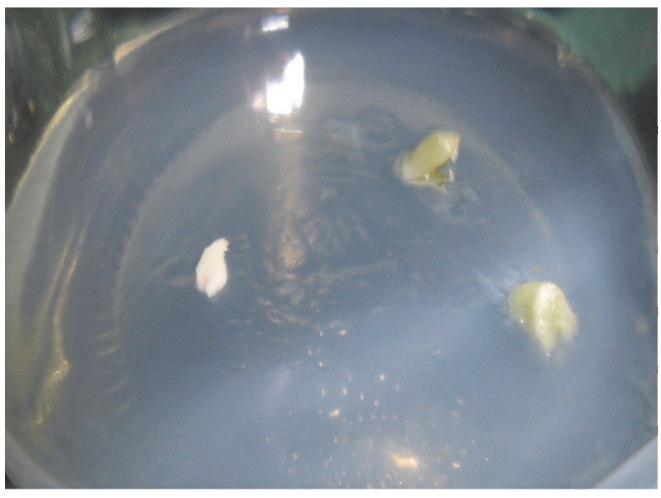


Рис. 1. Введені в культуру in vitro дванадцятидобові незрілі зародки, отримані за гібридизації Triticum aestivum L./Triticum spelta L.

Підвищення концентрації амінокислот, зокрема глютаміну та гліцину, до 2,0 мг/л стимулювало процес морфогенезу, що дало можливість для індукції формування проростків на рівні 40,2%. Доповнення живильного середовища амінокислотами в кількості 3,0 мг/л суттєвого впливу на вихід макроструктур з незрілих зародків не дало (рис. 2). Вихід проростків у середньому за генотипами сягав 40,9%.

Відмічено, що розвиток проростків із гібридних незрілих зародків є генетично обумовленим чинником. Зародки з комбінації схрещування пшениці м'якої озимої сорту Артемісія та пшениці спельта сорту Зоря України в ізольованій культурі формували 48,6% проростків. За гібридизації сортів Смуглянка × Зоря України вихід матеріалу був істотно нижчим – 38,9%, а за комбінації схрещування Золотоколоса × Зоря України з експлантів індуковано лише 32,6% проростків.

Рослинний матеріал отриманий в ізольованій культурі з незрілих зародків різних комбінацій схрещування відрізнявся й інтенсивністю росту та розвитку (рис. 3). Генотипи отримані за гібридизації Артемісія × Зоря України інтенсивніше формували вегетативну масу, аніж матеріали індуковані з експлантів інших комбінацій.

Підвищення концентрації цитокініну та використання кінетину концентрацією 1,0–2,0 мг/л призводило до формування калюсної тканини. Отриманий

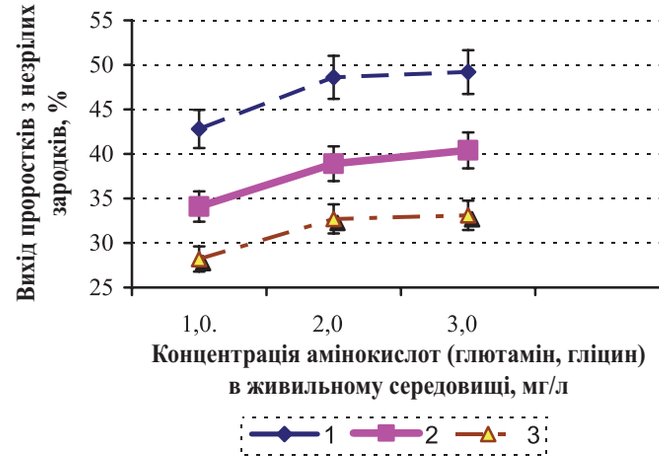


Рис. 2. Вплив концентрації амінокислот (глютамін, гліцин) на вихід проростків з незрілих зародків пшениці, отриманих за різної комбінації схрещування, виділених на дванадцяту добу після запилення: 1 – Артемісія × Зоря України; 2 – Смуглянка × Зоря України; 3 – Золотоколоса × Зоря України

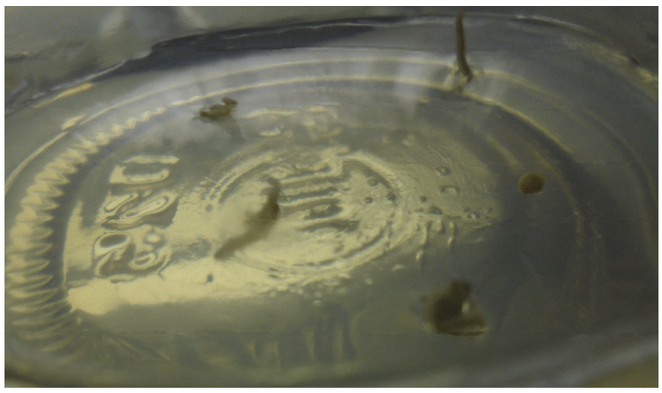


***Рис. 3. Розвиток різних типів макроструктур з незрілих зародків, отриманих за гібридизації Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L.**

із гібридних зародків калюс, зазвичай мав напівщільну консистенцію. Морфогенний калюс вирізнявся світлозеленим, зеленим та світлокоричневим кольором. Регенерацію рослин спостерігали із калюсів 4–6 пасажів за перенесення їх на регенераційні середовища. Індукцію рослин з калюсної біомаси отримано шляхом органогенезу та соматичного ембріоїдогенезу (табл. 1). Однак більшу кількість матеріалу отримано шляхом органогенезу (11,7–25,6%).

Підтверджено, що морфогенез калюсної тканини є генетично обумовленим чинником. Регенерацію рослин з калюсу, отриманого з гібридних зародків комбінації схрещування Артемісія × Зоря України, зафіксовано на рівні 34,9±2,1, а із штамів, індукованих із зародків комбінацій схрещування Смуглянка × Зоря України та Золотоколоса × Зоря України, – відповідно, 21,3±1,9 і 11,7±1,2%.

Інтенсивність формоутворення рослинного матеріалу з калюсу та інтенсивність розвитку сформованих рослин-регенерантів також різнились за варіантами. За цими показниками істотно вирізнялись

Таблиця 1. Регенерація рослин за морфогенезу калюсу, отриманого з гібридних зародків пшениці озимої

Комбінація схрещування	Частота регенерації рослин з калюсу, %		Загальна частка регенерації, %	Інтенсивність формоутворення рослинного матеріалу з калюсу	Інтенсивність розвитку рослин-регенерантів
	за органогенезу	за соматичного ембріоїдогенезу			
Артемісія × Зоря України	25,6±2,1	9,3±1,2	34,9±2,1	+ + +	+ + +
Смуглянка × Зоря України	16,7±1,9	4,6±1,3	21,3±1,9	+ +	+ +
Золотоколоса × Зоря України	11,7±1,2	0,0±0,0	11,7±1,2	+	+ +
У середньому за генотипами	18,0±1,7	4,6±0,8	22,6±1,7	–	–

Примітка. Інтенсивність розвитку: «+ + +» – висока; «+ +» – середня; «+» – низька.

Таблиця 2. Плоїдність рослин пшениці, отриманих з гібридних зародків за морфогенезу в культурі *in vitro*

Комбінація схрещування	Частка рослин-регенерантів, %							
	отриманих за органогенезу				отриманих за соматичного ембріоїдогенезу			
	2 n	3n	Анеуплоїди	Химери	2 n	3n	Анеуплоїди	Химери
Артемісія × Зоря України	90,9	1,8	4,2	3,1	95,7	2,1	2,2	0,0
Смуглянка × Зоря України	84,7	2,0	5,4	7,9	95,8	1,8	2,4	0,0
Золотоколоса × Зоря України	81,1	2,3	7,3	9,3	93,6	1,7	4,7	0,0
$НІР_{01}$	2,3	0,5	1,1	2,4	2,0	0,7	1,2	–

генотипи отримані із гібридних зародків комбінації схрещування Артемісія × Зоря України.

Отриманий матеріал відрізнявся за низкою морфологічних ознак. Цитологічний аналіз підтвердив генетичне різноманіття створеного біоматеріалу за плоїдністю та морфологією хромосом (табл. 2).

Дослідження метафазних пластинок соматичних клітин рослин-регенератнів показало, що більшість отриманого матеріалу було диплоїдним і мало збалансований набір хромосом 2n = 42. За соматичного ембріоїдогенезу індуковано 93,6–95,8 % диплоїдних рослин, а за органогенезу – істотно менше, 81,1–90,9%.

Не залежно від типу морфогенезу та генотипу експланту триплоїдну природу мав невеликий відсоток зразків (1,7–2,4 %). Ці рослини фенотипово вирізнялись широкою листковою пластинкою та потовщеним гіпокотилем.

За органогенезу формувалась значна кількість анеуплоїдів (4,2–7,3 %) і химер (3,1–9,3 %), які в ізольованій культурі мали низьку інтенсивність росту та розвитку. Однак за тривалого культивування таких форм у культурі *in vitro* за дії екзогенних чинників спонтанно відновлювався генетичний баланс клітин окремої частки біоматеріалу. Ці зразки можуть мати нові маркерні ознаки та слугувати джерелом вихідного матеріалу в селекційному процесі.

Також встановлено, що плоїдність рослин, отриманих із гібридних зародків істотно залежить від генотипу вихідного матеріалу.

Висновки

Удосконалено технологію отримання гібридного матеріалу за віддаленої гібридизації *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L. і використання в селекційній схемі біотехнологічної ланки, що дає змогу подолати постгамну несумісність за віддаленого схрещування та отримати гібридні зразки для селекційного процесу.

Розроблено живильне середовище для розвитку незрілих гібридних зародків пшениці. Найвищий вихід проростків (40,0 % в середньому за генотипами) зафіксовано на модифікованому середовищі Мурасіге–Скуга, до складу якого вводили 1,5 мг/л 6–бензиламінопурину, 0,5 мг/л індолілоцтової кислоти, 1,0 мг/л гібереліну, 2,0 мг/л глютаміну, 2,0 мг/л гліцину, 0,5 мг/л серину, 100,0 мг/л мезоінозиту, 50,0 г/л сахарози.

З гібридних зародків пшениці індуковано калюсну тканину та за морфогенезу отримано рослини-регенеранти. Частка регенерації в середньому за генотипами становила 22,6 %.

Відмічено, що індукція розвитку біоматеріалу з гібридних незрілих зародків є генетично обумовленим чинником.

Показано, що за використання ембріокультури можна отримати генетичне різноманіття форм, яке доцільно використовувати джерелом генів окремих ознак.

Література

1. Кунах В.А. Механізми та деякі закономірності сомаклональної мінливості рослин. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів.* 2003. № 1. С. 101–106.
2. Кушнір Г. П., Сарнацька В. В. Стан і перспективи клонального мікророзмноження рослин в Україні. Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. Київ: Логос, 2001. Т. 1. С. 484–500.
3. Левенко Б. А. Трансгенные растения: современное состояние, проблемы, перспективы. Київ: Дошкольник, 2000. 304 с.
4. Bajji M., Lutts S., Kinet J. Physiological changes after exposure to and recovery from polyethylene glycol induced water deficit in callus cultures issued from durum wheat (*Triticum durum*) cultivars differing in drought resistance. *J.Plant Physiol*. 2001. 156. P. 75–83.
5. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С., Парій Ф. М. Проліферація апікальної меристеми жита озимого в культурі *in vitro*. *Агробіологія: Збірник наукових праць Білоцерківського НАУ*. 2011. № 5 (84). С. 41–45.
6. 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.
7. 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 ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур*. Дніпро, 2016. С. 162–164.

8. Рябовол Я.С., Рябовол Л.О. Створення банку вихідного матеріалу жита озимого за використання біотехнологічних методів. Матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції *Актуальні питання сучасної аграрної науки.* Умань, 2015. С. 102–103.
9. Дубровна О.В., Моргун Б.В. Клітинна селекція пшениці на стійкість до стресових чинників довкілля. *Фізіологія и біохімія культурних рослин.* 2009. Т. 41. № 6. С. 46–53.

References

1. Kunakh V.A. (2003). Mechanisms and some patterns of somaclonal variability in plants. *Bulletin of the Ukrainian Society of Geneticists and Breeders, 1,* 101–106 [in Ukrainian].
2. Kushnir G.P., Sarnatska V.V. (2001). Status and prospects of clonal micropropagation of plants in Ukraine. Genetics and breeding in Ukraine on the verge of millennia. Kyiv: Logos. Vol. 1. P. 484–500 [in Ukrainian].
3. Levenko B.A. (2000). Transgenic plants: current state, problems, prospects. Kyiv: Doshkolnyk. 304 p. [in Russian].
4. Bajji M., Lutts S., Kinet J. (2001). Physiological changes after exposure to and recovery from polyethylene glycol induced water deficit in callus cultures issued from durum wheat (*Triticum durum*) cultivars differing in drought resistance. J. *Plant Physiol*.,*156*, 75–83 [in English].
5. Ryabovol L.O., Ryabovol I.S., Parii F.M. (2011). Proliferation of the apical meristem of winter rye *in vitro* culture. *Agrobiology: Collection of Scientific Works of Bilotserk National University of Science and Technology*, 5 (84), 41–45 [in Ukrainian].
6. Ignatova S.A. (2004). Biotechnological basis of obtaining haploids, distant hybrids and somatic regenerants of grain and leguminous crops in different systems *in vitro*: Author's abstract. Diss. Dr. Biol. Sciences: 03.00.20. The Southern Biotechnological Center in Plant Breeding of the Ukrainian Academy of Sciences. Odessa. 425 p. [in Russian].
7. Ryabovol I.S., Ryabovol L.O. (2016). Dependence of the index of seed setting of soft winter wheat from the period of pollination. Materials of the International scientific and practical conference State and prospects of development and implementation of resource-saving, energy-saving technologies for growing agricultural crops. Dnipro. P. 162–164 [in Ukrainian].
8. Ryabovol I.S., Ryabovol L.O. (2015). Creation of a bank of pre-breeding material of winter rye using biotechnological methods. Materials of the 3rd International Scientific and Practical Conference Current Issues of Modern Agrarian Science. Uman. P. 102–103 [in Ukrainian].
9. Dubrovna O.V., Morgun B.V. (2009). Cell selection of wheat for resistance to environmental stress factors. *Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants*, *41, 6*, 46–53[in Ukrainian].

Ryabovol I.S., Ryabovol L.O., Diordieva I.P.

Creation of initial material using embryoculture and remote hybridization in the breeding of winter bread wheat

Aim. *The research was to improve the technology of creating genetic diversity of samples obtained by remote hybridization of soft winter wheat and speltum wheat with usuing the biotechnological link in the selection scheme.* **Methods.** *Remote hybridization of plants is an effective method of obtaining new starting material. The research was conducted in the biotechnology laboratory of the Uman National University of Horticulture during 2018–2022. The initial maternal form was the soft winter wheat varieties Artemisia, Smuglyanka, Zolotokolosa and the parental form was the winter spelt variety Zorya Ukrainy. After hybridization, immature twelve-day-old embryos were planted on modified versions of MS nutrient medium and cultivated at 25 °C in the dark until macrostructures were formed.* **Results.** *The technology of obtaining hybrid material by remote hybridization of Triticum aestivum* L. */ Triticum spelta* L. *and its use in the selection scheme of the biotechnological link has been improved.* **Conclusions.** *A nutrient medium for the development of immature hybrid wheat germs has been developed. The highest yield of seedlings (40.0% on average by genotype) on the modified Murashige-Skug medium, which included 1,5 mg/l 6-benzylaminopurine, 0,5 mg/l indolylacetic acid, 1,0 mg/l gibberellin, 2,0 mg/l glutamine, 2,0 mg/l glycine, 0,5 mg/l serine, 100,0 mg/l meso-inositol, 50,0 g/l sucrose was recorded. It was noted that the induction of the development of biomaterial from hybrid immature embryos is a genetically determined factor. The possibility of obtaining genetic diversity of forms that can be used by donors of genes of individual traits using embryo culture was shown.*

Key words: *spelled wheat, culture in vitro, morphogenesis, nutrient medium, starting material, hybrid material.*

Відомості про авторів

Рябовол Я.С., доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва, Уманський національний університет садівництва, e-mail: liudmila1511@ukr.net, ORCID : 0000-0003-4325-5313

Рябовол Л.О., доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології, Уманський національний університет садівництва, e-mail: liudmila1511@ukr.net ,ORCID : 0000-0002-5885-2180

Діордієва І.П., кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології, Уманський національний університет садівництва, e-mail: diordieva201443@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8534-583

Riabovol Ia.S., doctor of agricultural sciences, associate professor in the department of cropproduction, Uman national university of horticulture, e-mail: liudmila1511@ukr.net, ORCID : 0000-0003-4325-5313

Riabovol L.O., doctor of agricultural sciences, professor, head of the department of genetics, plant breeding and biotechnology, Uman national university of horticulture, e-mail: liudmila1511@ukr.net, ORCID : 0000-0002-5885-2180

Diordieva I. P., PhD in agriculture, associate professor in the department of genetics, plant breeding and biotechnology, Uman national university of horticulture, e-mail: diordieva201443@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8534-583

Надійшла 10.03.2023