

ДЕРКАЧ К.В.<sup>1</sup>✉, БОРИСОВА В.В.<sup>1</sup>, МАЛЕЦЬКИЙ В.О.<sup>2</sup>, САТАРОВА Т.М.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ДУ Інститут зернових культур НААН України,  
Україна, 49027, м. Дніпро, вул. Володимира Вернадського, 14,  
e-mail: kvderkach@gmail.com, satarova2008@ukr.net

<sup>2</sup> ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,  
Україна, 49005, м. Дніпро, просп. Гагаріна, 8  
✉ kvderkach@gmail.com, (050) 740-64-20

## ЗДАТНІСТЬ ДО КАЛУСОГЕНЕЗУ *IN VITRO* У ЛІНІЙ КУКУРУДЗИ ПЛАЗМИ ЛАНКАСТЕР ЗА ВАРІЮВАННЯ УМОВ ДОВКІЛЛЯ

**Мета.** Пропонована робота спрямована на оцінку калусогенного потенціалу десяти ліній кукурудзи зародкової плазми Ланкастер порівняно з відомими лініями-стандартами A188, Chi31 та PLS61 з високою калусогенною здатністю, а також визначення генотипів зі стабільним утворенням морфогенних калусів за варіюючих умов вирощування донорних рослин протягом трьох років досліджень. **Методи.** Метод культури клітин, тканин та органів *in vitro*. Польовий метод. Однофакторний та двофакторний дисперсійний аналіз. **Результати.** Для досліджених ліній плазми Ланкастер середнє багаторічне значення загальної частоти калусогенезу склало 80,1 %, частоти утворення морфогенних калусів I типу – 25,7 %, II типу – 43,8 %, а у ліній-стандартів відповідно 96,2 %, 12,2 % та 65,4 %. Показники калусогенезу варіювали залежно від року дослідження у всіх вивчених генотипів. Вплив генотипу, умов року та поєднання цих факторів на індукцію калусогенезу у більшості досліджених ліній були достовірними. **Висновки.** Для утворення морфогенних калусів I і II типів для ліній плазми Ланкастер вирішальною була сила впливу взаємодії генотипу з екологічними факторами вирощування донорних рослин. Найбільш стабільними за дії варіюючих умов довкілля для загальної частоти калусогенезу, частоти утворення морфогенних калусів та частоти утворення калусів II типу є лінії Ланкастер ДК298, ДК6080, ДК212 та ДК420-1. Стабільність за частотою утворення калусів I типу не виявила жодна з досліджених ліній.

**Ключові слова:** кукурудза *Zea mays* L., зародкова плазма Ланкастер, калусогенез, культура *in vitro*.

Калусна тканина є основою для проведення клітинно-інженерних та генетично-інженерних досліджень для багатьох видів квіткових

рослин. У злакових культур на базі морфогенної калусної тканини проводяться роботи *in vitro* з клітинної селекції, отримання соматональних варіантів, біолістичної та *Agrobacterium*-опосередкованої трансформації. Стабільне отримання морфогенної калусної тканини у широкого кола генотипів за варіюючих умов довкілля є необхідною передумовою використання біотехнологічних розробок у селекційному процесі. У кукурудзи незрілі зародки як найпоширеніший експлант у культурі *in vitro* утворюють два типи морфогенних калусів: калус I типу і калус II типу. Калус I типу росте повільно, білий або жовтий, щільний, компактний, швидко переходить до регенерації і не здатний до тривалої підтримки в культурі. Калус II типу відрізняється швидким ростом, зовні м'який, крихкий, білий або блідо-жовтий, часто прозорий, здатний до тривалої підтримки в культурі при регулярного субкультивування на свіже живильне середовище [1]. Два типи калусів мають різний біотехнологічний потенціал та займають кожен своє місце у біотехнологічних схемах отримання калусної тканини і рослин-регенерантів [2–4].

Здатність до калусогенезу в культурі *in vitro* визначається низкою зовнішніх і внутрішніх факторів. Одним із головних внутрішніх факторів є генотип експланта [5, 6]. Серед зовнішніх факторів за умови отримання калусної тканини з незрілих зародків важливе місце займають агрометеорологічні умови вирощування донорних рослин. Вони визначають здатність до калусогенезу *in vitro* через вплив на фізіологічний стан рослини, на якій формується качан із незрілими зародками, та самих незрілих зародків. Посуха, надмірне зволоження, надто високі або низькі температури спричиняють зміну фізіологічного стану донорної рослини та експлантів, зокрема, впливають на ступінь і характер експресії генів, які контролюють інтенсивність

© ДЕРКАЧ К.В., БОРИСОВА В.В., МАЛЕЦЬКИЙ В.О., САТАРОВА Т.М.

калусогенезу [7]. Для характеристики реакції генотипу на змінні умови довкілля використовують поняття стабільності та екологічної пластичності генотипу. Згідно з [8], стабільність характеризує здатність генотипу підтримувати певний фенотип у різних екологічних умовах за допомогою регуляторних механізмів.

Зважаючи на мінливість зовнішніх умов за вирощування донорних рослин кукурудзи, актуальним є пошук генотипів для забезпечення достатнього рівня калусогенезу, що відтворюватиметься з року в рік, незалежно від умов довкілля. Особливо важливим є ідентифікація таких генотипів серед селекційно перспективного генофонду. Для північної зони Степу України найперспективнішими для вирощування є генотипи кукурудзи зародкової плазми Ланкастер. Вони характеризуються значною продуктивністю, ранньостиглістю, посухо- та жаростійкістю, високою комбінаційною здатністю, інтенсивним стартовим ростом, толерантністю до хвороб [9]. Також важливо калусогенний потенціал селекційно перспективних генотипів, які не проходили спеціальний відбір за реакцією в культурі *in vitro*, оцінити відносно класичних ліній, які в біотехнології кукурудзи розглядаються як стандарти високої тотипотентності, – A188 [10, 11], Chi31 [10, 12] та PLS61 [10, 13].

Метою роботи була оцінка співвідношення впливу генотипу і зовнішнього середовища на стабільність показників калусогенезу у ліній кукурудзи та ідентифікація стабільних за калусогенною здатністю сучасних ліній плазми Ланкастер.

### Матеріали і методи

Як матеріал для дослідження використано 10 ліній кукурудзи зародкової плазми Ланкастер: ДК633, ДК267, ДК212, ДК6080, ДК420-1, ДК633266, ДК268, ДК3070, ДК236 та ДК633325, а також три лінії неланкастерівських плазм із високою калусогенною здатністю: A188, Chi31 та PLS61. Варіювання умов зовнішнього середовища забезпечували через вирощування донорних рослин кукурудзи у різні роки (2010–2012 рр.), які розрізнялися за погодними умовами. За [14] 2010 р. характеризується як несприятливий, 2011 р. – як найбільш сприятливий, а 2012 р. – відносно сприятливий для росту і розвитку рослин кукурудзи. Як експланти для ініціації калусної тканини використовували ізольовані незрілі зародки кукурудзи довжиною 1–1,5 мм, отримані залежно від генотипу

на 10–12-ту добу від запилення. Для індукції калусогенезу використовували живильне середовище з мінеральною основою N<sub>6</sub> [15], яке містило 30 г/л сахарози, 100 мг/л мезоінозиту, 100 мг/л гідролізату казеїну, 690 мг/л L-проліну, 1,0 г/л 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти та 0,1 мг/л абсцизової кислоти.

Оцінку здатності до калусогенезу *in vitro* проводили на 30-у добу від експлантації зародків за такими показниками, як загальна частота калусогенезу та частота утворення морфогенних калусів I та II типу. Загальну частоту калусогенезу визначали як процентне відношення кількості зародків, які утворили калус на щитку, до загальної кількості культивованих зародків. Частоту утворення морфогенних калусів I і II типу визначали як процентне відношення кількості зародків, які утворили калуси певного типу, до загальної кількості культивованих зародків. Статистичний аналіз варіаційних рядів та дисперсійний аналіз проведено за [16]. Дані в таблиці 1 представлено у вигляді  $\bar{x} \pm \Delta$ , де  $\bar{x}$  – середнє арифметичне значення показника;  $\Delta$  – довірчий інтервал, розрахований як  $\Delta = m \cdot t_{0,05}$ , де  $m$  – похибка середнього арифметичного;  $t_{0,05}$  – критерій Стьюдента за рівня значущості 0,05. Силу впливу факторів (%) у таблиці 2 дисперсійного аналізу представлено у вигляді  $\eta^2 \pm \Delta$ , де  $\eta^2$  – показник сили впливу фактора;  $\Delta$  – довірчий інтервал, розрахований як  $\Delta = m \cdot F_{0,01}$ , де  $m$  – похибка показника сили впливу;  $F_{0,01}$  – коефіцієнт Фішера за рівня значущості 0,01.

### Результати та обговорення

У таблиці 1 представлено середні значення показників калусогенезу у десяти ліній кукурудзи плазми Ланкастер та трьох ліній-стандартів за три роки досліджень.

Як видно з таблиці 1, показники калусогенезу варіювали залежно від року дослідження як у ліній плазми Ланкастер, так і у ліній-стандартів. За середніми значеннями досліджені показники в групі Ланкастер були нижчими від аналогічних у ліній-стандартів, виняток склала лише частота утворення калусів I типу. Інтервали варіювання показників калусогенезу були передбачувано значними усередині великої за обсягом групи Ланкастер. Так, залежно від генотипу та умов року загальна частота калусогенезу за окремими лініями Ланкастер коливалася у межах 0,0–100,0 %, частота утворення калусів I типу – 0,0–96,2 %, II типу – 0,0–94,4 %. Най-

вищий рівень загальної частоти калусогенезу зафіксовано у ДК212 в 2011 р. (100,0 %), частоти утворення калусів I типу – у ДК633266 в 2012 р. (96,2±3,4 %), II типу – у ДК212 в 2011 р. (94,4±7,7 %).

Результати двофакторного дисперсійного аналізу варіювання показників калусогенезу ліній Ланкастер за впливу організованих факторів – генотипу, умов року та їх взаємодії представлено в узагальненому вигляді в таблиці 2.

Як видно з таблиці 2, вплив усіх організованих факторів для досліджених показників був достовірним на рівні значущості 0,01. Частка варіювання за організованими факторами в дисперсійному комплексі для «загальної частоти калусогенезу» була низькою (16,0 %), але поступово збільшувалася з конкретизацією ознаки і складала для «частоти утворення калусів I типу» – 36,0 %, а для «частоти утворення калусів II типу» – 38,4 %. Генотип найбільше впливав на загальну частоту калусогенезу, але його контроль слабшав відносно утворення морфогенних калусів I і II типів. Вплив умов року, навпаки, ставав суттєвішим для утворення калусів певного типу порівняно з індукцією загального калусогенезу. Сила впливу взаємодії генотипового та екологічного факторів також збільшувалася з конкретизацією ознаки і для індукції окремих типів морфогенних калусів була вирішальною.

У таблиці 3 представлено результати однофакторного дисперсійного аналізу впливу умов року на показники калусогенезу у ліній кукурудзи плазми Ланкастер та ліній-стандартів.

Як видно з таблиці 3, вплив умов року на частоту утворення калусів I і II типів був достовірним як для всіх ліній плазми Ланкастер, так і ліній-стандартів. Водночас вплив умов року на загальну частоту калусогенезу був достовірним лише для восьми з десяти ліній плазми Ланкастер та для кожної з ліній-стандартів він не був достовірним.

Для культури *in vitro* важливим є стабільне відтворення високих значень показників калусогенезу і одночасно якнайменша їх залежність від умов року. На рисунку представлено взаємозв'язок показників індукції калусогенезу та сили впливу умов року.

Як видно з рисунка а, для загальної частоти калусогенезу як стабільні, тобто такі, які мають високі значення показника за мінімального впливу екологічних умов, можна визначити всі досліджені лінії, окрім ДК633, ДК3070, ДК236 та ДК633325. Для частоти утворення морфогенних калусів, тобто одночасно калусів I, і II типу (рис. б), як стабільні, перш за все, виділяються ДК633266, ДК298, Chi31, PLS61, а також ДК267, ДК212, ДК6080 та ДК420-1. За частотою утворення калусів I типу як таку, що стабільно демонструє високі значення показника, не можна визначити жодну лінію, оскільки навіть у ДК298 за найбільшої частоти утворення калусів I типу (43,8 %) показник сили впливу умов року був зависоким (28,7 %) (рис. в). За частотою утворення калусної тканини II типу як стабільні виділяються ДК6080 та ДК420-1, а умовно стабільними можна вважати Chi31, а також ДК212, PLS61 і ДК298 (рис. г).

Найбільш стабільними за дії варіюючих умов року одночасно для загальної частоти калусогенезу, частоти утворення морфогенних калусів та частоти утворення калусів II типу є лінії Ланкастер ДК298, ДК6080, ДК212, ДК420-1; одночасно за загальною частотою калусогенезу і частотою утворення морфогенних калусів – ДК633266 і ДК267.

### Висновки

За варіювання екологічних умов вирощування донорних рослин оцінено потенціал калусоутворення у ліній кукурудзи плазми Ланкастер порівняно з високотипотентними лініями неланкастерівських плазм A188, Chi31 та PLS61.

Встановлено, що вирішальною для утворення морфогенних калусів I і II типів для ліній плазми Ланкастер була сила впливу взаємодії генотипу з екологічними факторами вирощування донорних рослин. Визначено, що найбільш стабільними за дії варіюючих умов довкілля для загальної частоти калусогенезу, частоти утворення морфогенних калусів та частоти утворення калусів II типу є лінії Ланкастер ДК298, ДК6080, ДК212 та ДК420-1. Стабільність за частотою утворення калусів I типу не виявила жодна з досліджених ліній.

Таблиця 1. Середні значення показників калусогенезу у ліній кукурудзи плазми Ланкастер та ліній-стандартів

Генотипи	n*	2010 р.	2011р.	2012 р.	Середнє багаторічне
Загальна частота калусогенезу, %					
Лінії Ланкастер	10	56,6±7,3	92,4±2,6	91,1±0,8	80,1±1,6
Лінії-стандарти	3	91,3±1,3	97,0±1,9	96,3±2,5	96,2±1,3
Частота утворення калусів I типу, %					
Лінії Ланкастер	10	12,4±3,3	7,8±1,3	30,9±5,0	25,7±1,7
Лінії-стандарти	3	19,7±3,7	16,2±2,5	5,0±2,8	12,2±1,5
Частота утворення калусів II типу, %					
Лінії Ланкастер	10	21,9±3,9	62,6±4,6	42,7±4,2	43,8±1,1
Лінії-стандарти	3	39,5±4,5	74,7±4,0	90,0±3,9	65,4±2,9

Примітка. \*n – кількість досліджених ліній, шт.; дані представлено у вигляді  $\bar{x} \pm m \cdot t_{0,05}$ .

Таблиця 2. Сила впливу ( $\eta^2$ ) генотипу, умов року та їх взаємодії на індукцію калусогенезу у ліній кукурудзи плазми Ланкастер, %

Фактор впливу	Загальна частота калусогенезу	Частота утворення	
		калусів I типу	калусів II типу
Генотип	8,9±0,2	5,9±0,2	4,6±0,2
Умови року	0,2±0,1	5,9±0,2	10,4±0,04
Генотип × умови року	6,9±0,5	24,2±0,4	23,4±0,3

Примітка. Дані представлено у вигляді  $\eta^2 \pm m \cdot F_{0,01}$

Таблиця 3. Однофакторний дисперсійний аналіз впливу умов року на показники калусогенезу у ліній кукурудзи плазми Ланкастер та ліній-стандартів (наведено  $F_{\text{факт}}$ )

Лінія	Загальна частота калусогенезу	Частота утворення		Лінія	Загальна частота калусогенезу	Частота утворення	
		калусів I типу	калусів II типу			калусів I типу	калусів II типу
Лінії плазми Ланкастер							
ДК633	543,86*	31,24*	1252,66*	ДК633266	0,71	1176,56*	297,60*
ДК267	12,29*	413,31*	268,87*	ДК298	1,68	137,67*	90,15*
ДК212	4,57†	9,38*	54,30*	ДК3070	1815,72*	27,73*	243,53*
ДК6080	8,63*	81,38*	11,11*	ДК236	12465,36*	59,07*	488,95*
ДК420-1	13,37*	169,75*	11,75*	ДК633325	2339,37*	–	542,04*
Лінії-стандарти							
Chi31	1,60	28,54*	87,36*	PLS61	0,33	145,71*	117,20*

Примітки: \*Вплив фактора достовірний на рівні значущості 0,01, †вплив фактора достовірний на рівні значущості 0,05. Для ліній плазми Ланкастер число ступенів свободи факторіальне (міжгрупове)=2, випадкове (внутрішньогрупове)=383–1169;  $F_{0,05}=3,0$ ,  $F_{0,01}=4,7$ . Для ліній-стандартів число ступенів свободи факторіальне (міжгрупове)=1, випадкове (внутрішньогрупове)=421–588;  $F_{0,01}=6,7$ .

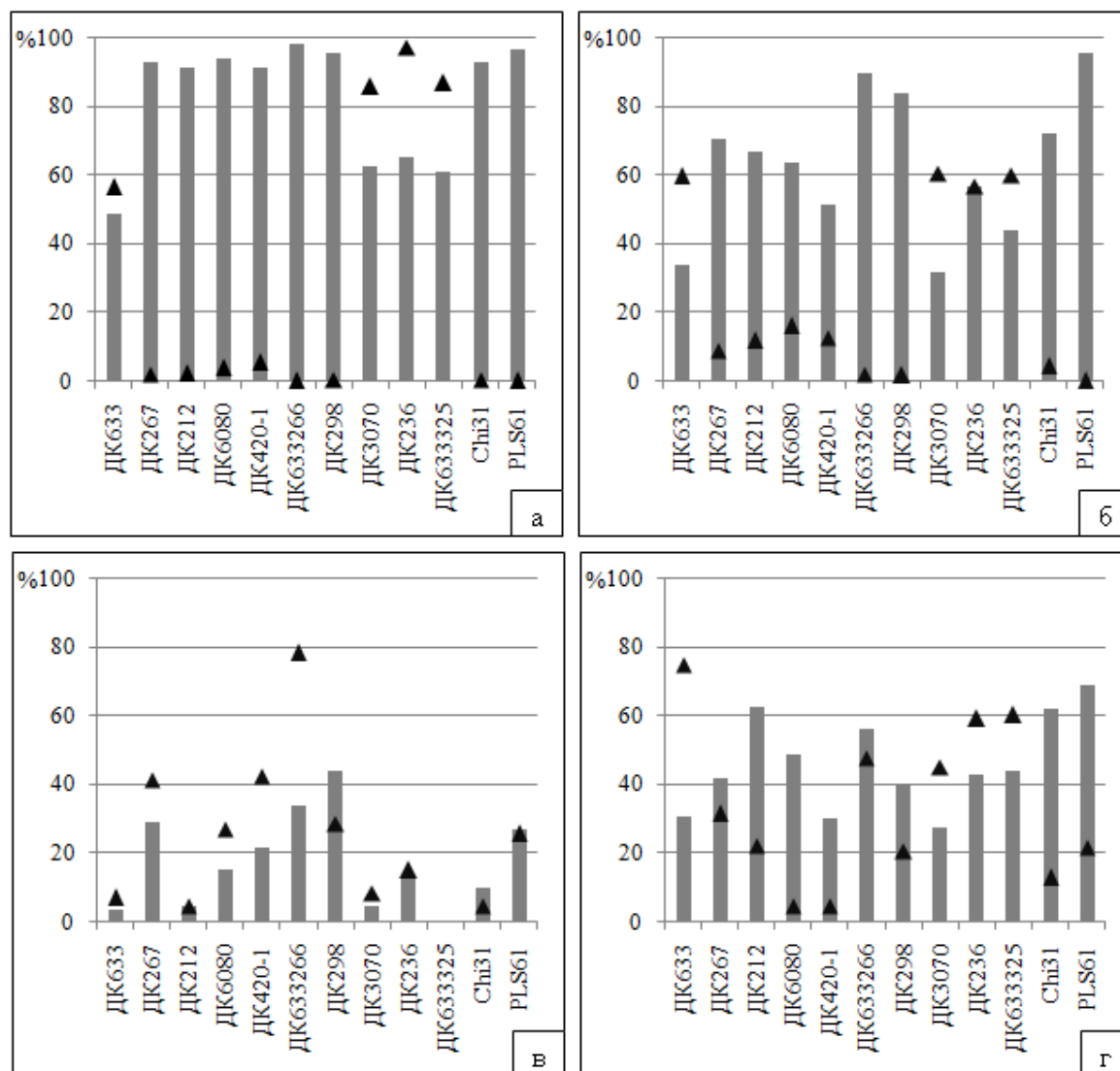


Рис. Взаємозв'язок показників індукції калусогенезу та сили впливу умов року для загальної частоти калусогенезу (а), частоти утворення морфогенних калусів (суми калусів I і II типів) (б), частоти утворення калусів I типу (в) і частоти утворення калусів II типу (г) для ліній кукурудзи плазми Ланкастер та ліній-стандартів. Столпчиками позначено рівень показників індукції калусогенезу (%), трикутниками – рівень сили впливу умов року (%)

### Література

- Green C.E., Phillips H.L. Plant regeneration from tissues cultures of maize. *Crop Science*. 1975. Vol. 15, No. 5. P. 417–421.
- Carvalho C., Bohorova N., Bordallo P., Abreu L., Valicente F., Bressan W., Paiva E. Type II callus production and plant regeneration in tropical maize genotypes. *Plant Cell Reports*. 1997. Vol. 17. P. 73–76. doi: 10.1007/s002990050355.
- Frame B.R., Zhang H., Cocciolone S.M., Sidorenko L.V., Dietrich C.R., Pegg S.E., Zhen S., Schnable P.S., Wang K. Production of transgenic maize from bombarded type II callus: Effect of gold particle size and callus morphology on transformation efficiency. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant*. 2000. Vol. 36. P. 21–29. doi: 10.1007/s11627-000-0007-5.
- Raji J.A., Frame B., Little D., Santoso T.J., Wang K. Agrobacterium- and biolistic-mediated transformation of maize B104 inbred. *Methods Mol. Biol.* 2018. Vol. 1676. P. 15–40. doi: 10.1007/978-1-4939-7315-6\_2.
- Guruprasad M., Sridevi T.V., Udaya Sri A.P.P., Kumar M.S. Plant regeneration through callus initiation from mature and immature embryos of maize (*Zea mays* L.). *Internat. J. Multidisciplinary*. Advanced Research Trends. 2015. Vol. 2, No. 1. P. 195–202.
- Malini N., Ananadkumar C.R., Hariramakrishnan S. Regeneration of Indian maize genotypes (*Zea mays* L.) from immature embryo culture through callus induction. *Journal of Applied and Natural Science*. 2015. Vol. 7, No. 1. P. 131–137.
- Кунах В.А. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи. К.: Логос, 2005. 730 с.
- Nicoglou A. The evolution of phenotypic plasticity: genealogy of a debate in genetics. *Stud. Hist. Philos. Biol. Biomed. Sci.* 2015. Vol. 50. P. 67–76. doi: 10.1016/j.shpsc.2015.01.003.

9. Дзюбецький Б.В., Боденко Н.А., Федько М.М., Гусак Ю.В. Створення середньопізніх гібридів кукурудзи на базі плазми Ланкастер (С103). *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2012. № 3. С. 8–11.
10. Абраїмова О.Є., Піралов Г.Р., Сатарова Т.М. Біотехнологічна характеристика калусогенезу в культурі незрілих зародків кукурудзи під впливом абсцизової кислоти та 6-бензиламінопурину. *Вісник Дніпропетровського національного університету. Серія Біологія. Медицина*. 2010. № 18 (1). С. 3–8.
11. Van Lammeren A.A.M. Observation on the structural development of immature maize embryos (*Zea mays* L.) during *in vitro* culture in the presence or absence of 2,4-D. *Acta botanica neerlandica*. 1988. No. 37 (1). p. 49–61.
12. Піралов Г.Р., Абраїмова О.Є. Культура ткани некоторых генотипов кукурузы зарубежной селекции. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. К.: Логос, 2008. Т. 5. С. 309–313.
13. Нітовська І.О., Абраїмова О.Є., Сатарова Т.М., Шаховський А.М., Моргун Б.В. Біолістична трансформація незрілих зародків кукурудзи. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. К.: Логос, 2014. Т. 15. С. 112–117.
14. Дзюбецький Б.В., Бондарь Т.М. Комбінаційна здатність сімей S3–S5, отриманих на базі подвійних сестринських гібридів кукурудзи генетичної плазми Айодент. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 105. С. 16–22.
15. Chu C.C., Wang C.C., Sun C.S., Hsu C., Yin K.C., Chu C.Y. Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiments on nitrogen sources. *Sci. Sinica*. 1975. Vol. 18. P. 659–668.
16. Welham S.J., Gezan S.A., Clark S.J., Mead A. Statistical methods in biology: design and analysis of experiments and regression. CRC Press, Boca Raton, 2015. 608 p.

## References

1. Green C.E., Phillips H.L. Plant regeneration from tissues cultures of maize. *Crop Science*. 1975. Vol. 15, No. 5. P. 417–421.
2. Carvalho C., Bohorova N., Bordallo P., Abreu L., Valicente F., Bressan W., Paiva E. Type II callus production and plant regeneration in tropical maize genotypes. *Plant Cell Reports*. 1997. Vol. 17. P. 73–76. doi: 10.1007/s002990050355.
3. Frame B.R., Zhang H., Cociolone S.M., Sidorenko L.V., Dietrich C.R., Pegg S.E., Zhen S., Schnable P.S., Wang K. Production of transgenic maize from bombarded type II callus: Effect of gold particle size and callus morphology on transformation efficiency. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant*. 2000. Vol. 36. P. 21–29. doi: 10.1007/s11627-000-0007-5.
4. Raji J.A., Frame B., Little D., Santoso T.J., Wang K. Agrobacterium- and biolistic-mediated transformation of maize B104 inbred. *Methods Mol. Biol.* 2018. Vol. 1676. P. 15–40. doi: 10.1007/978-1-4939-7315-6\_2.
5. Guruprasad M., Sridevi T.V., Udaya Sri A.P.P., Kumar M.S. Plant regeneration through callus initiation from mature and immature embryos of maize (*Zea mays* L.). *Internat. J. Multidisciplinary. Advanced Research Trends*. 2015. Vol. 2, No. 1. P. 195–202.
6. Malini N., Ananadkumar C.R., Hariramakrishnan S. Regeneration of Indian maize genotypes (*Zea mays* L.) from immature embryo culture through callus induction. *Journal of Applied and Natural Science*. 2015. Vol. 7, No. 1. P. 131–137.
7. Kunah V.A. Biotechnology of medicinal plants. Genetic and physiological and biochemical bases. Kyiv: Logos, 2005. 730 p.
8. Nicoglou A. The evolution of phenotypic plasticity: genealogy of a debate in genetics. *Stud. Hist. Philos. Biol. Biomed. Sci.* 2015. Vol. 50. P. 67–76. doi: 10.1016/j.shpsc.2015.01.003.
9. Dzyubetsky B.V., Bodencko N.A., Fedko M.M., Gusak Yu.V. Creation of medium late maize hybrids based on Lancaster germplasm (C103). *Biuletten' Instytutu sil's'koho hospodarstva stepovoi zony*. 2012. No. 3. P. 8–11.
10. Aбраїмова О.Є., Піралов Г.Р., Сатарова Т.М. Біотехнологічні характеристики калусогенезу в кукурудзі незрілих зародків під впливом абсцизової кислоти та 6-бензиламінопурину. *Вісник Дніпропетровського національного університету. Серія Біологія. Медицина*. 2010. № 18 (1). С. 3–8.
11. Van Lammeren A.A.M. Observation on the structural development of immature maize embryos (*Zea mays* L.) during *in vitro* culture in the presence or absence of 2,4-D. *Acta botanica neerlandica*. 1988. No. 37 (1). p. 49–61.
12. Піралов Г.Р., Абраїмова О.Є. Культура ткани некоторых генотипов кукурузы зарубежной селекции. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. К.: Логос, 2008. Т. 5. С. 309–313.
13. Нітовська І.О., Абраїмова О.Є., Сатарова Т.М., Шаховський А.М., Моргун Б.В. Біолістична трансформація незрілих зародків кукурудзи. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. К.: Логос, 2014. Т. 15. С. 112–117.
14. Дзюбецький Б.В., Бондарь Т.М. Комбінаційна здатність сімей S3–S5, отриманих на базі подвійних сестринських гібридів кукурудзи генетичної плазми Айодент. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 105. С. 16–22.
15. Chu C.C., Wang C.C., Sun C.S., Hsu C., Yin K.C., Chu C.Y. Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiments on nitrogen sources. *Sci. Sinica*. 1975. Vol. 18. P. 659–668.
16. Welham S.J., Gezan S.A., Clark S.J., Mead A. Statistical methods in biology: design and analysis of experiments and regression. CRC Press, Boca Raton, 2015. 608 p.

**DERKACH K.V.<sup>1</sup>, BORYSOVA V.V.<sup>1</sup>, MALETSKIY V.O.<sup>2</sup>, SATAROVA T.M.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Grain Crops of National Academy of Agrarian Science of Ukraine, Ukraine, 49027, Dnipro, Volodymyr Vernadskyi str., 14, e-mail: kvderkach@gmail.com, satarova2008@ukr.net

<sup>2</sup> Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine, 49005, Dnipro, Gagarin av., 8

## THE ABILITY OF MAIZE LANCASTER INBREDS TO CALLUSOGENESIS *IN VITRO* UNDER VARYING ENVIRONMENTAL CONDITIONS

**Aim.** This work is focused on the estimation of the callusogenic potential of 10 maize Lancaster germplasm inbreds in comparison with well-known inbreds-standards with high callusogenic ability A188, Chi31 and PLS61, and the identi-

fication of genotypes with stable morphogenic callus formation under varying conditions of donor plant cultivation during three years of researches. **Methods.** Method of cell, tissue and organ culture *in vitro*. Field method. One-way and two-way analysis of variance. **Results.** For the investigated Lancaster inbreds the average multi-annual value of the total frequency of callusogenesis was 80.1 %, the frequency of morphogenic type I callus formation was 25.7 %, type II callus formation was 43.8 %, but for inbreds-standards these ones reached, respectively, 96.2 %, 12.2 % and 65.4 %. The level of callusogenesis varied depending on the year of investigations for all studied genotypes. The influence of genotype, year conditions and the combination of these factors on callus induction for most of the studied inbreds was significant. **Conclusions.** The impact of the interaction of a genotype and ecological factors of donor plant cultivation on morphogenic callusogenesis of type I as well as type II was the most significant for Lancaster inbreds. Lancaster inbreds ДК298, ДК6080, ДК212 and ДК420-1 were the most stable under varying environmental conditions on the total frequency of callusogenesis, the frequencies of morphogenic and type II callus formation. None of the studied inbreds revealed the stability on type I callus formation frequency.

**Keywords:** maize (*Zea mays* L.), Lancaster germplasm, callusogenesis, culture *in vitro*.