

DOI: 10.32636/01308521.2023-(73)-1-5

УДК 631.527:635.21:57.053.2

А. Г. ЗЕЛЯ¹, А. Т. ГАВРИЛОК¹, кандидати біологічних наук

Р. В. ІЛЬЧУК², доктор сільськогосподарських наук

О. В. ВАВРИНОВИЧ², кандидат сільськогосподарських наук

Г. В. ЗЕЛЯ¹, Ю. Р. ІЛЬЧУК², наукові співробітники

В. І. БУРКУТ³, завідувач лабораторії екології та біомоніторингу

¹Українська науково-дослідна станція карантину рослин

Інституту захисту рослин НААН

вул. Наукова, 1, с. Бояни Чернівецького р-ну Чернівецької обл., 60321,

e-mail: avrelia.zelya@gmail.com

²Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Львівського р-ну Львівської обл., 81115,

e-mail: roman_ilchuk@ukr.net

³Інститут біології, хімії і біоресурсів

Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

вул. Лесі Українки, 25, м. Чернівці, 58012, e-mail: volodymyr.burkut@gmail.com

ЕКЗОСМОС МЕМБРАН ЯК ІНДИКАТОР ВИЗНАЧЕННЯ ПОСУХОСТІЙКОСТІ ГІБРИДІВ КАРТОПЛІ

Наведено результати досліджень прояву спадковості у гібридного потомства, отриманого від простого та складного міжсортового схрещування, за господарсько цінними ознаками, а саме стійкістю до посухи. Виявлено комбінації, де методом кондуктометрії в польових умовах було визначено екзоосмос мембран гібридів картоплі, який є основним показником посухостійкості, і його значення залежить від фенотипу батьківських форм.

Для досягнення ефекту в селекції бажаним типом зв'язку між ознаками буде такий: якщо значення ознаки збільшується із збільшенням ознаки, що селектується, то зв'язок між ними має бути позитивним, і навпаки, якщо значення ознаки зменшується одночасно зі збільшенням значення ознаки, що селектується, то зв'язок між ними має бути негативним.

За добору, гібридизації важливе значення мають кореляційні взаємозв'язки між господарсько цінними ознаками. За створення гібридної популяції її цінність буде залежати від того, які кореляційні взаємозв'язки має ознака, яка селектується, а також від типу зв'язку між ознаками (позитивного або негативного). Невраховування цього фактора може призвести до того, що створена гібридна популяція буде певною мірою задовольняти селекціонера за ознакою, що селектується, а за іншими господарсько корисними ознаками може бути гіршою від вихідного матеріалу.

Втрати врожаю через спеку важко оцінити, селекції жаростійких рослин приділяли менше уваги, ніж їхній стійкості до хвороб і шкідників. Істотною перешкодою в усуненні цієї вади є відсутність інформації про

© Зеля А. Г., Гаврилук А. Т., Ільчук Р. В.,

Вавриневич О. В., Зеля Г. В.,

Ільчук Ю. Р., Буркут В. І., 2023

діапазон в області генетичної різноманітності стійкості рослин до спеки, а також методів скринінгу стійких генотипів. Скринінг отриманого врожаю за теплового стресу є одним з можливих методів, але важко здійсненням через широке варіювання погодних умов протягом вегетаційного періоду. Крім того, хибою методу відбору на врожайність є його незначна спадковість у спекотних і сухих умовах. Таким чином, розвиток методів скринінгу на основі специфіки реакції на стрес чутливих і стійких до спеки генотипів є першочерговим завданням.

Дослідженнями встановлено, що бульбове покоління, отримане від проведених міжсорткових схрещувань, має кращі показники за такою господарсько цінною ознакою, як посухостійкість, порівняно з вихідними батьківськими формами.

У результаті проведених досліджень з 22 проаналізованих зразків найменше значення витоку електролітів виявлено у 9 гібридів картоплі, які можна використати як донори цієї ознаки або висаджувати у південних регіонах країни.

Ключові слова: картопля, гібрид, потомство, екзоосмос, посухостійкість, витік електролітів, кондуктометрія.

Avreliia Zelia¹, Aliona Havryliuk¹, Roman Ilchuk², Oksana Vavrynovych², Yurii Ilchuk², Heorhii Zelia¹, Volodymyr Burkut³

¹Ukrainian scientific-research station of plant quarantine of Institute of plant protection of the National Academy of Agrarian Sciences

²Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the National Academy of Agrarian Sciences

³Institute of Biology, Chemistry and Bioresources of Chernivtsi National University named after Yurii Fedkovych

Membrane exoosmosis as an indicator for determining drought resistance of potato hybrids

The results of research on the manifestation of heredity in hybrid offspring obtained from simple and complex cross-breeding for economically valuable traits, namely drought resistance, are given. Combinations were identified, where exoosmosis of the membranes of potato hybrids was determined by the method of conductometry in field conditions, which is the main indicator for determining drought resistance and its value depends on the phenotype of the parental forms.

To achieve an effect in selection, the desired type of relationship between traits will be as follows: if the value of the trait increases with the increase of the trait being selected, then the relationship between them should be positive, and vice versa, if the value of the trait decreases simultaneously with the increase of the value of the trait that is selected, then the relationship between them should be negative.

Correlation relationships between economically valuable traits are important for selection and hybridization. When creating a hybrid population, its value will depend on what kind of correlations the selected feature has, as well as the type of connection between the features (positive or negative). Ignoring this factor can lead to the fact that the created hybrid population will satisfy the breeder to a certain

extent on the characteristic being selected, and on other economically useful characteristics it may be worse than the original material.

Yield losses due to heat are difficult to estimate, and less attention has been paid to the selection of heat-resistant plants than to their resistance to diseases and pests. A significant obstacle in eliminating this shortcoming is the lack of information about the range in the field of genetic diversity of plant resistance to heat, as well as methods of screening resistant genotypes. Screening of the obtained crop under heat stress is one of the possible methods, but it is difficult to implement due to wide variation of weather conditions during the growing season. In addition, the disadvantage of the method of selection for yield is its low heritability in hot and dry conditions. Thus, the development of screening methods based on the specificity of the stress-sensitive and heat-resistant genotypes is a priority task.

Research has established that the tuber generation obtained from intervarietal crossings has better indicators for such an economically valuable trait as drought resistance, compared to the original parental forms.

As a result of the conducted research, out of 22 analyzed samples, the lowest value of electrolyte leakage was found in 9 potato hybrids, which can be used as donors of this trait or planted in the southern regions of the country.

Keywords: potato, hybrid, offspring, exoosmosis, drought resistance, leakage of electrolytes, conductometry.

Вступ. Картопля – одна з найбільш важливих сільськогосподарських культур різностороннього використання, яку вирощують у більшості країн світу. За площею насаджень вона займає четверте місце після рису, пшениці та кукурудзи. Валовий збір картоплі в Україні (близько 330 млн т) та площі насаджень (понад 18 млн га) свідчать про важливість цієї культури в глобальній проблемі забезпечення продовольством [30].

Однією з основних причин отримання нестабільних врожаїв картоплі та інших сільськогосподарських культур, набагато нижчих від потенційного рівня, є тепловий стрес та відсутність достатньої кількості вологи. Крім того, в зв'язку з глобальним потеплінням клімату очікується, що частота підвищення температури може зрости в майбутньому. Збільшення жаростійкості рослин може сприяти підвищенню ефективності культури і вирощуванню картоплі в раніше несприятливих для цього регіонах. На теперішній час відносно невелика кількість робіт присвячена питанням селекції жаро- та посухостійкості рослин. Можливо, це пояснюється тим, що втрати врожаю через спеку важко оцінити, селекції жаростійких рослин приділяли менше уваги, ніж їхній стійкості до хвороб і шкідників. Істотною перешкодою в усуненні цієї вади є відсутність інформації про діапазон в області генетичної різноманітності стійкості рослин до спеки, а також методів відбору стійких генотипів [35]. Скринінг за

такою ознакою, як врожайність за теплового стресу є одним з можливих методів, але важко здійсненим через широке варіювання погодних умов протягом вегетаційного періоду. Крім того, хибою методу відбору за врожайністю є його незначна спадковість в спекотних і сухих умовах. Таким чином, розвиток методів добору скринінгу на основі специфіки реакції на стрес чутливих і стійких до спеки генотипів є першочерговим завданням.

Чимало дослідників констатують, що в багатьох організмів наявні ознаки, взаємозв'язані між собою. У таких випадках при визначенні однієї ознаки можна твердити про наявність й іншої. Значення взаємозв'язку ознак сприяє добору потрібних форм і прискорює процес селекційної роботи [22, 26–28].

У практичній роботі спряженість може бути використана двояко – залежно від зв'язку і його типу. У першому випадку звертають увагу на величину коефіцієнта кореляції і його ознак і лише потім роблять висновки про практичну цінність такої залежності. Прикладом цього є всі випадки чітко вираженої лінійної кореляції, яку вже давно використовують у селекційній роботі. У другому випадку величина коефіцієнта і навіть його знак суттєвої ролі не відіграють, а тип зв'язку є прямо- або криволінійним [11, 15, 24, 25].

У багатьох випадках продуктивність сільськогосподарських рослин зумовлюється численними кількісними ознаками, які є результатом взаємодії спадкових особливостей рослин і комплексу умов зовнішнього середовища. На величину кількісної ознаки можуть впливати інші кількісні або якісні ознаки. Так, наприклад, анатомічна будова тканини і вміст цукрів у клітинному соку рослин можуть впливати на їхню зимостійкість. Тому за кількісними ознаками, і зокрема врожайністю рослин, можна оцінювати і їхні якісні характеристики [1, 3, 6, 7, 10, 14].

Однак недостатньо вивченими в культурі картоплі є питання кореляційної мінливості в гібридних популяціях, одержуваних від схрещування нових сортів картоплі, особливо тих, які створені шляхом міжвидової гібридизації, характер успадкування господарських і біологічних ознак у таких гібридних популяціях та інше, знання яких могло б сприяти поєднанню в одному сорті потрібних ознак і створенню нових цінних сортів цієї культури. Разом з тим вважаємо за доцільне продовжувати дослідження кореляції між різними ознаками, наявність якої могла б сприяти більш ефективному добору сіянців картоплі і кращій оцінці їх у селекційній роботі. Цілком очевидно, що кореляція не є постійною і змінюється в різних популяціях, тому використовувати її слід з урахуванням особливостей кожної окремо

взятої [5, 8, 9, 16, 18].

Реакції рослин на тепловий стрес різноманітні. Вони включають зупинку руху протоплазми, денатурацію білків, зміну складу ліпідів, зниження стабільності мембран, ефективності фотосинтезу [19, 20, 21, 32, 34]. Тому застосування і відносна ефективність кожного методу може змінюватися залежно від виду рослин і фази їх розвитку. При тепловому стресі найбільше пошкоджуються функції мембран [31, 33]. Це призводить до підвищення їх проникності й витоку електролітів. Порушення функції мембран обумовлює зниження фотосинтезу й активності мітохондрій, властивості плазмалеми зберігати розчинені речовини і воду [32]. Тест на витік електролітів було використано для вивчення варіації жаростійкості бобових [34, 35], виявлення зняття періоду спокою насіння за стратифікації [29], визначення жаростійкості різних сортів картоплі [4] і морозостійкості генотипів пшениці [23, 33, 36–38].

Наукові співробітники Української науково-дослідної станції карантину рослин Інституту захисту рослин НААН розробили кондуктометричний метод визначення екзоосмосу в мембранах листків картоплі після дії високих температур та відсутності вологи, який дає можливість виявити сорти, стійкі до посухи [12, 13, 17].

Матеріали і методи. Метою досліджень було оцінити селекційний матеріал картоплі на стійкість до посухи та виділити стійкі форми, які можна впровадити у посушливих зонах, методом кондуктометрії у різних фазах розвитку рослин картоплі і вивчити питання залучення їх у селекційну роботу як стандарти щодо цієї ознаки.

Дослідження з визначення стійкості сортів картоплі до посухи проводили за авторською методикою УкрНДСКР ІЗР НААН на базі лабораторії карантинних хвороб та шкідників упродовж 2021–2022 рр. Листковий матеріал відбирали на 22 зразках картоплі, представлених відділом селекції сільськогосподарських культур Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН: ВЛ-1203-97, В-1029-09, ЛЛ-1458-02, Л-1206-99, Л16/80, Л-1221-99, Л-1201-98, Л-1221-99, Л-1230-99, І-763-99, Л-1574-96, ЛА-1249, Р-1735-03, Л-1384-96, Р-1645-03, Р-1735-03, Л-1379-89/2, В-1002-89, ЛЛ-1249-02, Р-1541-03, Л-1449-02 та ЛА-1427-03. Електропровідність ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) вимірювали за допомогою кондуктометра S713/Cond/Tds/Sal/Ras/Meter, ULAB.

Погодні умови за період 2022 р. були мінливими, що дало змогу повноцінно та об'єктивно оцінити результати досліджень.

За вивчення впливу гідротермічних факторів на розвиток хвороб картоплі, а також для визначення стійкості до посухи використовували

такі показники: температура повітря, кількість опадів, ГТК.

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) застосували для оцінки періоду з температурою вище +10 °С і визначали за формулою [2]:

$$\text{ГТК} = \frac{\sum O \cdot 10}{\sum T}, \quad (1)$$

де $\sum O$ – сума опадів за період, мм;

$\sum T$ – сума середньодобових температур вище 10 °С.

За оцінки агрокліматичних ресурсів території вважають, що ГТК (гідротермічний коефіцієнт) 1,0–1,5 – оптимальне зволоження, більший 1,5 – надмірне, менший 1,0 – нестійке, менший 0,5 – слабе (посуха).

За гідротермічними умовами 2022 р. був теплим та посушливим. Дефіцит вологи відзначено майже за весь вегетаційний період картоплі: у травні (-61,7 мм), червні (-44,0 мм), липні (-30,8 мм) та в серпні (-7,7 мм), а ГТК коливався у межах 0,23–0,85 відповідно (табл. 1). Оптимальним періодом для визначення стійкості картоплі до посухи були фази: цвітіння (червень – липень) і бульбоутворення (липень – серпень) за дефіциту вологи (-44,0...-7,7 мм) та максимальної температури повітря +34,4 °С. Середньомісячна температура повітря склала 20,6–21,5 °С. Гідротермічний коефіцієнт дорівнював 0,23–0,29 (посуха).

1. Характеристика метеорологічних показників вегетаційного періоду, 2022 р.

Місяць	Декада	Середньодобова температура повітря, °С			Максимальна температура, °С	Мінімальна	Сума опадів, мм			ГТК (гідротермічний коефіцієнт)
		фактично	норма	відхилення від норми,			фактично	норма	відхилення від	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Квітень	1	9,1					7,0			
	2	7,0					1,7			
	3	11,6					25,2			
	Середнє	9,2	9,9	0,7	23,5	2,9	33,9	44	10,1	0,36
Травень	1	12,8					1,3			
	2	16,9					1,0			
	3	17,0					11,0			
	Середнє	15,6	15,1	0,5	28,5	5,2	13,3	75	61,7	0,85

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Червень	1	20,2					23,4			
	2	19,5					22,0			
	3	22,2					3,6			
	Середнє	20,6	18,8	1,8	34,4	10,8	49	93	44,0	0,23
Липень	1	22,3					30,2			
	2	19,3					7,4			
	3	22,8					24,6			
	Середнє	21,5	20,5	1,0	33,6	11	62,2	93	30,8	0,29
Серпень	1	20,7					12,6			
	2	21,0					27,3			
	3	22,3					18,4			
	Середнє	21,3	19,9	1,6	30,7	13,7	58,3	66	7,7	0,27
За вегетацій- ний період	Середнє	17,6	16,8	0,84	34,4	2,9	216,7	371	154,3	

Від апікального листка картоплі відбирали листочки першої і другої пари. Наступним етапом було промивання та висічка (коркорізом) 6 дисків діаметром 5 мм, які розміщували у пробірки (по шість дисків у кожну) із 0,5 мл бідистильованої води в трьох повтореннях. Зразки розміщували на водяну баню для інкубації на визначений час (згідно з методикою 2 год) за потрібної температури (до 45 °С) (рис. 1).

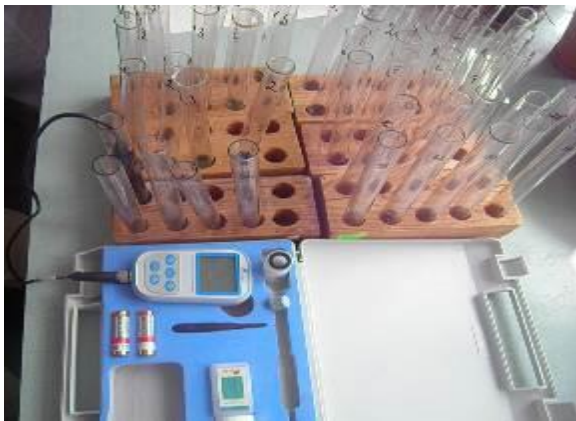


Рис. 1. Інкубація дисків листків картоплі в ультратермостаті

Електропровідність ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) вимірювали за допомогою кондуктометра S713/Cond/Tds/Sal/Ras/Meter, ULAB, CE (рис. 2).



Рис. 2. Кондуктометр S713/Cond/Tds/Sal/Ras/Meter, ULAB, CE

Результати та обговорення. За результатами досліджень минулих років [4, 12, 13] відомо, що оптимальними для виявлення відмінностей між сортами картоплі за витоком електролітів є дози теплового шоку за температури 45–55 °С та нестача води. При тепловому стресі найбільше пошкоджувалися функції мембран. Це призводило до підвищення їх проникності й витоку електролітів. Чим більше значення витоку електролітів, тим сорт більш сприйнятливий до посухи.

У результаті проведених досліджень у лабораторних умовах 2021 р. із 22 аналізованих зразків картоплі найбільше значення витоку електролітів виявлено у гібридів: Л-1201-98 ($1,12 \mu\text{S}/\text{cm}^2$), ВЛ-1203-97 ($1,02 \mu\text{S}/\text{cm}^2$), І-763-99 ($1,01 \mu\text{S}/\text{cm}^2$), Р-1645-03 ($1,26 \mu\text{S}/\text{cm}^2$) та В-1002-89 ($1,42 \mu\text{S}/\text{cm}^2$) (табл. 2).

2. Відносний витік електролітів з листків гібридів картоплі селекції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, 2021 р.

Назва гібриду	Походження	Витік електролітів, $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ ($M \pm m$)
1	2	3
ВЛ-1203-97	(Мавка x Granola) x (Арта x Карпатська)	$1,02 \pm 0,04$
В-1023-09	Карпатська x Пригожа	$0,57 \pm 0,03$
ЛЛ-1458-02	(Слава x Зов) x Пекуровська	$0,60 \pm 0,04$

1	2	3
Л-1206-99	Слава х Pirmunes	0,53±0,06
Л-16/80	(Комсомолец х Нарочь) х Краса	0,54±0,04
Л-1221-99	(Луговська х Kristal) х Талісман	0,68±0,06
Л-1201-98	Слава х Памір	1,12±0,05
Л-1221-99	(Луговська х Kristal) х Невська	0,64±0,04
Л-1230-99	(Луговська х Kristal) х Диво	0,55±0,03
I-763-99	(Мавка х Карпатська) х 89.721 с.23	1,01±0,04
Л-1574-96	(96.963.39 х Мавка) х Зов	0,62±0,03
ЛА-1249	Слава х Воловецька	0,85±0,03
P-1735-03	86.563 с.4 х Либідь	0,87±0,04
Л-1384-96	(Нарочь х (Верховина х Granola)) х Юбель	0,76±0,03
P-1645-03	Либідь х 90.841 с.2	1,26±0,03
P-1735-03	86.563 с.4 х Либідь	0,84±0,04
Л-1379-89/2	Невська х Мавка	0,90±0,03
B-1002-89	(Нарочь х (Нарочь х Юбель)) х Скарб	1,42±0,05
ЛЛ-1249-02	Kardia х (Мавка х Водограй)	0,53±0,03
P-1541-03	Чернігівська рання х 89.721 с.23	0,55±0,04
Л-1449-02	Чернігівська рання х 89.721 с.23	0,57±0,03
ЛА-1427-03	(<i>S. phureja</i> х <i>Agute</i>) х Гатчинська	0,58±0,04
St Слов'янка	KE78.5053 х Kondor	0,54±0,03

НІР_{0,05}

0,01

У гібридів картоплі Л-1384-96, ЛА-1249, P-1735-03 та Л-1379-89/2 встановлено середній витік електролітів, який коливався в межах 0,76–0,90 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$. Найменше значення цього показника в лабораторних умовах встановлено у таких гібридів картоплі: Л-1206-99, В-1023-09, Л-1230-99, ЛЛ-1458-02, ЛЛ-1249-02, P-1541-03, ЛА-1427-03, Л-1221-99 та Л-1449-02, що було в межах 0,53–0,68 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$.

У результаті проведених польових досліджень з 22 аналізованих зразків картоплі найбільше значення витоку електролітів у фазі цвітіння і бульбоутворення картоплі виявлено у гібридів: Л-1201-98 (1,16 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), ВЛ-1203-97 (1,18 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), I-763-99 (1,22 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), P-1645-03 (1,38 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$) та B-1002-89 (1,65 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$). Ці гібриди були сприйнятливими до посухи. У польових умовах спостерігали в'янення листків із засиханням рослин картоплі (табл. 3).

Середній показник витоку електролітів виявлено в таких гібридів картоплі: Л-1384-96 (0,82 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), ЛА-1249 (0,98 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), P-1735-03 (0,98 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$) та Л-1379-89/2 (0,99 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$).

3. Відносний витік електролітів з листків гібридів картоплі (M ±m), 2022 р., $\mu\text{S}/\text{cm}^2$

Назва гібриду	Походження	Фаза	
		цвітіння	бульбоутворення
ВЛ-1203-97	(Мавка х Granola) х (Арта х Карпатська)	1,06±0,06	1,18±0,08
В-1023-09	Карпатська х Пригожа	0,56±0,06	0,64±0,06
ЛЛ-1458-02	(Слава х Зов) х Пекуровська	0,60±0,03	0,68±0,03
Л-1206-99	Слава х Pirmunes	0,56±0,06	0,63±0,06
Л-16/80	(Комсомолец х Нарочь) х Краса	0,57±0,03	0,65±0,03
Л-1221-99	(Луговська х Kristal) х Галісман	0,70±0,06	0,78±0,08
Л-1201-98	Слава х Памір	1,04±0,03	1,16±0,06
Л-1221-99	(Луговська х Kristal) х Невська	0,67±0,06	0,78±0,06
Л-1230-99	(Луговська х Kristal) х Диво	0,58±0,03	0,67±0,03
І-763-99	(Мавка х Карпатська) х 89.721 с.23	1,02±0,06	1,22±0,06
Л-1574-96	(96.963.39 х Мавка) х Зов	0,63±0,06	0,76±0,06
ЛА-1249	Слава х Воловецька	0,87±0,03	0,98±0,03
Р-1735-03	86.563 с.4 х Либідь	0,89±0,06	0,99±0,06
Л-1384-96	(Нарочь х (Верховина х Granola)) х Юбель	0,78±0,03	0,82±0,03
Р-1645-03	Либідь х 90.841 с.2	1,29±0,03	1,38±0,08
Р-1735-03	86.563 с.4 х Либідь	0,87±0,06	0,98±0,06
Л-1379-89/2	Невська х Мавка	0,91±0,06	0,99±0,06
В-1002-89	(Нарочь х (Нарочь х Юбель)) х Скарб	1,44±0,08	1,65±0,08
ЛЛ-1249-02	Kardia х (Мавка х Водограй)	0,54±0,03	0,71±0,06
Р-1541-03	Чернігівська рання х 89.721 с.23	0,56±0,03	0,74±0,03
Л-1449-02	Чернігівська рання х 89.721 с.23	0,59±0,03	0,78±0,06
ЛА-1427-03	(<i>S. phureja</i> х Agute) х Гатчинська	0,57±0,06	0,75±0,06
St Слов'янка		0,56±0,03	0,74±0,03

HIP_{0,05}

0,05

0,06

Найменше значення витоку електролітів встановлено у гібридів картоплі: Л-1206-99 (0,63 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), В-1023-09 (0,64 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), Л-1230-99 (0,67 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), ЛЛ-1458-02 (0,68 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), ЛЛ-1249-02 (0,71 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), Р-1541-03 (0,74 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), ЛА-1427-03 (0,75 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), Л-1221-99 та

Л-1449-02 (0,78 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), які були на рівні стандарту сорту Слов'янка – 0,74 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$. Ці зразки картоплі характеризуються вищою стійкістю до посухи, і їх рекомендовано впроваджувати для вирощування в посушливих зонах України.

Висновки

1. Оптимальними строками щодо визначення стійкості картоплі до посухи були фази розвитку вегетативної маси: цвітіння – друга декада червня (за температури повітря до 34,4 °C, опадів – 44,0 мм) та бульбоутворення – третя декада липня (33,6 °C і 30,8 мм).

2. Найменшим значенням витоку електролітів відзначилися гібриди картоплі селекції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН: В-1023-09 (0,64 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), Л-1206-99 (0,63 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), ІЛ-1458-02 (0,68 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), ІЛ-1249-02 (0,71 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), Р-1541-03 (0,74 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$), ЛА-1427-03 (0,7 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$) та Л-1449-02 (0,78 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$).

3. Ці зразки характеризуються високою стійкістю до посухи, і їх рекомендовано для вирощування у південних посушливих зонах України з нестійким і недостатнім рівнем вологи, а також для використання як донорів досліджуваної ознаки.

Список використаної літератури

1. Активність гваяколпероксидази у нокаутної лінії KO-Cat 2 *Arabidopsis thaliana* за дії теплового стресу / Т. О. Руснак та ін. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2013. Т. 45, № 3. С. 246–251.
2. Анисимова Г. Л. О корреляционной зависимости между содержанием протеина и урожаем в гибридах картофеля. *Картоплярство* : міжвід. темат. наук. зб. 1973. Вип. 11. С. 72–75.
3. Білик М. О., Кулешов А. В. Практикум з фітосанітарного моніторингу і прогнозу. Харків, 2006. 228 с.
4. Буздуга І. М., Волков Р. А., Панчук І. І. Вплив температури вирощування та сахарози на активність аскорбатпероксидази у *Arabidopsis thaliana* в умовах теплового стресу. *Наукові записки ТНПУ*. 2017. № 4 (71). С. 59–64.
5. Вивчення стійкості картоплі до посухи / І. І. Мойса та ін. *Картоплярство* : міжвід. темат. наук. зб. ІК НААН. 2014. Вип. 42. С. 12–19.
6. Доліба І. М., Руснак Т. О., Волков Р. А. Перекисне окислення ліпідів у

References

1. Guaiacol peroxidase activity in the KO-Sat 2 knockout line of *Arabidopsis thaliana* under the influence of heat stress / T. O. Rusnak et al. *Fiziologija i biohimiya kul'turnih rastenij*. 2013. Vol. 45, No. 3. P. 246–251.
2. Anisimova H. L. On the correlation between protein content and yield in potato hybrids. *Kartopliarstvo* : mizhvid. temat. nauk. zb. 1973. Issue 11. P. 72–75.
3. Bilyk M. O., Kulieshov A. V. Workshop on phytosanitary monitoring and forecasting. Kharkiv, 2006. 228 p.
4. Buzduha I. M., Volkov R. A., Panchuk I. I. Effects of growing temperature and sucrose on ascorbate peroxidase activity in *Arabidopsis thaliana* under heat stress conditions. *Naukovi zapysky TNPNU*. 2017. No. 4 (71). P. 59–64.
5. Study of potato resistance to drought / I. I. Moisa et al. *Kartopliarstvo* : mizhvid. temat. nauk. zb. IK NAAN. 2014. Issue 42. P. 12–19.
6. Doliba I. M., Rusnak T. O., Volkov R. A. Lipid peroxidation in wild-type *Arabidopsis thaliana* and the

Arabidopsis thaliana дикою типу та KO-Cat 2 мутантної лінії за дії теплового стресу. *Вісник Українського товариства генетиків та селекціонерів*. 2012. Т. 10, № 2. С. 193–201. URL: http://utgis.org.ua/images/pdf/visnyk/2012/V10_N2/Visnik-2012-t10-n2_002.pdf (дата звернення: 20.01.2023).

7. Експериментальний андрогенез та оцінка жаростійкості сортів картоплі української селекції за витоком електролітів і вмістом у них K^+ та Ca^{2+} / І. І. Мойса та ін. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 4. С. 34–36. URL: https://agrovisnyk.com/oldpdf/visnyk_04_2012.pdf (дата звернення: 24.01.2023).

8. Ефективність гаплородукції в системі культури пляків і віддаленої гібридизації у картоплі / Т. М. Олійник та ін. *Modern biotechnology of agricultural plants and biosafety* : abstracts of International Scientific Conference. Odessa, 2010. P. 95.

9. Желев Н., Даскалюк А., Ралія Т. Сравнительная оценка первичной устойчивости генотипов пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к высоким и низким температурам. *Buletinul Academiei de stiinta a Moldovei. Stiințele vieții*. 2018. Nr. 1 (334). С. 61–70. URL: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/61-70.pdf (дата обращения: 23.01.2023).

10. Завірюха П. Д. Деякі дані про формотворчий процес за складовими продуктивності рослин у гібридних популяціях картоплі. *Картоплярство* : міжвід. темат. наук. зб. 1982. Вип. 13. С. 16–21.

11. Зеля А. Г., Бундук Ю. М., Гунчак В. М. Методичні рекомендації «Визначення резистентності сортів та гібридів ряду сільськогосподарських культур до стресових факторів». Чернівці, 2016. 16 с.

12. Мельник П. О., Мойса І. І., Даскалюк О. П. Визначення стійкості рослин до високих температур методом витоку електролітів. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 3. С. 44–46.

13. Онищенко О. Й., Поправко М. Й. Поєднання господарсько цінних ознак у міжсортних гібридах картоплі.

KO-Cat 2 mutant line under the effects of heat stress. *Visnyk Ukrainskoho tovarystva henetykiv ta selektsioneriv*. 2012. Vol. 10, No. 2. P. 193–201. URL: http://utgis.org.ua/images/pdf/visnyk/2012/V10_N2/Visnik-2012-t10-n2_002.pdf (last accessed: 20.01.2023).

7. Experimental androgenesis and assessment of heat resistance of potato varieties of Ukrainian selection according to the leakage of electrolytes and their content of K^+ and Ca^{2+} / I. I. Moisa et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2012. No 4. P. 34–36. URL: https://agrovisnyk.com/oldpdf/visnyk_04_2012.pdf (last accessed: 24.01.2023).

8. Efficiency of haploreduction in the system of anther culture and remote hybridization in potatoes / Oliinyk T. M. et al. *Modern biotechnology of agricultural plants and biosafety* : abstracts of International Scientific Conference. Odessa, 2010. P. 95.

9. Zhelev N., Daskaliuk A., Ralia T. Comparative assessment of primary resistance of wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) to high and low temperatures. *Buletinul Academiei de stiinte a Moldovei. Stiințele vieții*. 2018. Nr. 1 (334). P. 61–70. URL: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/61-70.pdf (last accessed: 23.01.2023).

10. Zaviriukha P. D. Some data on the formative process of plant productivity components in hybrid potato populations. *Kartopliarstvo* : mizhvid. temat. nauk. zb. 1982. Issue 13. P. 16–21.

11. Zelia A. H., Bunduk Yu. M., Hunchak V. M. Methodological recommendations “Determining the resistance of varieties and hybrids of a number of agricultural crops to stress factors”. Chernivtsi, 2016. 16 p.

12. Melnyk P. O., Moisa I. I., Daskaliuk O. P. Determination of resistance of plants to high temperatures by the method of leakage of electrolytes. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2006. No 3. P. 44–46.

13. Onyshchenko O. Y., Popravko M. Y. Combination of economic and valuable traits in intervarietal hybrids

Картоплярство : міжвід. темат. наук. зб. 1974. Вип. 5. С. 49–52.

14. Осипчук А. А. Селекція картоплі за елементами структури врожайності. *Картоплярство* : міжвід. темат. наук. 1985. Вип. 16. С. 3–5.

15. Сомаклональні варіанти і їх використання в селекції картоплі. Інноваційні технології в умовах зміни клімату / А. Г. Зея та ін. Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. «Наукові тенденції формування агротехнологій», Полтава, 25–26 квіт. 2019 р. Полтава : ПП «Астрая», 2019. С. 108–110.

16. Спосіб визначення стійкості картоплі до посухи : пат. 97040А Україна, № у 2014 10636 / І. І. Мойса та ін. ; заявл. 29.09.2014 ; опубл. 25.02.2015. Бюл. № 4. (кн. 1). 1 с.

17. Тимошенко І. П., Олійник Т. М., Ігнатова С. О. Оптимізація елементів технології отримання подвоєних гаплоїдів у картоплі. *Картоплярство України*. 2011. № 3/4. С. 6–9.

18. Alexandrov V. Y. Cytophysiological and cytoecological investigations of heat resistance of plant cells toward the action of high and low temperature. *Quart. Rev. Biol.* 1964. Vol. 30. P. 35–77.

19. Bar-Tsur A. High temperature effects on CO₂ gas exchange in heat tolerant and sensitive tomatoes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 1985. Vol. 110. P. 582–586.

20. Bernstam V. Heat effects on protein biosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1978. Vol. 29. P. 25–46.

21. Bradshaw J. E. Breeding strategies for clonally propagated potatoes. *Potato genetics*. 1994. P. 109–132.

22. Daskalyuk A. Elimination of dormancy, germination and electrolyte leakage from apple embryos during stratification. *Russian J. Plant Physiol.* 2002. Vol. 49. P. 804–810.

23. Daskalyuk A. Identification of mechanisms of plant resistance to stress factors. Materials of International Scientific Symposium “Advanced biotechnologies – achievements and prospects” (VI), 3–4 october 2022. P. 81–83. DOI: <https://doi.org/10.53040/abap6.2022.26>.

24. Dusenge M. E., Duarte A. G.,

of potatoes. *Kartopliarstvo* : mizhvid. temat. nauk. zb. 1974. Issue 5. P. 49–52.

14. Osypchuk A. A. Selection of potatoes according to the elements of the yield structure. *Kartopliarstvo* : mizhvid. temat. nauk. zb. 1985. Issue 16. P. 3–5.

15. Somaclonal variants and their use in potato breeding. Innovative technologies in the conditions of climate change / A. H. Zelia et al. Materialy vseukr. nauk.-prakt. konf. “Naukovi tendentsii formuvannia ahrotekhnologii”, Poltava, 25–26 kvit. 2019 r. Poltava : PP “Astraiia”, 2019. P. 108–110.

16. The method of determining the resistance of potatoes to drought : Pat. 97040A Ukraine, No. u 2014 10636 / I. I. Moisa et al. ; stat. 29.09.2014 ; published 25.02.2015. Bul. No. 4. (book 1). 1 p.

17. Tymoshenko I. P., Oliinyk T. M., Ihnatova S. O. Optimization of elements of technology for obtaining doubled haploids in potatoes. *Kartopliarstvo Ukrainy*. 2011. No. 3/4. P. 6–9.

18. Alexandrov V. Y. Cytophysiological and cytoecological investigations of heat resistance of plant cells toward the action of high and low temperature. *Quart. Rev. Biol.* 1964. Vol. 30. P. 35–77.

19. Bar-Tsur A. High temperature effects on CO₂ gas exchange in heat tolerant and sensitive tomatoes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 1985. Vol. 110. P. 582–586.

20. Bernstam V. Heat effects on protein biosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1978. Vol. 29. P. 25–46.

21. Bradshaw J. E. Breeding strategies for clonally propagated potatoes. *Potato genetics*. 1994. P. 109–132.

22. Daskalyuk A. Elimination of dormancy, germination and electrolyte leakage from apple embryos during stratification. *Russian J. Plant Physiol.* 2002. Vol. 49. P. 804–810.

23. Daskalyuk A. Identification of mechanisms of plant resistance to stress factors. Materials of International Scientific Symposium “Advanced biotechnologies – achievements and prospects” (VI), 3–4 october

- Way D. A. Plant carbon metabolism and climate change: elevated CO₂ and temperature impacts on photosynthesis, photorespiration and respiration. *New phytologist*. 2019. Vol. 221 (1). P. 32–49. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.15283>.
25. Jacob P., Hirt H., Bendahmane A. The heat-shock protein/chaperone network and multiple stress resistance. *Plant Biotechnol. J.* 2017. Vol. 15. P. 405–414. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbi.12659>.
26. Mohanty P., Kreslavski V., Klimov V. Heat Stress: Susceptibility, Recovery and Regulation. *Advances in Photosynthesis and Respiration* : book series. 2011. Vol. 34. P. 251–274. URL: https://www.academia.edu/32664398/Molecular_Mechanisms_of_Stress_Resistance_of_Photosynthetic_Machinery (last accessed: 25.01.2023).
27. Mohanty P. Perspective of membrane perception of temperature. *Physiol. Mol. Biol. Plants*. 2008. Vol. 14. P. 273–275. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-1579-0_12.
28. Park C. J., Seo Y. S. Heat Shock Proteins: A review of the molecular chaperones for plant immunity. *Plant Pathol. J.* 2015. Vol. 31. P. 323–333. DOI: 10.5423/PPJ.RW.08.2015.0150.
29. Research Progress in J-Proteins in the Chloroplast / Lu Zhao et al. *Genes*. 2022. Vol. 13 (8). P. 1469. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes13081469>.
30. Rosenzweig R., Nillegoda N. B., Mayer M. P. The Hsp70 chaperone network. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 2019. Vol. 20. P. 665–680. DOI: 10.1038/s41580-019-0133-3.
31. Schaff D. Comparison of TTC and electrical conductivity heat tolerance screening techniques in Phaseolus. *Hort. Sci.* 1987. Vol. 22. P. 642–645.
32. Shen Z. Heat adaptability of the tomato. *Hort. Sci.* 1982. Vol. 17. P. 924–925.
33. Snedecor G. Statistical methods. *Plant Physiol.* Ames : Iowa State University Press, 1967. 593 p.
34. Suss K. Byosynthetic causes of *in vivo* acquired thermotolerance of photosynthetic light reaction. *Plant Physiol.* 1986. Vol. 81. P. 192–199.
35. The roles of photorespiration and alternative electron acceptors in the responses 2022. P. 81–83. DOI: <https://doi.org/10.53040/abap6.2022.26>.
24. Dusenge M. E., Duarte A. G., Way D. A. Plant carbon metabolism and climate change: elevated CO₂ and temperature impacts on photosynthesis, photorespiration and respiration. *New phytologist*. 2019. Vol. 221 (1). P. 32–49. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.15283>.
25. Jacob P., Hirt H., Bendahmane A. The heat-shock protein/chaperone network and multiple stress resistance. *Plant Biotechnol. J.* 2017. Vol. 15. P. 405–414. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbi.12659>.
26. Mohanty P., Kreslavski V., Klimov V. Heat Stress: Susceptibility, Recovery and Regulation. *Advances in Photosynthesis and Respiration* : book series. 2011. Vol. 34. P. 251–274. URL: https://www.academia.edu/32664398/Molecular_Mechanisms_of_Stress_Resistance_of_Photosynthetic_Machinery (last accessed: 25.01.2023).
27. Mohanty P. Perspective of membrane perception of temperature. *Physiol. Mol. Biol. Plants*. 2008. Vol. 14. P. 273–275. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-1579-0_12.
28. Park C. J., Seo Y. S. Heat Shock Proteins: A review of the molecular chaperones for plant immunity. *Plant Pathol. J.* 2015. Vol. 31. P. 323–333. DOI: 10.5423/PPJ.RW.08.2015.0150.
29. Research Progress in J-Proteins in the Chloroplast / Lu Zhao et al. *Genes*. 2022. Vol. 13 (8). P. 1469. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes13081469>.
30. Rosenzweig R., Nillegoda N. B., Mayer M. P. The Hsp70 chaperone network. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 2019. Vol. 20. P. 665–680. DOI: 10.1038/s41580-019-0133-3.
31. Schaff D. Comparison of TTC and electrical conductivity heat tolerance screening techniques in Phaseolus. *Hort. Sci.* 1987. Vol. 22. P. 642–645.
32. Shen Z. Heat adaptability of the tomato. *Hort. Sci.* 1982. Vol. 17. P. 924–925.
33. Snedecor G. Statistical methods. *Plant Physiol.* Ames : Iowa State University Press, 1967. 593 p.

of photosynthesis to elevated temperatures in cowpea / I. Osei-Bonsu et al. *Plant, Cell and Environment*. 2021. Vol. 44 (7). P. 2290–2307. DOI: <https://doi.org/10.1111/pce.14026>.

36. Wang L., Ma K. B., Lu Z. G. Differential physiological, transcriptomic and metabolomic responses of *Arabidopsis* leaves under prolonged warming and heat shock. *BMC Plant Biol*. 2020. Vol. 20. P. 86. DOI: [10.1186/s12870-020-2292-y](https://doi.org/10.1186/s12870-020-2292-y).

37. Wery J., Silim E. Screening techniques and sources of tolerance to extremes of moisture. *Euphytica*. 1994. P. 73–83.

34. Suss K. Biosynthetic causes of *in vivo* acquired thermotolerance of photosynthetic light reaction. *Plant Physiol*. 1986. Vol. 81. P. 192–199.

35. The roles of photorespiration and alternative electron acceptors in the responses of photosynthesis to elevated temperatures in cowpea / I. Osei-Bonsu et al. *Plant, Cell and Environment*. 2021. Vol. 44 (7). P. 2290–2307. DOI: <https://doi.org/10.1111/pce.14026>.

36. Wang L., Ma K. B., Lu Z. G. Differential physiological, transcriptomic and metabolomic responses of *Arabidopsis* leaves under prolonged warming and heat shock. *BMC Plant Biol*. 2020. Vol. 20. P. 86. DOI: [10.1186/s12870-020-2292-y](https://doi.org/10.1186/s12870-020-2292-y).

37. Wery J., Silim E. Screening techniques and sources of tolerance to extremes of moisture. *Euphytica*. 1994. P. 73–83.

Отримано 24 лютого 2023 р.
Погоджено до друку 10 березня 2023 р.