

ОЦІНКА СОРТІВ КАРТОПЛІ ЗА СТІЙКІСТЮ ДО ПОСУХИ В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПЛІССЯ УКРАЇНИ

ПИСАРЕНКО Н.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-6299-2170

Поліське дослідне відділення Інституту картоплярства
Національної академії аграрних наук України

СИДОРЧУК В.І. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0001-6334-8643

Поліське дослідне відділення Інституту картоплярства
Національної академії аграрних наук України

ЗАХАРЧУК Н.А. – кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-8194-2491

Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук України

ОЛІЙНИК Т.М. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-7235-9415

Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Картопля (*Solanum tuberosum* L.) займає четверте місце за популярністю серед сільськогосподарських культур в світі, з виробництвом 370 млн. т на площі 173 млн. га [1]. Культура вирощується більше ніж в 100 країнах, а споживають її понад мільярд людей у всьому світі. Вона є джерелом вуглеводів і забезпечує організм людини іншими не менш важливими речовинами такими, як клітковина, білок, вітаміни, мінерали та антиоксиданти [2–4]. Зважаючи на зростаючий попит на картоплю в світі, виникає потреба в дослідженнях впливу змін клімату на картоплярство. Очікується, що глобальні зміни клімату призведуть до втрат врожаю картоплі в межах 18–32% в перших трьох десятиліттях цього століття [5; 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Через зміну клімату в найближчі десятиліття набудуть стрімкого поширення фактори стресу такі як посуха, екстремальна спека та надлишок УФ-випромінювання, що створять проблему для сталого рослинництва з подальшим негативним впливом на продуктивність рослин [7–10]. Посуха – найбільш поширена екологічна проблема, оскільки обмежує можливості росту та розвитку сільськогосподарських рослин, знижуючи їх продуктивність [11; 12]. Ранній стрес є найбільш шкідливим для формування бульб, їх маси та врожайності в наслідок зниження рівня асиміляції вуглецю та зменшення розподілу асимілятів у бульбах [13; 14]. Чутливість насаджень картоплі до високих температур залежить від генотипу [15], стадії розвитку рослин і тривалості стресу [16].

Картопля сприйнятлива до посухи через неглибоку кореневу систему, оскільки 85% загальної довжини коренів зосереджено на глибині ґрунту 0,3–0,4 м, а це спричиняє нижчу спроможність рослин поглинати вологу з ґрунту в порівнянні з іншими сільськогосподарськими культурами [17; 18]. Навіть короткотривалі періоди посухи або нечасті опади під час формування столону і бульби можуть значно знизити врожайність картоплі [14; 19; 20].

Основною метою селекціонерів є створення нових сортів картоплі з високим і стабільним рівнем потенційної врожайності [21]. Селекція картоплі на посухостійкість ускладнена можливістю створення однакових умов недостатнього зволоження (водного дефіциту) ґрунту для аналізу великої кількості генотипів [22–24]. Ця проблема може бути розв'язана шляхом застосування різних генетичних методів. Селекція картоплі на стійкість до стресу базується на результатах досліджень щодо закономірностей і механізмів формування адаптивних реакцій, визначення морфо-анатомічних та фізіолого-біохімічних показників, які забезпечують резистентність культури до посухи [25–28]. Успішна селекція картоплі на стійкість до водного дефіциту в певній мірі залежить від правильної оцінки цієї ознаки у створюваних сортах.

На сьогодні для вивчення сортів картоплі за реакцією на посуху науковці широко використовують індексний підхід, в основі якого знаходиться оцінка генотипів, як на стійкість, так і на чутливість їх до водного стресу. Індeksi посухостійкості, які враховують рівень втрати урожаю під впливом посухи порівняно з оптимальними умовами, використовують для відбору посухостійких форм [24; 29; 30].

До основних переваг методу оцінки посухостійкості за використання індексів відносять доступність необхідних даних, можливість вивчення значного обсягу набору сортів, простоту розрахунків та визначення в одиницях найважливішої агрономічної характеристики – урожайності [31].

Мета досліджень. Оцінити сорти картоплі різних груп стиглості за реакцією на посуху та виділити посухостійкі і продуктивні генотипи в умовах стресу з подальшим використанням їх в селекційній практиці.

Матеріали та методи. Дослідження проведено впродовж 2018–2019 і 2021–2022 років в польових умовах селекційної сівозміни лабораторії селекції Поліського дослідного відділення Інституту картоплярства НААН

України. Науково-селекційна установа розташована в центральній частині Полісся України – широта 50°42'4" пн. ш. та 29°21'14" сх. д., висота над рівнем моря 148 м. Ґрунти дослідного поля дерново-слабопідзолисті, глинисто-піщані сформовані за рахунок піску чи глинистого піску (гумусу (за Тюриним) 0,6–0,8%, рН – 4,5–5,2; рухомого фосфору і калію, відповідно – 3,0–5,0 мг. екв. на 100 г ґрунту). Характеризуються високою водопроникністю та низькою водоутримувальною здатністю.

Технологія вирощування сортів картоплі відповідає прийнятій у виробництві, притаманній для конкретної зони, яка базується на застосуванні оптимальних доз мінеральних добрив, заходів захисту від хвороб і шкідників та виконанні робіт у визначені строки.

Об'єктом вивчення були сорти картоплі різних груп стиглості: ранньостиглі – Серпанок (стандарт), Вигода, Бажана, Тирас, Світана, Взорець і Радомисль; середньоранні – Нагорода (стандарт), Сонцедар, Фанатка, Опілля, Левада, Партнер, Межирічка 11 і Авангард; середньостиглі – Явір (стандарт), Базалія, Чарунка, Альянс, Іванківська рання, Володарка і Джавеліна; середньопізні – Червона рута (стандарт), Летана, Олександрит і Роставиця.

Визначення посухостійкості та продуктивності проводили з використанням різних індексів розроблених різними авторами (табл. 1).

Проведено порівняльну оцінку сортів картоплі за умов достатнього природного зволоження (оптимального) в період вегетації культури 2018 і 2022 років та посушливого періоду 2019 і 2021 рр.

Проведено кореляційний аналіз між продуктивністю в умовах природного зволоження і під дією посухи та різними індексами для ідентифікації генотипів за посухостійкістю. Обрахунок кореляції здійснено за допомогою Microsoft® Excel 2007.

Результати та обговорення. Погодні умови, в роки проведення досліджень, відрізнялися, як за температурним режимом, так і за кількістю та характером атмосферних опадів, що дало можливість оцінити сорти картоплі різних груп стиглості на стійкість до посушливих умов. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у 2019 році скла-

дав 0,7, в 2021 – 0,8, що вказує на середньо посушливі кліматичні умови, тоді як в 2018 та 2022 роках ГТК варіював в межах 1,0–1,1, що відповідає достатньому забезпеченню вологою.

Аналізуючи отримані результати середнього показника продуктивності в посушливі та зволожені роки за групами стиглості встановлено, що втрати врожайності в сортів картоплі в середньому складають: в період 2018–2019 рр. 53–57%, а в 2021–2022 рр. 56–61%. Впродовж 2018–2019 рр. найнижчий показник втрат врожайності відмічено у сортів ранньої групи 53%, тоді як за 2021–2022 роки у середньопізньої групи (56%).

Рівень інтенсивності посухи за формулою Фішера та Маурера [40] між 2018 роком та 2019 складає $D = 0,45$, 2022 та 2021 роком $D = 0,41$.

Для порівняння рівня прояву індексів посухостійкості серед досліджуваних сортів картоплі проведено обрахунок медіанних показників, які характеризують середній рівень індексів. Це дозволило порівняти сорти картоплі різних груп стиглості за посухостійкістю в різні роки досліджень (табл. 2).

Величина медіального показника урожайності сортів картоплі в оптимальних умовах (Y_p) за групами стиглості коливається в межах: в 2018 році від 15,1 до 15,9 т/га, тоді як в 2022 р. складає 18,0–22,9 т/га. Найменшу різницю між мінімальним і максимальним значенням урожайності в роки досліджень показала середньопізня група генотипів. Найвищий прояв продуктивності сортів картоплі за оптимальних умов встановлено в 2018 р. – ранньостиглі генотипи 21,4 т/га, тоді як, в 2022 р. – середньостиглі генотипи 34,6 т/га.

Аналіз показника медіани урожайності сортів картоплі за впливу посухи (Y_s) свідчить про варіювання ознаки в несприятливі роки за групами стиглості, а саме, в 2019 році від 6,1 т/га в середньоранніх до 7,4 т/га в ранньостиглих та в 2022 році від 7,4 т/га в середньопізніх до 11,3 т/га в середньостиглих. Найбільш стабільними за продуктивністю в несприятливі роки характеризувалися сорти ранньостиглої і середньопізньої групи стиглості.

Показник медіальної середньої врожайності (MP) характеризує потенційну врожайність сортів карто-

Таблиця 1

Індекси посухостійкості і формули для їх визначення

Індекси стійкості до посухи		Формула	References
MP	Середня урожайність	$MP = (Y_p + Y_s) / 2$	El-Hendawy et al., 2017
SSI	Індекс сприйнятливості до посухи	$SSI = (1 - Y_s / Y_p) / (1 - \hat{Y}_s / \hat{Y}_p)$	Nikneshan et al., 2019
RDI	Індекс відносної посухостійкості	$RDI = (Y_s / Y_p) / (\hat{Y}_s / \hat{Y}_p)$	Fischer R.A. et al., 1979
TOL	Індекс толерантності до посухи	$TOL = Y_p - Y_s$	El-Hendawy et al., 2017
YSI	Індекс стабільності врожаю	$YSI = \frac{Y_s}{Y_p}$	Bousslama M. et al., 1984
YI	Індекс урожайності	$YI = Y_s / \hat{Y}_s \times 100$	Lin C.S. et al., 1986
STI	Індекс толерантності до стресу	$STI = (Y_p \times Y_s) / (\hat{Y}_p)^2$	Fernandes G. C. J., 1993
DI	Індекс посухостійкості	$DI = [Y_s \times (Y_s / Y_p)] / \hat{Y}_s$	Lan J., 1998
SNPI	Індекс продуктивності в стресових і сприятливих умовах	$SNPI = \left[\sqrt[3]{(Y_p + Y_s) / (Y_p - Y_s)} \right] \times \left[\sqrt[3]{(\hat{Y}_p \times Y_s \times Y_s)} \right]$	Moosavi S.S. et al., 2008

плі незалежно від погодних умов років досліджень. Найнижче коливання індексу за періодами досліджень проявили сорти ранньої групи стиглості, межі прояву склали від 12,4 до 12,9, найвище значення у сортів середньоранньої групи 11,1–15,6. Максимальне значення цього індексу в 2018–2019 роках проявила група ранніх генотипів 12,4, тоді, як в 2021–2022 рр. середньорання і середньостигла група сортів картоплі відповідно 15,6 і 15,5.

Показник індексу сприйнятливості до посухи (SSI) характеризує чутливість сортів до посухи, тобто чим менше значення цього індексу, тим вищою є посухостійкість генотипу. Найнижче коливання індексу між максимальним і мінімальним значення в 2018–2019 рр. проявили сорти середньопізньої групи

(1,07–0,88), в 2021–2022 рр. сорти картоплі середньостиглої групи стиглості (1,1–0,72). Медіальний показник варіював за періодами досліджень: при першому вивченні від 1 до 1,11 (найнижче значення показника проявила група ранніх сортів), при другому 1,01–1,3 (найменшим значення характеризувалися сорти середньоранньої і середньостиглої групи).

Індекс толерантності до посухи (TOL) свідчить про втрати урожайності за дії посушливих умов в абсолютних одиницях. Медіальний рівень цього індексу за роками коливався в 2018–2019 рр. в межах 8,3–9,5 (найнижче значення проявили середньоранні і середньостиглі генотипи). Тоді як в 2021–2022 рр. індекс варіював від 10,1–13,8 (найменший прояв ознаки відмічено в ранніх і середньопізніх сортах).

Таблиця 2

Межі варіювання індексів посухостійкості в сортів картоплі різних груп стиглості в роки досліджень

Значення	Yp	Ys	MP	SSI	TOL	YSI	YI	STI	DI	RDI	SNPI
Ранні											
2018–2019											
min	10,5	5,1	7,8	0,38	3	0,25	67	0,2	0,17	0,55	2,30
max	21,4	11,9	14,4	1,4	14,7	0,8	157	0,67	1,25	1,70	3,41
медіана	15,9	7,4	12,4	1	9	0,47	97	0,44	0,39	1,0	2,64
2021–2022											
min	13,4	5,4	9,4	0,67	6,6	0,32	72	0,2	0,23	0,83	2,35
max	26,5	9,6	17,7	1,11	17,6	0,59	128	0,63	0,76	1,52	2,97
медіана	18,0	8,1	12,9	1,08	11,5	0,34	108	0,42	0,36	0,86	2,74
Середньоранні											
2018–2019											
min	7,7	3,2	5,4	0,78	4,5	0,32	48	0,11	0,2	0,71	1,93
max	19,0	10,8	14,9	1,24	12,6	0,57	164	0,94	0,93	1,26	3,06
медіана	15,2	6,1	11,1	1,02	8,3	0,43	93	0,47	0,38	0,92	2,35
2021–2022											
min	10,3	5	7,9	0,77	4,7	0,25	58	0,12	0,17	0,63	2,28
max	27,8	13,3	19,8	1,25	17,3	0,54	155	0,74	0,78	1,36	3,31
медіана	22,9	8,2	15,6	1,01	13,8	0,39	96	0,42	0,39	0,98	2,75
Середньостиглі											
2018–2019											
min	14,6	4,6	10,1	0,53	5,7	0,25	61	0,3	0,15	0,55	2,26
max	19,5	13,8	16,6	1,36	13,9	0,71	184	0,99	1,3	1,57	3,49
медіана	15,9	6,6	11,5	1,11	9,5	0,39	88	0,41	0,35	0,87	2,58
2021–2022											
min	9,6	4,5	7	0,72	5,1	0,36	47	0,08	0,22	0,87	2,2
max	34,6	12,7	23,6	1,1	21,9	0,58	132	0,85	0,69	1,39	3,23
медіана	22,8	11,3	15,5	1,03	13,4	0,4	118	0,42	0,49	0,95	3,13
Середньопізні											
2018–2019											
min	12,2	4,8	8,5	0,88	6,6	0,39	75	0,26	0,29	0,91	1,67
max	17,2	7,2	12,2	1,07	10	0,5	112	0,56	0,52	1,16	2,62
медіана	15,1	6,8	10,9	1,02	8,6	0,42	107	0,46	0,46	0,97	2,42
2021–2022											
min	16,9	6,4	12,4	0,89	7,2	0,31	79	0,36	0,24	0,7	2,51
max	20,7	11,2	14,8	1,57	14,3	0,61	138	0,6	0,84	1,38	3,13
медіана	18,3	7,4	13	1,3	10,1	0,42	91	0,39	0,39	0,96	2,64

Примітка: Yp – урожайність сорту в оптимальних умовах, Ys – урожайність сорту за впливу посухи, MP – середня урожайність, SSI – індекс сприйнятливості до посухи, TOL – індекс толерантності до посухи, YSI – індекс стабільності урожаю, YI – індекс урожайності, STI – індекс толерантності до стресу, DI – індекс посухостійкості, RDI – відносний індекс посухи, SNPI – індекс продуктивності в стресових і сприятливих умовах.

Індекс стабільності урожаю (YSI) характеризує відношення урожайності сортів у стресових умовах до урожайності в оптимальних умовах. Медіана показника індексу в роки досліджень коливалася: в 2018–2019 рр. від 0,39 в групі середньостиглих сортів до 0,47 в ранніх; в 2021–2022 рр. від 0,34 ранньостиглих до 0,42 середньопізніх сортів.

Показник індексу урожайності (YI) вказує, який відсоток урожайності конкретного генотипу в посушливих умовах до середньої урожайності досліджуваних зразків у період посухи. Межі прояву медіани цього індексу в роки досліджень складала: при першому вивченні від 88 в середньостиглих до 107 в середньопізніх; при другому – 91 середньопізніх до 118 в середньостиглих. Найменший розмах коливання медіального показника в межах групи стиглості проявили середньоранні і ранньостиглі сорти.

Здатність сортів утримувати стабільний рівень урожайності незалежно від дії стресових факторів характеризує індекс толерантності до стресу (STI). Розмах варіювання медіального показника за роками складає: в 2018–2019 рр. найменше значення в середньостиглих 0,41, тоді як найбільше в середньоранніх 0,47; в 2021–2022 рр. від 0,39 в середньопізніх до 0,42 у інших групах стиглості. В роки вивчення найменший діапазон коливання індексу в межах групи стиглості проявили середньостиглі і ранні сорти.

Індекс посухостійкості (DI) застосовують в дослідженнях для визначення генотипів з високою врожайністю як за стресових умов, так і оптимальних. Медіана індексу за діапазоном коливання в роки досліджень складала за першої оцінки від 0,35 в середньостиглих до 0,46 в середньо пізніх сортів; при другому вивченні від 0,36 в сортів ранньої до 0,49 в середньоранньої групи стиглості.

Відносний індекс посухи (RDI) є достовірним показником для визначення стійкості сортів до стресу. Найвище значення за медіальним індексом в 2018–2019 рр. проявила рання група сортів, тоді як в 2021–2022 рр. середньорання. Встановлено, що високе значення показників меж медіального індексу за групами стиглості спостерігається у ранньостиглих 2,64–2,74 та середньостиглих сортів 2,58–3,13.

Найвище значення медіани індексу продуктивності в стресових і сприятливих умовах (SNPI) проявили: при першому вивченні сорти ранньої групи 2,64, при другій оцінці сорти середньостиглої групи – 3,13.

Проведені дослідження свідчать, що сорти ранньої групи стиглості характеризувалися приростом врожайності (до стандарту Серпанок), як в оптимальні Y_p роки (на 3,2–13,1 т/га), так і посушливі Y_s (на 0,4–6,7 т/га, крім сортів Вигода і Тирас).

Перевищення показника середньої урожайності (MP) до середнього значення групи ранніх генотипів в 2018–2019 рр. проявили сорти: Тирас, Світана, Бажана, і Радомисль на 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 т/га. Тоді як, в роки 2021–2022, за перевагою до середнього індексу MP в ранніх генотипів відмічено сорти: Світана, Взірець і Радомисль на 1,4; 2,6; 3,6 т/га.

Результати досліджень показали істотну відмінність сортів картоплі за індексами посухостійкості в порівнянні до середнього показника групи ранніх генотипів. В 2018–2019 рр. за комплексом вищого значення показника індексів до середнього ранньої групи стиглості проявили сорти: Серпанок (на SSI = 0,02; TOL = 3,4; YSI = 0,01; RDI = 0,02), Вигода (на SSI = 0,19; TOL = 2,8; YSI = 0,10; YI = 9,0; DI = 0,12; RDI = 0,21; SNPI = 0,10), Бажана (SSI = 0,60; TOL = 5,7; YSI = 0,32; YI = 57,0; STI = 0,21; DI = 0,73; RDI = 0,67; SNPI = 0,09), Світана (YI = 9,0; STI = 0,09; SNPI = 0,73) і Радомисль (STI = 0,13 і SNPI = 0,73).

За результатами досліджень в 2021–2022 рр. віділено меншу кількість генотипів з перевагою індексів посухостійкості ранніх сортів до середньої групи стиглості. Найвище значення індексів проявили сорти: Серпанок (на SSI = 0,02; TOL = 3,9; YSI = 0,02; RDI = 0,04; SNPI = 0,13), Тирас (SSI = 0,32; TOL = 5,2; YSI = 0,20; YI = 28,0; STI = 0,02; DI = 0,35; RDI = 0,49), Світана (YI = 19,0 і STI = 0,23), Взірець (YI = 8,0 і STI = 0,12), Радомисль (SSI = 0,07; YSI = 0,05; YI = 21,0; STI = 0,10; DI = 0,13; RDI = 0,12) (табл. 3).

Аналіз результатів вивчення сортів картоплі середньоранньої групи стиглості за стійкістю до посухи, свідчить про різну реакцію генотипів за індексами посухостійкості в роки досліджень.

Найвищий показник урожайності в оптимальні роки (Y_p) в порівнянні до сорту стандарту Нагорода за 2018 рік проявили сорти: Фанатка і Сонцедар відповідно на 5,3 і 4,8 т/га, тоді як в 2022 році – Авангард, Межирічка 11 і Сонцедар на 11,8, 10,4 і 9,8 т/га. Максимальний прояв продуктивності в посушливі роки (Y_s) в порівнянні до стандарту Нагорода проявили в 2019 році сорти Фанатка і Партнер з приростом 6,4 і 4,1 т/га; в 2021 р. сорти Межирічка 11, Авангард і Партнер – відповідно 8,3, 6,2 і 6,1 т/га.

За період 2021–2022 рр. сорт стандарт Нагорода, в порівнянні до середнього показника індексів середньоранньої групи характеризувався вищим значенням лише за індексом толерантності до стресу на 2,1.

За комплексною резистентністю до стресу слід відмітити сорти Партнер і Межирічка 11, які продемонстрували вище або на рівні значення індексів в порівнянні до показника середнього групи стиглості за всіма параметрами.

Тоді як, сорт Фанатка мав перевагу за всіма індексами посухостійкості лише в 2018–2019 рр. Сорт Сонцедар проявив вище значення індексів до середнього показника середньоранньої групи: за період 2018–2019 рр. на 1,6 т/га (MP) і 0,03 (STI); проте в період 2021–2022 перевага складала за п'ятьма параметрами: 2,7 т/га (MP), 15,0 (YI), 0,12 (STI), 0,02 (DI) і 0,20 (SNPI).

Для сорту Опілля найвищий прояв ознаки за індексами стійкості до стресу відмічено в 2018–2019 рр., а саме SSI, TOL, YSI і RDI (відповідно на 0,01; 1,6; 0,01; 0,03), тоді як, для сорту Левада максимальне вираження ознак за попередньо відміченими індексами було в 2021–2022 рр. (перевага на 0,23; 8,4; 0,14; 0,36) (табл. 4).

Таблиця 3

Урожайність ранньостиглих сортів картоплі в умовах посушливих і природно зволених років та індекси посухостійкості (2018–2019 рр. і 2022–2021 рр.)

Назва сорту	Роки	Yp	Ys	MP	SSI	TOL	YSI	YI	STI	DI	RDI	SNPI
Серпанок st	2018–2019	10,5	5,2	7,8	0,96	5,3	0,49	68	0,20	0,34	1,05	2,30
	2021–2022	13,4	5,5	9,4	0,97	7,9	0,41	73	0,20	0,30	1,05	2,78
Вигода	2018–2019	14,2	8,3	11,2	0,79	5,9	0,58	109	0,44	0,64	1,24	3,41
	2021–2022	16,6	5,4	11,0	1,11	11,2	0,32	72	0,24	0,23	0,83	2,33
Бажана	2018–2019	14,9	11,9	13,4	0,38	3,0	0,80	157	0,67	1,25	1,70	2,77
	2021–2022	18,0	5,9	11,9	1,10	12,1	0,33	79	0,29	0,26	0,84	2,56
Тирас	2018–2019	19,8	5,1	12,4	1,40	14,7	0,25	67	0,38	0,17	0,55	2,64
	2021–2022	16,2	9,6	12,9	0,67	6,6	0,59	128	0,42	0,76	1,52	2,30
Світана	2018–2019	17,5	8,3	12,9	1,0	9,2	0,47	109	0,55	0,52	1,03	3,41
	2021–2022	26,5	8,9	17,7	1,08	17,6	0,33	119	0,63	0,40	0,86	2,64
Взірець	2018–2019	15,9	6,9	11,4	1,07	9,0	0,43	91	0,41	0,39	0,92	2,30
	2021–2022	24,0	8,1	16	1,08	15,9	0,34	108	0,52	0,36	0,86	2,78
Радомисль	2018–2019	21,4	7,4	14,4	1,23	14	0,35	97	0,59	0,34	0,74	3,41
	2021–2022	20,6	9,1	14,8	0,92	11,5	0,44	121	0,50	0,54	1,13	2,33
Середнє	2018–2019	16,3	7,6	11,9	0,98	8,7	0,48	100	0,46	0,52	1,03	2,68
	2021–2022	19,3	7,5	13,4	0,99	11,8	0,39	100	0,40	0,41	1,01	2,65
НІР ₀₅	2018–2019	2,0	0,9	1,5								
	2021–2022	2,1	1,6	2,2								

Таблиця 4

Урожайність середньоранніх сортів картоплі в умовах посушливих і природно зволених років та індекси посухостійкості (2018–2019 рр. і 2022–2021 рр.)

Назва сорту	Роки	Yp	Ys	MP	SSI	TOL	YSI	YI	STI	DI	RDI	SNPI
Нагорода st	2018–2019	13,7	4,4	9,0	1,23	9,3	0,32	67	0,27	0,21	0,71	2,19
	2021–2022	16,0	5,0	10,5	1,15	11,0	0,31	58	0,17	0,18	0,78	2,28
Сонцедар	2018–2019	18,5	5,9	12,2	1,24	12,6	0,32	89	0,50	0,28	0,71	2,45
	2021–2022	25,8	9,8	17,8	1,03	16,0	0,38	114	0,54	0,43	0,95	2,95
Фанатка	2018–2019	19,0	10,8	14,9	0,78	8,2	0,57	164	0,94	0,93	1,26	3,06
	2021–2022	23,1	5,8	14,4	1,25	17,3	0,25	67	0,28	0,17	0,63	2,46
Опілля	2018–2019	12,0	5,4	8,7	1,0	6,6	0,45	82	0,30	0,37	1,0	2,25
	2021–2022	21,2	6,7	13,9	1,13	14,5	0,32	78	0,30	0,25	0,79	2,55
Левада	2018–2019	7,7	3,2	5,4	1,05	4,5	0,41	48	0,11	0,20	0,92	1,93
	2021–2022	10,3	5,6	7,9	0,77	4,7	0,54	65	0,12	0,35	1,36	2,39
Партнер	2018–2019	17,0	8,5	12,7	0,91	8,5	0,50	129	0,66	0,64	1,11	2,80
	2021–2022	22,8	11,1	16,9	0,85	11,7	0,49	129	0,54	0,63	1,22	3,08
Межирічка 11	2018–2019	15,0	7,9	11,4	0,85	7,1	0,53	120	0,54	0,63	1,17	2,73
	2021–2022	26,4	13,3	19,8	0,84	13,1	0,50	155	0,74	0,78	1,26	3,31
Авангард	2018–2019	15,5	6,4	10,9	1,07	9,1	0,41	97	0,45	0,40	0,92	2,51
	2021–2022	27,8	11,2	19,5	1,0	16,6	0,40	130	0,66	0,52	1,01	2,97
Середнє	2018–2019	14,8	6,6	10,6	1,01	8,2	0,44	99	0,47	0,45	0,97	2,49
	2021–2022	21,7	8,6	15,1	1,0	13,1	0,40	99	0,42	0,41	1,0	2,75
НІР ₀₅	2018–2019	2,5	1,8	2,4								
	2021–2022	3,8	2,1	1,9								

Таблиця 5

Урожайність середньостиглих сортів картоплі в умовах посушливих і природно зволених років та індекси посухостійкості (2018–2019 рр. і 2022–2021 рр.)

Назва сорту	Роки	Yp	Ys	MP	SSI	TOL	YSI	YI	STI	DI	RDI	SNPI
Явір st	2018–2019	14,9	5,4	10,1	1,16	9,5	0,36	72	0,30	0,26	0,80	2,58
	2021–2022	9,6	4,5	7,0	0,91	5,1	0,47	47	0,08	0,22	1,12	2,20
Базалія	2018–2019	14,6	8,5	11,5	0,76	6,1	0,58	113	0,46	0,66	1,29	2,82
	2021–2022	25,5	12,1	18,8	0,91	13,4	0,47	126	0,60	0,60	1,13	3,19
Чарунка	2018–2019	15,6	7,7	11,6	0,93	7,9	0,49	103	0,44	0,51	1,10	2,68
	2021–2022	19,3	11,3	15,3	0,72	8,0	0,58	118	0,42	0,69	1,39	3,13

Продовження таблиці 5

Альянс	2018–2019	18,5	4,6	11,5	1,36	13,9	0,25	61	0,31	0,15	0,55	2,26
	2021–2022	34,6	12,7	23,6	1,09	21,9	0,37	132	0,85	0,49	0,87	3,23
Іванківська рання	2018–2019	15,9	6,0	10,9	1,13	9,9	0,38	80	0,35	0,30	0,83	2,43
	2021–2022	30,9	12,3	21,6	1,03	18,6	0,40	128	0,74	0,51	0,95	3,19
Володарка	2018–2019	19,5	13,8	16,6	0,53	5,7	0,71	184	0,99	1,30	1,57	3,49
	2021–2022	22,8	8,3	15,5	1,10	14,5	0,36	86	0,37	0,31	0,87	2,76
Джавеліна	2018–2019	16,8	6,6	11,7	1,11	10,2	0,39	88	0,41	0,35	0,87	2,53
	2021–2022	15,9	5,8	10,8	1,10	10,1	0,36	60	0,18	0,22	0,87	2,41
Середнє	2018–2019	16,5	7,5	12,0	1,0	9,0	0,45	100	0,47	0,50	1,0	2,68
	2021–2022	22,7	9,6	16,1	0,98	13,1	0,43	99	0,46	0,43	1,03	2,87
НІР ₀₅	2018–2019	0,7	2,1	0,4								
	2021–2022	3,7	3,1	3,9								

Таблиця 6

Урожайність середньопізніх сортів картоплі в умовах посушливих і природно зволжених років та індекси посухостійкості (2018–2019 рр. і 2022–2021 рр.)

Назва сорту	Роки	Yp	Ys	MP	SSI	TOL	YSI	YI	STI	DI	RDI	SNPI
Червона рута st	2018–2019	17	7,1	12	1,02	9,9	0,42	111	0,54	0,46	0,97	2,60
	2021–2022	18,4	11,2	14,8	0,89	7,2	0,61	138	0,60	0,84	1,38	3,13
Летана	2018–2019	12,2	4,8	8,5	1,07	7,4	0,39	75	0,26	0,29	0,91	2,25
	2021–2022	18,2	6,7	12,4	1,43	11,5	0,37	83	0,36	0,30	0,84	2,54
Олександрит	2018–2019	13,2	6,6	9,9	0,88	6,6	0,50	103	0,39	0,52	1,16	1,67
	2021–2022	16,9	8,1	12,5	1,18	8,8	0,48	100	0,40	0,48	1,09	2,74
Роставиця	2018–2019	17,2	7,2	12,2	1,02	10	0,42	112	0,56	0,47	0,97	2,62
	2021–2022	20,7	6,4	13,5	1,57	14,3	0,31	79	0,39	0,24	0,70	2,51
Середнє	2018–2019	14,9	6,4	10,6	1,0	8,5	0,43	100	0,44	0,43	1,0	2,28
	2021–2022	18,5	8,1	13,3	1,27	10,4	0,44	100	0,44	0,46	1,0	2,73
НІР ₀₅	2018–2019	1,0	1,2	3,1								
	2021–2022	2,5	1,4	1,3								

Таблиця 7

Модель кореляційних зв'язків між середньою продуктивністю сортів картоплі в умовах посушливого і природно зволжених за індексами посухостійкості (2018–2022 рр.)

	Yp	Ys	MP	SSI	TOL	YSI	YI	STI	DI	RDI	SNPI
Yp	1,000										
Ys	0,726	1,000									
MP	0,972	0,866	1,000								
SSI	0,142	-0,507	-0,691	1,000							
TOL	0,896	0,344	0,767	0,520	1,000						
YSI	-0,216	0,502	0,014	-0,914	-0,620	1,000					
YI	0,673	0,959	0,816	-0,481	0,298	0,516	1,000				
STI	0,841	0,887	0,912	-0,213	0,575	0,208	0,894	1,000			
DI	0,331	0,860	0,533	-0,764	-0,103	0,814	0,894	0,684	1,000		
RDI	-0,239	0,481	-0,010	-0,924	-0,637	0,992	0,495	0,179	0,791	1,000	
SNPI	0,703	0,942	0,828	-0,504	0,350	0,446	0,896	0,869	0,812	0,430	1,000

Найвищий прояв урожайності за оптимальних умов вирощування (Yp) в середньостиглій групі генотипів в порівнянні до стандарту Явір проявили сорти Володарка і Альянс, приріст складав 4,6 і 3,6 т/га в 2018 р., тоді як в 2022 р. в сортів Альянс і Іванківська рання перевищення продуктивності становить майже в 2–2,5 разів (табл. 5).

За умов посухи вище значення урожайності (Ys) до сорту-стандарту Явір в 2019 році продемонстрував сорт Володарка на 8,4 т/га; в 2021 р. генотипи.

Альянс, Іванківська рання, Базалія і Чарунка відповідно на 8,2, 7,8, 7,6 і 6,8 т/га.

В різні роки досліджень комплексну стійкість до стресу проявили сорти Базалія і Чарунка, які характеризувалися вище або на рівні значення індексів в порівнянні до середнього показника групи середньостиглих сортів майже за всіма параметрами. Сорт Володарка проявив високе значення за всіма індексами посухостійкості лише за період 2018–2019 рр. вивчення.

Впродовж 2021–2022 рр. перевагу за числовим вираженням чотирьох індексів посухостійкості в порівнянні до середнього показника групи стиглості продемонстрували сорти: стандарт Явір – на 0,07 (SSI), 8 (TOL), 0,04 (YSI), 0,09 (RDI), Альянс – на 33 (YI),

0,39 (STI), 0,06 (DI), 0,36 (SNPI) і Іванківська рання – 29 (YI), 0,28 (STI), 0,08 (DI), 0,32 (SNPI).

В групі середньопізніх генотипів найвищий прояв показника урожайності до стандарту Червона рута проявив лише сорт Олександрит, перевищення складало на 0,2 і 2,3 т/га. В посушливі роки жоден з сортів не мав значної переваги за продуктивністю до сорту Червона рута. За роки досліджень в стандарту Червона рута спостерігали неоднаковий прояв високого значення індексів до стресу за відношенням до середнього показника середньопізньої групи стиглості: 2018–2019 рр. за YI, STI, DI і SNPI (перевага становила відповідно на 11; 0,10; 0,03; 0,32); 2021–2022 рр. за MP, SSI, TOL, YSI, YI, STI, DI і SNPI (відповідно на 1,5; 0,38; 3,2; 0,17; 38; 0,16; 0,38; 0,38; 0,40). Тоді як, в сорту Олександрит, за весь період вивчення, перевага індексів посухостійкості до середнього коливалася в межах шести-семи ознак (табл. 6).

Сорт Роставиця хоча і мав перевагу за середньою врожайністю до середнього показника відповідної групи стиглості впродовж всього періоду дослідження, проте вищим значенням індексів посухостійкості характеризувався лише в 2018–2019 рр. за YI, STI, DI і SNPI відповідно на 12; 0,12; 0,04; 0,34.

Для успішної селекції за комплексом ознак велике значення має встановлення кореляційних зв'язків між продуктивністю в умовах природного зволоження та різними індексами для ідентифікації генотипів за посухостійкістю.

Урожайність сортів картоплі за оптимального зволоження (Y_p) характеризується високою позитивною кореляційною залежністю ($r = 0,673–0,972$) за індексами посухостійкості: MP, TOL, YI, STI і SNPI і низькою від'ємною за YSI = $-0,216$ та RDI = $-0,239$. Висока позитивна кореляція спостерігається за продуктивністю сортів картоплі в умовах стресу (Y_s) до індексів: MP, YI, STI, DI і SNPI ($r = 0,860–0,959$) та середня від'ємна за SSI = $-0,507$. За урожайністю в різних умовах природного зволоження та посухи відмічено високу позитивну кореляційну залежність ($r = 0,726$) (табл. 7).

Висновки. За результатами досліджень встановлено значну варіабельність за індексами посухостійкості в сортів картоплі різних груп стиглості в різні періоди. За час досліджень найвище і стабільне значення індексів посухостійкості проявили сорти в групі ранніх генотипів: Серпанок, Світана і Радомисль; поміж середньоранніх зразків: Партнер, Межирічка 11 і Сонцедар; серед середньостиглих: Базалія і Чарунка; в групі середньопізніх: Червона рута і Олександрит. Виділені сорти картоплі рекомендовано для використання в селекційному процесі для створення генотипів стійких до дії несприятливих абіотичних факторів та вирощування в менш сприятливих ґрунтово-кліматичних зонах України для отримання стабільних врожаїв культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. FAOSTAT (2020). FAOSTAT crop data. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: (дата звернення: 17. 01. 2023).
2. Bach S., Yada R. Y., Bizimungu B., Sullivan J. A. Genotype by environment interaction effects on fibre components

- in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Euphytica*. 2012. Vol.187. P. 77–86. doi.org/10.1007/s10681-012-0734-9
3. Верменко Ю. Я., Демкович Я. Б., Остренко М. В. Споживча, лікувальна цінність та придатність до переробки різних сортів картоплі. *Агробіологія*. 2016. № 1 (124). С. 66–72.
4. Devaux A., Goffart J. P., Petsakos A. et al. Global food security, contributions from sustainable potato agri-food systems. *The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind*. H. Campos, O. Ortiz (Eds.). Cham (Switzerland). Springer, Cham., 2020. P. 3–35. doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_1.
5. Monneveux P., Ramirez D. A., Pino M.-T. Drought Tolerance in Potato (*S. Tuberosum* L.): Can We Learn Drought Tolerance Research in Cereals. *Plant Sci*. 2013. Vol. 205. 76–86. doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.01.011
6. Hijmans R.J. The effect of climate change on global potato production. *Am. J. Pot Res*. 2003.Vol. 80. P. 271–279. doi.org/10.1007/BF02855363
7. Wang Y., Frei M. Stressed food – the impact of abiotic environmental stresses on crop quality. *Agr. Ecosyst. Environ*. 2011. Vol. 141. P. 271–286. doi: 10.1016/j.agee.2011.03.017
8. Gregory P. T., Marshall B. Attribution of climate change: a methodology to estimate the potential contribution to increases in potato yield in Scotland since 1960. *Glob. Chang. Biol*. 2012. Vol. 18. P. 1372–1388. doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02601.x
9. Hatfield J. L., Boote K. J., Kimball B. A., Ziska L. H., Izaurralde D. R., Ort D., Thomson A. M., Wolfe D. Climate impacts on agriculture: Implications for crop production. *J. Agron*. 2011. Vol. 103. P. 351–370. doi.org/10.2134/agronj2010.0303
10. Vandegeer R., Miller R. E., Bain M., Gleadow R. M., Cavagnaro T. R. Drought adversely affects tuber development and nutritional quality of the staple crop cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Funct. Plant Biol*. 2012. Vol. 40. P. 195–200. doi.org/10.1071/FP12179
11. Hussain S. S., Raza H., Afzal I., Kayani M. A. Transgenic plants for abiotic stress tolerance: Current status. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2012. Vol. 58 (7). P. 693–721. doi: 10.1080/03650340.2010.540010.
12. Mollasadeghi V., Valizadeh M., Shahryari R., Imani A. A. Evaluation of end drought tolerance of 12 wheat genotypes by stress indices. *World Applied Sciences Journal*. 2011. Vol. 13(3) P. 545–551.
13. King B.A., Stark J. C., Neibling H. Potato Irrigation Management. *Potato Production Systems*. J. Stark, M. Thornton, P. Nolte (Eds.). Cham : Springer International Publishing. 2020. P. 417–446. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7_13
14. Obidiegwu J., Bryan G., Jones G., Prashar A. Coping with drought: Stress and adaptive responses in potato and perspectives for improvement. *Front. Plant Sci*. 2015. Vol. 6. P. 542. doi.org/10.3389/fpls.2015.00542
15. Tang R., Niu S., Zhang G., Chen G., Haroon M., Yang Q., Rajora O. P., Li X. Q. Physiological and growth responses of potato cultivars to heat stress. *Botany* 2018. Vol. 96. P. 897–912. doi.org/10.1139/cjb-2018-0125
16. Ahn Y.-J., Claussen K., Zimmerman J. L. Genotypic differences in the heat-shock response and thermotolerance in

- four potato cultivars. *Plant Sci.* 2004. Vol. 166. P. 901–911. doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.11.027
17. Zarzyńska K., Boguszewska-Mańkowska D., Nosaliewicz A. Differences in size and architecture of the potato cultivars root system and their tolerance to drought stress. *Plant Soil Environ.* 2017. Vol. 63(4) P. 159–164. doi.org/10.17221/4/2017-PSE.
 18. Weisz R., Kaminski J., Smilowitz Z. Water deficit effects on potato leaf growth and transpiration: Utilizing fraction extractable soil water for comparison with other crops. *Am. Potato J.* 1994. Vol. 71. P. 829–840. doi.org/10.1007/BF02849378
 19. Ramirez D. A., Yactayo W., Rens L. R., Rolando J., Palacios S., De Mendiburu F., Mares V., Barreda C., Loayza H., Monneveux P. et al. Defining biological thresholds associated to plant water status for monitoring water restriction effects: Stomatal conductance and photosynthesis recovery as key indicators in potato. *Agric. Water Manag.* 2016. Vol. 177. P. 369–378. doi.org/10.1016/j.agwat.2016.08.028
 20. Saravia D., Farfán-Vignolo E. R., Gutierrez R., De Mendiburu F., Schafleitner R., Bonierbale M., Khan M. A. Yield and Physiological Response of Potatoes Indicate Different Strategies to Cope with Drought Stress and Nitrogen Fertilization. *Am. J. Potato Res.* 2016. Vol. 93. P. 288–295. doi.org/10.1007/s12230-016-9505-9
 21. Завірюха П. Д., Коновалюк М. Г., Косилович Г. О. та ін. Теоретичні і практичні аспекти селекції картоплі у Західному регіоні України. *Генетичні ресурси рослин і селекція.* 2012. С. 139–143.
 22. Boguszewska-Mańkowska D., Ruszczak B., Zarzyńska K. Classification of Potato Varieties Drought Stress Tolerance Using Supervised Learning. *Applied Sciences.* 2022, Vol. 12(4). P. 1939–1955. https://doi.org/10.3390/app12041939
 23. Hoelle J., Asch F., Khan A., Bonierbale M. Phenology-Adjusted Stress Severity Index to Assess Genotypic Responses to Terminal Drought in Field Grown Potato. *Agronomy.* 2020. 10(9). P. 1298–1314. https://doi.org/10.3390/agronomy10091298
 24. Kebede Beyene Z., Mekbib F., Abebe T., Asfaw A. Drought Resistance Indices for Screening of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Genotypes. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology.* 2019. 7(8). P. 1118–1124. doi.org/10.24925/turjaf.v7i8.1118-1124.2226
 25. Saravia D., Farfán-Vignolo E. R., Gutierrez R., De Mendiburu F., Schafleitner R., Bonierbale M., Khan M. A. Yield and Physiological Response of Potatoes Indicate Different Strategies to Cope with Drought Stress and Nitrogen Fertilization. *Am. J. Potato Res.* 2016. 93. P. 288–295. doi.org/10.1007/s12230-016-9505-9
 26. Stark J. C., Love S. L., King B. A., Marshall J. M., Bohl W. H., Salaiz, T. Potato Cultivar Response to Seasonal Drought Patterns. *Am. J. Potato Res.* 2013/ Vol. 90. P. 207–216. doi.org/10.1007/s12230-012-9285-9
 27. Haverkort A. J., Van De Waart M., Bodlaender K. B. A. The effect of early drought stress on numbers of tubers and stolons of potato in controlled and field conditions. *Potato Res.* 1990. Vol. 33. P. 89–96. doi.org/10.1007/BF02358133
 28. Hill D., Nelson D., Hammond J., and Bell L. Morphophysiology of potato (*Solanum tuberosum*) in response to drought stress: paving the way forward. *Front. Plant Sci.* 2021. Vol. 11. P. 1–18. doi: 10.3389/fpls.2020.597554
 29. Martínez I., Muñoz M, Acuña I. and Uribe M. Evaluating the Drought Tolerance of Seven Potato Varieties on Volcanic Ash Soils in a Medium-Term Trial. *Front. Plant Sci.* 2021. Vol. 12. P. 1–14. doi: 10.3389/fpls.2021.693060
 30. Cabello R., Monneveux P., De Mendiburu F. et al. Comparison of yield based drought tolerance indices in improved varieties, genetic stocks and landraces of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Euphytica* 2013. Vol. 193. P. 147–156. https://doi.org/10.1007/s10681-013-0887-1
 31. Chernobai L. N., Ponurenko S. G., Sikalova O. V. Evaluation of stability for maize genotype characteristics by drought tolerance indices under different hydrothermal conditions. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal).* 2016. Vol. 8 (6). P. 69–75.
 32. El-Hendawy S. E., Hassan W. M., Al-Suhaibani N. A. and Schmidhalter U. Spectral assessment of drought tolerance indices and grain yield in advanced spring wheat lines grown under full and limited water irrigation. *Agric. Water Manag.* 2017. Vol. 182. P. 1–12. doi: 10.1016/j.agwat.2016.12.003.
 33. Nikneshan P., Tadayyon A., Javanmard M. Evaluating drought tolerance of castor ecotypes in the center of Iran. *Heliyon.* 2019. Vol. 5(4). P. 1403-1415. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01403.
 34. Fischer R. A., Wood T. Drought resistance in spring wheat cultivars III. Yield association with morphological traits. *Australian Journal of Agricultural Research.* 1979. Vol. 30 (6). P. 1001–1020.
 35. Bouslama M., Schapaugh W. T. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science.* 1984. Vol. 24(5). C. 933–937.
 36. Lin C. S., Binns M. R. and Lefkovitch L. P. Stability analysis: where do we stand? *Crop Sci.* 1986. Vol. 26. P. 894–900. doi: 10.2135/cropsci1986.0011183X002600050012x
 37. Fernandez G. C. J. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In *Proceedings of the International Symposium on Adaptation Food Crops to Temperature and Water Stress / C. G. Kuo (Ed.)*. Shanhuah, Taiwan, AVRDC, 13–18 August, 1992. P. 257–270. https://doi.org/10.22001/wvc.72511
 38. Lan J. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. *Acta Agriculturae Borealioccidentalis Sinica.* 1998. Vol. 7. P. 85–87.
 39. Moosavi S. S., Yazdi Samadi B., Naghavi M. R, Zali A. A, Dashti H., Pourshahbazi A. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. *Desert (Biaban).* 2008. Vol. 12(2). P. 165–178.
 40. Fisher R. A., Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research.*, 1978. 29(5). P. 897–912. doi.org/10.1071/AR9780897

REFERENCES:

1. FAOSTAT (2020). FAOSTAT crop data. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/> (Accessed 17. 01. 2023).

2. Bach, S. Yada R. Y., Bizimungu, B., Sullivan, J. A. (2012). Genotype by environment interaction effects on fibre components in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Euphytica*, 187, 77–86. doi.org/10.1007/s10681-012-0734-9
3. Vermenko, Yu. Ya., Demkovych, Ya. B., Ostrenko M. V. (2016). Spozhyvcha, likuvalna tsinnist ta prydatnist do pererobky riznykh sortiv kartopli. [Consumer, therapeutic value and the suitability of different potato varieties for processing]. *Ahrobiolohiia*, 1 (124), 66–72. [in Ukrainian]
4. Devaux, A., Goffart, J.P., Petsakos, A., Kromann, P., Gatto, M., Okello, J., ... Hareau, G. (2020). Global food security, contributions from sustainable potato agri-food systems. In H. Campos, & O. Ortiz (Eds.), *The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind* (pp. 3–35). Cham (Switzerland): Springer, Cham. doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_1.
5. Monneveux, P., Ramírez, D.A., Pino, M. T. (2013). Drought Tolerance in Potato (*S. Tuberosum* L.): Can We Learn Drought Tolerance Research in Cereals. *Plant Sci.*, 205, 76–86. doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.01.011
6. Hijmans, R.J. (2003). The effect of climate change on global potato production. *Am. J. Pot Re.*, 80, 271–279. doi.org/10.1007/BF02855363
7. Wang, Y., and Frei, M. (2011). Stressed food – the impact of abiotic environmental stresses on crop quality. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 141, 271–286. doi: 10.1016/j.agee.2011.03.017
8. Gregory, P. T., and Marshall, B. (2012). Attribution of climate change: a methodology to estimate the potential contribution to increases in potato yield in Scotland since 1960. *Glob. Chang. Biol.* 18, 1372–1388. doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02601.x
9. Hatfield, J. L., Boote, K. J., Kimball, B. A., Ziska, L. H., Izaurralde, D. R., Ort, D., Thomson, A. M., Wolfe, D. (2011). Climate impacts on agriculture: Implications for crop production. *J. Agron.*, 103, 351–370. doi.org/10.2134/agronj2010.0303
10. Vandegeer, R., Miller, R. E., Bain, M., Gleadow, R. M., Cavagnaro, T. R. (2012). Drought adversely affects tuber development and nutritional quality of the staple crop cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Funct. Plant Biol.*, 40, 195–200. doi.org/10.1071/FP12179
11. Hussain, S. S., Raza, H., Afzal, I., Kayani, M. A. (2012). Transgenic plants for abiotic stress tolerance: Current status. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(7), 693–721. doi: 10.1080/03650340.2010.540010.
12. Mollasadeghi, V., Valizadeh, M., Shahyari, R., Imani, A. A. (2011). Evaluation of end drought tolerance of 12 wheat genotypes by stress indices. *World Applied Sciences Journal*, 13(30), 545–551.
13. King, B.A., Stark, J. C., Neibling, H. (2020). Potato Irrigation Management. In J. Stark, J., M. Thornton, P. Nolte (Eds.), *Potato Production Systems* (pp. 417–446). Cham: Springer International Publishing. doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7_13.
14. Obidiegwu, J., Bryan, G., Jones, G., Prashar, A. (2015). Coping with drought: Stress and adaptive responses in potato and perspectives for improvement. *Front. Plant Sci.*, 6, 542. doi.org/10.3389/fpls.2015.00542
15. Tang, R., Niu, S., Zhang, G., Chen, G., Haroon, M., Yang, Q., Rajora, O. P., Li, X. Q. (2018). Physiological and growth responses of potato cultivars to heat stress. *Botany*, 96, 897–912. doi.org/10.1139/cjb-2018-0125
16. Ahn, Y.-J., Claussen, K., Zimmerman, J. L. (2004). Genotypic differences in the heat-shock response and thermotolerance in four potato cultivars. *Plant Sci.*, 166, 901–911. doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.11.027
17. Zarzyńska, K., Boguszewska-Mańkowska, D., Nosalewicz, A. (2017). Differences in size and architecture of the potato cultivars root system and their tolerance to drought stress. *Plant Soil Environ.*, 63, 159–164. doi.org/10.17221/4/2017-PSE
18. Weisz, R., Kaminski, J., Smilowitz, Z. (1994). Water deficit effects on potato leaf growth and transpiration: Utilizing fraction extractable soil water for comparison with other crops. *Am. Potato J.*, 71, 829–840. doi.org/10.1007/BF02849378
19. Ramirez, D. A., Yactayo, W., Rens, L. R., Rolando, J., Palacios, S., De Mendiburu, F., Mares, V., Barreda, C., Loayza, H., Monneveux, P. et al. (2016). Defining biological thresholds associated to plant water status for monitoring water restriction effects: Stomatal conductance and photosynthesis recovery as key indicators in potato. *Agric. Water Manag.*, 177, 369–378. doi.org/10.1016/j.agwat.2016.08.028
20. Saravia, D., Farfán-Vignolo, E. R., Gutierrez, R., De Mendiburu, F., Schafleitner, R., Bonierbale, M., Khan, M. A. (2016). Yield and Physiological Response of Potatoes Indicate Different Strategies to Cope with Drought Stress and Nitrogen Fertilization. *Am. J. Potato Res.*, 93, 288–295. doi.org/10.1007/s12230-016-9505-9
21. Zaviriukha, P. D., Konovaliuk, M. H., Kosylovych, H. O. et al. (2012). Teoretychni i praktychni aspekty selektsii kartopli u Zakhidnomu rehioni Ukrainy. [Theoretical and practical aspects of selection of potato are in the Western region of Ukraine]. *Genetic resources of plants and selection*, 139–143 [in Ukrainian].
22. Boguszewska-Mańkowska, D., Ruszczak, B., Zarzyńska, K. (2022). Classification of Potato Varieties Drought Stress Tolerance Using Supervised Learning. *Applied Sciences*, 12(4), 1939–1955. https://doi.org/10.3390/app12041939
23. Hoelle, J., Asch, F., Khan, A., Bonierbale, M. (2020). Phenology-Adjusted Stress Severity Index to Assess Genotypic Responses to Terminal Drought in Field Grown Potato. *Agronomy*, 10(9), 1298–1314. https://doi.org/10.3390/agronomy10091298
24. Kebede Beyene, Z., Mekbib, F., Abebe, T., Asfaw, A. (2019). Drought Resistance Indices for Screening of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Genotypes. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 7(8), 1118–1124. doi.org/10.24925/turjaf.v7i8.1118-1124.2226
25. Saravia, D., Farfán-Vignolo, E. R., Gutierrez, R., De Mendiburu, F., Schafleitner, R., Bonierbale, M., Khan, M. A. (2016). Yield and Physiological Response of Potatoes Indicate Different Strategies to Cope with Drought Stress and Nitrogen Fertilization. *Am. J. Potato Res.*, 93, 288–295. doi.org/10.1007/s12230-016-9505-9
26. Stark, J. C., Love, S. L., King, B. A., Marshall, J. M., Bohl, W. H., Salaiz, T. (2013). Potato Cultivar Response to Seasonal Drought Patterns. *Am. J. Potato Res.*, 90, 207–216. doi.org/10.1007/s12230-012-9285-9
27. Haverkort, A. J., Van De Waart, M., Bodlaender, K. B. A. (1990). The effect of early drought stress on numbers of tubers and stolons of potato in controlled and field conditions. *Potato Res.*, 33, 89–96. doi.org/10.1007/BF02358133

28. Hill, D., Nelson, D., Hammond, J., Bell, L. (2021). Morphophysiology of potato (*Solanum tuberosum*) in response to drought stress: paving the way forward. *Front. Plant Sci.*, 11, 1–18. doi: 10.3389/fpls.2020.597554
29. Martínez, I., Muñoz, M., Acuña, I. Uribe, M. (2021). Evaluating the Drought Tolerance of Seven Potato Varieties on Volcanic Ash Soils in a Medium-Term Trial. *Front. Plant Sci.*, 12, 1–14. doi: 10.3389/fpls.2021.693060
30. Cabello, R., Monneveux, P., De Mendiburu, F. et al. (2013). Comparison of yield based drought tolerance indices in improved varieties, genetic stocks and landraces of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Euphytica*, 193, 147–156. doi.org/10.1007/s10681-013-0887-1
31. Chernobai, L. N., Ponurenko, S. G., Sikalova, O. V. (2016). Evaluation of stability for maize genotype characteristics by drought tolerance indices under different hydrothermal conditions. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*, 8(6), 69–75.
32. El-Hendawy, S. E., Hassan, W. M., Al-Suhaibani, N. A. and Schmidhalter, U. (2017). Spectral assessment of drought tolerance indices and grain yield in advanced spring wheat lines grown under full and limited water irrigation. *Agric. Water Manag.*, 182, pp. 1–12. doi: 10.1016/j.agwat.2016.12.003.
33. Nikneshan, P., Tadayyon, A., and Javanmard, M. (2019). Evaluating drought tolerance of castor ecotypes in the center of Iran. *Heliyon*. 5, 1403–1415. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01403.
34. Fischer, R. A., Wood, T. (1979). Drought resistance in spring wheat cultivars III. Yield association with morphological traits. *Australian Journal of Agricultural Research*, 30(6), pp. 1001–1020.
35. Bouslama, M., Schapaugh, W. T. (1984). Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*, 24(5), 933–937.
36. Lin, C. S., Binns, M. R. and Lefkovich, L. P. (1986). Stability analysis: where do we stand? *Crop Sci.*, 26, 894–900. doi: 10.2135/cropsci1986.0011183X002600050012x
37. Fernandez, G. C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In C. G. Kuo (Ed.), *Proceedings of the International Symposium on Adaptation Food Crops to Temperature and Water Stress*, (pp. 257–270). Shanhua, Taiwan, AVRDC. <https://doi.org/10.22001/wvc.72511>
38. Lan, J. (1998). Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 7, 85–87.
39. Moosavi, S. S., Yazdi Samadi, B., Naghavi, M. R., Zali, A. A., Dashti, H., Pourshahbazi, A. (2008). Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. *Desert (Biaban)*, 12(2), 165–178.
40. Fisher, R. A., Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(5), 897–912. doi.org/10.1071/AR9780897

Писаренко Н.В., Сидорчук В.І., Захарчук Н.А., Олійник Т.М. Оцінка сортів картоплі за стійкістю до посухи в умовах Центрального Полісся України

Мета досліджень. Оцінити сорти картоплі різних груп стиглості вітчизняної селекції у різних середовищах та виділити генотипи з високою продуктивністю і стійкі-

стю до посухи з подальшим використанням їх в селекційній практиці. **Матеріали і методи.** Дослідження проведені впродовж 2018–2019 і 2021–2022 рр. в польових умовах селекційної сівозміни лабораторії селекції Поліського дослідного відділення Інституту картоплярства НААН України. Об'єктом досліджень слугували 26 сортів картоплі різних груп стиглості. Методи досліджень польові, селекційні і математично-статистичні. **Результати досліджень.** Для диференціації сортів картоплі за реакцією на стійкість до посухи було використані індекс сприйнятливості до посухи, індекс толерантності до посухи, індекс стабільності урожаю, індекс урожайності, індекс толерантності до стресу, індекс посухостійкості, відносний індекс посухи, індекс продуктивності в стресових і сприятливих умовах. За результатами досліджень встановлено, що за період 2018–2019 рр. за комплексом вищого значення показників індексів до середнього групи стиглості проявили сорти: в групі ранніх – Серпанок, Вигода, Бажана, Світана і Радомисль; серед середньоранніх – Партнер, Межирічка 11, Фанатка, Сонцедар і Опілля; поміж середньостиглих – Базалія, Чарунка і Володарка; в середньопізній групі – Червона рута, Олександрит і Роставиця. Досліджено, що в період 2021–2022 рр. найвище значення індексів посухостійкості продемонстрували сорти: серед ранньостиглих – Серпанок, Тирас, Світана, Взірець і Радомисль; в середньоранніх – Партнер, Межирічка 11, Сонцедар і Левада; поміж середньостиглих – Базалія, Чарунка, Явір, Альянс і Іванківська рання; в середньопізніх – Червона рута і Олександрит. **Висновки.** Використання в селекційній практиці індексного підходу з оцінки посухостійкості значного обсягу генотипів картоплі дозволяє виділити високоврожайний матеріал в умовах стресу і його відсутності. В подальшому виділені стійкі до посухи сорти картоплі можна рекомендувати для вирощування в менш сприятливих ґрунтово-кліматичних зонах України та використання їх в селекційних програмах зі створення стресостійких генотипів.

Ключові слова: селекція, картопля, сорт, посухостійкість, урожайність, індекс, стрес, кореляційна залежність.

Pysarenko N.V., Sydorчук V.I., Zakharchuk N.A., Oliynik T.M. Comprehensive assessment of drought tolerance of potato varieties by mathematical indices in the conditions of the Central Polissya of Ukraine

Relevance. In the context of global climate change, the ability of plants to adapt to stressful conditions contributes to the increase and stabilization of productivity in potato varieties. Therefore, various mathematical indices based on plant productivity under optimal and stressful conditions are used to separate genotypes for drought tolerance to select drought-resistant genotypes. **The aim of the research** is to study potato varieties of different ripeness groups of domestic breeding in different environments and to identify genotypes with high productivity and drought resistance for their further use in the breeding process. **Materials and methods.** The research was conducted during 2018–2019 and 2021–2022 in the field conditions of breeding crop rotation of the breeding laboratory of the Polissya Research Department of the Institute for Potato Research, NAAS of Ukraine. Research methods include field, breeding and mathematical and statistical ones. **Research results.** To differentiate potato varieties by their response to drought tolerance, the drought susceptibility

index, drought tolerance index, yield stability index, yield index, stress tolerance index, drought tolerance index, relative drought index, and productivity index under stressful and favourable conditions were used. According to the results of the research, it was found that during the period of 2018–2019, according to the complex of the highest values of the indices, the varieties showed the highest maturity group: in the early group – Serpanok, Vyhoda, Bazhana, Svitana and Radomysl; among the middle-early ones – Partner, Mezhyrichka 11, Fanatka, Sontsedar, and Opillia; among the mid-ripening ones – Bazaliia, Charunka and Volodarka; in the middle-late group – Chervona Ruta, Oleksandryt and Rostavytsia. It was found that in the period 2021–2022, the highest value of drought tolerance indices was demonstrated by the following varieties: among early

ripening varieties – Serpanok, Tyras, Svitana, Vzirets and Radomysl; in the mid-early ones – Partner, Mezhyrichka 11, Sontsedar and Levada; among mid-ripening varieties – Basaliia, Charunka, Yavir, Alians and Ivankivska rannia; in the middle-late ones – Chervona ruta and Oleksandryt. **Conclusions.** The use of the index approach to assess the drought tolerance of a large number of genotypes in breeding practice allows for identifying high-yielding potato material under stress and its absence. In the future, the selected stress-resistant potato varieties can be recommended for cultivation in less favourable soil and climatic zones of Ukraine and their use in breeding programs for the creation of drought-resistant genotypes.

Key words: breeding, potato, variety, drought tolerance, yield, index, correlation dependence.