

to the pathogen of snow mold, and high performance. To create breeding materials with large kernels, cv. Shalanda and Molfar; Remiko, Fredro, and Maestro; Kvarzar, Mamuchar, Kapral, Argo, Vyato, Sergey, and Khleborob; Pika; NTH 1933 with thousand kernel weight of 46.3-55.0 g can be used. To increase resistance to leaf blotch, one can use the following collection accessions: Donets and Rarytet; Trapero; Kapral and Priazov. Cv. Rarytet can be considered as the check cultivar for the woodlands zone: the score of resistance to this disease was 9 points. Cv. Tit is recommended as a source of early ripening in the woodlands zone (262 days).

Keywords: *triticale, collection, yield, thousand kernel weight, adaptability, resistance to diseases, sources.*

УДК 633.15:632.12

DOI: 10.36814/pgr.2023.32.02

Харченко Ю. В., Харченко Л. Я., Роговий О. Ю.

Устимівська дослідна станція рослинництва

Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН

Устимівка, Кременчуцький р-н, Полтавська обл., 39074, Україна

E-mail: udsr@ukr.net

МОНІТОРИНГ ГЕНЕТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ КУКУРУДЗИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ДЖЕРЕЛ ПОСУХОСТІЙКОСТІ

Адаптація сільського господарства до сучасних та майбутніх змін клімату наразі має вирішальне значення. Зміни клімату, які ми спостерігаємо в останні роки матимуть вплив на більшість сільськогосподарських культур. У зв'язку з глобальним потеплінням, набуває важливого значення проблема посухостійкості та жаровитривалості рослин кукурудзи. Особлива увага в селекції кукурудзи приділяється створенню вихідного матеріалу з широкою генетичною різноманітністю. Одним із основних шляхів пристосування культури до змін клімату є створення гібридів саме на територіях, де відбуваються ці зміни клімату. Тому в цих умовах особливо актуальним є вивчення колекції кукурудзи для виділення цінних зразків за ознакою посухостійкості. У статті висвітлені результати дослідження на посухостійкість 400 зразків кукурудзи в польових та 112 — у лабораторних умовах протягом 2018–2020 років. Дослідження проводились на Устимівській дослідній станції рослинництва Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН (УДСР). За результатами вивчення зразків кукурудзи виділено цінний вихідний матеріал для створення ліній та гібридів з високою посухостійкістю. Досліджувані зразки знаходяться в колекціях УДСР та Національного центру генетичних ресурсів рослин і можуть бути використані селекціонерами та іншими споживачами в теоретичних та практичних розробках.

Ключові слова: *посухостійкість, кукурудза, колекція генетичних ресурсів, лінії, сорти, проростання насіння, розчин сахарози.*

ВСТУП

Зміна клімату та глобальне потепління негативно впливає на сільськогосподарське виробництво в багатьох частинах земної кулі і їх наслідки будуть посилюватися. Спостерігається збільшення таких факторів, як підвищення температури і посилення її мінливості, частота та кількість опадів, збільшення екстремальних погодних явищ. У

північній півкулі очікується підвищення температури і продовольча безпека України значною мірою буде залежати від того, наскільки ефективно пристосується сільське господарство до згубного впливу змін клімату. Дослідження свідчать, що клімат України протягом останніх десятиліть вже почав змінюватися (температура та деякі інші метеорологічні параметри відрізняються від значень кліматичної норми) і згідно результатів моделювання — для території України в майбутньому продовжуватиметься зростання температури повітря, відбуватиметься зміна кількості опадів протягом року. Це може призвести до зміщення кліматичних сезонів, зміни тривалості вегетаційного періоду, зменшення тривалості залягання стійкого снігового покриву, зміни водних ресурсів місцевого стоку. Як відомо, екологічний стрес є одним з найважливіших факторів зниження врожайності та продуктивності сільськогосподарських культур [1].

Кукурудза (*Zea mays* L.) після пшениці та рису третя за значеністю у світі культура серед зернових, яка є не тільки основною фуражною культурою, а й широко використовується в промисловості, тваринництві та медицині. Вона є основним джерелом сировини для заводів з виробництва біогазу в Європі [2–4].

В останні роки більшість регіонів України потрапляють під вплив стресових факторів — посухи, низьких і високих температур, які негативно впливають на ріст, розвиток рослин кукурудзи, знижуючи рівень урожайності. Тому важливим напрямком селекції є створення вихідного матеріалу та гібридів, толерантних до основних стресових факторів середовища [5]. Створення та впровадження ранньостиглих, середньоранніх і середньостиглих високопродуктивних гібридів кукурудзи тісно пов'язано з адаптивним потенціалом їх батьківських форм [6].

Посухостійкість у сучасному розумінні — це комплексна ознака, яка дає можливість кукурудзі формувати значні рівні врожайності в посушливих умовах. З точки зору генетики, ця ознака реалізується завдяки взаємодії кількох десятків генів, які відповідають за велику кількість ознак у кукурудзи.

Рівень урожайності гібридів значною мірою залежить від погодних умов і є результатом складних взаємодій генотипу та середовища. Посуха в період цвітіння генеративних органів призводить до асинхронності в їх цвітінні, негативно впливає на життєздатність пилку, запилення та озернення качанів. За посушливих умов в період формування та наливу зерна значно знижується маса 1000 зернин. Посушливі умови завжди були проблемою для ефективного землеробства України, більша частина території якої належить до зони нестійкого та недостатнього зволоження. У середньому в країні тривалість літнього посушливого (бездошового) періоду може сягати 50–90 діб. Здебільшого такі явища супроводжуються підвищеною температурою повітря, що призводить до атмосферної та ґрунтової посухи. Унаслідок несприятливих за зволоженням погодних умов в окремі роки недобір урожайності кукурудзи може сягати 45–50 % [7].

Дослідження посухостійкості рослин проводяться як у нашій країні, так і за кордоном. Учені різнобічно вивчили багато фізіолого-біохімічних процесів, що відбуваються в рослинах, зокрема числі адаптивну стійкість сільськогосподарських культур до екстремальних умов вирощування на рівні клітини, тканини, цілої рослини і ценозу [8, 9]. Розроблено достатньо багато фізіологічних методів оцінки селекційного матеріалу на стійкість до підвищених температур, у тому числі і по кукурудзі [10–12]. В основному дослідження проводилися для з'ясування внутрішнього механізму обмінних процесів, їх ролі в адаптивному потенціалі генотипу, що важливо для вивчення реакції рослин на екстремальні умови середовища. Проте в науковій літературі дуже мало розробок, спрямованих на використання фізіологічних ознак в практичній селекції сільськогосподарських культур. Дослідження ліній і гібридів кукурудзи ведуться в основному за морфологічними і господарсько-цінними ознаками: висота прикріплення качанів, вихід зерна з качана, маса 1000 зернин, кількість зернин у качані, висота рослин, технологічність збирання, швидкість висихання зерна в качані та іншими. Важливим

моментом для оцінки є те, що стійкість будь-якого рослинного організму в онтогенезі кількісно змінюється, і з огляду на це, оцінку стійкості генотипу необхідно проводити на матеріалі однакового віку. Зазначимо, що потрібно використовувати не один фізіологічний метод, а декілька, проводячи діагностику рослин на посухостійкість на різних етапах органогенезу, тобто від насіння до насіння [13].

Мета досліджень — оцінити зразки кукурудзи з колекції Устимівської дослідної станції рослинництва за ознакою посухостійкості в польових умовах та на початкових етапах проростання насіння в розчині цукрози; провести порівняльну характеристику генофонду за показниками продуктивності та адаптивності; виділити цінні джерела з високою посухостійкістю для використання в гетерозисній селекції.

МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИ ТА УМОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На УДСР у 2018–2020 роках проводилось вивчення 400 колекційних зразків кукурудзи за посухостійкістю у польових умовах. Для визначення рівня посухостійкості лабораторним методом вивчали 112 зразків кукурудзи, які належать до шести підвидів та походять з України (59 шт.), Казахстану (1 шт.), Польщі (2 шт.), Португалії (1 шт.), США (9 шт.), Китаю (1 шт.), Болгарії (2 шт.), Словаччина (1 шт.), Чехії (8 шт.), Югославії (2 шт.), Франції (1 шт.), Нідерландів (2 шт.), Грузія (2 шт.), Ізраїлю (1 шт.), Японії (1 шт.), Молдови (2 шт.), Мексики (2 шт.), Канади (3 шт.), Росії (11 шт.).

Фенологічні спостереження, оцінка стійкості до хвороб, несприятливих чинників навколишнього середовища, аналіз структури продуктивності зразків проводили згідно "Методичних вказівок польового та лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи" [14] та з урахуванням "Класифікатора-довідника *Zea mays* L." [15]. При цьому користувалися шкалою визначення стану рослин на фоні природної посухи (окомірна оцінка):

- 1 (дуже низький) — рослини зав'яли та засихають;
- 3 (низький) — втрата тургору (в'янення рослин);
- 5 (середній) — втрата тургору, швидке його відновлення;
- 7 (високий) — рослини не пригнічені;
- 9 (дуже високий) — стан рослин дуже добрий.

З метою виявлення генотипів з високою стійкістю до посухи у фазу проростків застосовано лабораторний метод пророщування у розчині цукрози визначення за показником "частка пророслого насіння" [16]. Відібрані зразки насіння (25 шт. на пробу в 3-разовій повторності) пророщували в 10,8 % розчині цукрози (осмотичний тиск 14 ат.). У чашки Петрі викладали насіння кукурудзи, яке заливали 25 мл розчину цукрози і пророщували протягом 5 діб в термостаті за температури 30°C. Після пророщування визначали частку пророслого насіння (%) згідно формули:

$$P = \frac{a}{b} \times 100\%, \text{ де}$$

P — частка пророслого насіння (%),

a — середня кількість пророслого насіння в розчині цукрози,

b — середня кількість пророслого насіння відносно контролю.

При цьому, чим вищий відсоток проростання насіння в розчині цукрози, тим більш посухостійкий зразок.

Для визначення істотності відмінності при оцінці посухостійкості способом пророщування на розчині цукрози використовували метод обробки даних за альтернативною мінливістю, який складається з декількох етапів. Спочатку визначали довірчий інтервал значення ознаки за формулою:

$$P \pm t Sp, \text{ де}$$

P — середній відсоток пророслих насінин,

t — критерій Стюдента (для рівня значимості 0,05 дорівнює 1,98),

Sp — квадратична помилка частки, що визначається за формулою:

$$Sp = \pm \sqrt{\frac{P(100-P)}{n}}, \text{ де}$$

n — кількість закладеного на пророщування насіння.

Розподіл зразків за мірою стійкості до посухи проводили по нижній межі довірчих інтервалів, які визначали за формулою:

$$k = \frac{X_{max} - X_{min}}{r}$$

X_{max} — максимальне значення відсотка проростання за нижнім довірчим інтервалом,

X_{min} — мінімальне значення відсотка проростання, r — кількість груп.

Насіння для проведення досліджень одержали від контролюваного запилення в 2018-2020 роках на дослідному полі УДСР. Сівбу проводили в оптимальні строки вручну, облікова площа ділянки — 4,9 м². Як стандарти використовували для селекційних сортів та популяцій гібриди Харківський 193МВ, Харківський 295МВ, Харківський 313МВ (Україна), для самозапилених ліній — лінії ДС103, УХ52 (Україна), F2, F7 (Франція).

У зоні діяльності дослідної станції клімат перехідний від лісостепового до степового, помірно-континентальний з нестійким зволоженням. Гідротермічний коефіцієнт в середньому складає 0,96. Сума ефективних температур — 2900 °С з кількістю опадів за період травень — вересень — 280 мм. Річна кількість опадів 430–480 мм є достатньою для росту рослин, проте розподіляються вони нерівномірно і були мінливими в різні фази онтогенезу рослин кукурудзи (табл. 1). Найбільш сприятливим виявився 2019 рік. Температурний режим на рівні багаторічних показників та достатня (а в травні і надмірна) кількість опадів у періоди проходження основних фаз онтогенезу сприяла росту та розвитку рослин кукурудзи. Упродовж серпня у 2018 та 2020 роках була зафіксована сильна посуха коли температура повітря перевищувала на 3–6 °С багаторічні показники, а кількість опадів становила 2,4–3,2 мм при нормі 58 мм. Крім цього 2020 рік вирізнявся надмірно прохолодним травнем (–1,1°С до багаторічних показників), що негативно вплинуло на розвиток рослин кукурудзи на початкових етапах онтогенезу.

Таблиця 1. Метеорологічні умови в роки проведення досліджень, 2018–2020 рр. (за даними метеопосту Устимівської дослідної станції рослинництва)

Рік	Місяць	Середньо-місячна температура повітря, °С		Відхилення від багаторічної (+, –) °С	Абс. max °С	Абс. min °С	Середньо-місячна сума опадів, мм		Відхилення від багаторічної (+, –) мм	ГТК
		середньобаторічна	фактична				середньобаторічна	фактична		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2018	травень	15,9	20,3	+4,4	32,0	5,6	50,0	27,7	–22,3	0,44
	червень	19,5	22,2	+2,7	35,0	6,6	57,0	31,8	–22,2	0,47
	липень	21,0	23,8	+2,8	33,5	10,6	72,0	47,9	–24,1	0,65
	серпень	19,8	26,0	+6,2	36,0	9,6	58,0	3,2	–54,8	0,04
	вересень	14,4	18,5	+4,1	35,6	3,6	56,0	50,4	–5,6	0,91
2019	травень	15,9	18,5	+2,6	32,5	7,6	50,0	130,7	+80,7	1,70
	червень	19,5	24,5	+5,0	35,6	10,6	57,0	62,7	+5,7	0,85
	липень	21,0	23,5	+3,7	34,0	9,1	72,0	56,3	–15,7	0,81
	серпень	19,8	22,0	+2,2	34,0	8,6	58,0	14,3	–43,7	0,21
	вересень	14,4	16,6	+2,2	33,0	–0,4	56,0	29,8	–26,2	0,59

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2020	травень	15,9	14,8	-1,1	28,0	3,1	50,0	81,2	+31,2	1,74
	червень	19,5	23,8	+2,8	34,5	6,1	57,0	27,7	-29,3	1,09
	липень	21,0	24,0	+3,0	38,0	12,6	72,0	31,4	-40,6	0,46
	серпень	19,8	23,0	+3,2	35,5	8,6	58,0	2,4	-55,6	0,03
	вересень	14,4	19,9	+5,5	36,5	2,1	56,0	25,3	-30,7	0,93

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Погодні умови вегетаційного періоду 2018–2020 років дали можливість провести порівняльну оцінку колекційних зразків кукурудзи за показниками стійкості до посухи (липень — вересень). Окомірно визначена посухостійкість 400 зразків кукурудзи. Оцінку стану рослин проводили за 9-ти бальною шкалою, де: 9 — стан дуже добрий, а 1 — дуже поганий (рис. 1, табл. 2).

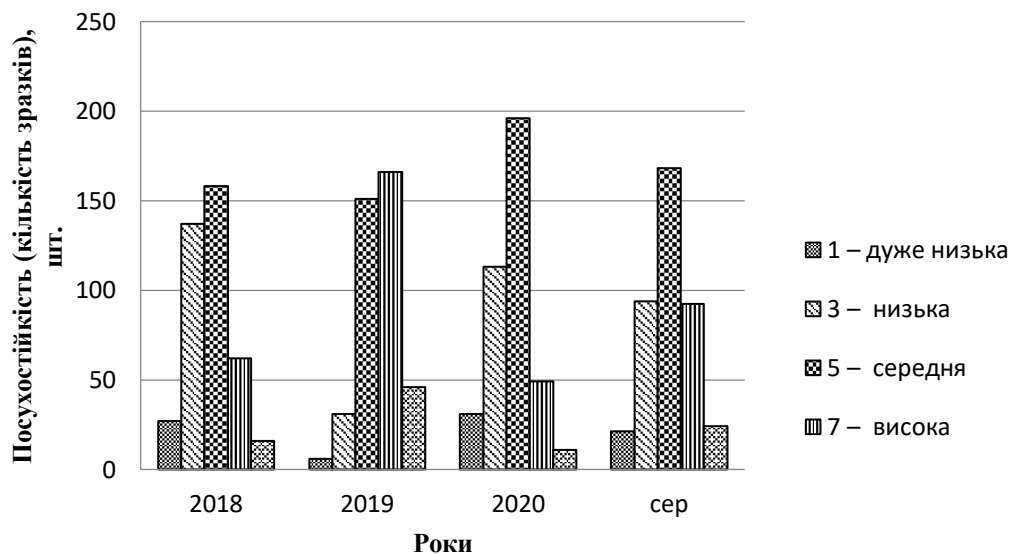


Рис. 1. Розподіл зразків кукурудзи за посухостійкістю на фоні природної посухи 2018–2020 рр. (рівень прояву ознаки, бал)

Узагальнюючи результати вивчення за посухостійкістю колекційних зразків кукурудзи за період 2018–2020 років було виявлено, що найчисленнішою є група зразків з середнім рівнем прояву ознаки (169 шт.). Найгірше реагували на вплив посухи рослини 21 зразка кукурудзи. Найбільш посухостійкими були 24 зразки.

Таблиця 2. Посухостійкість зразків кукурудзи на фоні природної посухи (середнє за 2018–2020 рр.)

Посухостійкість рослин, бал	Характеристика	Кількість зразків	Зразки
1	2	3	4
1 — дуже низька	рослини зав'яли та засихають	21	місцевий сорт UB0104076, ХЛГ33, ИК37Вт, УХ296, ЗКМ186, УХК509 (UKR), N3090зМ (USA) та ін.
3 — низька	втрата тургору (зав'ядання рослин)	94	УХ846, УХ858, УХ868, УХ874, УХЧ38-3, УХЧ64, УП3, УП99, УП135, УП138, УП143 (UKR), 260-М-2 (MOL), Т66(BLR), СО43(CAN), РV133(PRT) та ін.

1	2	3	4
5 — середня	втрата тургору, швидке його відновлення	169	УХК 602, УХІ47, УХФ90, УХК690, УХК439 (UKR), LC184, Weiser gross corn higer 1 (CZE), Blu Норі (невідоме) та ін.
7 — висока	рослини не пригнічені	92	УХС 189, УХС 194, ЗК 336, ЗК 379, УХІ 25, УХК689, ИК208, УХ2, УХ128, УХ130, УХ144, УХ180, УХК380, ЗК229, УХЧ 48-2, ЛНАУ 16, Харківська 215 з М (UKR), місцевий сорт UB0104046 (RUS), МАН 185-2, місцевий сорт UB0102418 (MDA), МД 32-54, Dekalb 236 (NLD) та ін.
9 — дуже висока	стан рослин дуже добрий	24	ДК680 з МВ, ДК633/266 МВ, ХЛГ179, УХК530, УХФ39, АК159, ХЛГ78, WГ6, ОА252, УХК612, ЛНАУ18, УС32-4, ХЛГ33, ИК37Вт, УХ296, ЗКМ186 та місцевий сорт UB0104076 (UKR), Б321, КС7, Ленінградка, Медовая (RUS), 6039-53 (DEU), НРООЛ 4 С (MEX), N3090зМ (USA) та ін.

За результатами польової оцінки у 2018–2020 роках з визначенням стану рослин, тобто тургору вегетативної сфери рослин, виділено кращі посухостійкі лінії, характеристика яких наведена в таблиці 3.

Одним з основних показників, який підтверджує стійкість генотипу до посухи, є врожайність та її стабільність. Тобто оцінка стійкості базується на мінімізації недобору врожаю в екстремальних умовах порівняно з оптимальними. Виділено низку зразків, котрі перевищили стандарти на 10 – 15 %, серед них лінії ЛНАУ18, ЛНАУ16, УХК143, УХК328, КЛ *иx*8, КЛ *wx*9, ВК36 (Україна), D-ВЕ14 (Німеччина), К210, К216, Р165, Р 255 (USA), Б234 зМ, Б329 (Росія), які мають високу та стабільну продуктивність (65 – 120 г) і масу 1000 зернин (200 – 300 г). Одним із основних показників, який підтверджує стійкість генотипу до посухи є врожайність та її стабільність. Тобто оцінка стійкості базується на мінімізації недобору врожаю в екстремальних умовах порівняно з оптимальними.

Таблиця 3. Характеристика кращих посухостійких зразків кукурудзи за продуктивністю та її складовими, 2018–2020 рр. (польові дослідження)

Номер Національного каталога	Назва зразка	Посухостійкість	Продуктивність, г	Маса 1000 зернин, г	Довжина качана, см	Кількість качанів на рослині, шт.	Озерненість качана, шт.	Висота рослини, см	Тривалість вегетації, днів
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UB0111196	ЗК 106/1	9	130,2	188	14,7	1,4	442	178	102
UB0108247	АК 157	9	118,8	185	17,3	1,5	472	172	100
UB0111437	ДК 680 з МВ	9	116,2	316	17,0	1,1	500	190	101
UB0111225	УХФ 39	9	109	280	17	1,2	533	200	106
UB0108526	ЛНАУ 16	7	99,4	178	13,7	1,4	424	156	98

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UB0108611	ЛНАУ 18	9	163,2	194	16,7	1,4	16,7	35,7	179
UB0104119	ХЛГ 78	9	98,8	160	14,0	1,4	496	162	101
UB0108248	АК 159	9	100,3	289	14,0	1,2	392	184	102
UB0103235	УХК 434	9	110,8	260	16	1,9	546	151	111
UB0108029	УХК 586	9	120,6	250	16	1,9	608	180	128
UB0108032	УХК 590	9	96,2	284	14	1,5	390	155	102
UB0108000,	УХК 542	9	140,0	344	16	2,0	476	180	126
UB0100778	ZPLB 341	9	97,2	284	13	2,0	377	152	99
UB0111426	КЛ wx8	9	130,3	244	15	1,1	684	185	108
UB0111427	КЛ wx9	9	132,4	246	16	1,0	722	178	111
UB0103634	ВК 36	9	105,6	280	14	1,3	462	167	109
UB010518	РКЦ 38	9	88,1	180	14	1,2	440	158	110
UB0106907	КЦ 27-5	9	70,1	182	15	1,3	520	180	99
UB0104508	ЗК 25	9	97,0	256	17	1,4	560	213	105
UB0108180	УХК 615	9	98,7	240	16	1,1	522	156	103
UB0108378	УХК 678	9	71,1	300	12	1,0	333	154	110
UB0111466	Міраж	9	69,2	168	17	1,6	530	195	100
UB0100436	S 77	9	105,5	280	16	1,3	560	190	107
UB0103367	УХК 425	9	50,5	160	12	1,3	440	166	99
UB0105522	LC 184	9	85,4	260	16	1,2	510	179	111
UB0108223	УХК 612	9	97,2	272	13	1,0	412	180	106
UB0103240	УХК 439	9	79,7	176	12	1,0	560	170	100
UB0108118	УХК 596	9	94,4	220	16	1,1	530	160	102
UB0105155	УП 189	9	52,8	131	13	1,3	350	130	100
UB0101226	4 V	9	48,4	240	14	1,1	280	156	99
UB0108941	Харківська 215зМ	9	82,3	264	14	1,1	500	170	110
UB0100747	F 7	7	84,0	260	13	1,3	342	170	100
UB0100425	ДС 103	7	88,6	240	15	1,1	470	177	115
UB0100812	УХ 52	7	79,9	272	16	1,1	495	170	100
	Вимпел МВ F ₁	9	204	290	24	1,1	660	270	112

Виділено низку зразків, які перевищили стандарти на 10 – 15 % , серед них лінії ЛНАУ18, ЛНАУ16, УХК143, УХК328, КЛ wx8, КЛ wx9, ВК36 (Україна), D-VE14 (Німеччина), К210, К216, Р165, Р255 (США), Б234зМ, Б329 (Росія), які мають високу та стабільну продуктивність (65 – 120 г) і масу 1000 зернин (200 – 300 г). Необхідно відзначити, що місцеві сорти більш пристосовані до стресових абіотичних факторів у пізніх фазах розвитку рослин.

Селекціонерів, які працюють в зонах з несприятливими умовами (посуха, високі температури), цікавлять зразки з коротким або оптимальним періодом від сходів до цвітіння. Було виділено сорти та лінії, у яких цвітіння настає на 30 – 45 добу — УП189, UB0103993, Місцева К524 (Україна), Dakota whiete flint (Дакота віете флінт) (Канада), Montana multicolor (Монтана мультиколор) (США) та на 46 – 50 добу: УП185, Ароматна, УХК743, УХК590, ХЛГ78, АК145, АК159, місцеві сорти UB0103999, UB0103955, UB0103958 ((Україна), LE172 (Чехія), Adam's extra early (Адамс екстра ерлі) (Румунія), Хуторянка, Лакомка Белгороддя (Лакомка Білгороддя) (Росія), UB0103984 (Канада) та інші. У більшості зразків (68,5 %) цвітіння починалося на 53 – 64 добу.

Опосередковано про посухостійкість селекційних зразків свідчить наявність череззерниці. Так, із 400 ліній у 86 відмічено череззерницю качанів (1 – 3 бали), це складає 21 % від загальної кількості ліній. Тобто, у переважній більшості ліній (79 %) відбулося повноцінне

запилення качанів, що свідчить про їх посухостійкість. За групами стиглості кількість зразків, у яких спостерігалася череззерниця качанів, варіювала. Так, серед індухт-ліній ранньостиглої групи тільки у 2 % відмічено череззерницю. Велику частку (33 % і 44 %) таких ліній виділено серед середньостиглої і середньопізньої груп стиглості, відповідно. Середньоранні лінії займають проміжне становище (17 %). Слід зазначити, що у 2019 році умови вегетаційного періоду були оптимальними для росту рослин, але стресовими для наливання зерна. Це спричинило зменшення маси 1000 зернин та недостатню озерненість качана, особливо його верхівки у 37,6 % вивчених зразків кукурудзи. У 18,6 % зразків череззерниця становила 40 – 90 %, однак, вдалося виділити 11 ліній з високою озерненістю качана (500 – 720 шт. зернин на качані) — УХК439, ЗКМ169, УХК530, КЦ814-2, ДК365МВ, УХК602, УХФ39, ДК633/266, КЦ72-2 (UKR); БМ257, КЛ17_{мх} (Казахстан) та 23 з підвищеною озерненістю (400 – 500 шт.).

Вивчення посухостійкості у польових дослідах, які основані на порівнянні урожайності генотипу в екстремальних і оптимальних умовах вирощування надійні та якісні. Однак, в польових умовах не завжди можна відібрати посухостійкі форми через нестабільність погодних умов. Тому використання фізіологічних методів при визначенні посухостійкості вихідного матеріалу має важливе значення для отримання гібридів кукурудзи з підвищеними адаптивними властивостями. Методи оцінки посухостійкості у фазі проростків ґрунтуються на визначенні проростання насіння в розчинах осмотиків, які імітують дефіцит вологи. Спільно з групою збереження та інформаційного забезпечення ведення колекцій генетичних ресурсів рослин УДСР в межах вивчення стійкості до абіотичних чинників (посухостійкість) в лабораторних умовах було досліджено 112 зразків кукурудзи. За рівнем посухостійкості зразки залічено до груп: нестійкі (проросло менше 20 %) — 10 шт., низькостійкі (21 – 40 %) – 25 шт., середньостійкі (40 – 60 %) — 39 шт., стійкі (61 – 80 %) — 26 шт., високо стійкі (81 – 100 %) — 12 шт. (табл.4).

Таблиця 4. Характеристика кращих посухостійких зразків, виділених у дослідженнях (2018 – 2020 рр.) кукурудзи за продуктивністю та її складовими

Номер Національного каталога	Назва зразка	Частка проросло го насіння, %	Коефіцієнт варіації, %	Продуктивність, г	Маса 1000 зернин, г	Довжина качана, см	Озерненість качана, шт.	Кількість качанів на рослині, шт.	Висота рослини, см	Тривалість вегетації, діб
UB0100569	НР 01	94,4	27,4	100	190	15	560	1,5	170	112
UB0102254	УХК 296	94,2	13,7	86,5	240	16	530	1,1	160	102
UB0100149	ИК 208	91,3	14,3	70,9	290	13	460	1,1	150	109
UB0104119	ХЛГ 78	88,5	12,8	98,8	260	14	496	1,4	162	101
UB0103367	УХК 425	88,2	10,4	58,6	160	11	450	1,3	166	100
UB0103269	УХК 743	88,1	13,5	67,6	240	16	400	1,1	148	101
UB0103989	КИН 074	84,2	21,7	41	206	12	260	1,5	150	100
UB0108217	БМ 257	83,3	8,7	91,3	228	13	437	1,3	170	114
UB0105159	УП 197	83,0	8,2	66,0	240	13	400	1,2	155	106
UB0108138	Харківська 126 ВМ	83,0	23,9	59,8	260	13	343	1,1	170	98
UB0104124	ХЛГ 179	82,9	0,9	122,2	240	15	544	1,1	187	94
UB0103219	Крајова поп	80,0	1,4	86,1	310	17	374	1,7	160	107
UB0101332	PV 133	77,0	3,0	86,7	200	16	500	1,1	172	104
UB0102603	Б 321	76,3	64,0	99,3	304	17	495	1,0	182	99
Стандарт УХ 52		85,4	25,1	79,9	272	16	495	1,1	170	93
Стандарт ДС 103		61,2	0,3	88,6	240	15	470	1,1	177	114

Аналізуючи результати польового та лабораторного досліджень встановлено, що виділені зразки виявляли високий рівень посухостійкості в польових (7–9 балів) та лабораторних умовах.

Досліджені зразки істотно різнилися за амплітудою варіювання посухостійкості (P_{\min} — 0, P_{\max} — 98), що підтверджено низькими та високими показниками коефіцієнтів варіації. Порогові мінімальні ($V_{\min} = 0,2\%$) та максимальні ($V_{\max} = 57,8\%$) значення знаходились на значному віддаленні. Середня варіабельність знаходиться в межах 10,1–12,5%. Найбільші коливання посухостійкості мали ЗКМ169 (Lim 35,0–50,5%, $V_{\text{сер}} = 47,0\%$), Місцева К510 (Lim 50,1–66,0%, $V_{\text{сер}} = 21,2\%$), КЦ27-5 (Lim 55,1–67,0%, $V_{\text{сер}} = 31,0\%$), ОД117 (Lim 52,1–71,0%, $V_{\text{сер}} = 28,6\%$) (Україна), UB0103213 Krajova pop (Крайова поп) (Lim 66,7–80,0%, $V_{\text{сер}} = 40,2\%$) (Словаччина), Лінія 20 (Lim 57,0–72,5%, $V_{\text{сер}} = 31,6\%$) (Болгарія). Найменший розмах варіювання відзначено у зразків ХЛГ179 (UKR), Zvanarci 155 (Зварнаці 155) (Lim 22,2–23,9%, $V_{\text{сер}} = 1,2\%$) (Болгарія), S83 (Lim 15,4–15,6%, $V_{\text{сер}} = 0,2\%$) (Польща). Їх ми рекомендуємо, як джерела для включення до селекційного процесу.

У Національному центрі генетичних ресурсів рослин України зареєстровано 4 лінії кукурудзи, як цінні зразки, що поєднують високу посухостійкість з низкою цінних господарських ознак. Зокрема висока посухостійкість поєднується:

— лінії WG6 (Україна) з високою зерною продуктивністю рослини (130,0 г), довгим качаном (17 см), високою озерненістю качана (540 шт.), високою кількістю качанів на рослині (1,8 шт.) та з високою інтенсивністю накопичення сухих речовин (5,9 г/добу) і ремонтантністю;

— у лінії кукурудзи УХФ90 (Україна) з стабільною зерною продуктивністю рослини (78,7 г), високою озерненістю качана (597 шт.), високим виходом зерна (84,4%) та стійкістю до біотичних та абіотичних чинників (9 б.);

— у лінії АК145 (Україна) з стабільною зерною продуктивністю рослини (92,3 г), високою кількістю качанів на рослині (1,9 шт.), високою озерненістю качана (474 шт.), стійкістю до враження пухирчастою сажкою (9 б.), еректоїдним розташуванням листових пластинок та ремонтантністю;

— у лінії кукурудзи УХК530 (Україна) з високою зерною продуктивністю рослини (110 г), високою озерненістю качана (606 шт.), високою кількістю рядів зерен (20 шт.), високою інтенсивністю накопичення сухих речовин у зерні (6,1 г/добу) та еректоїдним розташуванням листових пластинок.

Загалом дослідження показали, що використання лабораторного методу діагностики вихідного матеріалу кукурудзи за ознакою посухостійкості на початкових етапах селекційного процесу дало можливість виділити джерела посухостійкості, що є складовою частиною стратегії селекції і відповідає програмі створення високопродуктивних гібридів з високим адаптивним потенціалом і пристосованих до умов лісостепу України.

Комплексна діагностика селекційного матеріалу на посухостійкість різними методами дозволяє всебічно оцінити та виділити генотипи з високим адаптивним потенціалом до стресових умов вирощування.

ВИСНОВКИ

Проведена оцінка 400 зразків кукурудзи за проявом морфо-біологічних та цінних господарських ознак у різних погодних умовах на посухостійкість у польових дослідженнях. З використанням лабораторного методу оцінено 112 зразків вихідного матеріалу кукурудзи на посухостійкість. За результатом вивчення зразків кукурудзи різного географічного походження виділено 14 зразків з дуже високою посухостійкістю у проростків, а саме: АК145, WG6, УХФ90, УХК530, УХК425, УХК296, ИК208, УП197, НР01, Харківська 126 МВ, УХК743, ХЛГ78 (Україна), БМ257, КИН074 (Казахстан). Виділено зразки кукурудзи, котрі поєднують посухостійкість з високою зерною

продуктивністю та її складовими, масою 1000 зернин та стійкістю до біотичних та абіотичних чинників. У Національному центрі генетичних ресурсів рослин зареєстровано чотири українські лінії: WG6, УХФ90, АК145, УХК530 кукурудзи, як цінні зразки, що поєднують високу посухостійкість з низкою цінних господарських ознак. Виділені лінії та сорти кукурудзи доцільно залучати до селекції сучасних гетерозисних гібридів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Польовий А. М., Костюкевич Т. К., Толмачова А. В., Жигайло О. Л. Вплив кліматичних змін на формування продуктивності кукурудзи в західному лісостепу України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2021. Вип. 1. С. 29–36. doi: 10.31521/2313-092X/2021-1(109).
2. Грабовський М. Б. Проблеми виробництва зерна кукурудзи у світі та в Україні. Економіка та управління АПК. 2010. Вип. 2 (71). С. 56–61.
3. Морозов О. В., Морозова О. С., Іванів М. О., Керімов А. Н. Ефективність вирощування кукурудзи на зерно в Україні. Таврійський науковий вісник. 2021. № 119. С. 83–91. doi: 10.32851/2226-0099.2021.119.12
4. Гур'єв В. Б. Добір гібридів кукурудзи для використання зерна на біопаливо. Пропозиція. 2008. №5. С. 46–51.
5. Сікалова О. В., Івлева Т. В., Деркач І. Б., Чернобай Л. М. Новий вихідний матеріал кукурудзи з комплексом цінних селекційних ознак та властивостей. Генетичні ресурси рослин. 2011. № 9. С. 131–137.
6. Каменщук Б. Д. Агроекологічний вплив умов вирощування на зернову продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Стан та перспективи розвитку рослинницької галузі в умовах змін клімату: IV Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, 1 – 3 липня 2009 р.: тези доповідей. Харків, IP ім. В. Я. Юр'єва УААН, 2009. С. 125–126.
7. Паламарчук В. Д., Дідур І. М., Колісник О. М., Алексеев О. О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Монографія. Вінниця, ТОВ «Друк». 2020. 536 с.
8. Гадзало Я. М., Вожегова Р. А., Коковіхін С. В., Біляєва І. М., Дробітько А. В. Наукове обґрунтування технологій вирощування кукурудзи на зрошуваних землях з урахуванням гідротермічних чинників і змін клімату. Зрошуване землеробство. 2020. № 73. С. 21–26. doi:10.32848/0135-2369.2020.73.3
9. Hardacre A., Eagles H. A. Comparative temperature reroutes of corn belt deut and corn welt deut pool 5 maize hybrids. Field Crops Research. 1986. Vol. 26, № 5. P. 1009–1012
10. Філіпов Г. Л. Використання фізіологічних методів діагностики для добору адаптивно стійких форм кукурудзи. Бюлетень Інституту зернового господарства. 2009. № 36. С. 89–91.
11. Грабовська Т. О. Добір вихідного селекційного матеріалу кукурудзи на посухостійкість з використанням фізіологічних методів. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. 2007. № 2. С. 42–45.
12. Гаркава О. М. Оцінка та добір селекційного матеріалу кукурудзи на адаптивну стійкість до жару та посухи. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. 2008. № 2. С. 28–33.
13. Грабовський М. Б. Створення посухостійкого селекційного матеріалу кукурудзи за допомогою фізіологічних методів. Рослини та урбанізація: Матеріали I науково-практичної конференції (Дніпропетровськ, 21 – 23 листопада 2007 р.), Дніпропетровськ: ООО ТПГ “Куница”. 2007. С. 168–169.
14. Гур'єва І. А., Рябчун В. К., Літун П. П., Степанова В. П., Вакуленко С. М., Кузьмишина Н. В., Коломацька В. П., Белкін О. О. Методичні рекомендації польового та лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи. Харків. 2003. 43 с.
15. Кириченко В. В., Гур'єва І. А., Рябчун В. К., Кузьмишина Н. В., Вакуленко С. М., Степанова В. П. Класифікатор-довідник виду *Zea mays L.* Харків. 2009. С. 82.

16. Удовенко Г. В. Общие требования к методам и принципам диагностики устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Ленинград: ВИР, 1988. С. 5–10.

REFERENCES

1. Poliovyi AM, Kostiukevych TK, Tolmachova AV, Zhyhailo OL. 2021. Influence of climatic changes on the corn performance in the western forest-steppe of Ukraine. *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomia*. 1: 29-36. doi: 10.31521/2313-092X/2021-1(109)
2. Hrabovskyi MB. 2010. Problems of corn grain production in the world and in Ukraine. *Ekonomika ta Upravlinnia APK*. 2(71): 56-61.
3. Morozov OV, Morozova OS, Ivaniv MO, Kerimov AN. 2021. Effectiveness of growing corn for grain in Ukraine. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*. 119: 83-91. doi: 10.32851/2226-0099.2021.119.12
4. Huriev VB. 2008. Selection of corn hybrids to use grain for biofuel. *Propozytsiia*. 5: 46-51.
5. Sikalova OV, Ivleva TV, Derkach IB, Chernobai LM. 2011. New corn starting material with a set of valuable breeding traits and properties. *Genetični Resursi Roslin*. 9: 131-137.
6. Kamenshchuk BD. 2009. Agroecological effect of growing conditions on grain productivity of corn hybrids of different ripeness groups. In: State and prospects of plant industry development under climatic changes. Abstractbook. 4th International scientific and practical conference of young scientists; 2009 July 1-3; Kharkiv, Ukraine. Kharkiv: PPI named after V.Ya. Yuriev; 2009. p. 125-126.
7. Palamarchuk VD, Didur IM, Kolisnyk OM, Alekseiev OO. 2020. Aspects of current technologies for growing high-starch corn in the Right-Bank forest-steppe: monograph. Vinnytsia: Druk LLC. 536 p.
8. Hadzalo YaM, Vozhehova RA, Kokovikhin SV, Biliaeva IM, Drobitko AV. 2020. Scientific justification of corn growing technologies on irrigated lands with due account for hydrothermal factors and climatic changes. *Zroshuvalne Zemlerobstvo*. 73: 21-26. doi: 10.32848/0135-2369.2020.73.3
9. Hardacre A, Eagles HA. 1986. Comparative temperature reroutes of corn belt deut and corn welt deut pool 5 maize hybrids. *Field Crops Research*. 26(5): 1009-1012
10. Filipov HL. 2009. Application of physiological methods of diagnostics for selection of adaptively resistant forms of corn. *Biuletyn of Instytutu Zernovoho Hospodarstva*. 36: 89-91.
11. Hrabovska TO. 2007. Selection of starting breeding material of corn for drought resistance using physiological methods. *Vishyk Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrarnoho Universytetu*. 2: 42-45.
12. Harkava OM. 2008. Evaluation and selection of breeding material of corn for adaptive resistance to heat and drought. *Vishyk Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrarnoho Universytetu*. 2: 28-33.
13. Hrabovskyi MB. 2007. Creation of drought-resistant breeding material of corn using physiological methods. In: Plants and urbanization: Abstracts of the 1st Scientific and practical conference; 2007 Nov 21-23; Dnipropetrovsk, Ukraine. Dnipropetrovsk: TPH Kunitsa LLC; p. 168-169.
14. Hurieva IA, Riabchun VK, Litun PP, Stepanova VP, Vakulenko SM, Kuzmyshyna NV, Kolomatska VP, Bielkin OO. 2003. Methodological recommendations for field and laboratory studies of corn genetic resources. Kharkiv. 43 p.
15. Kyrychenko VV, Hurieva IA, Riabchun VK, Kuzmyshyna NV, Vakulenko SM, Stepanova VP. 2009. Classifier-guidebook of the species *Zea mays* L. Kharkiv. p. 82.
16. Udoenko GV. 1988. General requirements for methods and principles of diagnostics of resistance of plants to stressors. Leningrad: VIR. p. 5-10.

Kharhenko Yu. V., Kharchenko L. Ya., Rohovyi O. Yu.
*Ustymivka Experimental Station of
Plant Production of Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS
Ustymivka, Kremenchutskyi District, Poltavaska Oblast, 39074, Ukraine
E-mail: udsr@ukr.net*

MONITORING MAIZE GENETIC DIVERSITY TO IDENTIFY SOURCES OF DROUGHT TOLERANCE

Aim. To evaluate maize accessions from Ustymivka Experimental Station's collection for drought resistance in the field and laboratory; to conduct a comparative characterization of the gene pool in terms of performance and adaptability traits; to select valuable sources with high drought resistance for heterosis breeding.

Results and Discussion. The article presents results of evaluating Ustymivka Experimental Station's maize collection for drought resistance in the transitional climate of Central Ukraine (from forest-steppe to steppe). The accessions were grouped according to this trait expression level and sources of drought resistance with high economically valuable characteristics were identified in field studies. Laboratory germination in a sucrose solution (percentage of germinated seeds) was determined for 112 maize accessions of six subspecies. According to their levels of drought resistance, the accessions were grouped as follows: unresistant (20%), low resistant (21-40%), medium-resistant (40-60%), resistant (61-80%), and highly resistant (81-100%). Based on data on the genetic diversity of maize of different geographical origins, 14 maize accessions combining very high drought resistance both in the laboratory and in the field with high grain productivity and its constituents, thousand grain weight as well as with resistance to biotic and abiotic factors were selected. The National Center for Plant Genetic Resources has registered 4 Ukrainian maize lines (WG6, UKhF90, AK145, and UKhKC530) as valuable accessions that combine high drought resistance with several economically valuable traits.

Conclusions. Selected maize lines and cultivars with high drought resistance is advisable to involve in the breeding of new heterotic hybrids, which are relevant in the global warming context.

Keywords: *drought resistance, maize, collection of genetic resources, lines, varieties, seed germination, sucrose solution.*

УДК 575.222:582.681.62

DOI: 10.36814/pgr.2023.32.03

Вітківська Ю. С.¹, Полякова І. О.²

¹*Інститут олійних культур НААН*

вул. Інститутська, 1, Сонячне, Запорізький р-н, Запорізька обл., 69055, Україна

julia19vitkovska@gmail.com

²*Запорізький національний університет*

вул. Жуковського, 66, Запоріжжя, 69600, Україна

СОПТ СИДЕРАЛ ЯК ДОНОР ПІДВИЩЕНОЇ ХОЛОДОСТІЙКОСТІ В СЕЛЕКЦІЇ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

Робота присвячена створенню цінного селекційного матеріалу льону олійного з підвищеною холодостійкістю методом гібридизації. Льон олійний належить до культур раннього висіву і часто підпадає під дію весняних заморозків або тривалих періодів низьких додатних температур. Донором холодостійкості обрано