

ОЦІНКА ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ СТОКОЛОСУ БЕЗОСТОГО ЗА СТАБІЛЬНОСТІ ОЗНАК ПРОДУКТИВНОСТІ

В. В. БУГАЙОВ, кандидат сільськогосподарських наук,

В. Д. БУГАЙОВ, кандидат сільськогосподарських наук,

О. О. ПОЛУТІН, кандидат сільськогосподарських наук

Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН України

Впродовж 2022–2024 рр. аналізували 27 ліній, які виділені з полікросного потомства та 22 – одержані методом хімічного мутагенезу травостою першого, другого та третього років використання в залежності від гідротермічних умов року за ознаками пластичності, стабільності кормової та насінневої продуктивності. Кращою за виходом сухої речовини була лінія 3-37 із показником $2,0 \text{ кг/м}^2$. З низькою пластичністю ($b_i < 1,0$) та високою стабільністю ($Si^2 = 0,0$) відзначались лінії (2-22, 4-64, 6-78, 19-155, 24-224, 25-238, 26-256). Більшою врожайністю насіння вирізнялись лінії 5-74 та 16-134 із показниками $80,04 \text{ г/м}^2$ та $85,5 \text{ г/м}^2$ відповідно, а низька пластичність ($b_i < 1,0$) та висока стабільність ($Si^2 = 2,9 - 3,1$) була притаманна для лінії (20-182, 24-224). Збір сухої речовини у мутантних ліній (ХМ 4/20, ХМ 13/20, ХМ 14/20 та ХМ 15/20) знаходився на рівні $1,7 \text{ кг/м}^2$. Низькою пластичністю ($b_i < 1,0$) та високою стабільністю ($Si^2 = 0,0$) відзначались лінії (ХМ 6/20, ХМ 8/20, ХМ 14/20). Мутантні лінії ХМ 16/20, ХМ 14/20, ХМ 7/20 відзначались найвищими показниками врожайності насіння від $75,0$ до $78,7 \text{ г/м}^2$ відповідно, а низька пластичність ($b_i < 1,0$) та висока стабільність характерна для лінії (ХМ 1/20).

Ключові слова: стоколос безостий, лінії, вихід сухої речовини, врожайність насіння, пластичність, стабільність

Вступ. Стоколос безостий (*Bromopsis inermis* Leyss) займає провідне місце в Україні як сінокісна і сінокісно – пасовищна культура, є обов'язковим компонентом травосумішок на різних типах природних кормових угідь і схилах. Сучасні кліматичні зміни, зокрема підвищення температур, нерівномірний розподіл опадів і тривалі посухи, значно впливають на врожайність даної кормової культури. Особливо відчутним є негативний вплив на репродуктивний процес рослин стоколосу безостого, що значно знижує рівень насінневої продуктивності. Як наслідок, виробництво насіння цінної кормової культури різко скоротилося. В основі вирішення проблеми є селекційне покращення існуючих сортових ресурсів з використанням як традиційних методів так і хімічного мутагенезу для створення нових адаптивних форм. В синтетичній селекції важливим є виділення ліній за комплексом цінних господарських ознак. Зокрема у представленому дослідженні мова йде про оцінку та виділення ліній стоколосу безостого за ознаками рівня пластичності та стабільності урожаю сухої речовини і насіння методами полікросу та хімічного мутагенезу [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Батьківщиною стоколосу безостого є Західна Європа та Північна Азія. Вперше введений в культуру в Угорщині. З другої половини ХХ ст. вирощується як кормова культура у Європі та Північній Америці. В Україні дикорослі популяції зустрічаються на луках, степах, схилах та лісових галявинах у всіх зонах. Стоколос безостий представляє собою аутоалооктаплоїд ($2n = 8x = 56$), однак виявлені й тетраплоїдні форми ($2n = 4x = 28$) [2, 3]. Стоколос безостий відноситься до групи морозостійких рослин. Оптимальна температура для проростання насіння – 15,0–20,0°C, а для росту та розвитку рослини – 25,0–30,0°C. Відноситься до групи посухостійких рослин. Оптимальна відносна вологість ґрунту – 60,0–70,0 % від повної вологоємності, вологість повітря – 50,0–60,0 % від повної вологоємності. Належить до групи дуже вимогливих до світла рослин. Оптимальна освітленість – 15,0–20,0 тис. лк. За вимогливістю до тривалості світлового дня дана рослина довгого світлового дня – 14–16 год. Оптимальні ґрунти для вирощування стоколосу безостого є дерново – підзолисті, сірі – лісові, чорноземи типові піщаного, супіщаного, легкосуглинкового гранулометричного складу [4–6].

За сучасних умов змін клімату в Україні проведено значний обсяг досліджень колекційних та селекційних зразків стоколосу безостого та виділено перспективний матеріал за ознаками посухостійкості, підвищеної насіннєвої продуктивності та інших цінних господарських ознак [7, 8]. Створення нових сортів стоколосу безостого здійснюється різними методами залежно від завдань і досягнень селекції, а також наявного вихідного матеріалу. У багаторічних трав найбільш ефективним прийомом створення сортів – синтетиків методом полікросу на основі виділених самозапилених ліній за результатами оцінки їх ефектів загальної комбінаційної здатності [9–11].

Під час розробки селекційних програм створення нових стресостійких сортів сільськогосподарських культур перспективним є метод індукованого та хімічного мутагенезу для створення вихідного матеріалу з новими ознаками. Нині мутаційна селекція рослин є вкрай необхідною для проблем в сільському господарстві, які пов'язані зі змінами клімату. Про ефективність використання такого напрямку свідчать результати досліджень з використанням фізичних (гамма-випромінювання, ультрафіолетові промені) та хімічних (етилметансульфонат, метилметансульфонат) мутагенів в селекції злакових культур [12–14]. Про ефективність використання хімічного мутагенезу (диметилсульфат, нітрозоетилсечовина) поряд із традиційними методами свідчать також результати досліджень в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН в селекції сої та кормових бобів [15].

Мета статті – оцінити лінії стоколосу безостого за врожаєм сухої речовини та насіння їх пластичністю та стабільністю в роки проведення досліджень.

Методика досліджень. Для дослідження використали 27 селекційні лінії стоколосу безостого, які виділені в попередні роки з полікросного потомства 32 колекційних зразків різних екотипів та 22 лінії одержаних методом хімічного мутагенезу з використанням водного розчину диметилсульфіту (ДМС) з концентрацією (0,2–0,5 %) та експозицією 12 год.

Дослідження проводили впродовж 2022–2024 рр. на дослідних полях

відділу селекції кормових, зернових колосових та технічних культур Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, які розташовані в центральній зоні Вінницької області. Закладання колекційного розсадника проводили в 2021 р. безпокровним способом сівби: суцільно (15,0 см) – для обліку кормової продуктивності та широкорядно (45,0 см) – для оцінки насіннєвої продуктивності, площа ділянки становила 10,0 м². Облік врожаю зеленої маси проводили в фазі колосіння, число укусів – два. Агротехніка в польових селекційних дослідах загальноприйнята для Лісостепу правобережного. Під передпосівну культивуацію вносили мінеральні добрива (нітроамофоска N₁₅P₁₈K₂₂). Для ранньовесняного підживлення застосовували аміачну селітру нормою N₄₅.

Закладання дослідів та фенологічні спостереження виконані згідно загальноприйнятих методик [16]. Для статистичної обробки даних користували програмами «Statistica» та «Excel». Оцінку екологічної пластичності та варіансії стабільності здійснювали за методиками і формулами S. A. Eberhart, W. A. Russel, В. З. Пакудина, Л. М. Лопатиной, де пластичність сортів оцінюється за коефіцієнтом регресії b_i , що характеризує середню реакцію сорту на зміну умов середовища, а стабільність – за варіансою ознаки (S^2) [17, 18].

Ґрунт дослідного поля – сірий опідзолений, середньосуглинковий з вмістом гумусу в орному шарі 2,2–2,4 % за ДСТУ 4289 : 2004 [19], рН сольової витяжки 5,2–5,4 за ДСТУ ISO 10390 : 2005 [20]. В 1,0 кг ґрунту міститься 90,0–112,0 мг/кг легкогідролізованого азоту за ДСТУ 7863 : 2015 [21], 121,0–142,0 мг/кг рухомих форм фосфору, 81,0–116,0 мг/кг обмінного калію за ДСТУ 4115 : 2002 [22].

Аналізуючи погодні умови за роки проведення дослідження спостерігали підвищення температури у 2023–2024 рр. порівняно з багаторічними даними. Найбільше потепління зафіксовано в зимові місяці (січень, лютий). Липень 2024 р. найтепліший за всі роки (23,8°C). Загальна річна сума опадів коливалась, але немала чіткої тенденції до збільшення або зменшення. Значну кількість опадів спостерігали у квітні 2023 р. (92,0 мм) та червні 2024 р. (81,0 мм). Найменша – травні 2023 р. (3,3 мм) (рис. 1, 2).

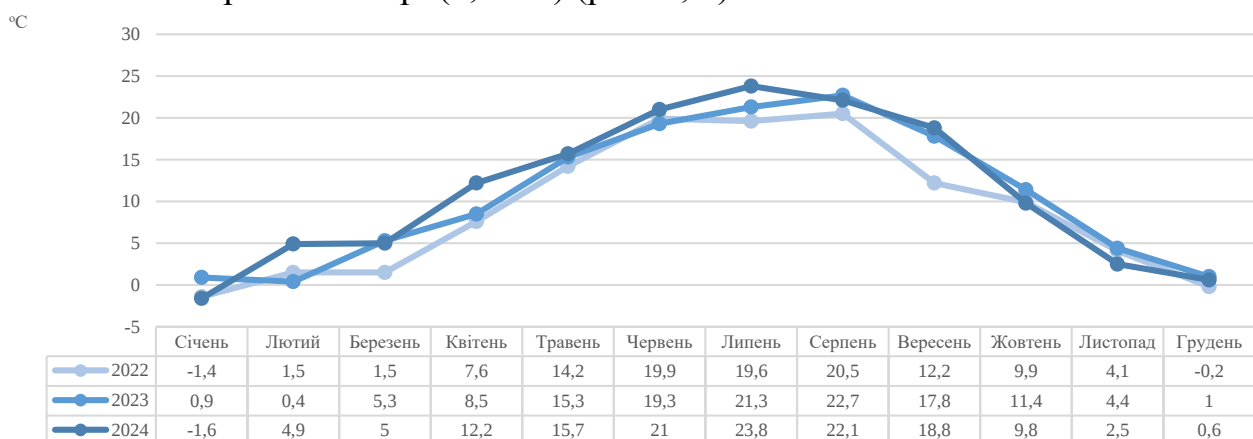


Рис. 1. Температура повітря за даними Вінницької метеостанції, °C (2022–2024 рр.)

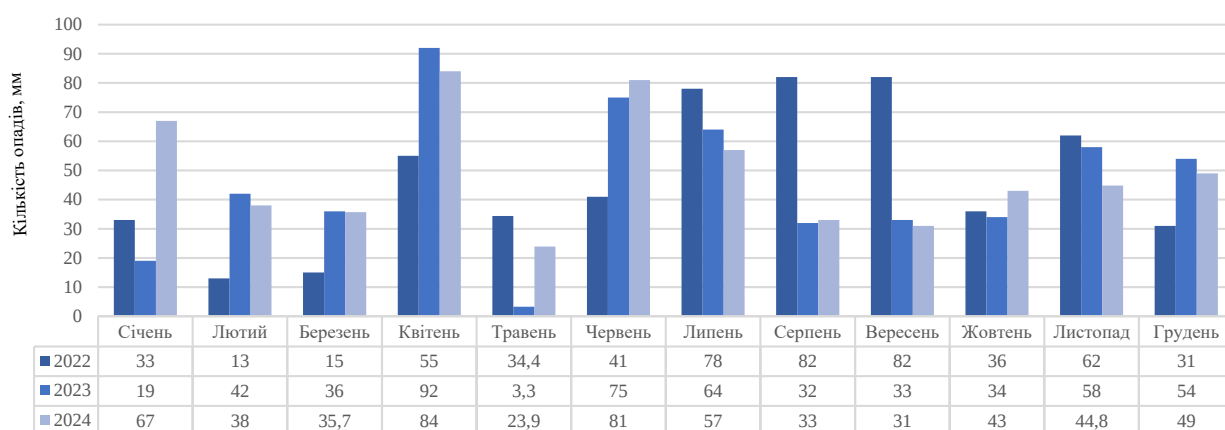


Рис. 2. Опади за даними Вінницької метеостанції, мм (2022–2024 рр.)

Відмічено потепління у всі роки досліджень, особливо в зимовий період. Розподіл опадів стає менш передбачуваним, з періодами значних відхилень від норми.

Результати досліджень. Збір сухої речовини ліній стокосу безостого у 2022 р. становив в середньому $1,4 \text{ кг/м}^2$, середнє квадратичне відхилення – $0,3 \text{ кг/м}^2$, коефіцієнт варіації – $0,2 \%$. Лінії 2-22 та 25-238 характеризувались найбільшою врожайністю $1,9 \text{ кг/м}^2$. У 2023 р. відповідний показник в середньому складав $1,6 \text{ кг/м}^2$, середнє квадратичне відхилення – $0,2 \text{ кг/м}^2$, коефіцієнт варіації – $0,1 \%$. За виходом сухої речовини виділено лінію 3-37 – $2,2 \text{ кг/м}^2$. У 2024 р. середній показник врожаю сухої речовини становив $1,5 \text{ кг/м}^2$, середнє квадратичне відхилення – $0,2 \text{ кг/м}^2$, коефіцієнт варіації – $0,1 \%$. Аналогічно з попереднім роком виділилась лінія 3-37 ($2,1 \text{ кг/м}^2$). За роки досліджень (2022–2024 рр.) середній вихід сухої речовини становив $1,5 \text{ кг/м}^2$, середнє квадратичне відхилення – $0,2 \text{ кг/м}^2$ та коефіцієнт варіації – $0,1 \%$. Найбільш врожайною визначено лінію 3-37 із показником $2,0 \text{ кг/м}^2$ (табл. 1).

Екологічна пластичність (коефіцієнт регресії, b_i) характеризує середню реакцію генотипу на зміну умов середовища і дає можливість прогнозувати мінливість досліджуваної ознаки в межах визначених умов. За рівнем оцінки пластичності досліджувані лінії умовно можна поділити на три групи:

1. $b_i > 1,0$ – пластичність висока, лінії добре реагують на покращення умов (3-37, 9-87, 11-99, 12-101, 13-117, 14-126, 15-127, 16-134, 17-140, 20-182, 21-183, 22-204, 23-211);
2. $b_i \approx 1,0$ – пластичність середня, лінії менш чутливі на покращення умов (7-80, 27-262);
3. $b_i < 1,0$ – пластичність низька, лінії не чутливі на покращення умов (1-11, 2-22, 4-64, 5-74, 6-78, 8-84, 10-98, 18-146, 19-155, 24-224, 25-238, 26-256).

Стабільність (Si^2) ознаки є важливим показником, який характеризує здатність лінії підтримувати ознаку на певному рівні за мінливих умов вирощування. За результатами оцінки досліджувані лінії проявили високий рівень варіанси стабільності за виходом сухої речовини, який варіював від $0,0$ до $0,1$, з них 2-22, 3-37, 4-64, 12-101, 16-134, 23-211 достовірно перевищували середній показник.

Табл. 1. Оцінка ліній стокосу безостого за виходом сухої речовини

Лінії	Суха речовина, кг/м ²			Середнє	Пластичність, b _i	Стабільність, Si ²
	2022	2023	2024			
1-11	1,4	1,3	1,3	1,3	-0,5	0,0
2-22	1,9	1,6	1,5	1,7	-1,5	0,0
3-37	1,8	2,2	2,1	2,0	2,0	0,0
4-64	1,7	1,7	1,8	1,7	0,0	0,0
5-74	1,5	1,4	1,4	1,4	-0,5	0,0
6-78	1,7	1,4	1,4	1,5	-1,5	0,0
7-80	1,2	1,4	1,5	1,4	1,0	0,0
8-84	1,3	1,4	1,4	1,4	0,5	0,0
9-87	1,2	1,5	1,6	1,4	1,5	0,0
10-98	1,4	1,5	1,3	1,4	0,5	0,0
11-99	1,0	1,4	1,5	1,3	2,0	0,1
12-101	1,3	1,9	1,9	1,7	3,0	0,1
13-117	1,3	1,8	1,7	1,6	2,5	0,0
14-126	0,9	1,6	1,7	1,4	3,5	0,1
15-127	1,3	1,8	1,8	1,6	2,5	0,0
16-134	1,4	1,9	1,9	1,7	2,5	0,0
17-140	1,1	1,4	1,3	1,3	1,5	0,0
18-146	1,5	1,4	1,4	1,4	-0,5	0,0
19-155	1,5	1,6	1,3	1,5	0,5	0,0
20-182	1,2	1,6	1,5	1,4	2,0	0,0
21-183	1,2	1,5	1,4	1,4	1,5	0,0
22-204	1,3	1,6	1,4	1,4	1,5	0,0
23-211	1,5	1,8	1,8	1,7	1,5	0,0
24-224	1,5	1,6	1,7	1,6	0,5	0,0
25-238	1,9	1,5	1,3	1,6	-2,0	0,1
26-256	1,6	1,7	1,6	1,6	0,5	0,0
27-262	1,1	1,3	1,3	1,2	1,0	0,0
Min	0,9	1,3	1,3	1,2	—	
Max	1,9	2,2	2,1	2,0		
$\bar{X}$	1,4	1,6	1,5	1,5		
S	0,3	0,2	0,2	0,2		
V	0,2	0,1	0,1	0,1		
γ_1	0,3	1,0	0,7	0,8		

Примітка. Min – мінімальне значення; Max – максимальне значення; $\bar{X}$ – середнє значення; S – середньоквадратичне відхилення; V – коефіцієнт варіації; γ_1 – коефіцієнт асиметрії Фішера

Середня врожайність насіння селекційних ліній стокосу безостого в 2022 р. становила 52,1 г/м², середнє квадратичне відхилення – 11,1 г/м² та

коефіцієнт варіації – 0,2 %. Високий рівень врожаю насіння одержаний у ліній 7-80 та 8-84 (75,7 г/м² та 76,0 г/м²). У 2023 р. відповідний середній показник становив 69,9 г/м², середнє квадратичне відхилення – 20,9 г/м² та коефіцієнт варіації – 0,3 %. З них достовірно вища врожайність насіння відзначалась у ліній 16-134 та 22-204 (117,2 і 101,6 г/м²).

У 2024 році середнє значення врожаю насіння ліній становила 61,7 г/м², середнє квадратичне відхилення – 15,3 г/м² та коефіцієнт варіації – 0,2 %. Високі показники визначені у ліній 11-99 і 16-134 (90,5 та 90,3 г/м² відповідно). В середньому за роки досліджень урожайність насіння селекційних ліній становила 61,3 г/м², середнє квадратичне відхилення – 12,9 г/м² та коефіцієнт варіації – 0,2 %. З них найвищу врожайність відмічено у ліній 5-74 та 16-134 із показниками 80,04 г/м² та 85,5 г/м² відповідно.

За рівнем оцінки пластичності досліджуваних ліній їх слід умовно розділити на дві групи:

1. $b_i > 1,0$ – пластичність висока, лінії добре реагують на покращення умов (2-22, 3-37, 5-74, 9-87, 11-99, 13-117, 14-126, 15-127, 16-134, 17-140, 19-155, 20-182, 21-183, 22-204);
2. $b_i < 1,0$ – пластичність низька, лінії не чутливі на покращення умов (1-11, 4-64, 6-78, 7-80, 8-84, 10-98, 12-101, 18-146, 23-211, 24-224, 25-238, 26-256, 27-262).

Встановлено значну мінливість врожаю насіння ліній стоколосу безостого за роками використання на відміну від виходу сухої речовини. Так, варіанса стабільності означеного показника змінювалась від 0,7 до 534,8. З них виділено 8 ліній за рівнем стабільності із найменшим значенням (S_i^2 від 0,7 до 8,9) (1-11, 2-22, 6-78, 10-98, 17-140, 20-182, 23-211, 24-224). Лінії 5-74, 7-80, 8-84, 11-99, 16-134, 20-182, 22-204 достовірно перевищують середній рівень урожайності насіння (74,5–85,5 г/м²) (табл. 2).

В розсаднику мутагенезу (M_3) вивчали 22 лінії стоколосу безостого, отриманих в попередні роки з використанням методу хімічного мутагенезу. За результатами оцінки господарських ознак мутантних ліній стоколосу безостого встановлено, що середній збір сухої речовини в 2022 р. становив 1,3 кг/м², середнє квадратичне відхилення – 0,2 кг/м² та коефіцієнт варіації – 13,0 %. Виділено кращі зразки ХМ 6/20, ХМ 8/20 та ХМ 14/20, де суха речовина складала 1,6 кг/м².

У 2023 р. означений показник в середньому знаходився на рівні 1,6 кг/м², середнє квадратичне відхилення – 0,3 кг/м² та коефіцієнт варіації – 17,4 %. Найвищі значення відмічено у ліній: ХМ 4/20, ХМ 13/20 та ХМ 15/20, від 2,0 до 2,1 кг/м² відповідно. Вихід сухої речовини в 2024 р. складав 1,5 кг/м², середнє квадратичне відхилення – 0,2 кг/м² та коефіцієнт варіації – 11,5 %. Найвищим значення встановлено у лінії ХМ 15/20 – 1,8 кг/м² (табл. 3).

За роки досліджень збір сухої речовини ліній в середньому становив 1,5 кг/м², середнє квадратичне відхилення – 0,2 кг/м² та коефіцієнт варіації – 12,3 %. Виділено лінії з найвищим відповідним показником на рівні 1,7 кг/м² (ХМ 4/20, ХМ 13/20, ХМ 14/20 та ХМ 15/20).

Табл. 2. Оцінка ліній стоколосу безостого за урожайністю насіння

Лінії	Урожайність насіння, г/м ²			Середнє	Пластичність, b _i	Стабільність, Si ²
	2022	2023	2024			
1-11	45,3	40,1	40,8	42,1	-0,3	1,9
2-22	35,0	61,5	52,9	49,8	1,5	8,9
3-37	41,7	60,4	60,3	54,1	1,1	48,7
4-64	64,0	63,5	54,5	60,7	-0,1	56,7
5-74	56,3	94,6	90,2	80,4	2,2	118,2
6-78	56,0	52,4	50,7	53,0	-0,2	7,5
7-80	75,7	84,7	67,8	76,1	0,5	107,9
8-84	76,0	77,8	69,8	74,5	0,1	34,2
9-87	36,7	62,5	62,5	53,9	1,5	94,9
10-98	45,3	44,3	45,8	45,1	-0,1	0,7
11-99	47,7	97,2	90,5	78,5	2,8	174,9
12-101	42,7	38,7	68,9	50,1	-0,1	534,8
13-117	41,7	69,9	65,2	58,9	1,6	46,4
14-126	64,3	87,8	69,2	73,8	1,3	39,7
15-127	37,3	78,3	65,1	60,2	2,3	22,2
16-134	49,0	117,2	90,3	85,5	3,8	14,5
17-140	36,7	81,3	58,4	58,8	2,5	3,4
18-146	59,0	73,0	75,2	69,1	0,8	50,1
19-155	51,7	78,8	56,4	62,3	1,5	64,7
20-182	65,7	88,7	80,2	78,2	1,3	3,1
21-183	49,7	72,3	45,6	55,9	1,2	175,5
22-204	55,0	101,6	68,9	75,2	2,6	82,5
23-211	54,3	61,1	56,1	57,2	0,4	2,3
24-224	58,3	69,6	62,3	63,4	0,6	2,9
25-238	58,2	36,3	35,2	43,2	-1,3	84,0
26-256	59,3	65,1	52,3	58,9	0,3	68,1
27-262	44,3	29,8	30,5	34,9	-0,8	24,0
Min	35,0	29,8	30,5	34,9	—	
Max	76,0	117,2	90,5	85,5		
$\bar{X}$	52,1	69,9	61,7	61,3		
S	11,1	20,9	15,3	12,9		
V	0,2	0,3	0,2	0,2		
γ_1	0,4	0,0	0,1	0,0		

Примітка. Min – мінімальне значення; Max – максимальне значення; $\bar{X}$ – середнє значення; S – середньоквадратичне відхилення; V – коефіцієнт варіації; γ_1 – коефіцієнт асиметрії Фішера

За роками досліджень мутантні лінії проявили високий рівень стабільності за збором сухої речовини ($Si^2 = 0,0$).

**Табл. 3. Оцінка мутантних ліній (М₃) стоколосу безостого
за виходом сухої речовини**

Лінії	Суха речовина, кг/м ²			Середнє	Пластичність, b _i	Стабільність, Si ²
	2022	2023	2024			
ХМ 1/20	1,2	1,7	1,5	1,5	2,5	0,0
ХМ 2/20	1,5	1,7	1,5	1,6	1,0	0,0
ХМ 3/20	1,5	1,8	1,6	1,6	1,5	0,0
ХМ 4/20	1,5	2,0	1,6	1,7	2,5	0,0
ХМ 5/20	1,2	1,8	1,7	1,6	3,0	0,0
ХМ 6/20	1,6	1,7	1,5	1,6	0,5	0,0
ХМ 7/20	1,3	1,5	1,5	1,4	1,0	0,0
ХМ 8/20	1,6	1,7	1,6	1,6	0,5	0,0
ХМ 9/20	1,1	1,4	1,3	1,3	1,5	0,0
ХМ 10/20	1,1	1,2	1,2	1,2	0,5	0,0
ХМ 11/20	1,3	1,0	1,1	1,1	-1,5	0,0
ХМ 12/20	1,1	1,4	1,5	1,3	1,5	0,0
ХМ 13/20	1,5	2,0	1,7	1,7	2,5	0,0
ХМ 14/20	1,6	1,7	1,7	1,7	0,5	0,0
ХМ 15/20	1,2	2,1	1,8	1,7	4,5	0,0
ХМ 16/20	1,5	1,8	1,6	1,6	1,5	0,0
ХМ 17/20	1,2	1,3	1,3	1,3	0,5	0,0
ХМ 18/20	1,3	1,4	1,4	1,4	0,5	0,0
ХМ 19/20	1,2	1,4	1,4	1,3	1,0	0,0
ХМ 20/20	1,3	1,6	1,5	1,5	1,5	0,0
ХМ 21/20	1,2	1,3	1,4	1,3	0,5	0,0
ХМ 22/20	1,3	1,6	1,4	1,4	1,5	0,0
Min	1,1	1,0	1,1	1,1	—	
Max	1,6	2,1	1,8	1,7		
$\bar{X}$	1,3	1,6	1,5	1,5		
S	0,2	0,3	0,2	0,2		
V	13,0	17,4	11,5	12,3		
γ_1	0,3	-0,2	-0,4	-0,4		

Примітка. Min – мінімальне значення; Max – максимальне значення; $\bar{X}$ – середнє значення;
S – середньоквадратичне відхилення; V – коефіцієнт варіації; γ_1 – коефіцієнт асиметрії
Фішера

За рівнем оцінки пластичності досліджуваних ліній їх слід умовно розділити на три групи:

1. $b_i > 1,0$ – пластичність висока, лінії добре реагують на покращення умов (ХМ 1/20, ХМ 3/20, ХМ 4/20, ХМ 5/20, ХМ 9/20, ХМ 12/20, ХМ 13/20, ХМ 15/20, ХМ 16/20, ХМ 20/20, ХМ 22/20);
2. $b_i \approx 1,0$ – пластичність середня, лінії менш чутливі на покращення умов (ХМ 2/20, ХМ 7/20, ХМ 19/20);
3. $b_i < 1,0$ – пластичність низька, лінії не чутливі на покращення умов

(ХМ 6/20, ХМ 8/20, ХМ 10/20, ХМ 11/20, ХМ 14/20, ХМ 17/20, ХМ 18/20, ХМ 21/20);

Середній рівень урожайності насіння мутантних ліній стоколосу безостого у 2022 р. становив 65,4 г/м², середнє квадратичне відхилення – 12,0 г/м² та коефіцієнт варіації – 0,2 %. Високий рівень урожайності насіння, виявлено в двох ліній: ХМ 7/20 – 93,4 г/м² та ХМ 8/20 – 89,7 г/м² (табл. 4).

Табл. 4. Оцінка мутантних ліній (М₃) стоколосу безостого за урожайністю насіння

Лінії	Врожайність насіння, г/м ²			Середнє	Пластичність, b _i	Стабільність, Si ²
	2022	2023	2024			
ХМ 1/20	62,0	63,9	54,8	60,2	0,7	18,5
ХМ 2/20	74,3	67,6	50,8	64,2	2,1	12,3
ХМ 3/20	57,5	60,6	52,1	56,7	0,5	21,1
ХМ 4/20	74,6	68,7	48,7	64,0	2,3	25,7
ХМ 5/20	68,0	82,4	62,5	71,0	0,6	191,8
ХМ 6/20	74,5	57,2	50,1	60,6	2,1	23,1
ХМ 7/20	93,4	82,6	60,1	78,7	3,0	15,2
ХМ 8/20	89,7	62,1	66,9	72,9	2,0	190,9
ХМ 9/20	69,0	59,8	55,3	61,4	1,2	5,2
ХМ 10/20	55,5	55,5	55,5	55,5	0,0	0,0
ХМ 11/20	45,0	50,1	52,9	49,3	-0,7	1,3
ХМ 12/20	50,2	45,9	40,0	45,4	0,9	0,1
ХМ 13/20	53,7	61,2	64,7	59,9	-1,0	3,7
ХМ 14/20	54,8	101,0	79,9	78,6	-2,1	790,5
ХМ 15/20	53,5	51,9	52,5	52,6	0,1	0,9
ХМ 16/20	72,9	67,4	84,7	75,0	-1,1	80,9
ХМ 17/20	71,1	57,7	45,6	58,1	2,3	1,4
ХМ 18/20	62,0	57,9	50,1	56,7	1,1	1,4
ХМ 19/20	71,6	49,3	52,3	57,7	1,7	117,3
ХМ 20/20	54,0	40,5	35,6	43,4	1,6	15,9
ХМ 21/20	62,7	37,1	37,2	45,7	2,2	124,4
ХМ 22/20	69,8	43,8	40,4	51,3	2,6	99,8
Min	45,0	37,1	35,6	43,4	—	
Max	93,4	101,0	84,7	78,7		
$\bar{X}$	65,4	60,2	54,2	60,0		
S	12,0	14,4	12,0	10,1		
V	0,2	0,2	0,2	0,2		
γ_1	0,6	1,0	0,9	0,3		

Примітка. Min – мінімальне значення; Max – максимальне значення; $\bar{X}$ – середнє значення; S – середньоквадратичне відхилення; V – коефіцієнт варіації; γ_1 – коефіцієнт асиметрії Фішера

У 2023 р. відповідний середній показник становив 60,2 г/м², середнє

квадратичне відхилення – 14,4 г/м² та коефіцієнт варіації – 0,2 %. Більшою врожайністю насіння із показником 101,0 г/м² характеризувалась лінія ХМ 14/20. У 2024 році рівень середньої врожайності становив 54,2 г/м², середнє квадратичне відхилення – 12,0 г/м² та коефіцієнт варіації – 0,2 %. Високим рівнем насіннєвої продуктивності характеризувались лінії ХМ 14/20 та ХМ 14/20 із показником 79,9 та 84,7 г/м² відповідно.

За роки досліджень врожайність насіння в середньому знаходилась на рівні 60,0 г/м², середнє квадратичне відхилення – 10,1 г/м² та коефіцієнт варіації – 0,2 %. За врожаєм насінням виділено кращі лінії ХМ 16/20, ХМ 14/20, ХМ 7/20 (75,0 – 78,7 г/м²) відповідно.

За рівнем оцінки пластичності досліджувані лінії умовно розділені на дві групи:

1. $b_i > 1,0$ – пластичність висока, лінії добре реагують на покращення умов (ХМ 2/20, ХМ 4/20, ХМ 6/20, ХМ 7/20, ХМ 8/20, ХМ 9/20, ХМ 17/20, ХМ 18/20, ХМ 19/20, ХМ 21/20, ХМ 22/20).

2. $b_i < 1,0$ – пластичність низька, лінії менш чутливі на покращення умов середня (ХМ 1/20, ХМ 3/20, ХМ 5/20, ХМ 10/20, ХМ 11/20, ХМ 12/20, ХМ 13/20, ХМ 14/20, ХМ 15/20, ХМ 16/20);

Стабільність урожаю насіння мутантних ліній знаходилась на рівні від 0,0 до 790,5. Виділено лінії з високою стабільністю (ХМ 9/20, ХМ 10/20, ХМ 11/20, ХМ 12/20, ХМ 13/20, ХМ 15/20, ХМ 17/20, ХМ 18/20) із значенням від 0,0 до 5,2. З них 5 ліній ХМ 5/20, ХМ 7/20, ХМ 8/20, ХМ 14/20, ХМ 16/20, достовірно перевищують середній рівень урожайності насіння (71,0–78,7 г/м²) відповідно.

Висновки. Рекомендувати для подальшого використання в селекції сортів – синтетиків, адаптованих до сучасних умов змін клімату лінії: з підвищеними показниками виходу сухої речовини, низькою пластичністю та високою стабільністю: (2-22, 4-64, 6-78, 19-155, 24-224, 25-238, 26-256); високою врожайністю насіння, низькою пластичністю та високою стабільністю: (20-182, 24-224). Мутантні лінії з підвищеними показниками виходу сухої речовини, низькою пластичністю та високою стабільністю: (ХМ 4/20, ХМ 13/20, ХМ 14/20 та ХМ 15/20); високою урожайністю насіння, низькою пластичністю та високою стабільністю: (ХМ 1/20).

Література:

1. Brown D. J., Dhar A., Naeth M. A. Management Impacts on Non-Native Smooth Brome (*Bromus inermis* Leyss.) Control in a Native Fescue Grassland in Canada. Land. 2024. № 13 (8). <https://doi.org/10.3390/land13081142>.
2. Williams W. M., Stewart A. V., Williamson M. L. Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Millets and Grasses. Springer – Verlag Berlin Heidelberg. 2011. Р. 15–30. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14255-0_2.
3. Кормові ресурси польових агроєкосистем / за ред. В. Ф. Петриченка. Київ: Аграрна наука, 2023. 544 с. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-583-2>.
4. Mackiewicz-Walec E., Olszewska M. Biostimulants in the production of forage grasses and turfgrasses. Agriculture. 2023. № 13 (9). <https://doi.org/10.3390/agriculture13091796>.

5. Mackiewicz-Walec E., Żarczyński P. J., Krzebietke S. J., Żarczyńska K. Smooth Brome (*Bromus inermis* L.) – A Versatile Grass: A Review. *Agriculture*. 2024. № 14 (6). <https://doi.org/10.3390/agriculture14060854>.
6. Palit R., DeKeyser E. S. Impacts and drivers of smooth brome (*Bromus inermis* Leyss.) invasion in native ecosystems. *Plants*. 2022. № 11(10). <https://doi.org/10.3390/plants11101340>.
7. Байструк–Глодан Л. З., Коник Г. С., Хом'як М. М. Оцінка селекційного матеріалу стоколосу безостого (*Bromus Inermis* Leyss.) на силових землях Карпатського регіону. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. Вип. 66. С. 21–36. <https://doi.org/phzt-journal.isgkr.com.ua/ua-66/2.pdf>.
8. Марініч Л. Г., Бараболя О. В., Кавалір Л. В. Вплив сортових особливостей селекційних зразків стоколосу безостого на довговічність і урожайність травостою. *Scientific Progress & Innovations*. 2021. № 1. С. 90–96. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.10>.
9. Saeidnia F., Majidi M. M., Mirlohi A. Marker-trait association analysis for drought tolerance in smooth brome grass. *BMC Plant Biology*. 2021. № 21. С. 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02891-0>.
10. Saeidnia F., Majidi M. M., Mirlohi A., Ahmadi B. Association analysis revealed loci linked to post-drought recovery and traits related to persistence of smooth brome grass (*Bromus inermis*). *Plos one*. 2022. № 17 (12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278687>.
11. Марініч Л. Г., Бараболя О. В., Кавалір Л. В. Порівняльна оцінка ефектів загальної комбінаційної здатності зразків стоколосу безостого методом полікросу та діалельного аналізу за елементами кормової та насінневої продуктивності. *Scientific Progress & Innovations*. 2021. № 2. С. 74–80. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.09>.
12. Bado S., Forster B. P., Maghuly F. Physical and chemicals mutagenesis in plant breeding. *Mutation breeding for sustainable food production and climate resilience*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. P. 57–97. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00253>.
13. Bhoi A., Yadu B., Chandra J., Keshavkant S. Mutagenesis: A coherent technique to develop biotic stress resistant plants. *Plant stress*. 2022. № 3. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2021.100053>.
14. Francis A. P. M., Selvaraj R. A comprehensive review on mutation breeding milestones in cereals: Conventional to advanced molecular approaches to achieve sustainable goals in trait improvement. *Horizon*. 2024. № 11 (1). P. 641–653. <https://doi.org/10.14719/pst.3015>.
15. Коханюк Н., Темченко І., Штуц Т., Лехман А., Барвінченко С., Аралова Т. Основні напрямки селекції бобових культур в Інституті кормових досліджень та сільського господарства Поділля НААН. *Корми та кормовиробництво*. 2022. № 93. С. 31–42. <https://doi.org/10.31073/10.31073/kormovyrobnytstvo202293-03>.
16. Волкодав В. Методика державного сорто випробування сортів рослинна їх придатність до поширення в Україні: Загальна частина. Охорона прав на сорти рослин: офіційний бюлетень. Київ: Алефа, 2003.
17. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing

varieties. *Crop Sci.* 1966. P. 36–40.

18. Pakudyn V. Z., Lopatyna L. M. Evaluation of ecological plasticity and stability of varieties of agricultural crops. *Agricultural biology*. 1984. С. 109–113.

19. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини : ДСТУ 4289:2004 [Чинний від 2004-04-30]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.

20. Якість ґрунту. Визначення рН : ДСТУ ISO 10390:2005 [Чинний від 2002-04-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 8 с. (Інформація та документація).

21. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізованого азоту методом Корнфілда : ДСТУ 7863:2015 [Чинний від 2016-07-01]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2016. 20 с. (Інформація та документація).

22. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова : ДСТУ 4115:2002 [Чинний від 2002-06-27]. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 6 с. (Інформація та документація).

References:

1. Brown, D. J., Dhar, A., Naeth, M. A. (2024). Management Impacts on Non-Native Smooth Brome (*Bromus inermis* Leyss.) Control in a Native Fescue Grassland in Canada. *Land*, no. 13(8). <https://doi.org/10.3390/land13081142>.

2. Williams, W. M., Stewart, A. V., Williamson, M. L. (2011). Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Millets and Grasses. *Springer – Verlag Berlin Heidelberg*, pp. 15–30. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14255-0_2.

3. Petrychenko, V. F. (Ed.). (2023). *Forage resources of field agroecosystems*. Kyiv: Agrarna Nauka. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-583-2>. [in Ukrainian].

4. Mackiewicz-Walec, E., Olszewska, M. (2023). Biostimulants in the production of forage grasses and turfgrasses. *Agriculture*, no. 13 (9). <https://doi.org/10.3390/agriculture13091796>.

5. Mackiewicz-Walec, E., Żarczyński, P. J., Krzebietke, S. J., Żarczyńska, K. (2024). Smooth Brome (*Bromus inermis* L.) – A Versatile Grass: A Review. *Agriculture*, no. 14 (6). <https://doi.org/10.3390/agriculture14060854>.

6. Palit, R., DeKeyser, E. S. (2022). Impacts and drivers of smooth brome (*Bromus inermis* Leyss.) invasion in native ecosystems. *Plants*, no. 11(10). <https://doi.org/10.3390/plants11101340>.

7. Baystruk-Glodan, L. Z., Konyk, G. S., Khomyak, M. M. (2019). Evaluation of breeding material of thornless brome (*Bromus inermis* Leyss) on sloping lands of the Carpathian region. *Foothill and Mountain Agriculture and Livestock*, no. 66, pp. 21–36. <https://doi.org/phzt-journal.isgkr.com.ua/ua-66/2.pdf>. [in Ukrainian].

8. Marinich, L. G., Barabolya, O. V., & Kavalir, L. V. (2021). The influence of varietal characteristics of selection samples of awnless ryegrass on the durability and yield of grass stands. *Scientific Progress & Innovations*, no. 1, pp. 90–96. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.10>. [in Ukrainian].

9. Saeidnia, F., Majidi, M. M., Dehghani, M. R., Mirlohi, A., & Araghi, B. (2021). Multi environmental evaluation of persistence and drought tolerance in smooth brome grass (*Bromus inermis*): genetic analysis for stability in combining ability. *Crop*

and *Pasture Science*, no. 72(7), pp. 565–574. <https://doi.org/10.1071/CP21018>.

10. Saeidnia, F., Majidi, M. M., Mirlohi, A., Ahmadi, B. (2022). Association analysis revealed loci linked to post-drought recovery and traits related to persistence of smooth brome grass (*Bromus inermis*). *Plos one*, no. 17(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278687>.

11. Marinich, L. G., Barabolya, O. V., Kavalir, L. V. (2021). Comparative assessment of the effects of the general combining ability of awnless wheat samples by polycross and diallel analysis on the elements of forage and seed productivity. *Scientific Progress & Innovations*, no. 2, pp. 74–80. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.09>. [in Ukrainian].

12. Bado, S., Forster, B. P., Maghuly, F. (2023). Physical and chemicals mutagenesis in plant breeding. In *Mutation breeding for sustainable food production and climate resilience*. Singapore: Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00253>.

13. Bhoi, A., Yadu, B., Chandra, J., Keshavkant, S. (2022). Mutagenesis: A coherent technique to develop biotic stress resistant plants. *Plant stress*, no. 3. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2021.100053>.

14. Francis, A. P. M., Selvaraj, R. (2024). A comprehensive review on mutation breeding milestones in cereals: Conventional to advanced molecular approaches to achieve sustainable goals in trait improvement. *HORIZON*, no. 11(1), pp. 641–653. <https://doi.org/10.14719/pst.3015>.

15. Kokhaniuk, N., Temchenko, I., Shtuts, T., Lehman, A., Barvinchenko, S., Aralova, T. (2022). Main directions of pulse crops selection in the Institute of Feed Research and Agriculture of Podillia of NAAS. *Feeds and Feed Production*, no. 93, pp. 31–42. <https://doi.org/10.31073/10.31073/kormovyrobnytstvo202293-03>.

16. Volkodav, V. (2003). Methodology of state testing of plant varieties for their suitability for distribution in Ukraine: general part. *Protection of rights to plant varieties: official bulletin*. Kyiv: Alefa. [in Ukrainian].

17. Eberhart, S. A., Russell, W. A. (1996). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci*, pp. 36–40.

18. Pakudyn, V. Z., Lopatyna, L. M. (1984) Evaluation of ecological plasticity and stability of varieties of agricultural crops. *Agricultural biology*, pp. 109–113.

19. State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy of Ukraine. (2005). *Soil quality. Methods for determination of organic matter (DSTU 4289:2004)* [Valid from 2004-04-30]. Kyiv: State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy of Ukraine. [in Ukrainian].

20. State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy of Ukraine. (2003). *Soil quality. Determination of pH (DSTU ISO 10390:2005)* [Valid from 2002-04-01]. Kyiv: State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy. (Information and documentation series). [in Ukrainian].

21. Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine. (2016). *Soil quality. Determination of easily hydrolysable nitrogen by Kornfield method (DSTU 7863:2015)* [Valid from 2016-07-01]. Kyiv: Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine. (Information and documentation series). [in Ukrainian].

22. State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy of Ukraine. (2002). *Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by*

modified Chirikov method (DSTU 4115:2002) [Valid from 2002-06-27]. Kyiv: State Committee for Technical Regulation and Consumer Policy. (Information and documentation series). [in Ukrainian].

Annotation

Bugayov V. V., Bugayov V. D., Polutin O. O.

Evaluation of starting material for the selection of *Bromopsis inermis* Leyss for the stability of productivity traits

Bromopsis inermis Leyss is one of the representatives of perennial cereal grasses. In cold regions, it is a common fodder plant among cereal crops, distinguished by its higher fodder value. Its ability to improve soil fertility is of great importance: due to the significant amount of root residues, it contributes to soil restoration and prevents erosion. The purpose of this work was to evaluate the lines of *Bromopsis inermis* by dry matter yield and seeds by their plasticity and stability. The following methods were used in the research process: field, laboratory – field and statistical (data processing using the programs «Statistica» and «Excel»).

During 2022–2024, research was conducted to evaluate the lines of *Bromopsis inermis* by plasticity, stability of fodder and seed productivity 27 lines were analyzed, which were isolated from polycross offspring and 22 – lines by chemical mutagenesis of the grass stand of the first, second and third years of use depending on the hydrothermal conditions of the year. The most productive in terms of dry matter yield was characterized by line 3-37 with an indicator of 2.0 kg/m². Lines (2-22, 4-64, 6-78, 19-155, 24-224, 25-238, 26-256) were noted with low plasticity ($bi < 1.0$) and high stability ($Si^2 = 0.0$). The highest seed yield was found in lines 5-74 and 16-134 with indicators of 80.04 g/m² and 85.5 g/m², respectively, and low plasticity ($bi < 1.0$) and high stability ($Si^2 = 2.9 - 3.1$) was characteristic of lines (20-182, 24-224). The dry matter yield in mutant lines (XM 4/20, XM 13/20, XM 14/20 and XM 15/20) was at the level of 1.7 kg/m², with low plasticity ($bi < 1.0$) and high stability ($Si^2 = 0.0$) were noted in lines (XM 6/20, XM 8/20, XM 14/20). Mutant lines XM 16/20, XM 14/20, XM 7/20 were characterized by the highest seed yield from 75.0 to 78.7 g/m², respectively, and low plasticity ($bi < 1.0$) and high stability are characteristic of the line (XM 1/20).

It is recommended to use the following lines for further breeding of synthetic varieties adapted to current climate change conditions: Lines with increased dry matter yield, low plasticity, and high stability: (2-22, 4-64, 6-78, 19-155, 24-224, 25-238, 26-256); Lines with high seed yield, low plasticity, and high stability: (20-182, 24-224). Mutant lines with increased dry matter yield, low plasticity, and high stability: (HM 4/20, HM 13/20, HM 14/20, and HM 15/20); Lines with high seed yield, low plasticity, and high stability: (HM 1/20).

Key words: *bromopsis inermis* Leyss, lines, dry matter yield, seed yield, plasticity, stability