

Екологічна пластичність та стабільність урожайності проса посівного (*Panicum miliaceum* L.) у різних ґрунтово-кліматичних зонах України

Л. М. Присяжнюк*, О. В. Ночвіна, Ю. В. Шитікова, Н. А. Мізерна, С. М. Гринів

Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна,
*e-mail: prysiazhniuk_l@ukr.net

Мета. Оцінити екологічну пластичність урожайності проса посівного в умовах Степу, Лісостепу та Полісся України. **Методи.** Математико-статистичні: визначення стабільності та пластичності за методикою Ебергарда–Рассела, кореляційний аналіз. **Результати.** За результатами кореляційного аналізу посівних площ проса посівного за період 2011–2020 рр. визначено, що площі під посівами проса посівного в Україні залежать від світових ($r = 0,34$). Визначено, що високий рівень урожайності проса посівного отримано в зоні Лісостепу, а саме в Полтавській, Хмельницькій, Черкаській, Сумській та Харківській областях (2,20–2,51 т/га). Достатньо високі показники отримано у Вінницькій, Київській (зона Лісостепу) та Кіровоградській (зона Степу) областях (1,86–2,02 т/га). Низьку врожайність за 10 років відзначено у Рівненській, Житомирській та Волинській областях, які належать до зони Полісся (1,09–1,34 т/га). Показано, що протягом 2011–2015 рр. висока варіабельність урожайності проса спостерігалася в Хмельницькій, Вінницькій та Волинській областях. Коефіцієнт варіації становив 42,0–71,3%. У 2016–2020 рр. найбільшу варіацію відзначено в Донецькій, Волинській та Одеській областях. Коефіцієнт варіації – 31,8–43,9%. Визначено, що за період 2011–2015 рр. високою пластичністю врожайності проса посівного характеризуються Вінницька, Донецька, Київська, Кіровоградська, Сумська, Харківська, Хмельницька, Черкаська та Полтавська області. У проміжок із 2016 до 2020 рр. високу пластичність ознаки врожайності відзначено у Вінницькій, Київській, Харківській, Полтавській, Черкаській, Сумській та Хмельницькій областях. **Висновки.** За результатами проведених досліджень встановлено, що під час скорочення посівних площ під просом посівним у світі, обсяг його виробництва в Україні збільшується. Визначено, що найбільша врожайність проса посівного за досліджувані роки отримана в зоні Лісостепу. Відповідно до розрахованої пластичності врожайності проса посівного визначено, що для реалізації біологічного потенціалу сприятливі умови були в Донецькій та Кіровоградській областях зони Степу, у лісостеповій зоні – Полтавська, Київська, Харківська, Хмельницька, Черкаська та Сумська області.

Ключові слова: просо посівне; пластичність; урожайність; посівна площа; коефіцієнт варіації.

Вступ

Просо посівне вирощується переважно в посушливих регіонах з обмеженою кількістю опадів та може адаптуватися до різних агро-кліматичних умов [1]. Воно має високу стійкість проти шкідників і хвороб, короткий період вегетації та забезпечує продуктивність в умовах посухи порівняно з основними зерновими культурами [2, 3]. Важливо відзначити, що просо не містить глютену, що робить його цінною харчовою культурою [4, 5]. Основними виробниками проса є країни Азії та Африки (табл. 1). В Україні

за 2011–2015 рр. площі під посівами проса становили 91,57 тис. га, у 2016–2020 рр. – 93,30 тис. га.

Просо – важлива й досить поширена в Україні круп'яна культура. За смаковими якостями та харчовими властивостями воно займає одне з перших місць серед інших круп. Невелика норма висіву, пізніші строки сівби й короткий період вегетації роблять просо незамінною страховою культурою за необхідності пересіву озимини [6]. Упровадження культур, які найефективніше використовують вуглекислий газ та здатні забезпечувати стабільну продуктивність у посушливих умовах, є сьогодні актуальним завданням виробників рослинної продукції. Просо, як типовий представник культур типу С4, має здатність ефективніше використовувати азот і накопичувати досить значну суху масу на одиницю його засвоєння. Саме тому рослини цієї культури є високопродуктивними, з високою стійкістю до несприятливих умов вирощування [7]. Для виробництва важливим є не тільки високий рівень продуктивності, але і здатність отримувати ста-

Larysa Prysiazhniuk
<https://orcid.org/0000-0003-4388-0485>
Olena Nochvina
<https://orcid.org/0000-0002-6639-3260>
Yuliia Shytikova
<https://orcid.org/0000-0002-1403-694X>
Nataliia Mizerna
<https://orcid.org/0000-0001-6213-5216>
Svitlana Hryniv
<https://orcid.org/0000-0002-2044-4528>

Таблиця 1

Площа, урожайність та валовий збір проса посівного в регіонах світу

Регіон	2010–2014 рр.			2015–2019 рр.		
	Площа, тис. га	Урожайність, т/га	Валовий збір, тис. т	Площа, тис. га	Урожайність, т/га	Валовий збір, тис. т
Європа	552,45	1,23	702,51	449,26	1,41	642,35
Західна Європа	141,48	3,32	46,94	8,11	4,06	31,39
Південна Європа	0,93	1,79	1,65	0,83	1,40	1,42
Східна Європа	540,37	1,25	693,31	440,32	1,41	629,25
Азія	12444,97	1,19	14717,14	10927,85	1,30	14258,83
Африка	19742,51	0,63	12523,20	19833,98	0,69	13646,96

більшу врожайність у несприятливих умовах вирощування, що визначається адаптивним потенціалом рослин [8]. Зі зміною кліматичних умов, актуальності набувають дослідження щодо оцінювання умов вирощування проса в Україні в різних ґрунтово-кліматичних зонах. В Україні дослідженням адаптивного потенціалу сортів проса посівного займалися вчені Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН [8, 9]. Авторами вивчалися пластичність деяких сортів в умовах нестійкого зволоження. Проте, зважаючи на збільшення площ під посівами проса посівного останніми роками, актуальним є вивчення впливу умов вирощування для визначення регіонів, у яких просо значною мірою може реалізувати свій біологічний потенціал.

Мета досліджень – оцінити екологічну пластичність урожайності проса посівного в умовах Степу, Лісостепу та Полісся України.

Матеріали та методика досліджень

Аналізували показники врожайності, валового збору та площі проса посівного за регіонами України за 2011–2020 рр. за даними Державної служби статистики України [10]. Дослідження екологічної пластичності продуктивності проса посівного проводили за показниками врожайності проса у 19 регіонах України. Дані із чотирьох областей (Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська та Чернівецька) та Автономної Республіки Крим не враховували, оскільки в цих регіонах просо посівне висівали в незначних кількостях і тільки у певні роки, або вирощування ведеться на зрошуваних землях, що не відображає впливу обмежувальних чинників довкілля.

Визначення кореляційних залежностей між обсягом посівних площ та світовими масштабами проводили за допомогою кореляційно-регресійного аналізу з використанням функцій Microsoft Excel [11]. Для аналізу взято інформацію про посівні площі, урожайність та валовий збір проса посівного

у світі за даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН [12].

Розрахунок стандартного відхилення та коефіцієнтів варіації з інтервалом у 5 років у різних регіонах України здійснювали у програмі Statistica 12.0 (тестова версія) [13].

Стабільність та пластичність показників урожайності проса посівного аналізували за методикою Ебергарда–Рассела [14] з використанням програмного забезпечення РТС Mathcad Prime 3.1 (тестова версія). Застосування цієї методики передбачає оцінювання рівня продуктивності культури за пластичністю (β), яка є відображенням регресії певної культури на зміну умов вирощування, та стабільністю (W) такої реакції [15].

Показником пластичності культури (β) до умов вирощування виступає коефіцієнт регресії. Для передбачення лінійної залежності між впливом генотипового складника та ефектом середовища використовується регресія певної ознаки на екологічні індекси середовища. Вважається, що за $\beta > 1$ відносно середньогрупової дисперсії при порівнянні показників пластичності, умови вирощування є високопластичними. У разі $1 > \beta = 0$ умови вирощування визначаються як низькопластичні. Якщо значення регресії наближене до одиниці, то умови не відрізняються від середньогрупового показника пластичності. Для визначення типу умов вирощування розраховують стабільність реакції за ступенем відхилення W . До умов, які сприяють отриманню високої врожайності та реалізації біологічного потенціалу культури за умови оптимального поєднання чинників середовища, належать високопластичні умови з низьким значенням стабільності реакції. Низькопластичні умови формування врожайності проса посівного, яким притаманне низьке значення стабільності реакції, не знижують урожайність за впливу обмежувальних чинників, проте їм не сприяють формуванню високої продуктивності.

Результати досліджень

Протягом 2009–2019 рр. спостерігалось варіювання посівних площ, урожайності та валового збору проса посівного як у світовому масштабі, так і в Україні. Дані кореляційно-регресійного аналізу свідчать, що посівні площі культури в Україні залежать від світових ($r = 0,34$): у кожен наступний рік площі під посівами проса в Україні збільшуються в разі зменшення їх у світі в попередній рік (рис. 1).

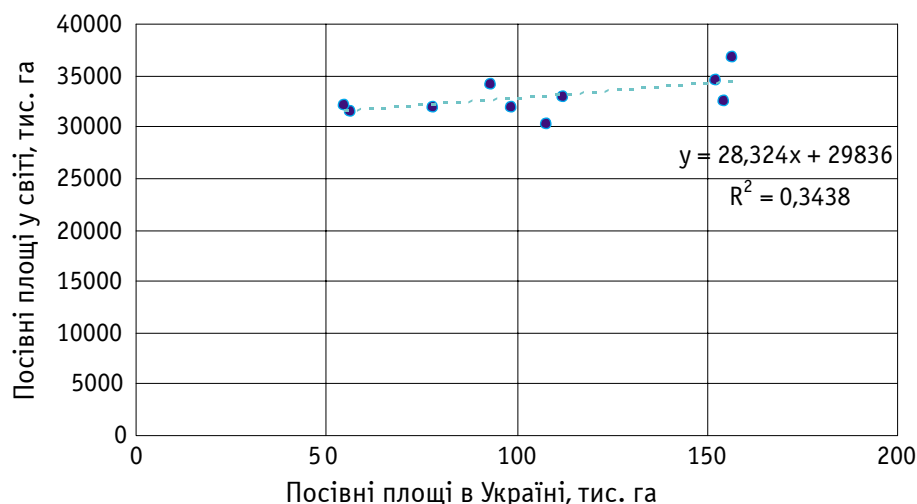


Рис. 1. Залежність показника посівних площ проса посівного в Україні від світових (2009–2019 рр.)

Це свідчить про те, що виробництво цієї культури в Україні реагує на коливання світового ринку проса та націлене на задоволення світового попиту. Деяко слабкіші кореляційні залежності, визначені між обсягом площ проса посівного в Україні та Китаї ($r = 0,20$), в Україні та Індії ($r = 0,16$). Між регіонами, які є лідерами у вирощуванні проса посівного в світі, та Україною спостерігалися слабкі кореляційні залежності: Україна та Азія – $r = 0,19$; Україна та Африка – $r = 0,15$.

Оскільки вирощування проса посівного економічно доцільне в посушливих регіонах, в Україні основні його посівні площі зосереджені в Запорізькій, Одеській та Херсонській областях: 10,54; 10,51 та 10,45 тис. га відповідно (табл. 2).

Високі показники врожайності відзначено в зоні Лісостепу: Київській, Полтавській, Сумській, Хмельницькій, Черкаській та Харківській областях (2,02–2,51 т/га). У Степу достатньо висока врожайність сформована в Кіровоградській області – 1,86 т/га. Низьку врожайність проса відзначено у Рівненській, Житомирській та Волинській областях, що належать до зони Полісся (1,09–1,36 т/га). Однак, у тих областях, де отримано низький урожай, високий збір проса досягається високими показниками посівних площ. Зокрема, валовий збір у Дніпропетровській області досягає 16,08 тис. т, у Запорізькій – 15,39; у Херсонській – 14,71; в Одеській – 14,23 тис. т.

ляційно-регресійного аналізу свідчать, що посівні площі культури в Україні залежать від світових ($r = 0,34$): у кожен наступний рік площі під посівами проса в Україні збільшуються в разі зменшення їх у світі в попередній рік (рис. 1).

Таблиця 2

Середньобогаторічні показники врожайності, площі та валового збору проса посівного за регіонами України (середнє за 2011–2020 рр.)*

Регіон	Урожайність, т/га	Площа, тис. га	Валовий збір, тис. т
Україна загалом	1,60	92,43	171,08
Вінницька	1,98	1,06	2,91
Волинська	1,35	0,67	0,96
Дніпропетровська	1,44	9,42	16,08
Донецька	1,48	6,70	12,26
Житомирська	1,36	3,86	6,21
Запорізька	1,34	10,54	15,39
Київська	2,02	1,74	4,64
Кіровоградська	1,86	2,34	5,60
Луганська	1,52	4,14	8,45
Миколаївська	1,37	8,78	13,09
Одеська	1,43	10,51	14,23
Полтавська	2,32	3,59	10,01
Рівненська	1,09	0,34	0,49
Сумська	2,20	2,10	5,76
Тернопільська	1,42	0,19	0,29
Харківська	2,13	9,04	22,55
Херсонська	1,35	10,45	14,71
Хмельницька	2,38	0,28	0,85
Черкаська	2,51	1,27	4,10
Чернігівська	1,66	4,41	8,72

*без урахування АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей.

Слід зазначити, що найбільший збір зерна за досліджувані роки отримано в Харківській області – 22,55 тис. т. Найнижчі показники зафіксовано в Тернопільській, Рівненській та Волинській областях (0,29–0,96 тис. т) за

рахунок низької врожайності та незначних посівних площ. Таким чином, в умовах, що склалися в зоні Лісостепу за досліджувани роки, просо посівне забезпечило високу врожайність та навіть за невеликого обсягу посівних площ дало достатньо високий збір зерна. В умовах посухи просо може забезпечувати вищі врожаї, ніж інші

зернові культури, а за рахунок збільшення посівних площ – високі показники збору зерна.

Для визначення варіабельності врожайності проса посівного в період 2011–2020 рр. у розрізі регіонів його вирощування в Україні розраховували стандартне відхилення та коефіцієнт варіації (табл. 3).

Таблиця 3

Стандартне відхилення та коефіцієнт варіації врожайності проса посівного за регіонами України*

Регіон	2011–2015 рр.		2016–2020 рр.	
	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації
Україна загалом	0,37	23,9	0,15	9,4
Вінницька	0,80	50,1	0,50	21,3
Волинська	0,72	71,3	0,61	35,9
Дніпропетровська	0,48	33,5	0,20	13,7
Донецька	0,56	32,0	0,39	31,8
Житомирська	0,06	5,6	0,17	10,1
Запорізька	0,42	31,3	0,35	26,1
Київська	0,27	14,7	0,58	26,1
Кіровоградська	0,58	30,4	0,31	16,9
Луганська	0,34	21,3	0,26	18,2
Миколаївська	0,50	35,1	0,32	24,1
Одеська	0,31	22,6	0,64	43,9
Полтавська	0,53	22,3	0,34	15,1
Рівненська	0,23	33,2	0,36	23,9
Сумська	0,35	18,2	0,53	21,4
Тернопільська	0,49	32,3	0,36	27,0
Харківська	0,45	21,1	0,36	17,1
Херсонська	0,35	33,8	0,31	18,8
Хмельницька	0,84	42,0	0,64	23,0
Черкаська	0,47	19,5	0,41	15,8
Чернігівська	0,28	18,0	0,33	18,9

*без урахування АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей.

Висока варіабельність урожайності проса посівного відмічена в більшості досліджуваних регіонів України у проміжок з 2011 до 2015 р. Дуже висока варіабельність спостерігалась у Вінницькій та Волинській областях. Коефіцієнт варіації становив 50,1 та 71,3 відповідно. У Хмельницькій області також відзначено високу варіабельність урожайності – коефіцієнт варіації 42,0.

За період 2016–2020 рр. висока варіабельність показника врожайності відзначена у Вінницькій, Волинській, Донецькій, Запорізькій, Київській, Миколаївській, Рівненській, Сумській, Тернопільській та Хмельницькій областях. Слід зазначити, що достатньо високий рівень варіабельності спостерігався в Одеській області. Коефіцієнт варіації – 43,9. Найменш варіабельною врожайністю проса посівного за періоди 2011–2015 та 2016–2020 рр. була в Житомирській області. Як видно з попереднього аналізу, у цій області впродовж досліджуваних років просо посівне формувало не високу врожайність.

Висока варіабельність урожайності проса посівного впродовж досліджуваних років може бути зумовлена зміною клімату України на більш посушливий, за умов якого доцільніше вирощувати посухостійкі культури. Також однією з причин може бути впровадження нових технологій вирощування протягом останніх років, які сприяють підвищенню врожайності у певних регіонах [16].

За методикою Ебергарда–Рассела умови вирощування з коефіцієнтом регресії $\beta > 1$ відносять до високопластичних, за умови $1 > \beta > 0$ – до відносно низькопластичних за врожайністю проса посівного. Показники екологічної пластичності та стабільності наведено в таблиці 4.

Аналіз даних пластичності й стабільності врожайності проса посівного в різних регіонах України дав змогу дати повну характеристику умовам вирощування за екологічною пластичністю й стабільністю врожайності проса та розподілити регіони за обмежувальними чинниками середовища.

Таблиця 4

Стабільність (β) та пластичність (W) урожайності
проса посівного за регіонами України

Region	2011–2015 pp.		2016–2020 pp.	
	β	W	β	W
Вінницька	1,70	$7,42 \times 10^4$	2,55	$9,25 \times 10^4$
Волинська	-2,11	$7,72 \times 10^4$	1,22	$9,63 \times 10^4$
Дніпропетровська	1,49	$7,51 \times 10^4$	-0,37	$9,76 \times 10^4$
Донецька	1,81	$7,35 \times 10^4$	1,54	$9,90 \times 10^4$
Житомирська	0,05	$7,69 \times 10^4$	-0,11	$9,64 \times 10^4$
Запорізька	1,26	$7,54 \times 10^4$	0,92	$9,83 \times 10^4$
Київська	0,93	$7,31 \times 10^4$	2,60	$9,34 \times 10^4$
Кіровоградська	2,27	$7,27 \times 10^4$	1,55	$9,57 \times 10^4$
Луганська	1,03	$7,41 \times 10^4$	1,26	$9,77 \times 10^4$
Миколаївська	1,62	$7,50 \times 10^4$	0,80	$9,84 \times 10^4$
Одеська	0,73	$7,52 \times 10^4$	-2,59	$9,76 \times 10^4$
Полтавська	1,89	$7,04 \times 10^4$	1,42	$9,32 \times 10^4$
Рівненська	-0,63	$7,87 \times 10^4$	0,10	$9,74 \times 10^4$
Сумська	1,28	$7,27 \times 10^4$	2,01	$9,20 \times 10^4$
Тернопільська	1,68	$7,47 \times 10^4$	0,18	$9,83 \times 10^4$
Харківська	1,72	$7,15 \times 10^4$	1,39	$9,40 \times 10^4$
Херсонська	0,97	$7,70 \times 10^4$	0,55	$9,64 \times 10^4$
Хмельницька	0,04	$7,23 \times 10^4$	2,83	$9,04 \times 10^4$
Черкаська	1,30	$7,02 \times 10^4$	0,96	$9,14 \times 10^4$
Чернігівська	0,97	$7,43 \times 10^4$	1,19	$9,60 \times 10^4$

*без урахування АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей.

У період 2011–2015 pp. високою пластичністю врожайності проса посівного характеризувались умови Вінницької, Донецької, Київської, Кіровоградської, Полтавської, Сумської, Харківської, Хмельницької та Черкаської областей (рис. 1).

У 2016–2020 pp. умови, що склались у Вінницькій, Київській, Полтавській, Сумській, Харківській, Хмельницькій та Черкаській областях, були сприятливими для отримання високої продуктивності проса посівного (рис. 2).

Висока пластичність урожайності у поєднанні з низьким значенням коефіцієнта стабільності реакції (W) характеризує регіони з інтенсивними умовами. Зокрема, за період 2011–2015 pp. інтенсивні умови вирощування проса посівного склались у Донецькій, Київській, Кіровоградській, Полтавській, Сумській, Харківській, Хмельницькій та Черкаській областях (рис. 3).

У проміжок із 2016 до 2020 p. інтенсивністю умов вирощування проса посівного характеризувались Вінницька, Київська, Полтавська, Сумська, Харківська, Хмельницька та Черкаська області (рис. 4).

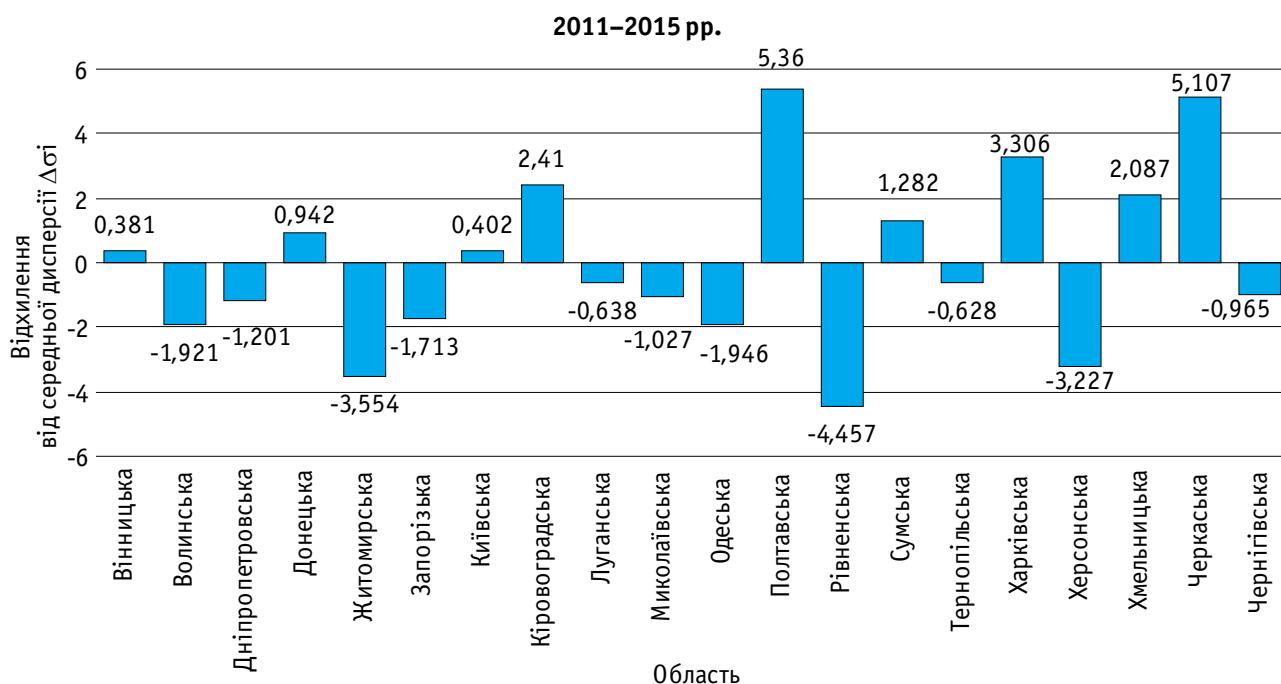


Рис. 1. Відхилення середньої дисперсії врожайності проса посівного за 2011–2015 pp. за регіонами України (без урахування АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей)

Таким чином, найсприятливішими для отримання високих урожаїв проса посівного були погодні умови, що склалися протягом 2011–2020 pp. у регіонах Лісостепу України: Київській, Полтавській, Сумській, Харківській, Хмельницькій та Черкаській областях. Варто зазначити, що лімітовані умови вирощування проса посів-

ного впродовж досліджуваних років склалися тільки в Луганській області у 2011–2015 pp.

Попри достатньо високу кількість регіонів України, умови в яких сприяли високій пластичності врожайності проса посівного, за період 2011–2015 pp. низька пластичність рівня продуктивності культури спосте-

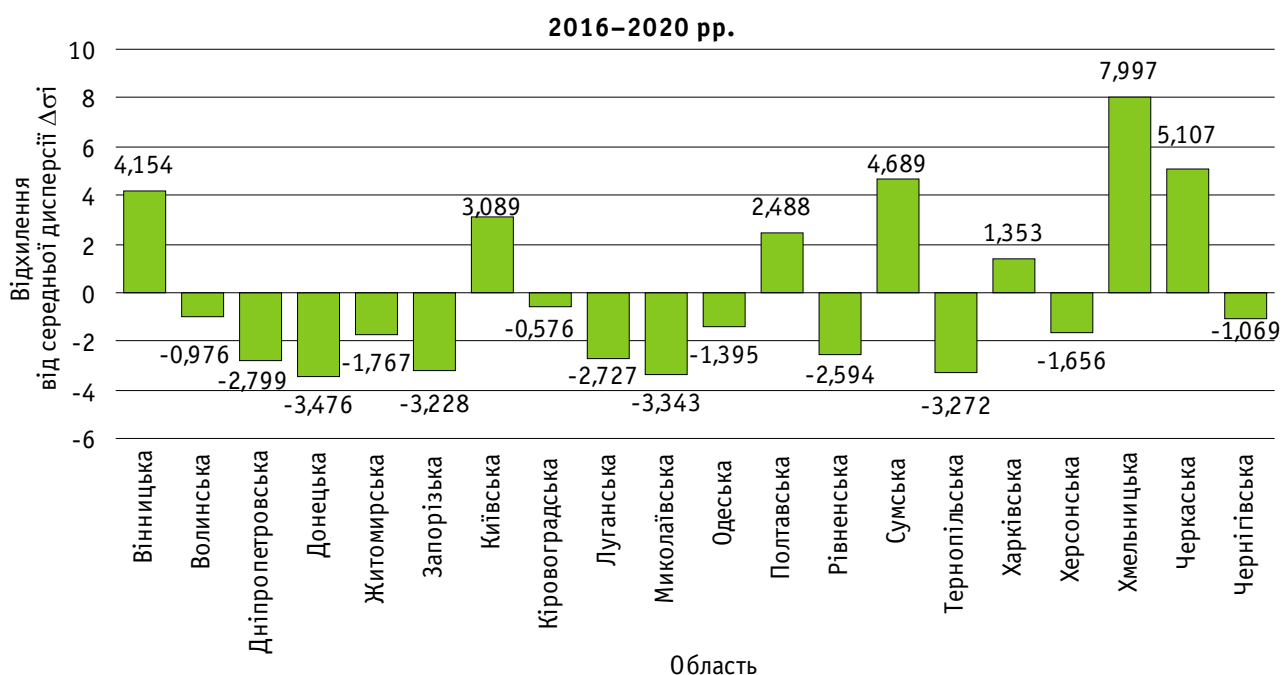


Рис. 2. Відхилення середньої дисперсії врожайності проса посівного за 2016–2020 рр. за регіонами України (без урахування АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей)

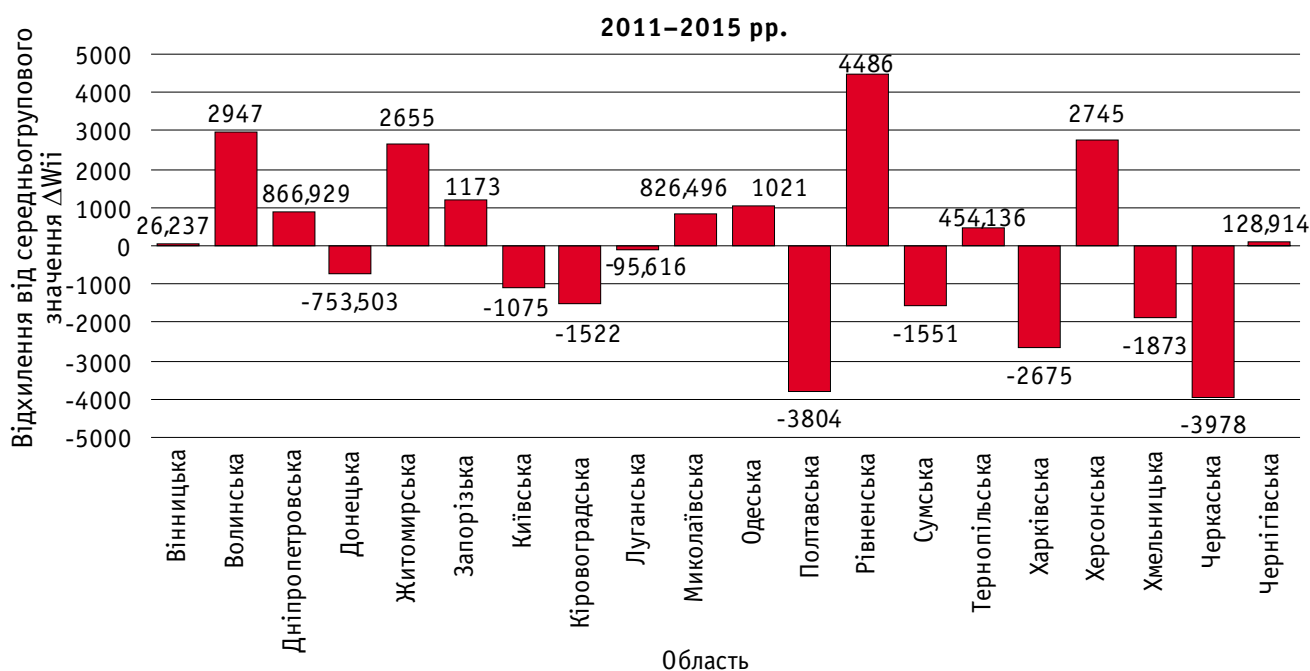


Рис. 3. Відхилення ознаки стабільності за врожайністю проса посівного за 2011–2015 рр. за регіонами України (без урахування АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей)

рігаласть переважно в зонах Степу та Полісся. Неприятливі умови для ефективного реалізації рослинами біологічного потенціалу у 2016–2020 рр. також склалися в регіонах Степу та Полісся. Однак, слід зазначити, що в степовій зоні тільки в Донецькій області у 2011–2015 рр. відзначено формування інтенсивних умов для реалізації біологічного потенціалу проса посівного. Умови, що склалися в Донецькій області у 2016–2020 рр.,

можна віднести переважно до таких, що чинять екстремальний вплив на формування врожайності.

Отже, зважаючи на глобальні зміни клімату, у зв'язку зі збільшенням регіонів із недостатньою вологою та, як наслідок, зміщенням меж ґрунтово-кліматичних зон в Україні, найсприятливішими умовами для вирощування проса посівного у 2011–2020 рр. була зона Лісостепу.

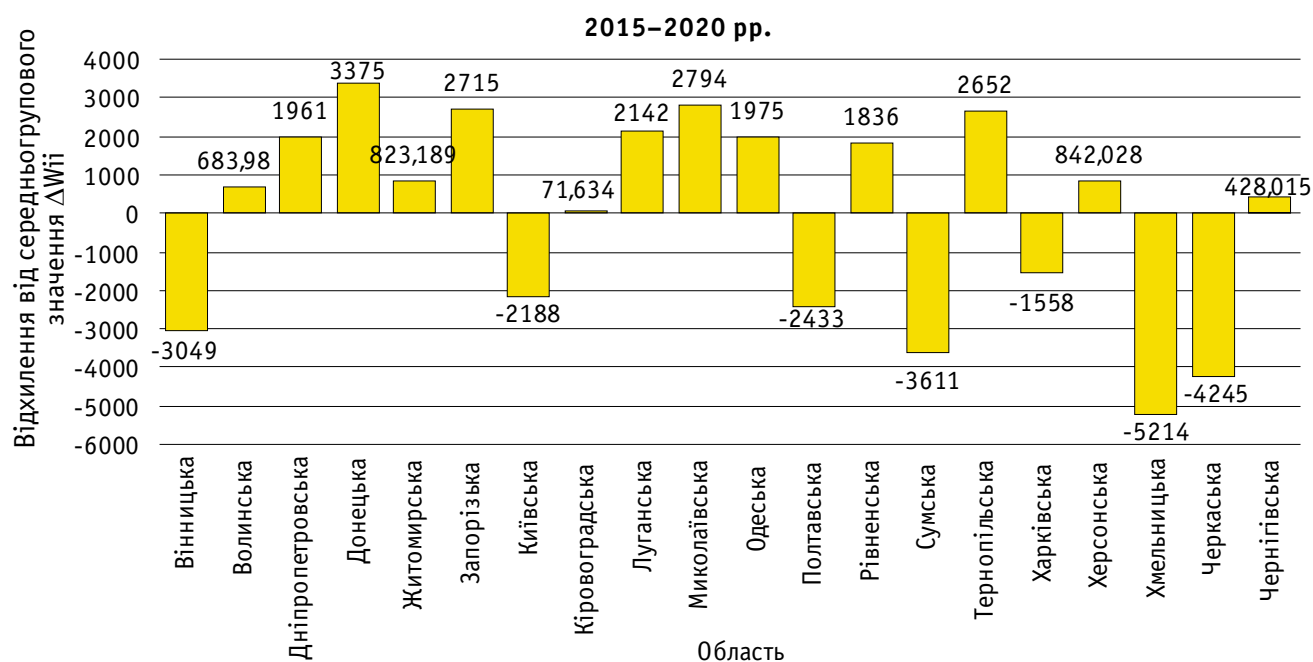


Рис. 4. Відхилення ознаки стабільності за врожайністю проса посівного за 2016–2020 рр. за регіонами України (без урахування АР Крим, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей)

Під час дослідження екологічної пластичності та стабільності сортів проса посівного у східній частині Лісостепу України [8], визначено, що генотиповий складник сорту значною мірою впливає на продуктивність у зоні нестійкого зволоження. Дослідженнями Шевель та ін. [17] показано ефективність використання стійких до посухи сортів проса посівного в умовах Півдня України.

У роботі Беленіхіної та ін. [9] на основі аналізу адаптивності сортів проса посівного в регіонах України з різним рівнем зволоження показано, що певні сорти проса посівного реалізують свій генетичний потенціал у більш посушливих умовах вирощування, а інші – вимогливіші до забезпечення зволених умов вирощування.

Таким чином, зважаючи на результати наших досліджень щодо формування продуктивності проса посівного в різних регіонах України, для отримання високого врожаю цієї культури слід урахувати особливості певної ґрунтово-кліматичної зони.

Висновки

У результаті досліджень визначені кореляційні залежності між площами, зайнятими під просом посівним в Україні та світі, а також у регіонах та країнах світу, які є основними виробниками цієї культури. Установлено, що обсяги вирощування проса посівного в Україні у 2011–2020 рр. залежали від світового попиту на цю культуру. Виз-

начено регіони України, які забезпечили найбільшу врожайність та валовий збір проса посівного в Україні. Показано, що за досліджувані роки найбільший збір проса посівного забезпечили регіони зони Лісостепу та Степу (Донецька область).

Визначено високу варіабельність урожайності проса посівного в усіх регіонах України впродовж 2011–2020 рр., що може бути зумовлено зміною як ґрунтово-кліматичних умов, так і технологічних заходів вирощування. Найвищу продуктивність проса посівного отримали в регіонах Лісостепу України: Київській, Полтавській, Сумській, Харківській, Хмельницькій та Черкаській областях, про що свідчать результати аналізу пластичності та стабільності врожайності культури впродовж 2011–2020 рр.

Протягом досліджуваних років несприятливі умови для вирощування проса посівного склалися у Луганській області (2011–2015 рр.), однак за цей же проміжок часу в степовій зоні високу продуктивність проса забезпечила Донецька область із високими показниками пластичності врожайності.

Таким чином, регіони з низькою пластичністю врожайності проса посівного не забезпечують високий рівень урожайності та не є перспективними для значного поширення посівних площ під цією культурою. У регіонах із високою пластичністю врожайності проса посівне в роки зі сприятливими умовами реалізує свій біологічний потенціал на значному рівні.

Використана література

- Abah C. R., Ishiwu C. N., Obiegbona J. E., Oladejo A. A. Nutritional composition, functional properties and food applications of millet grains. *Asian. J. Agric. Food Sci.* 2020. Vol. 14, Iss. 2. P. 9–19. doi: 10.9734/AFSJ/2020/v14i230124
- Saleh A. S., Zhang Q., Chen J., Shen Q. Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2013. Vol. 12, Iss. 3. P. 281–295. doi: 10.1111/1541-4337.12012
- Karaś M., Jakubczyk A., Szymanowska U. et al. Different temperature treatments of millet grains affect the biological activity of protein hydrolyzates and peptide fractions. *Nutrients*. 2019. Vol. 11, No. 3. 550. doi: 10.3390/nu11030550
- Chandrasekara A., Nacz M., Shahidi F. Effect of processing on the antioxidant activity of millet grains. *Food Chem.* 2012. Vol. 133, Iss. 1. P. 1–9. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.09.043
- Budhwar S., Sethi K., Chakraborty M. Efficacy of germination and probiotic fermentation on underutilized cereal and millet grains. *Food Prod. Process. Nutr.* 2020. Vol. 2. 12. doi: 10.1186/s43014-020-00026-w
- Гамаюнова В. В., Шевель В. І., Клімбовський С. О. Культура проса на Півдні України. *Родючий ґрунт – запорука добробуту : матер. регіональної наук.-практ. конф., присв. Все-світньому дню ґрунту (м. Суми, 2016 р.)*. Суми, 2016. С. 46–47.
- Рудник-Іващенко О. І., Григоращенко Л. В. Особливості фотосинтезу рослин проса посівного. *Вісн. аграр. науки*. 2010. № 7. С. 35–38.
- Беленіхіна А. В., Костромітін В. М. Сортовивчення проса посівного за агрологічною стабільністю і пластичністю. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 106. С. 141–147. doi: 10.30835/2413-7510.2014.42143
- Беленіхіна А. В., Костромітін В. М., Глибокий О. М. Адаптивність і екологічна пластичність сортів проса залежно від умов року. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської обл.* 2013. Вип. 15. С. 10.
- Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
- Присяжнюк О. І., Король Л. В. Оцінка сортів гороху на основі кореляції кількісних ознак та індексів. *Plant Var. Stud. Prot.* 2016. Т. 33, № 4. С. 51–55. doi: 10.21498/2518-1017.4(33).2016.88674
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC>
- Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.
- Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. Vol. 6, No. 1. P. 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
- Присяжнюк О. І., Сторожик Л. І., Завгородня С. В. Екологічна пластичність сорго зернового. *Новітні агротехнології*. 2019. № 7. doi: 10.47414/na.7.2019.204818
- Аверчев О. В., Нікітенко М. П. Вирощування просо в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 116, Ч. 2. С. 26–27. doi: 10.32851/2226-0099.2020.116.2.7
- Шевель В. І., Коновалов С. С., Бичкова Ю. В., Огар Р. О. Культура проса на Півдні України. *Інноваційні розробки молоді – сучасному землеробству : збірник матер. Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених (м. Херсон, 15 травня 2018 р.)*. Херсон, 2018. С. 90–92.
- Saleh, A. S., Zhang, Q., Chen, J., & Shen, Q. (2013). Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 12(3), 281–295. doi: 10.1111/1541-4337.12012
- Karaś, M., Jakubczyk, A., Szymanowska, U., Jęderka, K., Lewicki, S., & Złotek, U. (2019). Different temperature treatments of millet grains affect the biological activity of protein hydrolyzates and peptide fractions. *Nutrients*, 11(3), 550. doi: 10.3390/nu11030550
- Chandrasekara, A., Nacz, M., & Shahidi, F. (2012). Effect of processing on the antioxidant activity of millet grains. *Food Chem.*, 133(1), 1–9. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.09.043
- Budhwar, S., Sethi, K., & Chakraborty, M. (2020). Efficacy of germination and probiotic fermentation on underutilized cereal and millet grains. *Food Prod. Process. Nutr.*, 2, 12. doi: 10.1186/s43014-020-00026-w
- Hamaiunova, V. V., Shevel, V. I., & Klimbovskiy, S. O. (2016). Millet crop in the South of Ukraine. In *Rodiuchy grunt – zaporka dobrobutu: materialy rehionalnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoi Vsesvitnomu dniu gruntu* [Fertile soil – the key to prosperity: materials of the regional scientific-practical conference dedicated to the World Soil Day] (pp. 46–47). Sumy, Ukraine. [in Ukrainian]
- Rudnyk-Ivashchenko, O. I., & Hryhorashchenko, L. V. (2010). Features of photosynthesis of millet plants. *Visn. agrar. nauki* [Bull. Agric. Sci.], 7, 35–38.
- Bielienikhina, A. V., & Kostromitin, V. M. (2014). Varietal study of grain millet for sowing on agroecological stability and plasticity. *Selekciâ i nasinnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 106, 141–147. doi: 10.30835/2413-7510.2014.42143 [in Ukrainian]
- Bielienikhina, A. V., Kostromitin, V. M., & Hlubokiy, O. M. (2013). Adaptability and ecological plasticity of millet varieties depending on the conditions of the year. *Visnik Centru naukovogo zabezpechennâ APV Harkivs'koï oblasti* [Bulletin of the Center for Science Provision of Agribusiness in the Kharkiv region], 15, 10. [in Ukrainian]
- Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy* [State Statistics Service of Ukraine]. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian]
- Prisyazhniuk, O. I., & Koroł, L. V. (2016). Evaluation of pea varieties based on correlation of quantitative traits and indices. *Plant Var. Stud. Prot.*, 4, 51–55. doi: 10.21498/2518-1017.4(33).2016.88674. [in Ukrainian]
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC>
- Ermantraut, E. R., Prisyazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6.0* [Statistical analysis of agronomic study data in the Statistica 6.0 software suite]. Kyiv: PolihrafKonsaltnyh. [in Ukrainian]
- Eberhart, S. A., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6(1), 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
- Prisyazhniuk, O. I., Storozhyk, L. I., & Zavorodnia, S. V. (2019). Ecological plasticity of grain sorghum. *Novitni agrotehnologii* [Advanced Agritechnologies], 7. doi: 10.47414/na.7.2019.204818. [in Ukrainian]
- Averchev, O. V., & Nikitenko, M. P. (2020). Growing millet in the South of Ukraine. *Tavrijskij naukovij visnik* [Tavria Scientific Bulletin], 116, 26–27. [in Ukrainian]
- Shevel, V. I., Konovalov, S. S., Bychkova, Yu. V., & Ohar, R. O. (2018). Millet crop in the South of Ukraine. In *Innovatsiini rozrobky molodi – suchasnomu zemlerobstvu: zbirnyk materialiv mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh* [Innovative developments of youth – modern agriculture: book of proceedings of the international scientific and applied conference of young scientists] (pp. 90–92). May 15, 2018, Kherson, Ukraine. [in Ukrainian]

References

- Abah, C. R., Ishiwu, C. N., Obiegbona, J. E., & Oladejo, A. A. (2020). Nutritional composition, functional properties and food applications of millet grains. *Asian Food Sci. J.*, 14(2), 9–19. doi: 10.9734/AFSJ/2020/v14i230124

UDC 633.171:311.14/15

Prysiazhniuk, L. M., Nochvina, O. V., Shytikova, Yu. V., Mizerna, N. A., & Hryniv, S. M. (2021). Ecological plasticity and stability of common millet (*Panicum miliaceum* L.) productivity in different environmental conditions of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(2), 146–154. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.2.2021.236522>

*Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: prysiazhniuk_l@ukr.net*

Purpose. To estimate the ecological plasticity of common millet yield under conditions of Steppe, Forest-Steppe and Forest of Ukraine. **Methods.** Mathematical and statistical: determination of stability and plasticity by Eberhart & Russell method, correlation analysis. **Results.** As a result of correlation analysis of millet cultivated areas during the period of 2011–2020, it was revealed that cultivated areas in Ukraine depend on the world ones ($r = 0.34$). It was determined that a high level of common millet yield was obtained in the Forest-Steppe zone, namely in Poltava, Khmelnytskyi, Cherkasy, Sumy and Kharkiv regions (2.20–2.51 t/ha). Quite high rates of yield were obtained in Vinnytsia, Kyiv (Forest-Steppe zone) and Kirovohrad (Steppe zone) regions (1.86–2.02 t/ha). Low yield over 10 years was noted in Rivne, Zhytomyr and Volyn regions, which belong to the Forrest zone (1.09–1.34 t/ha). It is shown that during 2011–2015 high variability of millet yield was observed in Khmelnytskyi, Vinnytsia and Volyn regions. The coefficient of variation was 42.0–71.3%. During 2016–2020 significant variation was

noted in Donetsk, Volyn and Odesa regions. The coefficient of variation was 31.8–43.9%. In the period from 2016 to 2020, high plasticity of the yield trait was noted in Vinnitsa, Kyiv, Kharkiv, Poltava, Cherkasy, Sumy and Khmelnytsky regions. During 2016–2020 high plasticity trait of millet yield was in Vinnytsia, Kyiv, Sumy, Kharkiv, Khmelnytskyi, Cherkasy and Poltava regions. **Conclusions.** According to the results of the studies, it was found that with a reduction in the area under millet in the world, the volume of its production in Ukraine increases. It was determined that the highest yield of millet was obtained in the Forest-Steppe zone during the years of observation. According to the plasticity of millet yield, it was found that favorable conditions for realization of its biological potential were in Donetsk and Kirovohrad regions of Steppe zone, in Forest-Steppe zone of Vinnytsia, Poltava, Kyiv, Kharkiv, Khmelnytskyi, Cherkasy and Sumy regions.

Keywords: common millet; plasticity; yield; cultivated area; coefficient of variation.

Надійшла / Received 19.05.2021
Погоджено до друку / Accepted 24.06.2021