

УДК 633.2:57.017.3:631.5

Адаптивність польових культур за змінних умов вирощування

Каленська С. М. *, Єременко О. А., Таран В. Г., Крестьянінов Є. В., Риженко А. С.

Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, *e-mail: svitlana.kalenska@gmail.com

Мета. Встановити пластичність і стабільність гібридів кукурудзи та соняшнику щодо врожайності за змінних абіотичних чинників довкілля та ідентифікувати їх за рівнем урожайності в різних зонах України. **Методи.** Польові багатofакторні досліди, математичні методи аналізування даних. **Результати.** Представлено результати досліджень щодо пластичності й стабільності польових культур у різних ґрунтово-кліматичних зонах України на прикладі врожайності гібридів кукурудзи та соняшнику, актуальність виробництва яких у різних зонах України є високою. Середня врожайність гібридів кукурудзи є високою та стабільною: в Лівобережному Лісостепу – від 8,67 до 11,6 т/га, в Правобережному Лісостепу – 6,82–12,1 т/га за коефіцієнта пластичності 0,14–1,93. З 29 досліджуваних гібридів 8 виявилися високопластичними – $b = 1,3–1,93$; поєднання високої пластичності та стабільності встановлено лише для двох гібридів – ‘Р8529’ ($b = 1,49$; $\sigma_d = 0,09$) та ‘ЄС Бітл’ ($b = 1,42$, $\sigma_d = 0,29$). Високочутливими до умов вирощування є ‘Оржиця 237 МВ 58’, Аспід’, ‘Аякс’, ‘Коксімо’, ‘Алвіто’ ($b = 0,14–0,54$). Встановлено реакцію гібридів на ущільнення посіву та норми мінеральних добрив. Через формування кореневої системи з певною морфологією врожайність впродовж 2015–2017 рр. змінювалася від 6,82 до 12,1 т/га. Пластичність більшості гібридів наближалася до одиниці. У Правобережному Лісостепу забезпечення вологою є більш обмежувальним чинником, ніж у Лівобережному Лісостепу. Реалізація потенціалу врожайності гібридів соняшнику є значно вищою в Лівобережному Лісостепу – від 2,10 до 3,68 т/га, порівняно з Південним Степом – 0,81 до 3,07 т/га. **Висновки.** Встановлення коефіцієнтів пластичності та стабільності дозволяє ідентифікувати стабільні за урожайністю гібриди кукурудзи та соняшнику, з високим рівнем пластичності та рекомендувати їх для виробництва в певних регіонах вирощування. Адаптивні технології вирощування обумовлюють підвищення стабільності урожайності гібридів.

Ключові слова: кукурудза, соняшник, гібриди, урожайність, стабільність, пластичність.

Вступ

Адаптивність видів, сортів, гібридів, яка виявляється через стабільність та пластичність є важливою ознакою за змінних абіотичних і біотичних чинників довкілля. Дослідження пластичності й стабільності польових культур на прикладі врожайності гібридів культур, які нині мають широке поширення у виробництві – кукурудза і соняшник, є актуальним. Кукурудза і соняшник представлені значним переліком гібридів, які належать до різних груп стиглості, різняться між собою за морфологічними та біологічними особливостями росту й розвитку та формування врожайності, а тому встановлення їх адаптивності в різних зонах вирощування є надзвичайно важливим.

Упродовж свого історичного розвитку людина намагалася адаптувати нові види, створити сорти й гібриди, розробити адаптивні технології їх вирощування з урахуванням змінних умов їх вирощування [1, 2]. Але глобальні зміни клімату та погоди зумовлюють і зростання темпів змін довкілля – підвищення температури, нерівномірні опади, посухи та інше, в зв'язку з чим прогнозується і значний вплив різних негативних чинників на врожай та якість врожаю [3].

Виклики, які стоять перед людством щодо забезпечення продуктами харчування більш ніж 9 мільярдів людей, які прогнозується будуть проживати на нашій планеті в 2050 році є

досить складними. Наслідки зміни клімату є очевидними і відсутні ознаки того, що вони будуть зворотними в найближчому майбутньому, тому завдання формування адаптивних агроценозів є критичним з погляду глобальної продовольчої безпеки та політичної стабільності в світі [4].

Здатність до захисту за дії несприятливих чинників довкілля – властивість будь-якого організму, яка з'явилася одночасно з виникненням перших живих організмів і в процесі подальшої еволюції розвивалася й удосконалювалася [2, 5]. Надійність організму виявляється в ефективності його захисних пристосувань, у його стійкості до дії несприятливих чинників довкілля або стресорів [6–8].

Стратегія адаптивної інтенсифікації рослинництва базується на використанні адаптивного потенціалу агрофітоценозу, комплексному підході до підвищення його адаптивності, використанні можливостей селекції, екзогенної регуляції адаптивних реакцій, оптимізації умов зовнішнього середовища, конструюванні високопродуктивних та екологічно стійких агрофітоценозів [9–12]. Сорт є стабільним, якщо він за врожайністю є стійким до широкого діапазону дії чинників довкілля. Проте підвищення потенційної продуктивності сортів і агрофітоценозів не є єдиним шляхом інтенсифікації рослинництва – лише стійкий ріст середньої врожайності культур за багаторічний період може бути надійним критерієм ефективності [13–16].

Стійкість та адаптація агроценозів, рослин до дії біотичних та абіотичних чинників є основою стабільного виробництва продукції рослинництва [17, 18]. За значної кількості сортів та гібридів польових культур, які нині пропонуються виробництву, важливо обрати власне ті, які характеризуються стабільністю формування врожайності та є пластичними до умов довкілля [19, 20].

Мета досліджень – встановити пластичність і стабільність гібридів кукурудзи та соняшнику щодо врожайності за змінних абіотичних чинників довкілля та ідентифікувати їх за рівнем урожайності в різних зонах України.

Матеріали та методика досліджень

З метою встановлення особливостей формування врожайності гібридів кукурудзи, а також її стабільності та пластичності в умовах Правобережного та Лівобережного Лісостепу України польові дослідження проводили впродовж 2014–2017 рр. [21]. У Лівобережному Лісостепу України в польовому досліді встановлювали особливості формування врожайності 29 гібридів кукурудзи різного еко типу (табл. 1). У Правобережному Лісостепу на чорноземах типових (с. Зікрачі, Кагарлицький р-н, Київська обл.) у польовому багатофакторному досліді встановлювали обумовленість стабільності та пластичності гібридів залежно від досліджуваних чинників: *фактор А* – гібрид: ‘Дніпровський 257 СВ’, ‘Сігма’, ‘Ragt’, ‘Олександра’, ‘Гарант’, ‘Кубус’, ‘Москіто’, ‘Сенсор’, ‘КВС 381’; *фактор В* – норма висіву: 60 і 90 тис. шт. схожих насінин на гектар; *фактор С* – норма добрив: $N_{60}P_{45}K_{45}$; $N_{90}P_{60}K_{60}$; $N_{120}P_{105}K_{105}$; $N_{150}P_{135}K_{135}$. Кукурудзу в обох дослідіх висівали в період 30 квітня – 4 травня.

Території проведення досліджень у зоні Лісостепу належать до району з помірно-континентальним кліматом та достатньою кількістю опадів (ГТК – 1–2), проте їх розподіл впродовж року та за окремими роками є дуже нерівномірним. У середньому за рік випадає 560 мм опадів з коливаннями в розрізі років від 270 до 730 мм. Середня температура повітря за рік становить 6,8–7,6 °С.

Дослідження пластичності та стабільності гібридів соняшнику проводили в контрастних умовах вирощування – в зоні Південного Степу на чорноземах південних та в Лівобережному Лісостепу на чорноземах типових. Дослідження в Лівобережному Лісостепу України проводили впродовж 2016–2017 рр. на базі ФГ «Зернятко» Бахмацького р-ну Чернігівської області. Польовий багатофакторний дослід передбачав дослідження реакції гібридів (*чинник А*): ‘Український Ф1’, ‘Р63LL06’, ‘НК Бріо’, ‘НК Ферті’ на густоту стояння рослин у посіві перед збиранням (*чинник В*): 50, 55, 60, 65 тис. шт./га (табл. 2). У Південному Степу протягом 2014–2017 рр. у Мелітопольському районі проводили екологічне випробування 29 гібридів соняшнику (табл. 3).

Визначення стабільності та пластичності гібридів за врожайністю проводили відповідно до методики Еберхарда–Рассела, при цьому за критерій «пункт» використано критерій «погодні умови року» [22]. У такій модифікації визначили показники стабільності й пластичності гібридів порівняно з метеорологічними умовами пункту проведення досліджень.

Результати досліджень

Середня врожайність гібридів кукурудзи за вирощування в Лівобережному Лісостепу України була відносно високою та стабільною – від 8,67 до 11,6 т/га. У зв'язку з чим розрахунки пластичності та стабільності врожайності гібридів зроблені на межі її максимальних рівнів у більшості гібридів. У розрізі ж років мінливість урожайності гібридів кукурудзи була значно більшою – від 7,62 до 12,5 т/га (табл. 1).

Таблиця 1

Пластичність та стабільність урожайності гібридів кукурудзи в Лівобережному Лісостепу України

Гібрид	ФАО	Урожайність, т/га					b	σd
		2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	Y _i		
Бангі	190	9,31	8,42	9,34	9,23	9,07	0,62	3,19
PR39 A61	200	10,2	9,13	10,3	10,3	9,97	0,74	11,5
PR39A50	200	10,6	9,28	10,8	10,4	10,3	0,98	3,40
ЄС Марко	200	9,31	8,32	9,54	9,14	9,08	0,77	2,62
DKC 2870	210	11,6	10,5	11,8	10,2	11,0	0,89	37,9
ЄС Лаймс	210	10,4	8,92	10,5	9,73	9,87	1,06	0,31
Аспід	210	10,2	9,63	10,1	9,57	9,87	0,39	4,55
Арабіка	210	9,23	8,25	9,15	8,51	8,78	0,69	3,25
Аякс	210	9,93	9,27	10,2	9,93	9,82	0,53	3,05
Оржиця 237 МВ	220	9,02	8,95	9,27	8,97	9,05	0,14	1,91
Коксімо	220	9,19	8,38	9,18	9,24	9,00	0,54	5,78
ЄС Бітл	230	10,4	8,42	10,5	9,53	9,69	1,42	0,29
Алвіто	230	9,35	8,63	9,41	9,01	9,10	0,54	0,27
Хендрікс	240	10,1	9,19	10,2	9,75	9,78	0,72	0,15
ЛГ 32.85	240	10,9	8,23	11,1	10,4	10,1	1,93	10,0
PR39T45	250	10,3	8,43	10,3	9,74	9,68	1,3	2,19
ЛГ 22.44	250	9,04	7,62	9,24	8,76	8,67	1,06	3,78
Лайка	250	9,48	7,96	9,21	8,85	8,87	0,98	1,85
Таксоа	260	11,9	9,57	11,7	10,1	10,8	1,65	21,7
DKC 3759	260	10,8	8,54	10,9	10,9	10,3	1,6	35,7
Мас 24.А	260	9,02	8,03	9,11	8,54	8,67	0,74	0,59
DKC 3472	270	10,7	9,40	10,5	10,4	10,3	0,86	3,29
P8529	270	10,9	8,83	10,9	10,1	10,2	1,49	0,09
PR39B76	275	11,2	9,75	11,3	10,6	10,7	1,07	0,81
Полюкс	290	10,9	9,20	10,7	10,3	10,3	1,14	2,08
PR38N86	320	12,5	9,46	11,4	10,5	11,0	1,79	29,9
ЛГ 32.58	320	11,7	9,87	11,5	10,4	10,9	1,32	12,6
ЄС Нінфеа	330	10,4	9,15	10,1	9,54	9,78	0,77	4,00
Рулекс	350	12,5	10,5	12,2	11,0	11,6	1,3	12,8
Середнє	–	10,4	8,96	10,4	9,78	9,9	1,00	7,6

Примітка. Y_i – середня врожайність; b – коефіцієнт пластичності; σd – коефіцієнт стабільності.

Діапазон коливань коефіцієнта пластичності становив від 0,14 до 1,93. З 29 досліджуваних гібридів лише вісім мали досить високу пластичність: 'ЛГ 32.85' ($b = 1,93$), 'PR38N86' ($b = 1,79$), 'Таксоа' ($b = 1,65$), 'ДКС 3759' ($b = 1,60$), 'P8529' ($b = 1,49$), 'ЄС Бітл' ($b = 1,42$), 'ЛГ 32.58' ($b = 1,32$), 'PR39T45' ($b = 1,3$), 'Рулекс' ($b = 1,3$). Поєднання високої пластичності та стабільності врожайності з усієї вибірки гібридів було встановлено лише для двох гібридів – 'P8529' ($b = 1,49$ за $\sigma_d = 0,09$) та 'ЄС Бітл' ($b = 1,42$ за $\sigma_d = 0,29$). Високочутливими до погодних умов вирощування виявилися такі гібриди як: 'Оржиця 237' 'МВ 58' ($b = 0,14$), 'Аспід' ($b = 0,39$), 'Аякс' ($b = 0,53$), 'Коксімо', 'Алвіто' ($b = 0,54$).

Усі інші гібриди за пластичністю наближаються до коефіцієнта близького до одиниці, тобто реалізація потенціалу врожайності й умови вирощування максимально наближенні до повної відповідності.

Середня врожайність кукурудзи за роками становила: в 2014 та 2016 рр. – 10,4 т/га, у 2015 р. – 8,06 т/га, у 2017 р. – 9,78 т/га. Середня врожайність за роки проведення досліджень – 9,9 т/га.

В умовах Правобережного Лісостепу України врожайність гібридів також була стабільно високою і залежала як від впливу технологічних чинників, так і забезпечення вологою. Морфологія рослин гібридів також зумовлює варіювання врожайності за змінних умов вирощування. Гібриди по-різному реагують на ущільнення посіву (зміна кількості рослин на час збирання – від 60 до 90 тис. шт./га) та норми мінеральних добрив шляхом формування кореневої системи з певною морфологією – урожайність впродовж 2015–2017 рр. змінювалася від 6,82 до 12,1 т/га. Пластичність більшості гібридів наближалася до одиниці, а стабільність урожайності варіювала в більших межах. У Правобережному Лісостепу чинник «волога» в 2015–2017 рр. був більш обмежуючим ніж у Лівобережному Лісостепу.

У контрастних умовах південного Степу та північної частини Лівобережного Лісостепу України проводили ідентифікацію гібридів соняшнику різного екотипу за стабільністю та пластичністю в умовах недостатнього та нестабільного забезпечення вологою. Гібриди суттєво різнилися між собою за реакцією на забезпечення вологою, низькі чи високі температури, схильністю до ураження хворобами та інші чинники.

За вирощування соняшнику в північній частині Лівобережного Лісостепу України реалізація потенціалу гібридів щодо врожайності була значно вищою порівняно з Південним Степом. У Лівобережному Лісостепу України в 2016–2017 рр. урожайність гібридів змінювалася від 2,16 до 3,98 т/га (табл. 2), тоді як у Південному Степу в 2014–2017 рр. – від 0,81 до 3,07 т/га (табл. 3).

Таблиця 2

Урожайність соняшнику в Лівобережному Лісостепу, т/га (2016–2017 рр.)

Гібрид	Рік	Густота стояння рослин, тис. шт./га			
		50	55	60	65
Український Ф1	2016	2,32	2,44	2,68	2,79
	2017	2,16	2,26	2,40	2,53
	Середнє	2,24	2,35	2,54	2,66
P63LL06	2016	2,88	2,99	3,48	3,20
	2017	2,58	2,75	3,12	3,02
	Середнє	2,73	2,87	3,30	3,11
НК Бріо	2016	3,34	3,63	3,98	3,69
	2017	3,20	3,41	3,68	3,41
	Середнє	3,27	3,52	3,83	3,55
НК Ферті	2016	3,04	3,10	3,56	3,24
	2017	2,70	2,96	3,36	3,12
	Середнє	2,87	3,03	3,46	3,18

РОСЛИНИЦТВО

Гібриди 'Український Ф1' та 'НК Ферті' позитивно або нейтрально реагували на збільшення густоти стояння рослин, тоді як 'Р63LL06' та 'НК Бріо' формували вищу врожайність за густоти стояння рослин до 60 тис. шт./га, а за подальшого загущення врожайність мала тенденцію до зниження. Урожайність гібридів впродовж двох років досліджень коливалася в межах: 'Український Ф1' – 2,16–2,79 т/га; 'Р63LL06' – 2,58–3,48; 'НК Бріо' – 3,20–3,98; 'НК Ферті' – 2,79–3,55 т/га. Реакція на загущення посівів проявлялася через зміну показників структури врожаю.

Таблиця 3

Пластичність та стабільність урожайності гібридів соняшнику в зоні Степу (2014–2017 рр.)

Гібрид	Урожайність, т/га					b	σd
	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	Y _i		
PR64F66	2,32	2,56	2,01	2,92	2,45	1,11	0,31
ЕС Белла	1,63	2,81	1,90	3,07	2,35	1,73	21,4
Естрада	2,14	2,33	1,73	2,88	2,27	1,37	1,45
ЕС Ніагара	1,74	2,80	1,89	2,59	2,25	1,16	16,4
ЕС Генезіс	2,19	2,87	1,26	2,62	2,24	1,87	15,4
СИ Кадікс	1,84	2,22	1,98	2,88	2,23	1,13	9,97
ЕС Артїк НО	2,05	2,52	1,80	2,46	2,21	0,91	2,50
Одеський 249	2,31	2,53	2,20	1,74	2,19	0,49	13,7
ЕС Терраміс	1,82	2,42	1,79	2,66	2,17	1,18	3,79
PR64LE25	1,94	2,48	1,60	2,66	2,17	1,41	1,27
НК Фортімї	1,99	1,75	2,11	2,48	2,08	0,24	12,4
Рїмісол	1,86	2,61	1,45	2,12	2,01	1,05	15,6
ЕС Романтїк НО	1,53	1,87	2,04	2,58	2,00	0,64	21,2
Персей	1,95	2,00	1,84	2,05	1,96	0,21	0,09
Субаро	1,83	1,98	1,04	2,97	1,95	2,35	6,06
ЕС Яніс	2,22	1,95	1,09	2,55	1,95	1,62	13,7
PR64HE118	2,00	1,75	1,64	2,38	1,94	0,72	6,39
ЕС Новамїс	1,78	2,22	1,01	2,63	1,91	2,06	0,74
Фантазія	1,89	2,46	1,34	1,91	1,90	0,89	16,8
СИ Есперто	1,91	1,75	1,38	2,52	1,89	1,24	7,11
НК Неома	2,21	1,95	1,21	2,09	1,86	0,95	14,4
Зубр	1,65	1,83	1,79	1,96	1,81	0,22	1,49
НК Ададжїо	1,99	2,04	1,27	1,78	1,77	0,63	11,3
Альфа	1,79	1,35	1,86	2,00	1,75	0,09	11,8
Логос	1,57	1,56	1,94	1,95	1,75	0,09	7,23
НС-Х-498	2,05	1,70	1,18	1,76	1,67	0,56	14,0
НС-Х-496	1,56	1,75	1,01	2,05	1,59	1,28	0,75
Ясон	1,45	1,59	1,36	1,80	1,55	0,52	0,37
Форвард	1,16	1,18	8,10	1,46	1,15	0,76	0,81
Середнє	1,87	2,1	1,82	2,33	1,97	1	8,57

Примітка. Y_i – середня врожайність; b – коефіцієнт пластичності; σd – коефіцієнт стабільності.

Упродовж 2014–2017 рр. у Південному Степу в польовому досліді оцінювали вибірку з 29 гібридів соняшнику за стабільністю та пластичністю їх урожайності (табл. 3). У вибірку були включені гібриди як вітчизняної, так і закордонної селекції. Діапазон змін урожайності в розрізі гібридів і років досліджень становив 0,81–3,07 т/га, а в середньому за роки в розрізі гібридів – 1,55–2,45 т/га. Середня врожайність гібридів соняшнику за роками становила:

2014 р. – 1,87 т/га; 2015 р. – 12,1; 2015 р. – 8,06; 2016 р. – 1,82; 2017 р. – 2,33 т/га, за середньої врожайності за всі роки досліджень – 1,97 т/га.

Найвищу врожайність в середньому за роки досліджень мали гібриди 'PR64F66' (2,45 т/га) та 'ЕС Белла' (2,35 т/га). Ще 11 гібридів формували врожайність вище 2,00 т/га, але нижче зазначених гібридів; 15 гібридів – від 1,50 до 1,99 т/га і один гібрид сформував урожайність нижче 1,50 т/га.

Найнижчу врожайність як у середньому за роками досліджень, так і в абсолютних показниках урожайності формували гібриди 'Форвад' (1,15 т/га з діапазоном змін від 0,81 до 1,46 т/га) та 'Ясон' (1,55 т/га з діапазоном змін від 1,36 до 1,80 т/га).

Гібриди соняшнику суттєво різняться за рівнем пластичності – діапазон зміни коефіцієнта пластичності становив 0,09–1,87. Стабільність гібридів соняшника щодо врожайності також є досить різною в межах представленої вибірки гібридів: коефіцієнт стабільності коливається від 0,09 до 21,4.

Аналіз рівня врожайності, яку формували гібриди, діапазон її змін та розрахунок коефіцієнта стабільності та пластичності дали змогу виділити групу гібридів, які позитивно реагують на оптимальні погодні умови вирощування шляхом значного підвищення врожайності: 'Субаро' ($b_i = 2,35$), 'ЕС Генезіс' ($b_i = 1,87$), 'ЕС Белла' ($b_i = 1,73$), 'Естрада' ($b_i = 1,37$), 'НС-Х-496' ($b_i = 1,28$).

Щодо стабільності врожайності варто акцентувати увагу на гібриді 'PR64F66', який у середньому за 2014–2017 рр. сформував найвищу врожайність і при цьому коефіцієнт стабільності становив 0,31, а коефіцієнт пластичності був близьким до одиниці. Тобто цей гібрид добре адаптується до змінних умов вирощування, формуючи стабільно високу врожайність – такої комбінації показників не було виявлено у жодного іншого гібрида серед 29 досліджених.

Висновки

Встановлені коефіцієнти пластичності та стабільності дають змогу ідентифікувати стабільні гібриди кукурудзи та соняшнику, гібриди з високим рівнем пластичності та рекомендувати їх для виробництва в певних регіонах вирощування.

Пластичність більшості гібридів кукурудзи щодо врожайності за вирощування як в Лівобережному, так і в Правобережному Лісостепу наближаються до коефіцієнта близького до одиниці. Тобто реалізація потенціалу врожайності та умови вирощування максимально наближенні до повної відповідності. Адаптивні технологічні чинники зумовлюють підвищення стабільності врожайності гібридів кукурудзи.

За вирощування соняшнику в північній частині Лівобережного Лісостепу України реалізація потенціалу гібридів була значно вищою порівняно з урожайністю гібридів за вирощування в Південному Степу. Гібриди соняшнику суттєво різняться за рівнем пластичності – діапазон зміни коефіцієнта пластичності становив 0,09–1,87; коефіцієнта стабільності – 0,09–21,4.

Використана література

1. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). Кишинёв : Штиинца, 1988. 767 с.
2. Harlan J. R. Crops and Man. 2nd ed., Madison : Sego Road, 1992. 284 p.
3. Hatfield J., Boote K., Kimball B. A. et al. Climate Impacts on Agriculture: Implications for Crop Production. *Agronomy Journal*. 2011. Vol. 103. P. 351–370.
4. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / R. K. Pachauri, A. Reisinger (eds). Geneva, Switzerland, 2007. 104 p.
5. Boote K. J., Sinclair T. R. Crop Physiology: Significant Discoveries and Our Changing Perspective on Research. *Crop Sci*. 2006. Vol. 46, Iss. 5. P. 2270–2277. doi: 10.2135/cropsci2006.01.0039gas

6. Heffner E. L., Lorenz A. J., Jannink J. L., Sorrells M. E. Plant breeding with genomic selection: Gain per unit time and cost. *Crop Sci.* 2010. Vol. 50, Iss. 5. P. 1681–1690. doi: 10.2135/cropsci2009.11.0662
7. Collins N. C., Tardieu F., Tuberosa R. Quantitative trait loci and crop performance under abiotic stress: where do we stand? *Plant Physiol.* 2008. Vol. 147, Iss. 2. P. 469–486. doi: 10.1104/pp.108.118117
8. Гродзинский А. М., Гродзинский Д. М. Краткий справочник по физиологии растений. Киев : Наукова думка, 1973. 475 с.
9. Cattivelli L., Rizza F., Badeck F. W. et al. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Res.* 2008. Vol. 105, Iss. 1–2. P. 1–14. doi: 10.1016/j.fcr.2007.07.004
10. Cox T. S., Glover J. D., Van Tassel D. L. et al. Prospects for developing perennial-grain crops. *BioScience.* 2006. Vol. 56, Iss. 8. P. 649–659. doi: 10.1641/0006-3568(2006)56[649:PFDPGC] 2.0.CO;2
11. French R. J., Schultz J. E. Water use efficiency of wheat in a Mediterranean-type environment. I. The relation between yield, water use and climate. *Aust. J. Agric. Res.* 1984. Vol. 35, Iss. 6. P. 743–764. doi: 10.1071/AR9840743
12. Мельник А. В., Романько Ю. О., Жердецька С. В. та ін. Стан та перспективи вирощування олійних культур в Лівобережному Лісостепу України за умов зміни клімату. *Перспективи та стратегія адаптивного і ресурсозберігаючого вирощування олійних культур в умовах зміни клімату* : зб. тез Міжнар. наук. інтернет-конф. (м. Запоріжжя, 30 жовтня 2015 р.). Запоріжжя, 2015. С. 107–108.
13. Jaggard K. W., Qi A., Ober E. S. Possible changes to arable crop yields by 2050. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 2010. Vol. 365, Iss. 1554. P. 2835–2851. doi: 10.1098/rstb.2010.0153
14. Ribaut J. M., Betran J., Monneveux P., Setter T. Drought tolerance in maize. *Handbook of Maize: Its Biology* / J. L. Bennetzen, S. C. Hake (eds). New York, USA : Springer, 2009. P. 311–344.
15. Мельник А. В., Говорун С. О. Водоспоживання та урожайність соняшнику залежно від сортових особливостей та попередників в умовах північно-східного Лівобережного Лісостепу України. *Вісн. Сумського нац. аграр. ун-ту. Сер.: Агронімія і біологія.* 2014. № 3. С. 173–175.
16. Тоцький В. М. Водоспоживання та урожайність гібридів соняшнику. *Бюл. Ін-ту сільського госп. степової зони НААН України.* 2012. № 2. С. 145–147.
17. Tardieu F., Tuberosa R. Dissection and modelling of abiotic stress tolerance in plants. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2010. Vol. 13, Iss. 2. P. 206–212. doi: 10.1016/j.pbi.2009.12.012
18. Каленська С. М., Таран В. Г., Данилів П. О. Розвиток кореневої системи кукурудзи на ранніх етапах розвитку. *Наук. вісн. НУБІП України. Сер.: Агронімія.* 2017. Вип. 269. С. 10–17.
19. Ali S., Uddin S., Ullah O. et al. Yield and Yield components of Maize Response To compost and Fertilizer-Nitrogen. *Food Science and Quality Management.* 2015. Vol. 38. P. 39–44.
20. Мельник А. В. Агробіологічні особливості вирощування соняшнику та ріпаку ярого в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Суми : Університетська книга, 2007. 229 с.
21. Ермантраут Е. Р., Гопцій Т. І., Каленська С. М. та ін. Методика селекційного експерименту (у рослинництві). Харків, 2014. 229 с.
22. Eberhart S. A., Russel W. Q. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966. Vol. 6, Iss. 1. P. 36–40.

References

1. Zhuchenko, A. A. (1988). *Adaptivnyy potentsial kul'turnykh rasteniy (ekologo-geneticheskie osnovy)* [Adaptive potential of cultivated plants (ecological and genetic basis)]. Chisinau: Shtiintsa. [in Russian]
2. Harlan, J. R. (1992). *Crops and Man.* (2nd ed.). Madison: Sego Road.

3. Hatfield, J., Boote, K., Kimball, B. A., Izaurralde, R., Ort, D., Thomson, A., & Wolfe, D. (2011). Climate Impacts on Agriculture: Implications for Crop Production. *Agronomy Journal*, 103, 351–370.
4. Pachauri, R. K., & Reisinger, A. (Eds.). (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: N.p.
5. Boote, K. J., & Sinclair, T. R. (2006). Crop Physiology: Significant Discoveries and Our Changing Perspective on Research. *Crop Sci.*, 46(5), 2270–2277. doi: 10.2135/cropsci2006.01.0039gas
6. Heffner, E. L., Lorenz, A. J., Jannink, J. L., & Sorrells, M. E. (2010). Plant breeding with genomic selection: Gain per unit time and cost. *Crop Sci.*, 50(5), 1681–1690. doi: 10.2135/cropsci2009.11.0662
7. Collins, N. C., Tardieu, F., & Tuberosa, R. (2008). Quantitative trait loci and crop performance under abiotic stress: where do we stand? *Plant Physiol.*, 147(2), 469–486. doi: 10.1104/pp.108.118117
8. Grodzinskiy, A. M., & Grodzinskiy, D. M. (1973). *Kratkiy spravochnik po fiziologii rasteniy* [Brief reference on the physiology of plants]. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian]
9. Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F. W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A. M., Francia, E., ... Stanca, A. M. (2008). Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Res.*, 105(1–2), 1–14. doi: 10.1016/j.fcr.2007.07.004
10. Cox, T. S., Glover, J. D., Van Tassel, D. L., Cox, C. M., & DeHaan, L. R. (2006). Prospects for developing perennial-grain crops. *BioScience*, 56(8), 649–659. doi: 10.1641/0006-3568(2006)56[649:PFDPGC]2.0.CO;2
11. French, R. J., & Schultz, J. E. (1984). Water use efficiency of wheat in a Mediterranean-type environment. I. The relation between yield, water use and climate. *Aust. J. Agric. Res.*, 35(6), 743–764. doi: 10.1071/AR9840743
12. Melnyk, A. V., Romanko, Yu. O., Zherdetska, S. V., Ali, Sh., Makarchuk, A. V., & Akuaku, J. (2015). State and prospects of growing oil crops in left-Bank Forest-Steppe region of Ukraine under conditions of climate change. In *Perspektyvy ta stratehiia adaptivnoho i resursozberihaiuchoho vyroshchuvannia oliinykh kultur v umovakh zminy klimatu: zb. tez Mizhnar. nauk. internet-konf.* [Prospects and strategy of adaptive and resource-saving cultivation of oil crops under the conditions of climate change: a collection of abstracts Int. Sci. Conf.] (pp. 107–108). October 30, 2015, Zaporizhzhia, Ukraine. [in Ukrainian]
13. Jaggard, K. W., Qi, A., & Ober, E. S. (2010). Possible changes to arable crop yields by 2050. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 365(1554), 2835–2851. doi: 10.1098/rstb.2010.0153
14. Ribaut, J. M., Betran, J., Monneveux, P., & Setter, T. (2009). Drought tolerance in maize. In Bennetzen, J. L., & Hake, S. C. (Eds.), *Handbook of Maize: Its Biology* (pp. 311–344). New York, USA: Springer.
15. Melnyk, A. V., & Hovorun, S. O. (2014). Water consumption and yield of sunflower as affected by varietal characteristics and predecessors under the conditions of the north-eastern Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Visnik Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Agronomiâ i biologîâ* [Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: Agronomy and Biology], 3, 173–175. [in Ukrainian]
16. Totskyi, V. M. (2012). Water consumption and productivity of sunflower hybrids. *Byuletyn Instytutu sil'skoho gospodarstva stepovoyi zony NAAN Ukrayiny* [Bulletin of the Institute of Agriculture of the steppe zone of the National Academy of Sciences of Ukraine], 2, 145–147. [in Ukrainian]
17. Tardieu, F., & Tuberosa, R. (2010). Dissection and modelling of abiotic stress tolerance in plants. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 13(2), 206–212. doi: 10.1016/j.pbi.2009.12.012
18. Kalenska, S. M., Taran, V. H., & Danyliv, P. O. (2017). Root system of maize hybrids at the early stages of development. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokrystuvannia Ukrainy. Serii: Ahronomiia* [Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Agronomy], 269, 10–17. [in Ukrainian]

19. Ali, S., Uddin, S., Ullah, O., Shah, S., Seraj-ud-Din, & Ali, T. (2015). Yield and Yield components of Maize Response Tocompost and Fertilizer-Nitrogen. *Food Science and Quality Management*, 38, 39–44.

20. Melnyk, A. V. (2007). *Ahrobiolohichni osoblyvosti vyroshchuvannia soniashnyku ta ripaku yaroho v umovakh Pivnichno-Skhidnoho Lisostepu Ukrainy* [Agrobiological features of sunflower and rape growing under the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe zone of Ukraine]. Sumy: Universytetska knyha. [in Ukrainian]

21. Ermantraut, E. R., Hoptsi, T. I., Kalenska, S. M., Kryvoruchenko, R. V., Tupchynova, N. P., & Prysiazniuk, O. I. (2014). *Metodyka selektsiinoho eksperymentu (u roslynnytstvi)* [A method of breeding experiment (in plant growing)]. Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]

22. Eberhart, S. A., & Russel, W. Q. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6(1), 36–40.

УДК 633.2:57.017.3:631.5

Каленская С. М.*, **Ерёменко О. А.**, **Таран В. Г.**, **Крестьянинов С. В.**, **Рыженко А. С.**
Адаптивность полевых культур при изменчивых условиях выращивания // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : сб. науч. тр. Киев, 2017. Вып. 25. С. 48–57.

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина, *e-mail: svtlana.kalenska@gmail.com*

Цель. Установить пластичность и стабильность гибридов кукурузы и подсолнечника по урожайности при изменчивых абиотических факторах окружающей среды и идентифицировать их по уровню урожайности в разных зонах Украины. **Методы.** Полевые многофакторные исследования, математические методы анализа данных. **Результаты.** Представлены результаты исследований по пластичности и стабильности полевых культур в разных почвенно-климатических зонах Украины на примере урожайности гибридов кукурузы и подсолнечника, актуальность производства которых в разных зонах Украины является высокой. Средняя урожайность гибридов кукурузы является высокой и стабильной: в Левобережной Лесостепи – от 8,67 до 11,6 т/га, в Правобережной Лесостепи – от 6,82 до 12,1 т/га при коэффициенте пластичности 0,14–1,93. Из 29 исследуемых гибридов 8 оказались высокопластичными – $b = 1,3–1,93$; сочетание высокой пластичности и стабильности установлено только для двух гибридов – ‘P8529’ ($b = 1,49$; $\sigma d = 0,09$) и ‘ЕС Битл’ ($b = 1,42$, $\sigma d = 0,29$). Высокочувствительными к условиям выращивания являются ‘Оржица 237 МВ 58’, ‘Аспид’, ‘Аякс’, ‘Коксимо’, ‘Алвито’ ($b = 0,14–0,54$). Установлена реакция гибридов на уплотнение посева и нормы минеральных удобрений путем формирования корневой системы с определенной морфологией, урожайность в течение 2015–2017 гг. изменялась от 6,82 до 12,1 т/га. Пластичность большинства гибридов приближалась к единице, а стабильность изменялась в более широком диапазоне. В Правобережной Лесостепи обеспечение влагой является более лимитирующим фактором формирования урожайности в сравнении с условиями Левобережной Лесостепи. Реализация потенциала урожайности гибридов подсолнечника была значительно выше в Левобережной Лесостепи – 2,10–3,68 т/га, сравнительно с Южной Степью – 0,81–3,07 т/га. **Выводы.** Определение коэффициентов пластичности и стабильности способствует идентификации стабильных гибридов кукурузы и подсолнечника, с высоким уровнем пластичности и позволяет рекомендовать их для производства в определённых условиях выращивания. Адаптивные технологии выращивания обуславливают повышение стабильности урожайности гибридов.

Ключевые слова: кукуруза, подсолнечник, гибриды, урожайность, стабильность, пластичность.

UDC 633.2:57.017.3:631.5

Kalenska, S. M.*, **Yeremenko, O. A.**, **Taran, V. H.**, **Krestianinov, Ye. V.**, & **Ryzhenko, A. S.** (2017). Adaptability of field crops to changing conditions of cultivation. *Nauk. pracì Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 25, 48–57. [in Ukrainian]

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: svitlana.kalenska@gmail.com*

Purpose. To establish the plasticity and stability of corn and sunflower hybrids in terms of yield at varying abiotic environmental factors and identify them in terms of yield in different zones of Ukraine. **Methods.** Field multifactorial experiments, mathematical methods of data analysis. **Results.** The results of studies on the plasticity and stability of field crops in different soil-climatic zones of Ukraine are presented on the example of yield of corn and sunflower hybrids which production in different regions of Ukraine is high. The average yield of maize hybrids is high and stable: in the Left-Bank Forest-Steppe from 8.67 to 11.6 t/ha, in the Right-Bank Forest-Steppe from 6.82 to 12.1 t/ha, with a coefficient of plasticity of 0.14–1.93. Of the 29 studied hybrids, 8 were high-plastic – $b = 1.3–1.93$; the combination of high plasticity and stability was found only in two hybrids: ‘P8529’ ($b = 1.49$; $\sigma_d = 0.09$) and ‘ES Beatles’ ($b = 1.42$, $\sigma_d = 0.29$). Highly sensitive to growing conditions were ‘Orzhytsia 237 MB 58’, ‘Aspid’, ‘Ajax’, ‘Coximo’ and ‘Alvito’ ($b = 0.14–0.54$). The reaction of hybrids on compaction of sowing and norms of mineral fertilizers was established. Through the formation of a root system with a certain morphology, yields during the 2015–2017 period varied from 6.82 to 12.1 t/ha. The plasticity of most hybrids was close to one. In the Right-Bank Forest-Steppe, the provision of moisture is a more restrictive factor than in the Left-Bank Forest-Steppe. The implementation of the potential of sunflower hybrids is much higher in the Left-Bank Forest-Steppe varying from 2.10 to 3.68 t/ha, as compared to the Southern Steppe where it makes 0.81 to 3.07 t/ha. **Conclusions.** The establishment of the coefficients of plasticity and stability allows the identification of stable yields of corn and sunflower hybrids of a high level of plasticity, which may be recommended for production in certain regions of cultivation. Adaptive cultivation technologies increase the stability of hybrids.

Keywords: corn, sunflower, hybrids, yield, stability, plasticity.

Надійшла / Received 02.11.2017

Погоджено до друку / Accepted 12.12.2017

УДК 633.31/.37:631

Фотосинтетична діяльність гороху залежно від впливу агротехнічних прийомів в умовах Лісостепу України

Присяжнюк О. І.*, **Король Л. В.**

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, *e-mail: ollpris@gmail.com*

Мета. Виявити особливості впливу агротехнічних прийомів на формування площі листової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чисту продуктивність фотосинтезу, вміст сухої речовини та врожайність насіння гороху. **Методи.** Польові, лабораторні. **Результати.** Досліджено ефективність сумісного застосування мікродобрив Біовіт, Фрея-Аква Бобові та регуляторів росту Регоплант, Агростимулін та їх вплив на ріст і розвиток рослин та продуктивність сортів гороху ‘Улюбленець’ та ‘Юлій’. Встановлено, що в усіх досліджуваних варіантах із збільшенням площі листової поверхні відбувалось збільшення величини фотосинтетичного потенціалу. У роки дослідження максимальні рівні чистої