

АДАПТИВНІСТЬ СЕРЕДНЬОРАННІХ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Колосок Інна Олександрівна

аспірантка

Сумський національний аграрний університет,

м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0001-5970-0720

ikolosok85@gmail.com

Фу Юаньчжи

аспірантка

Сумський національний аграрний університет,

м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-3301-7410

lilac1210@126.com

В Україні зосереджена значна частка світових посівних площ та валового виробництва соняшнику. На фоні тенденції до збільшення контрасту між погодними умовами окремих років спостерігається зростання попиту на уніфіковані генотипи з підвищеним рівнем адаптованості до комплексу агроєкологічних умов середовища. Виникає необхідність удосконалення методів ідентифікації генотипів, обґрунтування підходів до вибору аналізуючого фону та показників оцінювання. Мета дослідження полягала у розробці підходів до ідентифікації гібридів соняшнику, оцінювання рівня їх адаптованості до агроєкологічних умов північно-східного Лісостепу України. Матеріалом досліджень були 9 гібридів соняшнику різних груп стиглості, відібраних за результатами екологічних випробувань на полігоні Інституту СГПС НААН. Експериментальні дослідження проводили за схемою 3-х факторного польового дослідження (сорт, густина посіву, норма добрив) на дослідному полі Сумського НАУ (2019–2021 рр.) Проаналізовано динаміку зміни показника урожайності залежно від норми мінеральних добрив. Розглянуті питання вибору оптимальних параметрів аналізуючого фону (Без добрив (фон); $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$) для оцінювання адаптивності в агроєкологічних умовах зони вирощування. Встановлено, що найвищий рівень інформативності, щодо диференціації середньоранніх генотипів соняшнику за показником урожайності в умовах північно-східного Лісостепу забезпечує фон із внесенням мінеральних добрив нормою $N_{45}P_{45}K_{45}$. При використанні такого аналізуючого фону створюються оптимальні умови для оцінювання гібридів соняшнику за показниками пластичності та стабільності. В умовах північно-східного Лісостепу саме використання такої норми мінеральних добрив дозволяє ефективно тестувати гібриди соняшнику за реакцією на густоту вегетації та погодні умови. Результати дисперсійного аналізу показали приблизно рівний вплив факторів генотипу (38,3%), густоти посіву (30,3%) та погодних умов (30,8 %) на зміну показників урожайності. Встановлено, що мінімальний рівень стресостійкості гібридів спостерігався при внесенні добрив в дозі $N_{45}P_{45}K_{45}$. Близькі значення були відмічені у варіанті без використання добрив. Вказана норма добрив забезпечує підвищення рівня урожайності, проте не впливає на зміну рівня внутрішньовидової конкуренції у посіві.

Ключові слова: соняшник, урожайність, адаптивність, аналізуючий фон, пластичність.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.14>

Вступ. Розвиток сільськогосподарських культур є складним, динамічним процесом, що передбачає формування нових характеристик та показників, відсутніх у базовій культурі. Як правило, це відбувається на етапі розширення генетичної основи культури завдяки збільшенню загальної кількості сортів, формуванню спеціалізованих груп генотипів, орієнтованих на конкретні умови вирощування або напрями використання урожаю. В історичному аспекті передумовою цих процесів було усвідомлення неможливості створення високоврожайних уніфікованих генотипів з високими показниками стійкості до шкідливих організмів та якості урожаю (Handayati & Sihombing, 2019). На сучасному етапі сортова диференціація основних сільськогосподарських культур супроводжується змінами домінуючих морфотипів та параметрів базових технологічних процесів (Denisenko, 2013; Varenyk et al., 2016).

Соняшник є традиційною для України олійною культурою. Наразі, саме в Україні сконцентровано значну частку світових посівних площ та валового виробництва. Так, частка України в світовому виробництві соняшнику в 2021 р. склала 30,5%, тоді як в 2013 та 2018 роках цей показник становив лише 23,2 та 27,1% відповідно (Vyrobnystvo soniashnyku u 2021/2022 MR).

Важливою характеристикою цього процесу є позитивна динаміка зростання врожайності. Станом на кінець 2021 р. урожайність соняшнику в Україні склала 2,46 т/га, що є третім показником після Угорщини (2,81 т/га) та Франції (2,76 т/га).

Значний обсяг ринку насіння, сприятливі агрокліматичні умови та відповідне технологічне забезпечення зумовлюють орієнтацію вітчизняних та основних світових селекційних центрів на створення нових гібридів, орієнтованих на комплекс ґрунтово-кліматичних умов нашої держави.

Тенденція до впровадження у виробництво все більш спеціалізованих генотипів соняшнику проявляється у зростанні кількості гібридів, внесених до Державного Реєстру сортів України (Derzhavnyi Reiestr sortiv roslyn, 2019). Так, за період із 2010 до 2019 року кількість гібридів зростає із 267 до 765 або на 50%.

Широкий спектр оригінальних та доступність посівного матеріалу забезпечують можливість підбору оптимального переліку гібридів для різних умов та технологій вирощування. Поряд із цим, на фоні тенденції до збільшення контрасту між погодними умовами окремих років, спостерігається зростання попиту на уніфіковані генотипи з підвищеним рівнем адаптованості до комплексу агроecологічних умов середовища. Наявність кількох відмінних між собою векторів розвитку культури соняшнику зумовлюють необхідність удосконалення методів ідентифікації генотипів, підходів до вибору аналізуючого фону та показників оцінювання.

Мета досліджень полягала у розробці підходів до ідентифікації гібридів соняшнику, оцінювання рівня їх адаптованості до агроecологічних умов північно-східного Лісостепу України.

Матеріали і методи досліджень. Експериментальні дослідження проводили в межах наукових тематик Сумського НАУ «Удосконалення технології вирощування олійних культур в умовах північно-східного Лісостепу України» (номер державної реєстрації 0106U009419, 2016–2020 рр.) та Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН «Розробити модель генотипу та удосконалити методику створення адаптованих до умов північно-східного Лісостепу та Полісся гібридів соняшнику» (номер державної реєстрації 0116U003756, 2016–2020 рр.)

Ґрунтові умови. Ґрунт дослідної ділянки є типовим для північно-східного Лісостепу України, класифікується як чорнозем потужний важко-суглинковий середньо-гумусний на лесовидному суглинку. За даними агрохімічного аналізу 2019 року ґрунт характеризувався такими показниками: вміст гумусу в орному шарі (за І. В. Тюриним) – 4,0 %, реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної (рН 6,3), вміст легкогiдралізованого азоту (за І. В. Тюриним) 8,3 мг, рухомого фосфору і обмінного калію (за Ф. Чиріковим) відповідно 12 мг і 7,2 мг на 100 ґрунту.

Попередником у усі роки досліджень був ячмінь ярий. Основний обробіток ґрунту – покращений зяб із оранкою у другій декаді жовтня на глибину 22–24 см. Мінеральні добрива вносились весною під передпосівну культивування у формі туків нітроамофосу ($N_{15}P_{15}K_{15}$) відповідно до схеми досліджу.

Погодні умови. Динаміка температур ґрунту та повітря в зоні північно-східного Лісостепу України забезпечують оптимальні умови вегетації соняшнику в період із травня до вересня. Вегетація в більш ранні терміни обмежується низькими весняними температурами ґрунту. Зміщення вегетації на осінні місяці блокується зниженням добових температур (менше +14°C), розпочинаючи з другої декади вересня.

За цих умов найбільш сприятливою датою для проведеного сівби є третя декада квітня, тоді як вересень розглядається виключно як період проходження фази

технологічного дозрівання. Таким чином, визначальний вплив на розвиток вегетативних органів рослин, проходження фази цвітіння, формування та наливу насіння мають погодні умови періоду «травень – серпень» (рис. 1).

Загалом погодні умови 2019 р. характеризувалися стійким перевищенням середньомісячних температур (на 4–30%) та зниженням показників кількості опадів протягом всього періоду вегетації. Це зумовило прискорення темпів проходження генеративних фаз розвитку в ультра ранніх та ранньостиглих генотипів соняшнику, коренева система яких не забезпечувала достатній рівень транспорту води (втрата тургору у другій половині дня, інтенсивне відмирання нижнього та середнього ярусів листків у фазі наливу насіння). Навпаки, генотипи з тривалістю вегетації більше 110 днів зберігали базові показники проходження фаз ембріонального та постембріонального періодів розвитку. Загалом за вегетаційний період випало 120 мм опадів, значення показника суми температур складало 2614 °С. Показник гідротермічного коефіцієнту був 0,46.

Таким чином, хід погодних умов протягом вегетаційного періоду 2019 р. відповідав вимогам аналізуючого фону для виявлення генотипів із інтенсивним розвитком кореневої системи та її здатністю до ефективного використання запасів ґрунтової вологи.

На противагу 2019 р. початок вегетації соняшнику у 2020 р. характеризувався зниженими показниками добових температур у квітні – 87 % від середньо багаторічних та суттєвим перевищенням кількості опадів – 172 %.

За цих умов оптимальна температура (> +14 °С) для весняного розвитку кореневої системи соняшнику була відмічена лише у першій декаді червня, або на 20 днів пізніше за середньо багаторічні показники. Такі погодні умови зумовили зміщення фази цвітіння ранньостиглих генотипів соняшнику на другу та третю декади липня. У середньостиглих зразків спостерігалось формування надлишкової листової поверхні рослин та проявлення ефекту «втягування за світлом».

Загальна кількість опадів вегетаційного періоду соняшнику у 2020 р. складала 219 мм, сума температур 2447 °С. Значення показника гідротермічного коефіцієнту за травень та літні місяці становило 0,89. Такі погодні-кліматичні умови були сприятливими для реалізації потенціалу генотипів, здатних до інтенсивного росту при знижених температурах у ювенільних фазах розвитку та високій атрагуючій здатності суцвіття в другій половині вегетації.

Динаміка погодних умов ранньовесняного періоду 2021 р. була подібною до попереднього 2020 року. Нижчі за середньо багаторічні температури повітря квітня й травня обумовили переважно пізні строки сівби соняшника, затримку у появі сходів та низьку інтенсивність ростових процесів у ювенільних фазах розвитку рослин. Розвиток ростових процесів обмежувався низькими нічними температурами. Навпаки – друга половина вегетації, а особливо період формування насіння проходили в умовах дефіциту вологи та суттєвого перевищення (124 та 116%) показників добових температур. Результатом цього було збільшення частки невивпненого

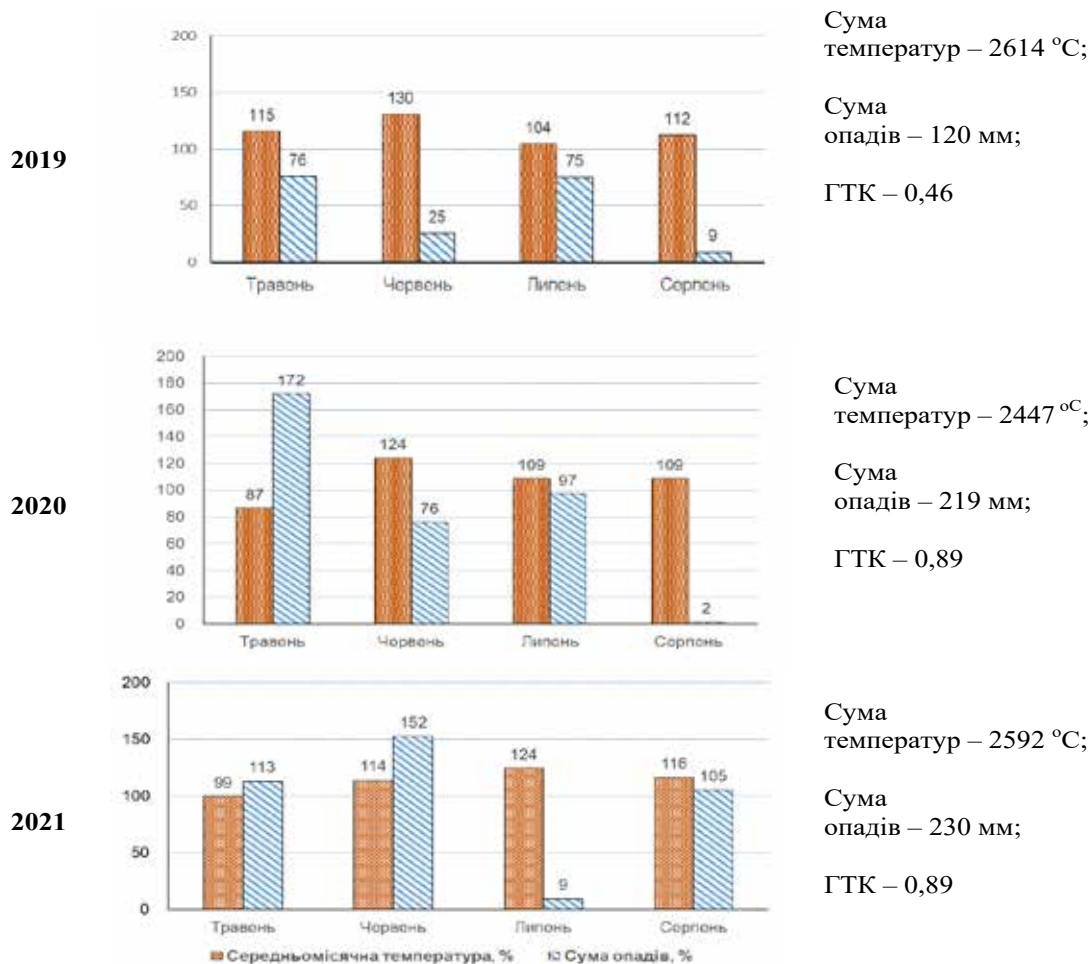


Рис. 1 Динаміка погодних умов вегетації соняшнику у 2019–2021 рр. У процентах до середньо-багаторічних значень (Метеостанція Інституту СГПС НААН)

насіння в кошиках та зростання показника лушпинності насіння. Загальна кількість опадів вегетаційного періоду соняшнику у 2021 р. була найвищою за період досліджень і склала 219 мм, сума температур 2592 °С. Значення показника гідротермічного коефіцієнту за чотири місяці вегетації склало 0,9.

Загалом погодні умови вегетаційного періоду сприяли виявленню генотипів, адаптованих до інтенсивного росту в умовах знижених температур і достатнього рівня водозабезпечення в ювенільні фази розвитку та здатністю до економних витрат вологи в другій половині вегетації.

Методика досліджень. Матеріалом досліджень були 9 гібридів соняшнику відібраних за результатами екологічних випробувань на полігоні Інституту сільського господарства Північного Сходу України НААН (табл. 1).

Експериментальні дослідження проводили за схемою 3-х факторного польового дослідження на дослідному полі Сумського НАУ (табл. 2).

Ділянки 2-х рядкові, довжиною 9 м, площею 12,6 м². Повторність – 3-х разова. Розміщення ділянок за фактором А – рендомізоване за факторами В і С – систематичне. Було визначено: середні, мінімальні й максимальні значення та коефіцієнти варіації для основних показників вегетативного і генеративного розвитку рослин. Урожай-

ність – визначали за результатами обмолоту кошиків із ділянки (країні в рядках рослини – не обмолочували).

Залежно від завдань, розрахунки проводили за схемою одно-, дво- або три факторного дослідження. У окремих випадках, погодні умови розглядалися як окремий фактор.

Параметри екологічної пластичності та стабільності оцінювали за методикою С. А. Еберхарта та В. А. Рассела (Eberhart & Russel, 1966). Рівень стресостійкості визначали за формулою $K = Y_{\min} - Y_{\max}$. Рівень генетичної гнучкості генотипу оцінювали за формулою $(Y_{\min} + Y_{\max}) / 2$. Методика та інформативність використання таких показників наведені в роботі В.А. Зикіна (Zykin et al., 2005).

Статистичний аналіз результатів польових спостережень виконували з використанням пакету програм «Statistica» з урахуванням специфіки біологічних досліджень (Sarenko et al., 2000).

Результати. Середня за період досліджень урожайність у досліді склала 2,91 т/га. Мінімальні значення 2,56 т/га були на ділянках без внесення добрив. На ділянках із нормою N45P45K45 та N90P90K90 показник середньої урожайності склав 2,95 та 3,22 т/га, відповідно (табл. 3).

Аналіз значень показника коефіцієнта варіації та лімітів варіювання середнього вказує на збільшення рівня мінливості показника урожайності гібридів під впливом факторів структури посіву (В) та погодних умов. Збільшення норми

Загальна характеристика гібридів соняшнику (відкриті дані установ оригінаторів)

Гібрид	Група стиглості, тривалість вегетації, дів	Висота стебла, см	Діаметр суцвіття, см	Маса 1000 штук насіння, г	Потенціал урожайності, т/га	Олійність насіння, %	
1	Феномен	CP, 110	170–180	19–20	55–56	4,3	50–51
2	Набір	CP, 106	150–160	18–20	50	4,0	50–55
3	Ясон	CP, 108	175–185	24	62	4,3	49–50
4	Тео	CP, 110	185–195	17,2	58	4,2	48,0
5	Оскар	CP, 110	160–170	18,5	60–62	4,0	49–51 BO
6	Агент	CP, 115	170–180	19–22	62	4,8	50
7	Златсон	CP, 113	160–165	21–23	до 60	4,7	48,4
8	LG 53.77	CP, 105	155–165	16,5	70	5,0	49–50
9	Добродій	CP 108	175–185	20–22	52	5,0	48,3

Таблиця 2

Схема польового дослідження з вивчення адаптивності та особливостей формування урожайності гібридами соняшнику (2019–2021 рр.)

Фактор А – гібрид	Фактор В – кінцева густина посіву	Фактор С – норма добрив
Феномен Набір Ясон Тео Оскар Агент Златсон LG 53.77 Добродій	45 тис. рослин/га 55 тис. рослин/га 65 тис. рослин/га	Без добрив (фон) N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀

добрив до 90 кг/га забезпечувало протилежний, тобто нівелюючий ефект для технологічних та погодних факторів. Так, частка впливу фактора генотипу на мінливість показника урожайності складала 38,8% на ділянках фону та 69,3% на ділянках із максимальною нормою добрив. Середні значення показника коефіцієнта варіації збільшилися із 14,23% до 15,93%.

Отримані дані вказують, що середня доза добрив, а саме – N₄₅P₄₅K₄₅ здатна забезпечувати аналізуючий фон для визначення реакції генотипів на умови вирощування та оцінювання рівня їх адаптованості до цих умов. Разом із тим висока доза добрив N₉₀P₉₀K₉₀ (яка забезпечує достатній рівень мінерального живлення, незалежно від природи гібриду) може розглядатися як аналізуючий фон для генотипів із високим біологічним потенціалом.

У розрізі фактора А мінімальну урожайність із низьким рівнем мінливості показника (незалежно від дози мінеральних добрив) було відмічено для гібридів Феномен, Набір та Ясон. Аналіз показує, що збільшення норми добрив для цієї групи супроводжувалося, передусім, правостороннім зміщенням та звуженням діапазону показників урожайності. Пропорційне (зростанню норми внесення мінеральних добрив) збільшення середньої урожайності було відмічено у гібридів Агент та Добродій. Зростання урожайності цих гібридів супроводжувалося підвищенням значення коефіцієнта варіації.

Більш детально рівень адаптованості гібридів за різних технологічних параметрів було проаналізовано на основі показників стресостійкості, стабільності та пластичності (табл. 3).

Показник рівня стресостійкості є довільною від'ємною величиною. Він характеризує діапазон мінливості ознаки та рівень нижнього порогу значень. Наближене до нуля значення вказує на підвищений рівень стресостійкості і навпаки. Як і очікувалося, найвищий рівень або найбільш наближені до нуля значення коефіцієнта мали гібриди Феномен, Набір та Ясон на ділянках із мінімальним і максимальними рівнями внесення добрив -0,71–0,78 та -0,55–0,57 відповідно. За цих же умов найменшу стресостійкість мали гібриди Агент і Добродій. Гібриди Тео, Оскар, Златсон та LG 53.77 мали середні значення показника.

На варіанті із внесенням N₄₅P₄₅K₄₅ значення показника стресостійкості у всіх гібридів були значно меншими. Мінімумом, також, була різниця між рівнями стресостійкості згаданих вище груп. Це вказує на те, що внесення середньої дози добрив хоча і сприяло зростанню показників максимальної урожайності, однак не супроводжувалося суттєвим збільшенням нижнього порогу значень показника.

Параметром, що опосередковано вказує на відповідність умов вегетації вимогам генотипу є коефіцієнт генетичної гнучкості. Високі відносні значення коефіцієнта

Урожайність гібридів соняшнику залежно від норми мінеральних добрив, т/га (2019–2021 рр)

Фактор/гібрид	Частка впливу фактора, %	Характеристика показника		
		lim	X	V, %
Без добрив (фон)				
Фактор А (гібрид)	38,8			
Фактор В (густота)	26,4			
Інші фактори (погодні умови)	34,8			
Феномен		1,8-2,56	2,07	12,08
Набір		1,92-2,63	2,29	9,29
Ясон		1,73-2,51	2,1	10,03
Тео		2,02-3,12	2,54	11,17
Оскар		2,22-3,02	2,64	11,89
Агент		2,23-5,16	2,98	25,18
Златсон		2,19-3,17	2,75	13,17
LG 53.77		2,31-3,51	2,96	13,47
Добродій		1,82-3,59	2,61	21,79
Середнє для варіанту			2,55	
N₄₅ P₄₅ K₄₅				
Фактор А (гібрид)	38,3			
Фактор В (густота)	30,3			
Інші фактори (погодні умови)	30,8			
Феномен		1,94-3,1	2,49	13,59
Набір		2,07-3,18	2,61	12,01
Ясон		1,89-3,04	2,39	12,59
Тео		2,2-3,68	2,91	13,63
Оскар		2,5-3,56	3,03	13,88
Агент		2,54-5,14	3,57	27,04
Златсон		2,51-3,72	3,14	13,5
LG 53.77		2,63-4,05	3,39	14,6
Добродій		2,07-4,06	2,98	22,51
Середнє для варіанту			2,95	
N₉₀ P₉₀ K₉₀				
Фактор А (гібрид)	69,3			
Фактор В (густота)	6,8			
Інші фактори (погодні умови)	23,7			
Феномен		2,15-2,70	2,47	5,65
Набір		2,59-3,06	2,75	5,1
Ясон		2,35-2,81	2,49	4,86
Тео		2,74-3,82	3,26	8,36
Оскар		3,11-3,71	3,39	5,71
Агент		3,06-4,44	3,78	9,76
Златсон		2,68-3,86	3,45	8,73
LG 53.77		3,48-4,21	3,86	7,55
Добродій		2,67-4,31	3,35	16,43
Середнє для варіанту			3,20	

вказують на відповідність умов вегетації вимогам генотипу. Зростання показника генетичної гнучкості відбувається в умовах зменшення діапазону мінливості показника та його правостороннього (у бік максимальних значень) зміщення.

Загалом, збільшення норми добрив зумовлювало загальний тренд до зростання значень показника. Найвищий рівень відповідності умовам вегетації було відмічено для гібридів: Агент, LG 53.77 та Добродій. Гібриди

Феномен, Набір та Ясон характеризувались мінімальними показниками.

Наразі найбільш розповсюдженими параметрами, що характеризують рівень адаптивності генотипів є показники пластичності (bi) стабільності (Si). Відповідно до алгоритму розрахунків пластичність визначається через коефіцієнт лінійної регресії та характеризує рівень мінливості ознаки при зміні умов середовища. У нашому випадку низько пластичними (bi=0,82-0,96)

Параметри середньоранніх гібридів соняшнику залежно від норми мінеральних добрив (2019–2021 рр.)

Гібрид	Рейтинг урожайності	Стресостійкість	Генетична гнучкість	Ві	Si
Без добрив (фон)					
Феномен	9	-0,76	2,18	0,87	12,84
Набір	7	-0,71	2,28	0,96	15,75
Ясон	8	-0,78	2,12	0,88	13,32
Тео	6	-1,1	2,57	1,06	19,36
Оскар	4	-0,8	2,62	1,11	21
Агент	1	-2,93	3,7	1,27	27,64
Златсон	3	-0,98	2,68	1,15	22,77
LG 53.77	2	-1,2	2,91	1,24	26,54
Добродій	5	-1,77	2,71	1,09	20,93
Середнє для варіанту		-1,23	2,64	1,07	20,02
$N_{45} P_{45} K_{45}$					
Феномен	8	-1,16	2,52	0,86	16,6
Набір	7	-1,11	2,63	0,95	20,42
Ясон	9	-1,15	2,47	0,88	17,3
Тео	6	-1,48	2,94	1,06	25,48
Оскар	4	-1,06	3,03	1,11	27,8
Агент	1	-2,6	3,84	1,31	39,14
Златсон	3	-1,21	3,12	1,15	29,87
LG 53.77	2	-1,42	3,34	1,24	34,96
Добродій	5	-1,99	3,07	1,09	27,6
Середнє для варіанту		-1,46	2,99	1,07	26,57
$N_{90} P_{90} K_{90}$					
Феномен	9	-0,55	2,43	0,82	18,37
Набір	7	-0,47	2,83	0,94	24,3
Ясон	8	-0,46	2,58	0,87	20,43
Тео	6	-1,08	3,28	1,08	31,88
Оскар	4	-0,6	3,41	1,12	34,48
Агент	2	-1,38	3,75	1,25	42,72
Златсон	3	-1,18	3,27	1,14	35,69
LG 53.77	1	-0,73	3,85	1,27	44,11
Добродій	5	-1,64	3,49	1,1	34,38
Середнє для варіанту		-0,9	3,21	1,06	31,82

були гібриди: Феномен, Набір, Ясон. Високо пластичними ($bi=1,27-1,31$) – гібриди Агент та LG 53.77. Зі збільшенням норми добрив рейтинг генотипу за значеннями показників стабільності зберігався.

Щодо показника стабільності, то поетапне збільшення дози мінеральних добрив супроводжувалося пропорційним збільшенням значень дисперсії тобто зменшенням стабільності показника врожайності. Найменш стабільними були показники урожайності гібридів: Агент, Златсон та LG 53.77. Найбільш стабільними були значення показників урожайності в групі: Набір, Феномен, Ясон.

Обговорення. Відповідно до завдань нашої статті термін адаптованість гібриду розглядається як комплекс відмінностей його морфологічних параметрів або співвідношень між окремими частинами рослин що забезпечує перевагу над середніми (уніфікованими) параметрами

культури. Адаптивність розглядається як здатність до змін у алгоритмах підтримки гомеостазу гібридів відповідно до рівнів визначених установами оригінаторами.

Ефективність вирощування соняшнику значною мірою визначається нормою мінеральних добрив, що є фактором прямої дії на зміну морфопараметрів рослин. Численні дослідження проведені в країнах Азії та Європи (Marchuk et al, 2002; Wahyu Handayati, 2019) вказують, що оптимальна норма мінеральних добрив є сортовою ознакою. При цьому рівень засвоєння окремих компонентів, значною мірою, визначається умовами року та структурою посіву (Süzer, 2010; Shevchenko, 2012; Schoeman, 2003; Melnyk et al., 2004; Melnyk et al., 2013).

Оптимальні дані щодо посилення рівня сортової диференціації та зменшення впливу факторів середовища (у тому числі густоти посіву) при використанні

високих доз мінеральних добрив погоджуються із результатами досліджень багатьох авторів (Mojiri A. et al, 2003; Li Shutian et al, 2018; Kandil et al, 2017; Nasim et al., 2017; Osman et al., 2010). Автори відмічають, що середні та високі норми мінеральних добрив забезпечують отримання максимального рівня урожайності (без суттєвого звуження діапазону мінливості ознаки) передусім у генотипів інтенсивного типу. У наших дослідженнях такі характеристики були відмічені у варіанті з нормою добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$. Отримані нами дані вказують, що в умовах північно-східного Лісостепу саме використання такої норми мінеральних добрив дозволяє ефективно тестувати гібриди соняшнику за реакцією на густоту вегетації та погодні умови. Підтвердженням цього твердження є результати дисперсійного аналізу, які показали приблизно рівний вплив факторів генотипу (38,3%), густоти посіву (30,3%) та погодних умов (30,8 %) на зміну показників урожайності.

Інформативними в селекційному та технологічному аспектах є використання показників рівня стресостійкості та генетичної гнучкості гібридів. Встановлено, що мінімальний рівень стресостійкості гібридів спостерігався на ділянках із внесенням $N_{45}P_{45}K_{45}$. Близькі значення було відмічено в варіанті без використання добрив. Таким чином, вказана норма добрив, також, забезпечує зростання показника урожайності однак не впливає на зміну рівня конкуренції у посіві.

Наразі домінуючою є точка зору щодо обмеженого використання культурою соняшника мінеральних добрив, які знаходяться у верхньому шарі ґрунту. Положення базуються на видових особливостях будови кореневої системи рослин, а саме галузнення її активної частини на глибині понад один метр. Це твердження ускладнює коментування даних щодо пропорційного зростання значень показника генетичної гнучкості збільшенню норми мінеральних добрив. Однак, враховуючи результати досліджень А.Ю. Полякова (Poliakov, 2005) та В.І. Троценко (Троценко, 2015, 2018) щодо особливостей сортової ідентифікації генотипів соняшнику в різних ґрунтово-кліматичних зонах України, можливим є припущення, що згадана точка зору була сформульована для культури соняшнику

в традиційній зоні його вирощування (Степ) в період домінування генотипів напів-інтенсивного типу.

Інформативними в аспекті прогнозу урожайності гібридів в різних умовах вирощування були дані щодо показників пластичності та стабільності. Варто зазначити, що розроблена в другій половині минулого століття методика розрахунку цих величин первинно була орієнтована на оцінювання екологічних умов середовища за рівнем мінливості морфопараметрів рослин у природних угрупованнях. Пізніше методика була адаптована та здобула поширення саме в програмах оцінювання фактичної та потенційної врожайності сортів сільськогосподарських культур в різних агрокліматичних умовах або в умовах попередньо сформованого екологічного градієнту. У нашому випадку градієнт мінливості екологічних умов формували варіанти фактору С.

Оптимізація умов мінерального живлення за рахунок збільшення норми мінеральних добрив супроводжувалася незначними змінами, а саме: зниженням показників пластичності гібридів Феномен, Набір, Ясон, та деяким зростанням цього ж показника у більш пізньостиглих генотипів. Однак, більш чітко ця залежність проявлялася між крайніми ділянками градієнту, тобто ділянками без внесення добрив та ділянками з дозою добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Таким чином, використання норми добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ як аналізуючого фону також може забезпечувати достовірний рівень оцінювання гібридів соняшнику за показниками стабільності та пластичності у діапазоні агроекологічних умов північно-східного Лісостепу України

Висновки. За результатами аналізу матеріалів досліджень встановлено, що найвищий рівень інформативності, щодо диференціації середньоранніх генотипів соняшнику за показником урожайності в умовах північно-східного Лісостепу забезпечує фон із внесенням мінеральних добрив нормою $N_{45}P_{45}K_{45}$. Використання норми добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ забезпечує зростання рівня урожайності, однак не має суттєвого впливу на зміну рівня внутрішньовидової конкуренції у посіві. Оптимальні умови для оцінювання гібридів соняшнику за показниками пластичності та стабільності створюються при використанні аналізуючого фону з нормою внесення мінеральних добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$.

Бібліографічні посилання:

1. Ahmad, R, Saeed, M, Mahmood, T. & Ehsanullah, M. (2001). Yield potential and oil quality of two sunflower hybrids as affected by K application and growing seasons. *International Journal of Agriculture and Biology*, 3, 51–53.
2. Amanullah, & Khan, M.W. (2010). Interactive effects of potassium and phosphorus on phenology and grain yield of sunflower in northwest Pakistan. *Pedosphere*, 20, 674–680. doi: 10.1016/S1002-0160(10)60057-4
3. Carenko, O. M., Zlobin, Ju.A., Skljär, V. G. & Panchenko, S. M. (2000). *Kompjuterni metodi v silskom gospodarstvi ta biologii [Computer Methods in Agriculture and Biology]*. Universytetska knyga, Sumy (in Ukrainian).
4. Denisenko, L. (2013). The Analysis of World Dynamics of Sunflower Market. *The Journal of National Scientific Center "Kharkov Institute of Physics and Technology"*, 137, Kharkov, 308 (in Ukrainian).
5. Derzhavnyi Reiestr sortiv roslyn prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini (2018). Ministerstvo aharnoi polityky Ukrainy, Derzhavna sluzhba z okhorony prav na sorty roslyn (Vytiah stanom na 07.09.2018 roku), Vydannia ofitsiine, Kyiv, 468 (in Ukrainian).
6. Gonzalez-Barrios, P., Castro, M., Pérez, O., Vilaró, D., & Gutiérrez, L. (2018). Genotype by environment interaction in sunflower (*Helianthus annuus* L.) to optimize trial network efficiency. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15(4), e0705. doi: 10.5424/sjar/2017154-11016
7. Eberhart, S. A. & Russel W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, (6)1, 34–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
8. Fasahat, P., Rajabi, A., Mahmoudi, S. B., Noghabi, M. A. & Rad, J. M. (2015) An Overview on the Use of Stability Parameters in Plant Breeding. *Biometrics & Biostatistics International Journal*, 2(5), 11. doi: 10.15406/bbij.2015.02.0004

9. Handayati, W. & Sihombing, D. (2019) Study of NPK Fertilizer Effect on Sunflower Growth and Yield, AIP Conference Proceedings 2120, 030031, doi: 10.1063/1.5115635
10. Kandil A. A., A.E. Sharief, & Odam, A.M.A. (2017) Response of Some Sunflower Hybrids (*Helianthus annuus* L.) to Different Nitrogen Fertilizer Rates and Plant Densities". International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology, 2(6), 2978–2994. doi: 10.22161/ijeab/2.6.26
11. Kyrychenko, V. V. (2002) Metodologicheskie problemy adaptivnoy selektsii rasteniy. Adaptivnaya selektsiya rasteniy. Teoriya i praktika, [Methodological problems of adaptive plant breeding. Adaptive plant breeding. Theory and practice] 3–5 (in Russian).
12. Kylchevskiy, A. V. & Khotyleva, L. V. (1985). Metod otsenki adaptivnoy sposobnosti i stabilnost genotipov, differentsiiruyushey sposobnosti sredy. [Method for assessing the adaptive ability and stability of genotypes, differentiating ability of the environment.] Soobschenie 1. Obosnovanie metoda. Genetika, 21(9), 1481–490 (in Russian).
13. Kokhan, A., Tkalych, Yu. & Hyrka, A.C (2013). Adaptatsiia roslyn soniashnyku ta kukurudzy v umovakh zminy klimatu. [Adaptation of sunflower and corn plants in conditions of climate change] Ahrarnyk, 8, 20–27 (in Ukrainian).
14. Marchuk, I., Makarenko, V., Rozstalnyi, V. & Savchuk, A. (2002). Dobryva ta yikh zastosuvannia. [Fertilizers and their Usage] Handbook, Kiev, 245 (in Ukrainian).
15. Melnyk, A. V., Trotsenko V. I. & Hovorun, S.O. (2013). Vplyv poperednykiv ta mineralnykh dobryv na yakist nasinnia soniashnyku v umovakh pivnichno-skhidnoho lisostepu Ukrainy [The influence of precursors and mineral fertilizers and the quality of sunflower seeds in the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine] Visnyk Sumskoho natsionalnogo ahrarnoho universytetu, 11(26), 124–127 (in Ukrainian).
16. Melnik, A. V. (2004). Porivnjalnij analiz koreljacij morfologichnih oznak ta produktivnosti sonjashniku [Comparative analysis of correlations of morphological features and sunflower productivity]. Visnik Sumskogo NAU, 1 (8), 82–84 (in Ukrainian).
17. Mojiri, A. & Arzani, A. (2003). Effects of nitrogen rate and plant density on yield and yield components of sunflower. J. Sci. Tech. Agric. Nat. Res., 7, 115–125 Access mode: <http://jcpp.iut.ac.ir/article-1-468-en.html>
18. Nasim, W., A. Ahmad, S. Ahmad, M. Nadeem, N. Masood, M. Shahid, M. Mubeen, Hoogenboom, G. & S. Fahad (2017). Response of sunflower hybrids to nitrogen application grown under different agroenvironments. Journal of Plant Nutrition, 40(1), 82–92. doi: 10.1080/01904167.2016.1201492
19. Osman, E.B.A & Awed, M. M. M. (2010). Response of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) to Phosphorus and Nitrogen Fertilization under Different Plant Spacing at New Valley. Ass. Univ. Bull. Environ. Res. 13 (1), 11–19. Access mode: http://www.aun.edu.eg/arabic/society/aubfer/res2_m_ar_2010.pdf
20. Schoeman, L. J. (2003.) Genotype × environment interaction in sunflower (*Helianthus annuus*) in South Africa. PhD Thesis. University of the Free State, Bloemfontein, South Africa.
21. Shu-tian, L. I., Duan, Yu, Guo, Tian-wen, Zhang Ping-liang, H.E. Pin & Kaushik, M. (2018) Sunflower response to potassium fertilization and nutrient requirement. Journal of Integrative Agriculture, 17(12), 2802–2812 doi: 10.1016/S2095-3119(18)62074-X
22. Süzer, S. (2010) Effects of nitrogen and plant density on dwarf sunflower hybrids. Helia, 33(53), 207–214. Access mode: <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/1018-1806/2010/1018-18061053207S.pdf>
23. Poliakov, A. Y. Chekhov, A. V., & Nykytchyn, D. Y. (2005) Metodika polevyih opytov po izucheniyu arhotekhnicheskikh priemov vzdelyvaniya podsolnechnika [Methodology of field experiments on the study of arhotekhnicheskikh methods of sunflower cultivation] – Institut maslichnykh kultur Ukrainskoy akademii agrarnykh nauk, 22 (in Russian).
24. Trocenko, V. I. & Zhatova, G. O. (2015). Etapi formuvannja produktivnosti roslyn ta urozhajnist posiviv sonjashniku [Stages of formation of plant productivity and yield of sunflower crops]. Visnik centru naukovogo zabezpechennja APV Harkivskoï oblasti, 18, 165–173 (in Ukrainian).
25. Trocenko, V. I. & Zhatova, G. O. (2018). Parametri fotosintetichnogo aparatu sonjashniku v modeljah sortiv dlja zoni pivnichno-shidnogo Lisostepu ta Polissja [Parameters of photosynthetic sunflower apparatus in varieties models for the area of the northeast Forest-Steppe and Polissja]. Visnik Sumskogo NAU, 8(35), 53–58 (in Ukrainian).
26. Shevchenko, S. M. (2012) Vplyv hustoty stoiannia roslyn soniashnyku na produktyvnist [The influence of the density of sunflower plants on productivity] Ahronom, 1(35), 72–73 (in Ukrainian).
27. Varenyk, B. F., Krutko, V. I., Karapira, S. I. & Hanzhelo, M. H. (2016) Osnovni napriamy ta rezultaty selektsii y nasinnytstva soniashnyku v SHI. [The main directions and results of breeding in sunflower seed production in the CIS] – NTsNS Nasinnytstvo, 1(3), 1–4.
28. Vyrobnnytstvo soniashnyku u 2021/2022 [Sunflower seed production in 2021/2022] MR. Access mode: <https://latifundist.com/rating/top-10-krayin-virobnikiv-sonyashniku-2021-22-m>
29. Volkodav V. V., Andrushchenko A.V. & Pilkevych A. V. (2000). Metodyka sortovyprobuvannia s.-h. kultur [Methodology of variety testing of agricultural crops], 100. (In Ukrainian).
30. Yun W. L.; Li, J. J. & Hou Q. (2014) Effect of soil moisture on the growth of sunflower. Agric. Res. Arid Areas, 32, 186–190. doi: 10.3390/w11040752
31. Zykin V. A., Belan I. A., & Usov V. S. (2005) Methodology for calculating and estimation of the parameters of the environmental adaptability of agricultural plants. Ufa: BashGAU, 2005, 100.

Kolosok I.O., Phd Student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Fu Yuanzhi, PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Adaptability of early-middle ripening hybrids of sunflower in the conditions of the north-eastern forest steppe of Ukraine

A significant share of the world's cultivated area and gross sunflower production is concentrated in Ukraine. Against the background of the trend towards an increase the contrast between the weather conditions of individual years, there is a growing demand for unified genotypes with a higher level of adaptability to the complex of agro-ecological environmental

conditions. There is a need to improve the methods of identifying genotypes and justify the approaches to the selection of the analyzing background and trait evaluation. The purpose of the study was to develop approaches to the identification of sunflower hybrids, to assess the level of their adaptability to the agro-ecological conditions of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine. The material of the research was 9 sunflower hybrids of different maturity groups, selected based on the results of environmental tests at the demonstrative field of the Institute of Agriculture of North-East of Ukraine. Experimental studies were carried out according to the scheme of a 3-factor field experiment (variety, sowing density, fertilizer rate) on the experimental field of the Sumy National University (2019–2021). The dynamics of changes in the productivity parameter depending on the rate of mineral fertilizers were analyzed. The optimal parameters of the analyzing background (without fertilizers (background), $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$) to adaptability to the agro-ecological conditions of the region were considered. It was established that the highest level of informativeness regarding the differentiation of mid-early sunflower genotypes according to the productivity index in the conditions of the North-Eastern Forest Steppe is provided by the background with the application of mineral fertilizers at the rate of $N_{45}P_{45}K_{45}$. By using this analytical background, optimal conditions are created for evaluating sunflower hybrids according to plasticity and stability features. In the conditions of the North-Eastern Forest Steppe, application of this rate of mineral fertilizers makes it possible to effectively test sunflower hybrids according to the reaction to crop density and weather conditions. The results of variance analysis showed an approximately equal influence of factors of genotype (38.3%), sowing density (30.3%) and weather conditions (30.8%) on the change in yield indicators. It was established that the minimum level of stress resistance of hybrids was observed in variant with fertilizers application in the rate of $N_{45}P_{45}K_{45}$. Close values were noted in the variant without the fertilizers use. This rate of $N_{45}P_{45}K_{45}$ ensures an increase in the level of productivity, but does not affect the change in the level of intraspecific competition in crop.

Key words: sunflower, productivity, adaptability, analyzing background, plasticity.