

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ 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

Соняшник належить до культур з низькою передзбиральною густрою посіву та невисокою компенсаційною здатністю параметрів, які є складовими врожаю. Ця особливість ускладнює функціонування популяційних механізмів регуляції генеративних параметрів рослин подібно тому, як це відбувається у посівах злакових культур. Успішність реалізації генеративного потенціалу рослин (урожайності посіву) визначається відповідністю селекційно створених механізмів формування продуктивності рослин конкретним умовам середовища. За цих умов найбільш дієвим методом стабілізації та підвищення урожайності культури є правильний підбір гібридів.

З метою оцінювання ефективності різних схем формування урожайності соняшнику в 2019–2021 рр. вивчали 9 гібридів культури. Дослідження проводили в рамках наукових тематик Сумського НАУ та Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України. Умови польового дослідження відтворювали основний діапазон агротехнічних умов вирощування соняшнику в зоні північно-східного Лісостепу України.

Діапазон погодних умов років досліджень сприяв виявленню генотипів, що характеризувались здатністю до активного росту в умовах знижених температур і достатньої кількості опадів у ювенільні фази розвитку та здатністю до реалізації генеративного потенціалу рослин за підвищених температур і дефіциту вологи у другій половині вегетації. Показники урожайності та їх відхилення від середнього ми аналізували в розрізі гібридів, років досліджень та норм мінеральних добрив. Оцінювання схем формування урожайності проводили на основі показника екологічної пластичності для основних селекційно контрольованих ознак.

За результатами вивчення реакції гібридів соняшнику на умови року та дози добрив встановлено, що: 1) відмінності у показниках середньої урожайності окремих років досліджень зростають на варіантах із внесенням середньої норми мінеральних добрив, у той час, як на варіанті із максимальною нормою добрив спостерігається зворотний ефект: послаблення реакції гібридів на відмінності погодних умов; 2) подібність реакції маловрожайних гібридів на погодні умови вказує, що в їх основі лежить спільний комплекс генетичних механізмів формування урожайності, проте рівень цього показника вищий за середній у кожному конкретному випадку забезпечується індивідуальною генетичною схемою.

Порівняння гібридів за показником екологічної пластичності основних селекційно контрольованих ознак вказує на доцільність виділення трьох груп з різними схемами формування урожайності: з високим рівнем пластичності показників маси 1000 насінин та розвитку листкового апарату (Феномен, Ясон та Набір); з високим рівнем пластичності більшості показників, насамперед кількості насіння, розміру суцвіття та розвитку листкового апарату (Агент та LG 53.77); з середнім рівнем пластичності за основними селекційно контрольованими показниками (Тео, Оскар, Златсон та Добродій).

Ключові слова: соняшник, урожайність, адаптивність, аналізуючий фон, мінеральні добрива, густина посіву, пластичність.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.3.5>

Вступ. Соняшник належить до культур із низькою передзбиральною густрою посіву та невисокою компенсаційною здатністю параметрів, які є складовими врожаю. Ця особливість ускладнює функціонування популяційних механізмів регуляції генеративних параметрів рослин подібно тому, як це відбувається у посівах злакових культур. Успішність реалізації генеративного потенціалу рослин (урожайності посіву) визначається відповідністю селекційно створених механізмів формування продуктивності рослин конкретним умовам середовища (Andrade et al., 2005; Duca et al., 2002; Pissai, 2011). Ефективність таких механізмів визначається погодними умовами року та комплексом екологічних і технологічних факторів середовища. Взаємодія окремих абіотичних факторів довкілля відповідає за регуляцію певної фази росту рослин, формування кількості й якості елементів, що формують урожай (Brandt et al., 2003; Piva, et al., 2000; Hossam, 2012).

На продуктивність рослин та урожайність посіву значною мірою впливають генотип, середовище та їх взаємодія (Sidlauskas & Bernotas, 2003; Denčić et al., 2011). Ступінь взаємодії генотип × навколишнє середовище (G×E) є продуктом варіації неконтрольованих факторів, які змінюються з року в рік, що визначає складність у створенні універсальних (для різних погодних умов) механізмів формування врожайності (Adugna & Labuschagne, 2002). Тому, зазвичай, використовують зворотний ефект – здатність генотипу до реалізації генеративного потенціалу та стійкості проти патогенів у найбільш несприятливі роки (Chloupek et al., 2003; Rahman et al., 2009). Тому в селекції гібридів соняшнику важливо орієнтуватися на стабільні батьківські лінії, які будуть достатньо добре працювати у різних середовищах (Moghaddam & Pourdad, 2011).

Урожайність сім'янок і компоненти врожайності кошика специфічні для гібридів соняшнику, але вони

перебувають під впливом різних факторів вирощування. Найбільш повно взаємодія генотипу та довкілля (G×E) може бути вивчена в умовах аналізуючого фону, що імітує основні технологічні параметри культури соняшнику в зоні вирощування. В цьому випадку ефективним є використання кількох шкал, де аналізуються компоненти врожайності (кількість насіння, маса насіння, вміст олії) або детермінанти врожайності (загальна врожайність біомаси та індекс урожаю) (De la Vega & Hall, 2001). У випадку порівняння генотипів, орієнтованих на конкретну зону вирощування, або подібних за параметрами вегетації, інформативним є аналіз реакції рослин на умови градієнту за показником пластичності (Ghaffari et al., 2011; Kalenska et al., 2020; Schoeman, 2003).

Оскільки селекційна робота з культурою соняшнику переважно базується на контролі прямих ознак, значна кількість наукових досліджень щодо особливостей реакції генотипу сільськогосподарських культур на умови вирощування орієнтована на вивчення динаміки параметрів структури врожайності рослин, а саме: кількості насіння в кошику, маси 1000 насінин та продуктивності посіву (передзбиральна густина, середня продуктивність рослин та вміст олії у насінні) (Canavar et al., 2010). De la Vega & Hall, 2001; Hladni, et al., 2006).

Так, аналізуючи результати своїх досліджень дослідники підкреслюють, що посів соняшнику формує складну динамічну систему як із ґрунтовими, так і з кліматичними факторами, де власне культура розглядається як найменш стійкий елемент (Cerny et al., 2010). У більшості випадків передумовою зміни механізмів формування продуктивності рослин є відмінності у тривалості та динаміці проходження окремих фаз розвитку, що і визначає здатність генотипу ефективно пристосуватись до мінливості середовища у різних фенофазах (González et al., 2013).

Аналогічні висновки зроблено на підставі дослідів, проведених іншими науковцями (Mrdja et al., 2011). Автори також повідомляють, що передумовою відмінностей у показниках кількості насіння у кошику та маси 1000 насінин є умови проходження ювенільних фаз розвитку. Пізніше різниця у темпах росту та розвитку рослин може бути нівельована впливом факторів середовища, однак, зазвичай, може зберігатися протягом усього періоду вегетації (Mrdja et al., 2012). У дослідях групи вчених також зафіксовано, що маса 1000 насінин залежала від року спостереження та генотипу (Radic et al., 2013). Дослідники, відзначаючи, що маса 1000 насінин є одним із найбільш генетично контрольованих параметрів, відмічають залежність розмірів насіння та його виповненості від умов проходження постембріональних фаз розвитку (Joksimović et al., 2004). Подібні результати висвітлено у роботах для різних гібридів соняшнику (Radic et al., 2013) та для сортів сої (Đukić et al., 2011).

Досить численним є кластер досліджень, що поєднує практичні та теоретичні напрацювання з культурою соняшнику. Так, розглядаються підходи до селекційного та технологічного контролю окремих параметрів продуктивності рослин, насамперед, за рахунок зміни матрикальної структури суцвіття соняшника (Vratić

& Sudarić, 2004). Зменшення впливу агроекологічного стресу досліджується у двох наукових роботах (Miklić et al. 2011; Marinković, R., 1992). Аналізуючи всі кількісні ознаки, які суттєво корелюють з урожаем насіння соняшнику, Р. Маринкович разом із колегами стверджують, що напрям селекції на врожайність є одним із найбільш непрогнозованих напрямків, оскільки на масу 1000 насінин, крім густоти рослин, впливає ще й фактори навколишнього середовища (Marinkovic et al., 2003).

Піттверджуючи можливість зміщення діапазону окремих показників продуктивності рослин з метою забезпечення найбільш повної реалізації генеративного потенціалу соняшнику більшість дослідників погоджуються, що наразі найбільш дієвим методом стабілізації та підвищення врожайності є правильний підбір гібридів (Baranuk, 2010; Iqasana et al., 2017; Ion et al., 2010; Radić, 2008; Zhelezkov et al., 2011).

Мета наших досліджень полягала у розробці підходів до підвищення та стабілізації врожайності посівів соняшнику в умовах північно-східного Лісостепу України. Реалізація поставленого завдання передбачала проведення експериментальних досліджень із групою середньоранніх гібридів культури. Умови польового дослідження відтворювали основний діапазон агротехнічних умов вирощування соняшнику за показниками норм мінеральних добрив та передзбиральної густоти посіву.

Матеріали і методи досліджень. Експериментальні дослідження (польові та лабораторні досліді) були виконані в 2019–2021 роках у межах наукових тем: Сумського національного аграрного університету «Удосконалення технології вирощування олійних культур в умовах північно-східного Лісостепу України» д. р. 0106U009419, 2016–2020 роки; Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України «Розробити модель генотипу та удосконалити методику створення адаптованих до умов північно-східного Лісостепу та Полісся гібридів соняшнику» д. р. 0116 U003756, 2016–2020 роки.

Ґрунти дослідних ділянок представлені чорноземом типовим на лесовидному суглинку. Орний шар ділянок характеризувався такими показниками: вміст гумусу – 4,0–4,1%; рН сольове – 6,1–6,3; вміст рухомих форм фосфору – 11,3–12,0 мг/100 г ґрунту; вміст обмінного калію – 7,2–9,2 мг/100 г ґрунту; вміст легкогідролізованого азоту за Корнфілдом – 8,3–11,2 мг/100 г; вміст кадмію в орному шарі ґрунту – 0,21–0,22 мг/кг.

Попередником на ділянках досліді були ярі зернові (ячмінь ярий). Основний обробіток ґрунту проводився за типом покращеного зябу. Мінеральні добрива (нітроамофос, $N_{15}P_{15}K_{15}$) вносили весною, відповідно до схеми досліді, під час проведення передпосівної культивування. Ділянки площею 12,6 м² (два рядки довжиною 10 м із міжряддям 0,7 м) розташовувалися за схемою 3-х факторного досліді:

- Фактор А – гібриди (Агент, Добродій, Златсон, Набір, Оскар, Тео, LG 53.77, Феномен та Ясон);
- Фактор В – кінцева (передзбиральна) густина (45; 55 та 65 тис. рослин/га);
- С – норма мінеральних добрив (без добрив – фон); $N_{45}P_{45}R_{45}$ та $N_{90}P_{90}R_{90}$ д. р. кг/га).

Динаміка проходження вегетації ранньостиглого сорту Есмань (демонстраційний полігон Інституту СГПС НААН, Сумський район)

Період вегетації	Дата (число, місяць)		
	2019	2020	2021
Сівба	27.04	23.04	11.05
V-E	11.05	11.05	25.05
V-4	21.05	23.05	14.06
R-2	12.06	18.06	05.07
R-5	25.06	03.07	20.07
R-9	10.08	20.08	28.08
Всього вегетації, днів	91	101	96

Обробку цифрового матеріалу (залежно від завдань досліджень) проводили за схемою одно або 2-х факторного дослідження з використанням пакету програм "Statistica". Параметри екологічної пластичності визначали за методикою Eberhart & Russel (1966).

Погодні умови та особливості вегетації соняшнику. Роки досліджень були неоднорідними як за показниками загальної кількості температур та опадів так і за динамікою їх розподілу протягом вегетації. Значення гідротермічного коефіцієнту (ГТК) за період «травень-серпень» склали 0,46; 0,89 та 0,89 у 2019, 2020 та 2021 рр. відповідно.

Веgetаційний період 2019 р. характеризувався повільними темпами весняного потепління, що сприяло практично повному відновленню запасів вологи й забезпечило добрі та задовільні умови вегетації рослин у ювенільні фази розвитку. Друга половина вегетації (фази цвітіння, наливу насіння та дозрівання) проходили в умовах вищих від середньо багаторічних значень добових температур та стійкого дефіциту вологи.

Веgetація соняшнику в 2020 р. проходила в умовах низьких температур та високої кількості опадів у весняний період. Крім того розвиток рослин обмежувався низькими нічними температурами та тривалими весняними заморозками. За цих умов перехід показників температури ґрунту на глибині 40 см через позначку +14 °C відбувся на 20 днів пізніше середньо багаторічної дати. Разом із тим, така динаміка температур поєднувалася з достатньою кількістю опадів у травні, червні, першій та другій декадах липня, що забезпечило достатній запас ґрунтової вологи для розвитку рослин у фазах «зірочки» та цвітіння. Друга половина вегетації характеризувалась вищими (порівняно до середньо багаторічних) показниками добових температур.

Умови вегетації соняшнику у 2021 році. Динаміка температур та опадів у весняний період 2021 року була подібною до попереднього, 2020 року. Це зумовило більш пізні строки сівби та затримку розвитку рослин у ювенільних фазах розвитку. За результатами обстеження посівів було відмічено запізнення початку та подовження тривалості фази цвітіння, на деяких ділянках спостерігалось формування надлишкової листової поверхні рослин та прояв ефекту «втягування за світлом». Пізніше, в умовах високих температур та дефіциту вологи другої половини вегетації, спостерігалось відмирання нижніх непродуктивних ярусів листків, що в свою чергу зумовило дисбаланс у забезпеченні кореневої системи продуктами фотосинтезу, зниження її водопоглинаючої здатності.

Загалом погодні умови веgetаційних періодів 2019–2021 років сприяли виявленню генотипів здатних до інтенсивного росту в умовах знижених температур та достатнього рівня водозабезпечення в ювенільні фази розвитку, а також поєднання цих ознак зі здатністю до накопичення продуктів фотосинтезу у посушливих умовах другої половини вегетації.

Більш наочно відмінності у темпах та тривалості проходження основних фаз розвитку культури соняшнику в умовах зони дослідження представлено у табл. 1.

Дані таблиці вказують на суттєве зміщення генеративних фаз розвитку у 2020 та особливо у 2021 рр., що в загальному підсумку мало негативний вплив на показники середньої урожайності культури соняшнику в регіоні. Значення цього показника склали 3,32; 3,22 та 3,01 т/га у 2019, 2020 та 2021 рр. відповідно.

Результати. Незважаючи на успіхи селекції у створенні стійких до несприятливих факторів середовища генотипів соняшнику, культура залишається досить чутливою до річних коливань показників температурного та водного режимів. Як зазначено вище, найбільш сприятливим був 2019 рік, найменш сприятливі умови та мінімальна середня урожайність були зафіксовані в 2021 р. Різниця між максимальним та мінімальним показниками середньої урожайності за три-річний період склали 10,2 %.

В умовах дослідження максимальна різниця між показниками середньої врожайності гібридів у розрізі років досліджень спостерігалась на ділянках із внесенням середньої норми добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$, і становила 34 %. Кратне збільшення норми мінеральних добрив до $N_{90}P_{90}K_{90}$ забезпечувало зменшення різниці між показниками урожайності 2019 та 2021 рр. до 12 % (табл. 2).

Враховуючи, що початкове значення різниці в показниках середньої для гібридів урожайності за 2019 та 2021 рр. на варіантах без внесення добрив, склали біля 30%, слід вважати, що використання середньої дози добрив сприяло більш чіткому виявленню різниці в реакції гібридів на умови вегетації. На варіанті із максимальною дозою добрив спостерігався зворотний ефект: зменшення реакції гібридів на відмінності умов вегетації.

Більш складна схема причино-наслідкових зв'язків між погодними умовами, нормою мінеральних добрив та показниками врожайності спостерігалась на рівні окремих гібридів. Аналіз відхилень від середнього значення показав, що зі збільшенням норми добрив різниця між середнім та мінімальними значеннями показника врожайності збільшувалась. Так, у гібриду Феномен різниця між показниками склали -0,49 т/га на варіанті без добрив; -0,58 та -0,74 т/га на варіантах із середньою та максимальною дозами добрив. Подібна залежність спостерігалась також для гібридів Набір та Ясон.

У гібридів із близькими та вищими за середні показниками врожайності залежність мала протилежний харак-

тер. Крім того відбувалася зміна рейтингового положення гібридів залежно від норми мінеральних добрив. Так, максимальне перевищення середнього значення на ділянках контролю за середньої дози добрив у сприятливих умовах вегетації 2019 та 2020 рр. забезпечував гібрид Агент. Однак, в несприятливих умовах 2021 р. та на ділянках із максимальною кількістю добрив перевагу за показником урожайності мав гібрид LG 53.77.

Збільшення дози добрив забезпечило перехід гібрида Тео із групи з меншим за середній рівень показником урожайності в групу з більш високою урожайністю.

Отримані дані вказують, що в основі високого рівня подібності реакції маловрожайних гібридів на різницю в погодних умовах вегетаційного періоду може бути спільний комплекс генетичних механізмів формування урожайності. Навпаки, вищий за середній рівень урожайності в кожному конкретному випадку забезпечується індивідуальною генетичною схемою.

Результати трирічного польового дослідження з використанням як аналізуючого фону (технологічні фактори мінли-

вості) градієнтів із різною густиною стояння рослин та різними нормами мінеральних добрив дозволяють провести оцінювання ефективності механізмів реалізації генеративного потенціалу рослин у розрізі окремих гібридів.

Аналіз показує, що низький рівень урожайності гібридів Феномен, Ясон та Набір загалом був пропорційний рівню реакції на зміну умов середовища за іншими параметрами – кількістю насіння в кошику (Ns), масою 1000 насіння (M1000), а також діаметром кошика (Df) та коефіцієнтами забезпеченості рослин листовою поверхнею (KSL, LAR).

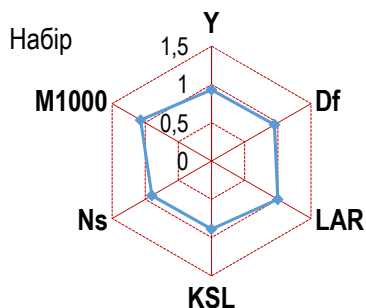
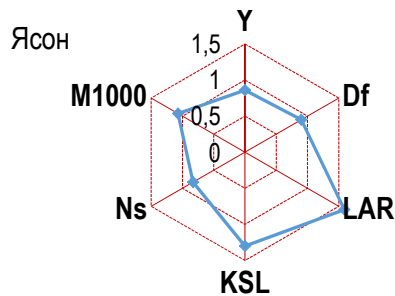
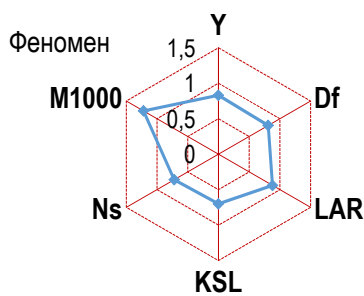
Так, середнє значення коефіцієнта екологічної пластичності (bi) згаданих показників у гібриду Феномен склало 0,83 у гібриду Ясон 0,86 та 0,93 у гібриду Набір (рис. 1). Позитивна реакція на зміну умов вегетації була відмічена лише для показника маси M1000 в гібридів Феномен та Набір та показників розвитку листової поверхні у гібрида Ясон.

Дещо інші схеми реалізації генеративного потенціалу було відмічено для гібридів Тео, Оскар, Добродій

Таблиця 2

Урожайність гібридів соняшнику залежно від норми мінеральних добрив

Гібрид	2019		2020		2021		Середнє	
	X	± до ср.	X	± до ср.	X	± до ср.	X	± до ср.
Без добрив (фон)								
Феномен	2,22	-0,65	2,10	-0,52	1,89	-0,31	2,07	-0,49
Набір	2,49	-0,38	2,33	-0,29	2,05	-0,15	2,29	-0,27
Ясон	2,29	-0,58	2,14	-0,48	1,89	-0,31	2,11	-0,45
Тео	2,75	-0,12	2,58	-0,04	2,29	0,09	2,54	-0,02
Оскар	2,93	0,06	2,69	0,07	2,30	0,10	2,64	0,08
Агент	3,65	0,78	3,21	0,59	2,49	0,29	3,12	0,56
Златсон	3,04	0,17	2,80	0,18	2,41	0,21	2,75	0,19
LG 53.77	3,34	0,47	3,03	0,41	2,52	0,32	2,96	0,40
Добродій	3,16	0,29	2,70	0,08	1,94	-0,26	2,60	0,04
Середнє	2,87		2,62		2,20		2,56	
N₄₅ P₄₅ K₄₅								
Феномен	2,59	-0,76	2,34	-0,61	2,12	-0,37	2,35	-0,58
Набір	2,90	-0,45	2,61	-0,34	2,30	-0,19	2,60	-0,33
Ясон	2,67	-0,68	2,40	-0,55	2,12	-0,37	2,40	-0,53
Тео	3,22	-0,13	2,91	-0,04	2,60	0,11	2,91	-0,02
Оскар	3,43	0,08	3,05	0,10	2,62	0,13	3,03	0,10
Агент	4,26	0,91	3,62	0,67	2,84	0,35	3,57	0,64
Златсон	3,54	0,19	3,14	0,19	2,76	0,27	3,15	0,22
LG 53.77	3,89	0,54	3,42	0,47	2,88	0,39	3,40	0,47
Добродій	3,68	0,33	3,05	0,10	2,21	-0,28	2,98	0,05
Середнє	3,35		2,95		2,49		2,93	
N₉₀ P₉₀ K₉₀								
Феномен	2,54	-0,88	2,35	-0,83	2,54	-0,53	2,48	-0,74
Набір	2,95	-0,47	2,81	-0,37	2,79	-0,28	2,85	-0,37
Ясон	2,68	-0,74	2,61	-0,57	2,55	-0,52	2,61	-0,61
Тео	3,41	-0,01	3,21	0,03	3,17	0,10	3,26	0,04
Оскар	3,55	0,13	3,40	0,22	3,23	0,16	3,39	0,17
Агент	3,81	0,39	3,98	0,80	3,57	0,50	3,79	0,57
Златсон	3,67	0,25	3,23	0,05	3,45	0,38	3,45	0,23
LG 53.77	4,16	0,74	3,74	0,56	3,60	0,53	3,83	0,61
Добродій	3,98	0,56	3,33	0,15	2,75	-0,32	3,35	0,13
Середнє	3,42		3,18		3,07		3,22	



Y – урожайність, т/га;
 Df – діаметр суцвіття, см;
 LAR – коефіцієнт забезпеченості плодів листовою поверхнею, cm^2/g ;
 KSL – коефіцієнт листової поверхні посіву, m^2/m^2 ;
 Ns – кількість насіння, шт./суцвіття;
 M1000 – маса 1000 насіння, г.

Рис. 1. Особливості реакції генотипів соняшнику на зміну умов вегетації за показником екологічної пластичності (b_i), (2019–2021 рр.)

та Агент. Рівень урожайності підтримувався за рахунок середнього та вищого за середній рівня пластичності ($b_i > 1.0$) за більшістю ознак, насамперед показників Ns та M1000, (рис. 2).

Незалежно від погодних умов років досліджень найвищі показники врожайності мали гібриди Агент та LG53.77. Аналіз свідчить про подібність дендрограм гібридів за структурою показника пластичності, а саме – високі значення b_i (більше 1,2) за більшістю виокремлених ознак (рис. 3).

Обговорення. Важливою характеристикою сучасних генотипів сільськогосподарських культур є здатність до

формування середніх та високих показників урожайності у широкому діапазоні умов середовища. Разом із тим звуження генетичної основи культури за рахунок домінування генотипів із підвищеним рівнем реалізації генеративних функцій обумовлює наявність специфічної реакції на погодні умови та параметри технологій.

Низький коефіцієнт екологічної пластичності основних селекційно-контрольованих ознак у гібридів Феномен, Ясон та Набір поєднувався із відносно стабільними річними показниками врожайності, насамперед на ділянках без внесення добрив. Рівень урожайності підтримувався здатністю гібридів до формування

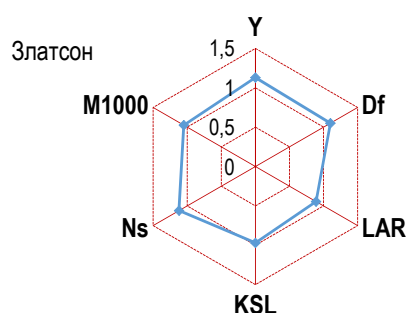
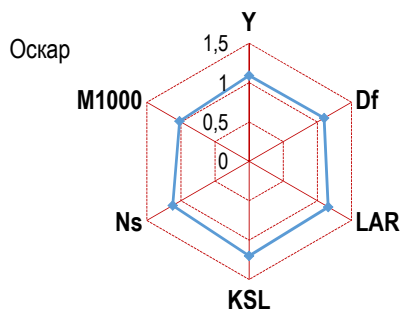
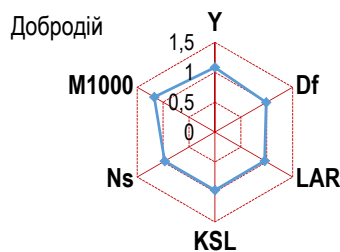
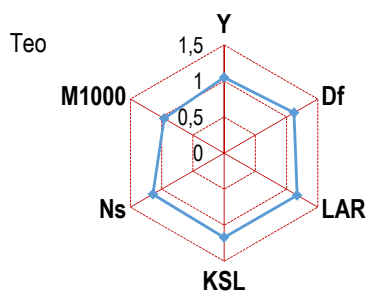


Рис. 2. Особливості реакції генотипів соняшнику на зміну умов вегетації за показником екологічної пластичності (b_i), (2019–2021 рр.)

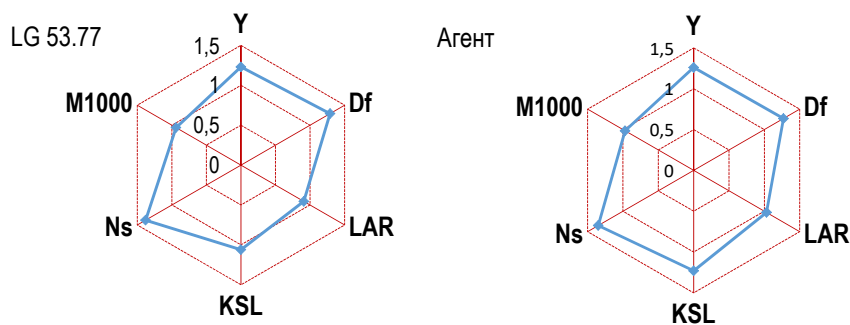


Рис. 3. Особливості реакції генотипів соняшнику на зміну умов вегетації за показником екологічної пластичності (bi), (2019–2021pp.)

добре виповненого насіння. Середнє значення показника M1000 цих гібридів склало 73,65; 64,81 та 64,74 г відповідно. Тоді як середнє для досліджуваного значення було лише 63,6 г. Реалізація цієї ознаки в несприятливих умовах (2021 рік та ділянки без внесення добрив) забезпечувалася високим рівнем розвитку листкової поверхні (показники KSL та LAR). Дані, щодо стабілізуючої ролі показника забезпеченості насіння листковим апаратом саме у поєднанні з достатнім рівнем пластичності ознаки маси 1000 насінин погоджуються з результатами досліджень В.І.Троценка та Г.О.Жатової (Trocenko & Zhatova, 2018), щодо оптимізації моделей сортів соняшнику для умов Лісостепу та Полісся.

Іншу схему формування врожайності мали гібриди Агент та LG 53.77. Вищий за середній рівень урожайності гібридів поєднувався із високим рівнем екологічної пластичності (bi) за більшістю селекційно-контрольованих ознак, насамперед, розміру кошика (Df) та кількості насіння (Ns). Однак на ділянках без внесення добрив, а також у несприятливий 2021 р. переваги такого механізму були мінімальними. Навпаки, поєднання факторів оптимальних погодних умов (2019 р.), середніх та високих норм мінеральних добрив забезпечувало максимальні (у досліді) показники урожайності на рівні 4,26 т/га для гібриду Агент та 4,16 т/га для гібриду LG 53.77.

Враховуючи особливості формування ознаки кількості насіння у суцвітті кошику, більшість дослідників погоджуються з визначальним значенням цього параметру у структурі урожаю. Разом із тим дані В.І.Троценка та Г.О.Жатової (Trocenko & Zhatova, 2015), а також результати, наведені у роботі А.В. Мельника та співавторів (Melnyk et al., 2013) вказують на чутливість ознаки до несприятливих умов весняної вегетації та низького рівня компенсаторних механізмів у наступні фази розвитку.

Наявність кількох відмінних між собою схем формування врожайності було відмічено у групі гібридів: Тео, Оскар, Златсон та Добродій. Спільною для групи характеристикою була здатність гібридів формувати та підтримувати близькі до середніх значення показників кількості та маси 1000 насінин. Різна реакція цих показників на погодні умови зумовлювала відмінності у показниках урожайності у межах групи, а також зміну рейтингу гібриду. Як згадувалося вище, зміна місця у рейтингу за показником урожайності залежно від умов року та норми добрив, була відмічена для гібриду Тео та гібриду Добродій.

Висновки. За результатами вивчення реакції гібридів соняшнику на умови року та дози добрив було зроблено наступні висновки. Відмінності у показниках середньої врожайності окремих років досліджень зростають на варіантах із внесенням середньої норми мінеральних добрив. На варіанті із максимальною нормою добрив спостерігався зворотний ефект: послаблення реакції гібридів на відмінності погодних умов років досліджень. В основі високого рівня подібності реакції маловрожайних гібридів на погодні умови може бути спільний комплекс генетичних механізмів формування урожайності. Проте рівень урожайності вищий за середній в кожному конкретному випадку забезпечується індивідуальною генетичною схемою. Порівняння гібридів за показником екологічної пластичності основних селекційно-контрольованих ознак вказує на доцільність виділення трьох груп з різними схемами формування урожайності: з високим рівнем пластичності показників маси 1000 насінин та розвитку листкового апарату (Феномен, Ясон та Набір); з високим рівнем пластичності більшості показників, насамперед кількості насіння, розміру суцвіття та розвитку листкового апарату (Агент та LG 53.77); з середнім рівнем пластичності за основними селекційно-контрольованими показниками (Тео, Оскар, Златсон та Добродій).

Бібліографічні посилання:

1. Adugna, W. & Labushange, M.T. (2002). Genotype-environment interactions and phenotypic stability analysis of linseed in Ethiopia. *Plant Breeding*, 121, 66–71.
2. Anastasi, U., Cammarata, M. & Abbate, V. (2002). Yield potential and oil quality of sunflower (oleic and standard) grown between autumn and summer. *Ital. J. Agron.*, 4, 23–36.
3. Andrade, F. H., Sadras, V.O., Vega, C.R.C. & Echarte, L. (2005) Physiological determinants of crop growth and yield in maize, sunflower and soybean: their application to crop management, modeling and breeding. *J. Crop Improv.* 14, 51–101.
4. Baranyk, P. (2010) *Olejnyy. Vyd. Profi Press, Praha*, 206.

5. Brandt, S. A., Nielsen, D. C., Lafond, G. P. & Riveland, N. R. (2003) Oilseed crops for semiarid cropping systems in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 94, 31–240.
6. Canavar, Ö., Ellmer, F. & Chmielewski, F.M. (2010). Investigation of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in the ecological conditions of Berlin (in Germany). *HELIA*, 33(53), 117–130. doi: 10.2298/HEL1053117C
7. Černý, I., Pačuta, V., Veverková, A. & Bacsová, Z. (2010). Zhodnotenie kvalitatívnych a kvantitatívnych parametrov slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.) vplyvom vybraných faktorov jej pestovania. Sborník z konferencie „Prosperujúci olejniný“, 9–10.
8. De la Vega, A. J. & Hall, A. J. (2002) Effects of planting date, genotype, and their interactions on sunflower yield. *Crop Sci.* 42, 1191–1201. doi: 10.2135/cropsci2002.1191
9. Denčić, S., Mladenov, N. & Kobiljski, B. (2011) Effects of genotype and environment on breadmaking quality in wheat. *Int. J. Plant Prod.*, 5(1), 71–82.
10. Dicu, V. G., Bău, A. G. & State, D. (2013) Yield components at some hybrids of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought conditions from south Romania. *AgroLife Scientific Journal*, 2, 9–14.
11. Duca, M., Port, A., Burcovschi, I., Joița-Păcureanu, M. & Dan, M. (2022) Environmental response in sunflower hybrids: a multivariate approach *Romanian Agricultural Research*, 39, 2–14.
12. Đukić, V., Balešević-Tubić, S., Đorđević, V., Tatić, M., Dozet, G., Jaćimović, G., & Petrović, K. (2011). Prinos i semenski kvaliteta soje u zavisnosti od uslova godine. *Ratar Povrt.*, 48, 137–142.
13. Eberhart, S. A. & Russel, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 6, 6–40.
14. Ghaffari, M., Farrokhi, I. & Mirzapour, M. (2011) Combining ability and gene action for agronomic traits and oil content in sunflower (*Helianthus annuus* L.) using F_1 hybrids. *Crop Breeding Journal*, 1(1), 75–87.
15. Gonzáles, J., Mancuso, N. & Ludueña, P. (2013). Sunflower yield and climatic variables. *HELIA*, 36(58), 69–76. doi: 10.2298/hel1358069g
16. Hladni, N., Škorić, D., Kraljević-Balalić, M., Sakač, Z. & Jovanović, D. (2006) Combining ability for oil content and its correlations with other yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *HELIA*, 29(44), 101–110. doi: 10.2298/hel0644101h
17. Hossam, M. I. (2012) Response of some sunflower hybrids to different levels of plant density. *APCBEE Procedia* 4, 175–182.
18. Ion, V., Dicu, G., Bău, A.Gh. & State, D. (2013) Yield components at some hybrids of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought conditions from South Romania. *AgroLife Scientific Journal*, 2(2), 9–14.
19. Ion, V., Stefan, V., Dumbravă, M., Ion, N. & Bău, A. Gh., (2010). Yield results obtained from an assortment of sunflower hybrids cultivated at Moara Domnească Research Farm in the period 2006-2008. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LIII, 364–370.
20. Iqrasana, Qayyum, A., Khan, S. U., Khan, S.A., Mehmoody, A., Bibi, Y., Sherh, A., Khanm, H. & Jenks, M. A. (2017) Sunflower (*Helianthus annuus*) hybrids evaluation for oil quality and yield attributes under spring planting conditions of Haripur, Pakistan. *Planta Daninha*, 35 doi: 10.1590/S0100-83582017350100003
21. Joksimovic, J., Atlagic, J., Jovanovic, D., Marinkovic, R., Dušanic, N. & Miklic, V. (2004) Path coefficient analysis of some head and seed characteristics in sunflower. *Proc 16th International Sunflower Conference*, Fargo, North Dakota, USA, 525–530.
22. Kalenska, S., Ryzhenko, A., Novytska, N., Garbar, L., Stolyarchuk, T., Kalenskyi, V., & Shytiy, O. (2020) Morphological features of plants and yield of sunflower hybrids cultivated in the northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *American Journal of Plant Sciences*, 11, 1331–1344. doi: 10.4236/ajps.2020.118095
23. Marinković, R. (1992) Path-coefficient analysis of some yield components of sunflower (*H. annuus* L.) I. *Euphytica*, 60, 3, 201–205. doi: 10.1007/BF00039399
24. Marinković, R., Škorić, D., Nenadić, N., Jovanović, D., Miklič, V., Joksimović, J., Stanojević, D., & Nedeljković, S. (1994). Uticaj položaja semena u glavi na prinos i neke komponente prinosa semena kod suncokreta (*Helianthus annuus* L.). *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 22, 379–389.
25. Marinković, R., Dozet, B., & Vasić, D. (2003). Oplemenjivanje suncokreta. *Monografija. Školska knjiga*, Novi Sad, 368.
26. Melnyk A. V., Trotsenko V. I. & Hovorun S.O. (2013) Vplyv popередnykh ta mineralnykh dobryv na yakist nasinnia soniashnyku v umovakh pivnichno-skhidnoho lisostepu Ukrainy [The influence of precursors and mineral fertilizers on the quality of sunflower seeds in the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine] *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu.*, 11 (26), 124–127 (in Ukrainian).
27. Miklič, V., Dušanić, N., Joksimović, J. & Crnobarac, J. (2006). Uticaj vremena berbe na masu 1000 semena različitih genotipova suncokreta. *Zbornik radova, Savetovanje industrije ulja*, Herceg Novi, 55–61.
28. Mirić, M., Selaković, D., Jovin, P., & Hojka, Z. (2006). Masa 1000 semena u teoriji i praksi. *Zbornik abstrakata, IV Simpozijum selekcije i semenarstva*, Zlatibor, 172.
29. Moghaddam, M. J. & Pourdad, S. S. (2011) Genotype × environment interactions and simultaneous selection for high oil yield and stability in rainfed warm areas rapeseed (*Brassica napus* L.) from Iran. *Euphytica*, 180, 321–335. doi: 10.1007/s10681-011-0371-8
30. Mrdja, J., Crnobarac, J., Dušanić, N., Jocić, S. & Miklič, V. (2011) Germination energy as a parameter of seed quality in different sunflower genotypes. *Genetika-Belgrade*, 43(3), 427–436. doi: 10.2298/GENSR1103427M
31. Mrdja, J., Crnobarac, J., Radić, V. & Miklič, V. (2012) Sunflower seed quality and yield in relation to environmental conditions of production region. *HELIA*, 35(57), 123–134. doi: 10.2298/hel1257123m

32. Pissai, C. (2011) Stability of yield and other characters of sunflower across environments. *Suranaree Journal Science and Technology*, 18, 55–60.
33. Piva, G., Bouniols, A. & Mondières, M. (2000) Effect of cultural conditions on yield, oil content and fatty acid composition of sunflower kernel. *International sunflower conference*, 15, Toulouse. *Proceedings Toulouse: ISA*, A61–A66.
34. Radić, V. (2008). *Proizvodne i morfološke osobine komercijalnih novosadskih linija suncokreta (Helianthus annuus L.)*. Doctoral dissertation. University of Novi Sad, Faculty of Agriculture.
35. Radić, V., Vujaković, M., Marjanović-Jeromela, A., Mrdja, J., Miklič, V., Dušanić, N. & Balalić, I. (2009) Interdependence of sunflower seed quality parameters. *HELIA*, 32(50), 157–164. doi: 10.2298/hel0950157r
36. Radić, V., Mrđa, J., Jockovic, Mi., Canak, P., Dimitrijevic, Al. & Jovic, S. (2013). Sunflower 1000-seed weight as affected by year and genotype. *Ratarstvo i Povrtarstvo*. 2013, 50(1), 1–7. doi: 10.5937/ratpov50-3214
37. Schoeman, L. J. (2003) Genotype × environment interaction in sunflower (*Helianthus annuus*) in South Africa. PhD Thesis. University of the Free State, Bloemfontein, South Africa.
38. 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 Polissia]. *Visnik Sumskogo NAU*, 8(35), 53–58 (in Ukrainian).
39. Trocenko V. I. & Zhatova, G. O. (2015). Etapi formuvannja produktivnosti roslin ta urozhajnist posiviv sonjashniku [Stages of formation of plant productivity and yield of sunflower crops]. *Visnik centru naukovogo zabezpechennja APV Harkivskoi oblasti*, 18, 165–173 (in Ukrainian).
40. Vratarić, M., & Sudarić, A. (2004). Oplemenjivanje i genetika suncokreta Suncokret *Helianthus annuus* L. Poljoprivredni institut, Osijek, 88–89.
41. Vujaković, M., Radić, V., Miklič, V., Jovičić, D., Balešević-Tubić, S., Mrđa, J., & Škorić, D. (2012). Seed dormancy of hybrids and parent lines of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *HELIA*, 35, 111–118.
42. Zheljzkov, V. D., Vick, B.A., Baldwin, B.S., Buehring, N., Coker, C., Astatkie, T. & Johnson, B. (2011). Oil productivity and composition of sunflower as a function of hybrid and planting date, *Industrial Crops and Products*, 33(2), 537–543, doi: 10.1016/j.indcrop.2010.11.004

Kolosok I.O., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Features of the yield formation of sunflower hybrids in the conditions of the north-eastern forest steppe of Ukraine

Sunflower belongs to crops with low pre-harvest sowing density and low compensatory capacity of the parameters that are components of the crop. This feature complicates the functioning of population mechanisms of regulation of generative parameters of plants in the same way as it happens in crops of cereal crops. The success of realizing the generative potential of plants (crop yield) is determined by the compliance of the mechanisms of plant productivity, created through selection, to specific environmental conditions. Under these conditions, the most effective method of stabilizing and increasing crop yield is the correct selection of hybrids.

To evaluate the effectiveness of various yield formation schemes 9 sunflower hybrids were studied in 2019–2021. Research was carried out within the framework of scientific topics of the Sumy National University and the Institute of Agriculture of the North East of the National Academy of Sciences. The conditions of the field experiment reproduced the main range of agrotechnical ones for sunflower growing in the northeastern forest-steppe zone of Ukraine.

The range of weather conditions over the years of research contributed to the identification of genotypes that were characterized by the ability to actively grow in conditions of low temperatures and sufficient amount of precipitation in the juvenile phases of development, as well as the ability to realize the generative potential of plants at higher temperatures and moisture deficit in the second half of the growing season.

Yield indicators and their deviations from the average means were analyzed in terms of hybrids, years of research and rates of mineral fertilizers. Evaluation of productivity formation schemes was carried out on the basis of the indicator of ecological plasticity for the main selectively controlled traits.

According to the study results of sunflower hybrids reaction to the year conditions and the fertilizer rate, it was established that: 1) Differences in the average yield indicators of individual research years increase with application of average rate of mineral fertilizers. On the variant with the maximum fertilizer rate the opposite effect was observed: the reaction of hybrids to the differences in weather conditions during the research years was weakened; 2) The high level of similarity in the reaction of low-yielding hybrids to weather conditions is based on a common complex of genetic mechanisms of yield formation. However, higher than average level of yield in each specific case is provided by an individual genetic scheme; 3) Comparison of hybrids according to the indicator of ecological stability of the main selectively controlled traits indicates the expediency to select of three groups with different schemes of yield formation: with a high level of plasticity of 1000 seed weight and the development of the leaf apparatus (Phenomen, Jason and Nabir); with a high level of plasticity of most indicators, primarily the number of seeds, the size of the inflorescence and the development of the leaf apparatus (Agent and LG 53.77); with an average level of plasticity according to the main selectively controlled indicators (Theo, Oscar, Zlatson and Dobrodiy).

Key words: sunflower, yield, adaptability, analyzing background, mineral fertilizers, sowing density, plasticity.