

## МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ ТА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ В УМОВАХ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

**Троценко Володимир Іванович**

доктор сільськогосподарських наук, професор  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ORCID: 0000-0001-8101-0849  
vtrotsenko@ukr.net

**Кабанець Віктор Михайлович**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН України, с. Сад, Україна  
ORCID: 0000-0002-5981-7184  
kabanetsv@ukr.net

**Яценко Віталій Миколайович**

аспірант  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
vitaliiyatsenko1@gmail.com

**Колосок Інна Олександрівна**

аспірантка  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна  
ikolosok85@gmail.com

*Товарні посіви соняшника представлені в усіх областях України, у т. ч. у зоні північного Лісостепу та Полісся, яка суттєво відрізняється за ґрунтовими умовами від регіонів традиційного поширення культури. Такий стан потребує теоретичного узагальнення та експериментальних досліджень із розробки моделі сорту соняшнику з високим рівнем адаптованості до нових умов вегетації.*

*У загальному плані оцінку рівня адаптованості генотипів до умов зони забезпечують демонстраційні полігони. Найбільш повно асортимент вітчизняних та зарубіжних гібридів соняшнику, орієнтованих на зону північно-східного Лісостепу та Полісся, представлений на демонстраційному полігоні Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України (Інституту СГПС НААН України). Дослідження проводили у рамках програми з розробки моделі сорту для умов північно-східного Лісостепу та Полісся України, номер державної реєстрації 0116U001506, що виконувалася у 2016–2020 рр. в Інституті СГПС НААН України та Сумському національному аграрному університеті. У дослідженнях щорічно тестували 28–56 гібридів різних установ оригінаторів.*

*Проаналізовано загальну динаміку посівних площ, урожайності та валового виробництва соняшнику в Сумській області у 2016–2020 роках. Встановлено, що вищі, порівняно із середніми у державі, показники урожайності культури обумовили підвищення темпів щорічного збільшення посівних площ із 2–5 % у 2010 до 11 та 16 % у 2019 і 2020 роках. Наразі частка соняшнику в структурі орних земель області складає 25,4 % при 19,7 % у середньому в Україні. Збереження такої динаміки у найближчій перспективі може стати основним обмежуючим фактором зростання урожайності.*

*За результатами аналізу погодних умов, показників вегетативного та генеративного розвитку гібридів на демонстраційному полігоні розраховано 2-х рівневий алгоритм реалізації генеративного потенціалу. Він визначається тривалістю вегетаційного періоду та належністю гібридів до груп залежно від моделі формування урожайності. Встановлено, що у роки наближені до середньобагаторічних, різниця в один день вегетації пропорційна урожайності – 34 кг/га у більш посушливі та жаркі роки значення збільшується до 50 кг/га.*

*Здатність гібридів забезпечувати розрахункові показники середньої урожайності (за 3 і більше років) визначено як базовий рівень їх адаптованості до умов зони. Визначені мінімальні значення показників із високим рівнем кореляції з параметрами продуктивності рослин. За результатами аналізу значень показників, їх стабільності у різних погодних умовах встановлено різницю в алгоритмах формування урожайності. Проаналізовано параметри груп моделі, формування продуктивності яких забезпечували вищий від базового рівень адаптованості гібридів до умов зони.*

*Встановлено, що модель із задовільним рівнем адаптованості реалізується за рахунок незначного перевищення значень базових показників, що визначають розвиток листкового апарату рослин та структуру їх продуктивності. Моделі із вищим рівнем адаптованості характеризуються суттєвим перевищенням базових значень за кількома або більшістю показників.*

**Ключові слова:** соняшник, урожайність, погодні умови, моделі сортів, адаптація.

DOI: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2020.2.9>

**Вступ.** Соняшник є основною олійною культурою України. Стейка тенденція до потепління та аридизації клімату, | а також успіхи селекції у створенні високоурожайних, ранньо-

стиглих сортів і гібридів, зумовили суттєве зміщення вегетаційної лінії культури на північ. Наразі товарні посіви соняшника представлені у всіх областях України, у т. ч. у зоні північного Лісостепу та Полісся, які суттєво відрізняються за ґрунтовими умовами від регіонів традиційного поширення культури. Такий стан потребує теоретичного узагальнення та експериментальних досліджень із розробки моделі сорту соняшнику з високим рівнем адаптованості до нових умов вегетації.

Первинно термін «модель сорту» був запропонований Доналдом (Donald, 1968) у розумінні комплексу ознак майбутнього сорту, або програми селекційної роботи над створенням нового генотипу. Пізніше у процесі сортової диференціації культур відбулося розширення терміну, як такого, що узагальнює характеристики окремих груп сортів, технологічні схеми їх вирощування та алгоритми формування урожайності. Особливо це стосувалося культур, де сортові відмінності доповнювалися технологічними та зональними особливостями їх вирощування (Сессоні & Baldini, 1999). У сучасній виробничій літературі поєднання селекційних та технологічних характеристик генотипу досить часто визначається як його адаптованість до комплексу агрокліматичних умов.

Наразі до «Реєстру сортів...» включено більше 500 гібридів соняшнику, створення яких проходило у різноманітних екологічних умовах (<http://www.minagro.gov.ua/storage/app/uploads/public>). Неможливість розробки такої кількості індивідуальних сортових (у т. ч. зональних) технологій зумовлює необхідність групового підходу з урахуванням специфіки алгоритмів формування урожайності (Zelenskiy & Agaev, 2007).

Орієнтація більшості селекційних центрів на зони Степу, південного та центрального Лісостепу зумовлюють відсутність чітких рекомендацій стосовно оптимальних технологічних параметрів рослин та посівів соняшнику у зонах що характеризуються тривалим періодом «холодного ґрунту», його підвищеною кислотністю, суттєвими коливаннями добових температур у ювенільній фазі розвитку. Відсутність такої інформації знижує ефективність контролю стану посівів у різні фази вегетації, ускладнює прийняття рішень щодо виконання агротехнічних заходів, направлених на регулювання густоти посіву, розвитку листової поверхні тощо.

У загальному плані оцінку рівня адаптованості генотипів до умов зони при використанні базових технологій вирощування забезпечують демонстраційні полігони. Найбільш повно асортимент вітчизняних та зарубіжних гібридів соняшнику, орієнтованих на зону північно-східного Лісостепу та Полісся, представлений на демонстраційному полігоні Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України (Інституту СГПС НАН України).

Метою досліджень було: узагальнення та оцінювання сучасного стану та перспективи культури соняшнику в Сумській області, а також визначення механізмів підтримки стабільності генеративних функцій рослин, залежно від природи генотипів та їх адаптованості до умов регіону.

**Матеріали і методи досліджень.** Дослідження проводили у рамках програми з розробки моделі сорту для умов

північно-східного Лісостепу та Полісся України, номер державної реєстрації 0116U001506, що виконувалася в 2016–2020 рр. в Інституті СГПС НААН України та Сумському національному аграрному університеті. У дослідженнях щорічно тестували 28–56 гібридів різних установ оригінаторів, а саме: Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України, Інституту олійних культур НААН України, Селекційно-генетичного інституту НААН України та Сумського НАУ. Крім вітчизняних, у дослідках були представлені іноземні селекційні центри: «Євраліс Семанс», «Лімагрейн Юроп», «Сінгента Сідз С. А. С.», Інститут польовництва м. Нові Сад (Сербія).

Визначення параметрів розвитку рослин проводили у фазу цвітіння. Площу листків визначали методом висічок (Nichiporovich, 1996). Вміст хлорофілу – за допомогою вимірювача рівня хлорофілу N-тестера SPAD-502 Plus виробництва Minolta optics, із калібруванням шкали за результатами лабораторного аналізу з використанням фотоколориметра КФК-3.01 (Musiyenko et al., 2001)

Аналіз погодних умов проводили за даними метеостанції Інституту СГПС НААН України. Для порівняння умов вегетаційного періоду (травень-серпень) використовували показники суми температур, суми опадів, їх середньо-багаторічне значення та гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК).

Попередником у всі роки досліджень були ярі зернові (ячмінь, овес). Обробіток ґрунту з осені – покращений зяб, весною – закриття вологи, культивация. Перед культивацияю вносили мінеральні добрива – нітроамофос ( $N_{15}P_{15}K_{15}$ ), 200 кг/га. Сівбу проводили в останню декаду квітня, на глибину 4,5 см, із нормою висіву 70,0 тис./га та внесенням у рядки аміачної селітри ( $N_{34}$ ) – 50 кг/га. Основний (ґрунтовий) гербіцид – Прометрекс. Страховий гербіцид – Фюзілад Форте 150 ЕС. На початку фази бутонізації проводили обробку фунгіцидом Амістар Екстра. Кінцева (передзбиральна) густина – 60 тис./га. Збирання врожаю проводили вручну, з двох центральних рядків 4-х рядкової ділянки.

Результати оброблено з використанням пакету Statistica 6.0 (Carenko et al., 2000). Коментар та узагальнення виявлених залежностей викладені з урахуванням специфіки біологічних об'єктів (Rostova, 2002; Lakin, 1980).

**Результати.** За даними Департаменту агропромислового розвитку Сумської ОДА, останні п'ять років були визначальними у становленні Сумської області як виробника олійного насіння (<http://www.apk.sm.gov.ua>) (табл. 1). У 2020 році Сумська область вперше ввійшла до числа 5 областей, а саме Харківської, Кіровоградської, Полтавської, Дніпровської, які сумарно забезпечують 50 % від валового виробництва соняшнику в Україні. Частка області у валовому обсязі урожаю склала 6,9 %, при цьому частка посівних площ склала лише 4,3 % від загальної площі посівів соняшнику в державі. Погіршення на більшій території держави в 2020 році умов вегетації ярих культур забезпечили лідерство Сумської області за показником урожайності. Середня урожайність соняшнику у поточному (2020) році склала 3,24 т/га що на 58,1 % більше, ніж у середньому в Україні – 2,05 т/га.

Динаміка посівних площ та урожайності соняшнику в Сумській області

Показник	Роки				
	2016	2017	2018	2019	2020
Площа, тис. га	197,4	201,4	213,3	236	274,5
Урожайність, т/га	2,48	2,56	2,91	3,28	3,24
Валовий урожай, тис. т	488,4	516,3	621	774,4	889,7
Зміна показника, % до попереднього року					
Площа, тис. га		+ 2,03	+ 5,91	+ 10,64	+ 16,31
Урожайність, т/га		+ 3,23	+ 13,67	+ 12,71	- 1,2
Валовий урожай, тис. т		+ 5,71	+ 20,28	+ 24,70	+ 14,89

Суттєво вищий, порівняно із середніми у державі, рівень урожайності протягом останніх п'яти років обумовив прискорення темпів зростання посівних площ соняшнику в області. Якщо в період із 2010 до 2015 щорічне зростання посівних площ не перевищувало 3–5 % то у 2019 цей показник склав 10,6 %, а у 2020 16,2 %. Висока інтенсивність зростання посівних площ зумовила входження області до числа регіонів із вищою, порівняно з середньою в Україні, концентрацією культури. Наразі (2020 р.) посіви соняшнику в Україні склали 6,36 млн га або 19,7 % від загальної площі орних земель, тоді як у Сумській області цей показник становив 274,5 тис. га або 25,4 %. Збереження темпів зростання посівних площ, у найближчій перспективі, може стати одним із обмежуючих факторів зростання урожайності й прогнозованого збільшення собівартості вирощування соняшнику, у зв'язку з погіршенням фітосанітарного стану посівів.

Важливим аспектом розуміння динаміки урожайності соняшнику є аналіз погодних умов, оскільки цей фактор є визначальним в умовах зони, що донедавна вважалася мало-перспективною для товарного вирощування олійного насіння. На рисунку 1 наведено просторове розміщення вегетаційних

періодів 2016–2020 рр. за шкалами суми температур та суми опадів. Загалом, усі вегетаційні періоди мали вищий порівняно з нормативним (середньобагаторічним) показник суми температур. При цьому лише 2016 рік характеризувався суттєвим (+58,4 %) перевищенням показника кількості опадів. У інші роки прослідковувалась загальна тенденція до потепління та аридизації клімату. Найбільш чітко це проявилось у 2018 році, що характеризувався суттєвим перевищенням показника суми температур (+ 19,3 %) та нижчим показником кількості опадів (-52,5 % до середньобагаторічного).

Враховуючи дані попередніх досліджень щодо впливу погодних умов на урожайність соняшнику (Тросенко & Zhatoва, 2015, 2018) та дані інших дослідників (Zhemchuzhin, 2009; Melnik, 2004), було встановлено, що період характеризувався проявом двох типів погодних умов, а саме: подібні до середньобагаторічних із значенням ГТК, наближеним або більшим за одиницю (2016, 2017 та 2020) та роки, близькі до аномальних за значеннями суми температур та опадів (2018 та 2019 роки) – із значенням ГТК менше 0,5.

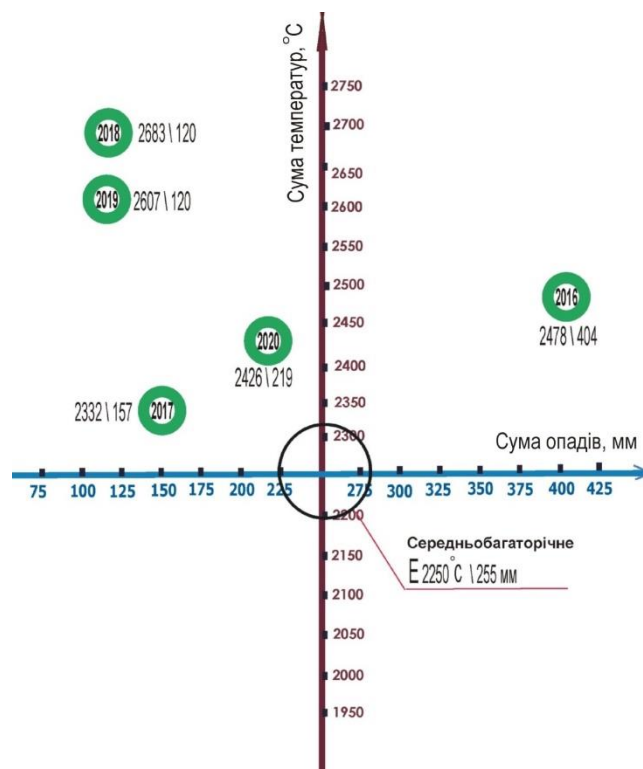


Рис. 1. Сума температур та опадів за травень–серпень 2016–2020 років порівняно до середньобагаторічних значень (Метеостанція Інституту СГПС НААН України).

Одним із визначальних факторів зростання урожайності соняшнику, як у регіоні, так і загалом у державі, є суттєве розширення сортового асортименту та виокремлення груп із різними алгоритмами формування урожайності. Разом із тим, частина базових (у процесах доместикації) ознак залишаються визначальними у процесах формування потенціалу генотипу та його реалізації у конкретних умовах (Kirichenko, 2005). Першочерговою ознакою у цьому переліку є тривалість вегетаційного періоду (Zhuchenko, 1990). Диференціація культури за тривалістю вегетації забезпечує виокремлення груп із відмінними від інших механізмами формування уро-

жайності, фенотипом рослин та архітектонікою посіву. В комплексі це забезпечує близьку до пропорційної залежність між тривалістю вегетації генотипів та їх продуктивністю. Однак за різних погодних умов ця залежність може змінюватися.

Було встановлено, що різниця в умовах вегетації рослин у періоди 2016, 2017, 2020 та 2018, 2019 рр. супроводжувалася змінами показників реалізації генеративного потенціалу гібридів. У таблиці 2 наведено регресійні моделі урожайності посівів соняшнику у середньому для виділених періодів, де  $Y$  – урожайність (т/га);  $X$  – тривалість вегетаційного періоду (днів).

Таблиця 2

Регресійні моделі урожайності генотипів соняшнику залежно від тривалості вегетації (демонстраційний полігон ІСГПС НААН України, 2016–2020 рр.)

Середнє для періоду, роки	Регресійна модель	Коефіцієнт детермінації, $R^2$
2016, 2017, 2020	$Y = -0,8684 + 0,028 \cdot X;$	0,72
2018; 2019	$Y = -2,1736 + 0,045 \cdot X;$	0,82

Аналіз розрахованих моделей вказував, що в роки близькі до середньо-багаторічних різниці в один день вегетації була пропорційна різниці в 34 кг/га насіння. У роки, близькі до екстремальних за рівнем теплозабезпечення, цей показник наближався до 50 кг/га. Таким чином, у найбільш розповсюджених групах комерційних гібридів, представлених на демонстраційному полігоні, залежність між тривалістю вегетації та урожайністю носила опосередкований характер і варіювала залежно від умов року.

Наступним етапом досліджень було виокремлення основних моделей формування продуктивності рослин різних генотипів залежно від їх адаптованості до певного типу погодних умов. Усього було виділено 5 моделей. На основі мінімальних значень груп, що стабільно забезпечували вищий від розрахункового (на основі регресійних моделей) рівень урожайності були визначені мінімальні (базові) параметри моделі з достатнім рівнем адаптованості до умов зони, таблиця 3.

Таблиця 3

Базові параметри моделі сорту соняшнику для умов північно-східного Лісостепу

ПОКАЗНИК	ЗНАЧЕННЯ
Тривалість вегетації / дата технологічного дозрівання	115–120 днів/до 20 вересня
Маса 1000 шт. насіння, г;	65,0
Кількість насіння, шт./рослину;	900,0
Коефіцієнт ЛПП, $m^2/m^2$ ;	3,0
Щільність листової пластинки, $g/m^2$ ;	450,0
Концентрація хлорофілу, $g/m^2$	0,60
Ярусність листового полог, $m^2/m$	0,35

Гібриди з такими показниками, залежно від умов року та тривалості вегетації, формували урожайність на рівні 3,2–3,5 т/га. У графічних моделях (рис. 2), базові значення показників були прийняті за одиницю.

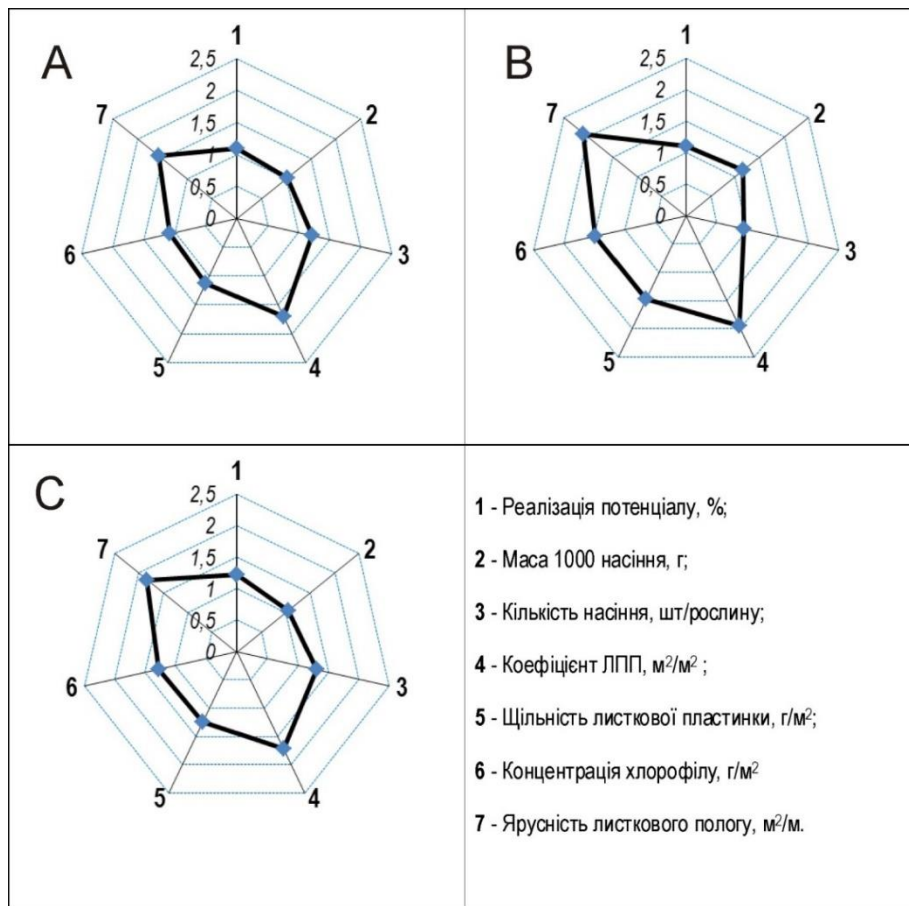
Модель «А» із задовільним рівнем адаптованості була реалізована в гібридів: Арлет, Спайсі, Славсон, Вінченце, Альзан, Патриція, Мішель, Силует, Тео, Равелін. Модель «В» у гібридів: Ясон, Політ 2, Божедар, Kodru. Модель «С» об'єднувала гібриди: Спрінгбокс, Фундатор, Пріоритет, Регіон, Агент.

**Обговорення.** Формування запасних поживних речовин у соняшнику потребує тривалого періоду, пов'язаного з перетворенням продуктів фотосинтезу у жири та білок. Вважається, що різниця в один день тривалості вегетації пропорційна різниці в 20–25 кг/га виходу олії або 0,06–0,08 т насіння/га (Yegorov, 2019; Bartholomew & Olubukola, 2020; Canavar, 2010).

Однак, залежно від особливостей гібриду та рівня його адаптованості до умов довкілля, це співвідношення може змінюватися. Так результати досліджень Ангаді та Ентз (Angadi & Entz, 2002) вказують, що згадана різниця проявляється як середнє між групами стиглості, тоді як в межах кожної із груп різниця є менш вираженою. Узагальнення особли-

востей формування урожайності соняшнику в різних кліматичних умовах, проведені Абдельсатар та ін. (Abdelsatar et al. 2015) та Маринкович та ін. (Marinkovic et al., 2011), вказують на наявність кількох типів формування урожайності, що реалізуються на рівні груп із різною тривалістю вегетації. Найбільш чітко різниця між алгоритмами формування урожайності простежується у групах ультраранньостиглих та пізньостиглих генотипів. Ці відмінності базуються на морфологічних відмінностях рослин й різниці у їх реакції на довжину дня. Формування урожайності в інших групах (ранньо- та середньостиглі) залежно від природи сорту та умов його вегетації відбувається за змішаним типом або з переважанням одного із названих алгоритмів.

Таким чином, виявлена різниця у значеннях регресійних моделей вказує на досить широкий діапазон пластичності представлених у виробництві гібридів, що за певних погодних умов (наближені до середньо-багаторічних) дозволяє прогнозувати стабілізацію і навіть зростання середньої урожайності за рахунок гібридів з тривалістю вегетації до 110 днів. Однак зростання частоти років із наближенням до екстремального рівня тепло- та вологозабезпечення буде вимагати оновлення сортового асортименту на користь генотипів із переважанням пізньостиглих характеристик.



**Рис. 2.** Моделі формування урожайності гібридів соняшнику в умовах північно-східного Лісостепу України (2016–2020 роки):

**А** – Задовільний рівень адаптованості з урожайністю 2,8–3,0 т/га; **В** – Висока адаптованість окремих ознак (2,5–3,5 т/га); **С** – Висока адаптованість більшості ознак (3,2–3,8 т/га).

Наявність дворівневої моделі формування продуктивності рослин соняшнику забезпечує можливість системного підходу до вибору гібридів, виходячи із прогнозованих умов вегетаційного періоду, структурних та ґрунтових особливостей господарства. Визначення базових параметрів розвитку листового апарату рослин у генотипів із різними алгоритмами формування урожаю наразі є інформативною ознакою диференціації колекцій соняшнику (Demurin & Borisenko, 2011; Goryunova et al., 2019). У практичному аспекті це забезпечує можливість контролю параметрів посівів на різних етапах вегетації.

Важливим, у розрізі конкретних моделей є технологічне забезпечення параметрів, із вищими за базовий рівень показниками. Так, у моделі «А» лише 2 із шести параметрів більше, ніж на 50 % перевищували базові показники а саме: коефіцієнт листової поверхні посіву (м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>) та показник ярусності листового полог (м<sup>2</sup>/м). Останній, визначався як відношення площі листків до висоти рослин. Значення цих показників були стабільними в усі роки досліджень, що вказує на високий рівень їх генетичної фіксованості. Збалансованість параметрів розвитку стебла (висоти) та листового апарату забезпечували достатній рівень освітленості у посіві й тривалий період функціонування нижнього ярусу листків. Такий стан було відмічено як у близькій до середньобогаторічних, так і у посушливі роки. Ефективність цієї схеми вегетації підтверджується

дослідженнями в умовах більш посушливого клімату країн Чорноморського регіону (Каца, 2020; Balalić et al., 2013) та північної Африки (Ahmed & Abdella, 2009).

Достатньо ефективною в умовах зони була модель «В» із високим рівнем адаптованості окремих ознак. Модель поєднувала ознаки попередньої групи, а саме високі показники розвитку листової поверхні з вищим за середній показником висоти рослин та характеризувалася низкою ознак, що проявлялися у роки з близьким до середньобогаторічного показником суми температур та опадів (2016, 2017 та 2020). Передусім це стосувалось кількості насіння в кошику (шт.) та щільності листової пластинки. Механізмом реалізації останнього був підвищений рівень жилкування (г/м<sup>2</sup>). Саме цей показник, на думку багатьох дослідників, вказує на здатність рослин ефективно використовувати додаткові резерви середовища та забезпечувати позитивний баланс фотосинтезу у більш широкому діапазоні умов (Аксюпов, 2007).

Максимальний рівень ефективності в умовах зони проявляла модель С. На відміну від моделі В, гібриди, що формували цю групу мали стабільні показники урожайності на рівні 3,4–3,7 т/га, Висока урожайність забезпечувалася стійкими значеннями показників вегетативного розвитку рослин, а саме площі листової поверхні, щільності листової пластинки та концентрації хлорофілу. Високі значення перерахованих ознак у посушливі 2018 та 2019 роки забезпечували достатній рівень виповненості насіння та його маси. На думку

багатьох дослідників, здатність рослин соняшнику зберігати активний транспорт продуктів фотосинтезу у процесі наливу насіння тісно корелює з тривалістю функціонування нижнього та середнього ярусів листків (Li et al., 2018).

**Висновки.** Розраховано 2-х-рівневий алгоритм реалізації генеративного потенціалу гібридів, що визначається тривалістю їх вегетаційного періоду та різницею у моделях сортів за показниками розвитку листового апарату й структурних показників продуктивності рослин. У роки, наближені до середньобагаторічних за показниками суми температур та

опадів, різниця між урожайністю гібридів та тривалістю їх вегетації є знижується. В роки, близькі до екстремальних за рівнем тепло- та вологозабезпечення, різниця в один день вегетації пропорційна 50 кг насіння/га.

На рівні груп із різними моделями формування урожайності адаптованість до умов зони визначається кількістю параметрів, значення яких суттєво перевищують базовий рівень. Виділено моделі із задовільним рівнем адаптованості, високою адаптованістю окремих ознак та високою адаптованістю за більшістю ознак.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Donald, C. M. (1968). The breeding of crop ideotypes. *Euphytica*, 17, 385–403.
2. Cecconi, F., & Baldini, M. (1999). Genetic analysis of some physiological characters in relation to plant development of a sunflower - *Helianthus annuus* L. dial cross. *Helia*, 14, 93–100.
3. Derzhavnij reestr sortiv roslin, pridatnih dlja poshirennya v Ukraїni na 2010 rik [State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine for 2020]. [Electronic resource]. Access mode: <https://minagro.gov.ua/storage/app/uploads/public/5d6/4fa/731/5d64fa731fd02026374899.pdf> (data zvernennja 04.10.2020) (in Ukrainian).
4. Zelenskij, M. I., & Agaev, M. G. (2007). Nekotrye tendencii jevoljucionnoj izmenchivosti fotosinteza kul'turnyh rastenij [Some trends in the evolutionary variability of photosynthesis of cultivated plants]. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*, 164, 361–377 (in Russian).
5. Nichiporovich, A. A. (1996). Fotosintez i voprosy povyshenija urozhajnosti rastenij [Photosynthesis and issues of increasing plant productivity]. *Vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki*, 19(2), 1–12 (in Russian).
6. Musiyenko, M. M., Parshikova, T. V., & Slavniy, P. S. (2001). Spektrometrichni metodi v praktici fiziologii, biohimii ta ekologii roslin [Spectrometric methods in the practice of plant physiology, biochemistry and ecology]. *Fitocentr*, Kyiv (in Ukrainian).
7. Carenko, O. M., Zlobin, Ju. A., Skljар, V. G., & Panchenko, S. M. (2000). Kompjuterni metodi v silskomu gospodarstvi ta biologii [Computer Methods in Agriculture and Biology]. *Universitetska kniga*, Sumi (in Ukrainian).
8. Rostova, N. S. (2002). Korreljacija: struktura i izmenchivost [Correlations: structure and variability]. *Izdatelstvo S-Peterb. Un-ta, SPb* (in Russian).
9. Lakin, G. F. (1980). *Biometrija [Biometrics]*. Vysshaja shkola, Moscow (in Russian).
10. Departament agropromyslovogo rozvytku Sums'koї Oblderzhadministracii [Department of agro-industrial development of Sumy administration]. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.apk.sm.gov.ua/index.php/uk/2013-04-18-21-50-12.pdf> (data zvernennja 10.11.2020) (in Ukrainian).
11. 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 Harkivskoї oblasti*, 18, 165–173 (in Ukrainian).
12. 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 Sums'kogo NAU*, 8(35), 53–58 (in Ukrainian).
13. Zhemchuzhin, V. Ju. (2009). Formuvannja urozhaju sonjashniku riznih naprjamiv vikoristannja zalezno vid umov mineralnogo zhivlennja [Formation of sunflower crop of different directions of use depending on the conditions of mineral nutrition]. *Visnik Lvivskogo NAU: Agronomija*, 13, 367–371 (in Ukrainian).
14. Melnik, A. V. (2004). Porivnjalnij analiz koreljacij morfologichnih oznak ta produktivnosti sonjashniku [Comparative analysis of correlations of morphological features and sunflower productivity]. *Visnik Sums'kogo NAU*, 1(8), 82–84 (in Ukrainian).
15. Kirichenko, V. V. (2005). Selekcija i semenovodstvo podsolnechnika (*Helianthus annuus* L.) [Selection and seed production of sunflower (*Helianthus annuus* L.)]. *Magda*, Harkiv (in Russian).
16. Zhuchenko, A. A. (1990). *Adaptivnoe rastenievodstvo (jekologo-geneticheskie osnovy) [Adaptive crop production (ecological and genetic basis)]*. Shtiinca, Kishinev (in Russian).
17. Yegorov, B., Turpurova, T., Sharabaeva, E., & Bondar, Y. (2019). Prospects of using by-products of sunflower oil production in compound feed industry. *Journal of Food Science Technology Ukraine*, 13, 106–113. doi: 10.15673/fst.v13i1.1337
18. Bartholomew Saanu Adeleke & Olubukola Oluranti Babalola (2020). Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: nutritional and health benefits *Food Sci Nutr*. Sep., 8(9), 4666–4684. Published online 2020 Jul 31. doi: 10.1002/fsn3.1783
19. Canavar, Öner, Ellmer, F. & Chmielewski, F.M. (2010). Investigation of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in the ecological conditions of Berlin (Germany). *Helia*, 33, 117–129. doi: 10.2298/HEL1053117C
20. Hassan, F., Cheema, M.A., Qadir, G. & Azim, C.M. (2005). Influence of seasonal variations on yield and yield components of sunflower. *Helia*, 28(43), 145–152. doi: 10.2298/HEL0543145F
21. Angadi, S. V. & Entz, M. H. (2002). Agronomic performance of different stature sunflower cultivars under different levels of interplant competition. *Can. J. Plant Sci.* 82, 43–52.
22. Abdelsatar, Mohamed & Fahmy, R. & Hassan, T. (2015). Genetic control of sunflower seed yield and its components under different edaphic and climate conditions. *Egyptian Journal of Plant Breeding*, 19, 103–123.

23. Marinkovic, R., Jockovic, M., Jeromela, A., Jocić, S., Ciric, M., Balalic, I. & Sakac, Z. (2011). Genotype by environment interactions for seed yield and oil content in sunflower (*H. annuus* L.) using AMMI model. *Helia*, 34, 79–88. doi:10.2298/HEL1154079M.
24. Demurin, Y., & Borisenko, O. (2011). Genetic collection of oleic acid content in sunflower seed oil. *Helia*, 34, 69–74. doi: 10.2298/hel1155069d
25. Goryunova, S. V., Goryunov, D. V., Chernova, A., Martynova, E., Dmitriev, A. E., Boldyrev, S., Ayupova, A., Mazin, P. V., Gurchenko, E., Pavlova, A. S., Petrova, D. A., Chebanova, Y. V., Gorlova, L. A., Garkusha, S. V., Mukhina, Z. M., Savenko, E. G. & Demurin, Ya. N. (2019). Genetic and Phenotypic Diversity of the Sunflower Collection of the Pustovoit All-Russia Research Institute of Oil Crops (VNIIMK). *Helia*, 42. doi: 10.1515/helia-2018-0021
26. Kaya, Y. (2020). Sunflower Production in Blacksea Region: The Situation & Problems. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 4(1), 147–155. doi: 10.29329/ijiaar.2020.238.15
27. Balalić, I., Branković, G., Miklič, V., Jocić S. & Šurlan-Momirović, G. (2013). Sunflower mega-environments in Serbia revealed by GGE Biplot Analysis. *Ratar Povrt.*, 50(2), 1–10. doi: 10.5937/ratpov50-4041
28. Ahmed, S.B.M & Abdella, A.W.H. (2009). Genetic yield stability in some sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids under different environmental conditions of Sudan. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 1, 016–021. doi: 10.5897/JPBCS.9000070
29. Aksyonov, I. (2007). Effect of cultivation measures on index of photosynthesis and yield of sunflower. *Helia*, 30(47), 79–80. doi: 10.2298/HEL0747079A
30. Li, S.-T., Duan, Y., Guo, T.-W., Zhang, P.-L., He, P., & Majumdar, K. (2018). Sunflower response to potassium fertilization and nutrient requirement estimation. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(12), 2802–2812. doi: 10.1016/S2095-3119(18)62074-X

**Trotsenko V. I.**, Doctor(Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

**Kabanets V. M.**, PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Director, Institute of Agriculture of the North-East of NAAS of Ukraine, Sad, Ukraine

**Yatsenko V. M.**, PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

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

#### **MODELS OF SUNFLOWER PRODUCTIVITY FORMATION AND THEIR EFFICIENCY IN THE CONDITIONS OF THE NORTH-EASTERN FOREST STEPPE OF UKRAINE**

Sunflower crops for the production of marketable products are in all regions of Ukraine, in particular in the zone of the northern Forest-Steppe and Polissya. This zone differs significantly by soil conditions from the regions of traditional crop distribution. This condition requires theoretical generalization and experimental research to develop a model of sunflower varieties with a high level of adaptability to new growing conditions

In general, the assessment of the level of adaptability of genotypes to the conditions of the zone using basic cultivation technologies is provided by demonstration landfills. The most complete range of domestic and foreign sunflower hybrids focused on the area of North-Eastern Forest-Steppe and Polissya is presented at the demonstration site of the Institute of Agriculture of the Northeast NAAS. The research was conducted within the program to develop the model of the variety for the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe and Polissya of Ukraine, (state registration number - 0116U001506). The study was performed in 2016–2020 at the Institute of Agriculture of the Northeast NAAS of Ukraine and Sumy National Agrarian University. Hybrids (28–56) of different originators were tested annually.

The general dynamics of sown areas, yield and gross production of sunflower in Sumy region in 2016–2020 is analyzed. It was established that higher crop yields compared to the average in the country, led to the increase in the annual growth in areas under sunflower from 2–5 % in 2010 to 11–16 % in 2019 and 2020.

Currently, the share of sunflower crop in the structure of arable land in the region is 25.4% compared to the average of 19.7% in Ukraine. Maintaining such dynamics in the near future may be the main limiting factor for productivity growth. If such dynamics will be maintained in the near future, it may become the main limiting factor for productivity growth.

According to the results of the analysis of weather conditions in 2016–2020, indicators of vegetative and generative development of plants of different genotypes at the demonstration site, the 2-level algorithm for realizing the generative potential of hybrids was proposed. It was determined by the length of their growing season and their place in the groups with different models of yield formation. It was found that in years close to the average long-term difference in one day of the growing season was proportional to the yield – 34 kg, in drier and hotter years the value increases to 50 kg/ha.

The ability of hybrids to provide the estimated average yield (for 3 years or more) was defined as the basic level of their adaptability to the conditions of the zone. The minimum values of indicators with a high level of correlation with the parameters of plant productivity are determined. According to the results of the analysis of values of indicators, their stability in different weather conditions the difference in algorithms of formation of productivity is established. The parameters of groups of hybrids of the model of productivity formation which provided higher than the basic level of adaptability to the conditions of the zone were analyzed.

It was established that the model with a satisfactory level of adaptability is realized due to a slight excess of the values of the basic indicators of the parameters that determine the development of the leaf apparatus of plants and the structure of their productivity. Models with a higher level of adaptability are characterized by a significant excess of baseline values for several or most indicators.

**Key words:** sunflower, yield, weather conditions, variety models, adaptation.

Дата надходження до редакції: 29.08.2019 р.