

## ФОРМУВАННЯ ЛИСТОВОЇ ПОВЕРХНІ ТА ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ РОСЛИН СОНЯШНИКА ЗАЛЕЖНО ВІД ДОБРИВ І РІСТРЕГУЛЮЮЧИХ ПРЕПАРАТІВ

ДОМАРАЦЬКИЙ Є.О. – доктор сільськогосподарських наук, доцент

<http://orcid.org/0000-0003-3912-1611>

Херсонський державний аграрно-економічний університет

**Постановка проблеми.** Листовий апарат рослин відіграє вирішальну роль у формуванні продуктивності всіх без винятку агроценозів. Саме цей орган виконує функцію фотосинтезу, і саме тут відбувається процес формування органічної речовини. Деякі фахівці навіть пропонують робити прогноз урожайності за показниками листової поверхні [1]. На таку можливість багато раніше звертав увагу відомий фізіолог О.О. Ничипорович [2–4]. Багато дослідників визначають оптимальну площу листової поверхні, підкреслюючи негативний вплив надмірно розвинутої листової поверхні [5].

Соняшник розвиває доволі потужну листову поверхню, яка досягає 50–80 тис м<sup>2</sup>/га [6]. Проте такі показники розміру поверхні листя рослини соняшнику утримують упродовж короткого часу, тому що листя нижнього ярусу швидко припиняють фотосинтетичну діяльність і загальна їх площа зменшується.

Сільськогосподарське виробництво Півдня України не в змозі забезпечити в повному обсязі використання генетичного потенціалу сучасних гібридів. Отже, реальна врожайність соняшнику коливається у межах лише 30–50% від генетично зумовлених. Особливого значення в технологічних схемах вирощування соняшника набувають багатофункціональні комбіновані препарати, що мають, окрім стимулюючих ростові процеси властивостей, також і фунгіцидні, вони оптимізують живлення рослин та підвищують коефіцієнт використання добрив рослинами. Рістрегулюючі препарати слугують антистресантами за екстремальних умов глобальних і регіональних кліматичних змін [7; 8].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За посівними площами соняшник посідає перше місце серед технічних культур і є однією з найважливіших олійних культур України та країн ЄС. Така висока цінність його зумовлена тим, що для переробки придатні майже всі частини рослин. Із насіння одержують високоякісну олію та побічну продукцію, яка використовується в галузі тваринництва, – макуху (шрот) і є цінними концентрованими кормами з високим вмістом білка – до 36%. Лушпиння – це сировина для виробництва харчових та технічних спиртів, кормових дріжджів та фурфуролу, що використовується у виробництві пластмас. Кошкики можуть згодувувати тваринам, а зелену масу силосують. Також соняшник є чудовим медоносом, а істотне збільшення посівних площ в Україні впродовж останнього часу пояснюється високими економічними показниками його вирощування [9; 10].

Проте збільшення продуктивності соняшника та підвищення рівня рентабельності виробництва можливе лише завдяки впровадженню нових інтенсивних техно-

логій вирощування цієї культури, які передбачають внесення обґрунтованих доз і норм мінеральних добрив, застосування стимуляторів росту та комбінованих препаратів, а також інтегрованої системи захисту рослин від шкідників і хвороб [11–14].

Добре розвинений, оптимальний за обсягом і динамікою функціонування фотосинтетичний апарат є одним із факторів одержання високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур. Відповідно до експериментальних досліджень науковців [15–17], формування сухої речовини багатьох сільськогосподарських культур, у тому числі й соняшнику, залежить від впливу природних та агротехнічних чинників. Різні фази розвитку рослин, генетичні особливості сорто-гібридного складу, особливості погодно-кліматичних умов, елементи технологій – усе це має вплив на вміст сухої речовини у надземній масі соняшнику, який залежно від цих чинників може коливатися в широкому діапазоні. Істотного значення набуває встановлення впливу природних і агротехнічних чинників на формування площі листового апарату, фотосинтетичний потенціал агроценозу та чисту продуктивність фотосинтезу [18].

На формування врожаю рослини соняшнику витрачають чималу кількість поживних речовин, особливо вибагливими є гібриди інтенсивного спрямування. Залежно від умов вирощування та генетичного потенціалу гібриду соняшнику на формування однієї тонни насіння та відповідної кількості побічної продукції витрати елементів живлення становлять: азоту – 42–50 кг; фосфору – 25–30 кг; калію – 100–150 кг. Позакореневе підживлення посівів соняшника мікроелементами сприяє поліпшенню процесів засвоєння рослинами соняшнику макроелементів, тим самим створюючи передумови для формування високопродуктивного агроценозу [19].

Стимулятори росту рослин – це біологічно активні речовини природного походження, які посилюють інтенсивність протікання обмінних і ростових процесів у рослинах і, як результат, підвищують продуктивність агроценозів польових культур та якість продукції рослинництва [20]. Ці препарати у невисоких дозах мають позитивний вплив на накопичення рослинної біомаси, збільшуючи внос біогенних елементів з ґрунту [21] за рахунок стимуляції здатності рослин засвоювати макро- і мікроелементи.

В органічній системі удобрення з рівнями рециркуляції мінеральної речовини 90–95%, 70–80% – азоту та максимальним використанням біологічних факторів [22] стимуляторів росту рослин розширюють обсяги кругообігу біогенних елементів, окрім безпосереднього збільшення продуктивності агроєкосистем. Це сприяє

систематичному зростанню виробництва органічної продукції без додаткового залучення витрат ресурсів зовнішнього походження, тому стимулятори росту рослин є важливим елементом системи землеробства.

**Мета.** Мета статті полягає у науковому обґрунтуванні і встановленні залежності формування площі листового апарату та фотосинтетичної діяльності рослин соняшника під впливом добрив і рістрегулюючих препаратів.

**Матеріали та методика досліджень.** Польові дослідження було закладено впродовж 2015–2017 рр. на полях Єланецького району Миколаївської області. Ґрунти дослідного поля – чорноземи звичайні малогумусні з вмістом гідролізованого нітрогену 1,5–1,8; легкозасвоюваного фосфору – 4,5–7,0 та обмінного калію – 12–15 мг/100 г ґрунту.

Дослід закладено за двофакторною схемою. Так, фактором А виступав фон мінерального живлення (контрольна ділянка без внесення добрив; N<sub>30</sub>P<sub>45</sub>; N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>); а фактором В – позакореневі підживлення препаратами (Вуксал Мікроплант – мікродобриво німецької компанії «Аглюкон», Хелафіт Комбі – багатофункціональний препарат ТОВ «Хелафіт», Україна та Фітомаре – рідке добриво-біостимулятор на основі екстракту морських водоростей *Ascophyllum nodosum*, отриманих за ексклюзивною технологією компанії Atlantica Agricola). Попередником для соняшника була пшениця озима.

Мінеральні добрива вносили під основний обробіток ґрунту методом поверхневого розкидання за допомогою розкидача МВД-0,5. Обробіток рослин соняшника проводили надземним оприскувачем у фазу 6–8 справжніх листків. Площа дослідної ділянки становила 280 м<sup>2</sup>, а облікової – 112 м<sup>2</sup>. Повторність у досліді – чотириохразова.

Проби листя для визначення вмісту хлорофілу відбирали у фазі цвітіння. Листя звільняли від черешків, вирізали крупні жилки, подрібнювали масу ножем, відбирали проби для визначення вологості листя, а решту подрібненої маси заливали етиловим спиртом. Після повної екстракції хлорофілу проводили вимірювання світлопропускання одержаної суспензії на фотоелек-

троколориметрі ФЕК-56. Дані колориметра підставляли у графік із каліброваною кривою, де будь-якому значенню оптичної щільності відповідає певний вміст хлорофілу. Для визначення фракційного складу вимірювання проводили за двох довжин хвиль (540 та 650 нм). Одержані результати переводили у розрахунок на 1 т сухої речовини за формулою:

$$X_{cp} = (X_{cm} * 100) / (100 - W),$$

де X<sub>cp</sub> – вміст хлорофілу на суху речовину, мг/г; X<sub>cm</sub> – вміст хлорофілу на сиру масу, мг/г; W – фактична вологість листа, %.

Облік урожаю здійснювали методом комбайнового обмолоту з площі облікової ділянки. Використовували комбайн KLAAS із чотириохрядною приставкою для соняшника. Фактично одержаний урожай перераховували на базисну вологість (8%) та з урахуванням наявності домішок.

Експериментальні дані обробляли методом багатфакторного дисперсійного аналізу за Б.А. Доспеховим [23]. Моделювання формування врожайності здійснювалося із застосуванням ліцензійної програми Statistica 8.0.

**Результати досліджень.** Головним лімітованим фактором реалізації потенційної врожайності гібридів в умовах Південного Степу України є дефіцит вологозабезпеченості. Щодо погодних умов 2015–2017 рр. досліджень, то їх можна класифікувати як середньо-пошушливі й типові для даної зони вирощування.

Аналіз погодних умов років досліджень, які базувалися на температурі повітря та кількості опадів у період вегетації соняшника, виявив, що найменш сприятливим з української вологістю ґрунту і високим температурним режимом для вирощування культури був 2017 р. Погодні умови 2015 і 2016 рр. є більш сприятливими для вирощування соняшнику. Ці роки характеризуються більшою кількістю опадів за період вегетації культури на тлі підвищеного середньомісячного температурного режиму порівняно із середньобагаторічними показниками (рис. 1, 2).

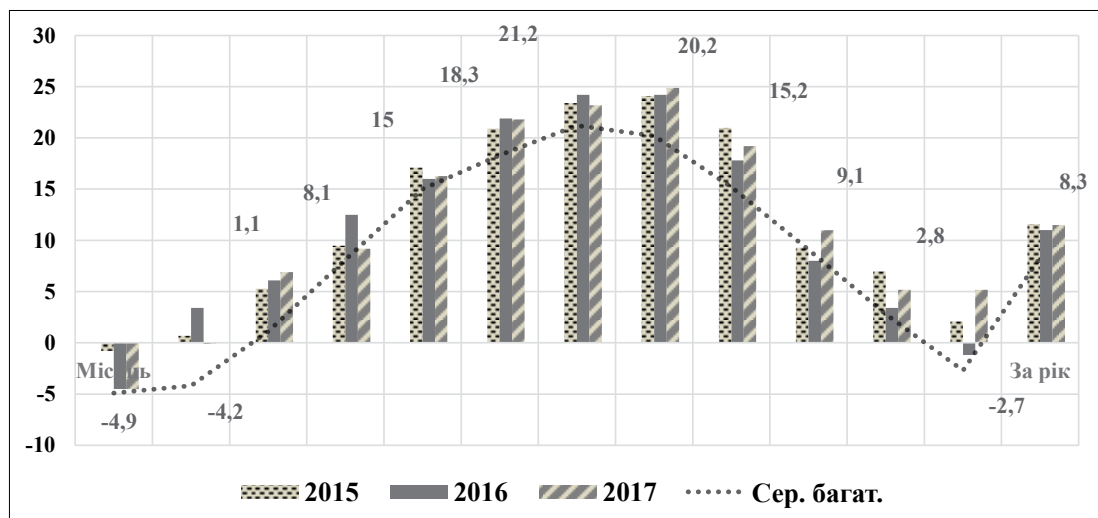


Рис. 1. Середньомісячна температура повітря за роки проведення досліджень порівняно із середньобагаторічними показниками, °С

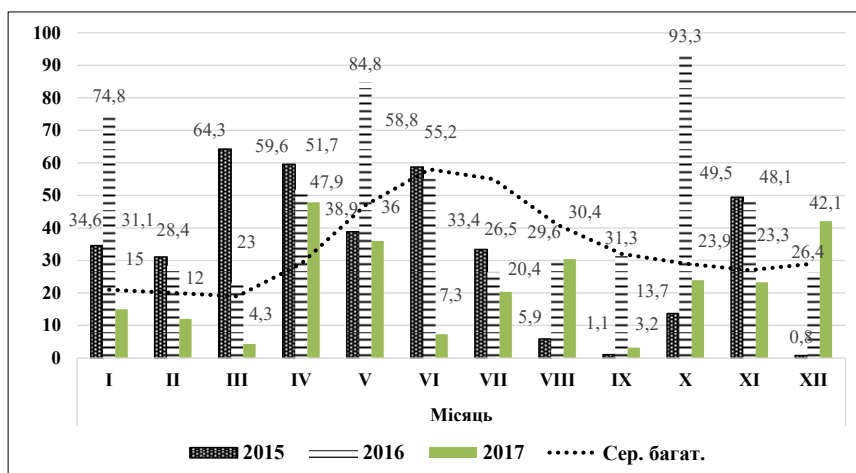


Рис. 2. Кількість опадів за роки проведення досліджень порівняно із середньобагаторічними показниками, мм

Програмою наукових досліджень було передбачено проведення динамічного вимірювання площі листової поверхні за різних фаз розвитку рослин. Визначено врожай сухої надземної біомаси та на підставі цих даних розраховано фотосинтетичний потенціал (ФП) і чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) за формулами:

$$\text{ФП} = S_{\text{сєр}} \cdot T;$$

$$\text{ЧПФ} = (Y_2 - Y_1) / \text{ФП},$$

де  $S_{\text{сєр}}$  – середня площа листя за аналітичний період;  $T$  – тривалість періоду;  $Y_1$  – урожайність сухої біомаси на початку періоду;  $Y_2$  – урожайність сухої біомаси в кінці періоду.

Узагальнені за роками досліджень дані цих розрахунків наведено в табл. 1.

За кількісної оцінки ефективності дії добрив і препаратів чітко простежується ефективність обох чинників на розмір площі листя і фотосинтетичний потенціал агроценозу. Останній зростає не лише завдяки площі листя, а й за рахунок пролонгації своєї діяльності. Тривалість періоду між початком формування кошика і цвітінням на контрольному варіанті становила у середньому 33 дні, а на варіанті з фоном добрив ( $N_{60}P_{90}$ ) та із застосуванням препарату Хелафіт Комбі вона була на п'ять днів більша. Отже, якщо ФП у цьому варіанті залежав тільки від середньої площі листя, то цей показник становив не 1 224, а 1 063 тис  $m^2/ga \cdot дїб$ , тобто на 15% менше. Таким чином, установлено посилення прямої дії добрив і препаратів за рахунок пролонгації періоду.

Щодо якісного показника – ЧПФ, то спостерігається зворотна залежність: застосування добрив і препаратів зменшувало його значення. Так, без добрив середній рівень ЧПФ становив 3,09  $г/м^2$  за добу, на фоні  $N_{30}P_{45}$  він зменшився на 8,1%, а на фоні  $N_{60}P_{90}$  – на 10,1%. Це свідчить про те, що приріст надземної біомаси є результатом екстенсивного процесу за рахунок зростання асимілюючої поверхні рослин. Тому виникає необхідність подальшого пошуку шляхів впливу на інтенсивність фотосинтезу.

За результатами аналізу даних польових досліджень з інтенсивності припинення фотосинтетичної діяльності

листового апарату було виявлено чітку тенденцію до пролонгації роботи асимілюючої поверхні за рахунок внесення багатофункціональних препаратів, дані цих результатів наведено в табл. 2.

Рослини соняшника на контрольному варіанті в середньому за роки досліджень станом на початок вересня зовсім не мали зеленого листя, тоді як під час застосування багатофункціонального препарату Хелафіт Комбі повне припинення фотосинтетичної діяльності листя зафіксовано на 10 днів пізніше порівняно з контрольним варіантом.

За роками досліджень були визначені певні відмінності, але за будь-яких умов багатофункціональні препарати мали тенденцію до пролонгації роботи асимілюючого апарату, як результат – уповільнення темпів припинення фотосинтетичної діяльності листового апарату.

Фотосинтез – це унікальний процес створення органічної речовини за рахунок енергії сонця та біохімічних реакцій у рослинах. Останні, як відомо, протікають за умов наявності зеленого пігменту – хлорофілу. Хлорофіл має порфіринову будову, яка структурно близька до гему крові тварин, із тією різницею, що гем має залізний (Fe), а хлорофіл – магнієвий (Mg) комплекс.

Відомо, що хлорофіл фракції «а» необхідний для більшості фотосинтезуючих організмів для перетворення енергії світла на хімічну енергію, виконує роль провідника окисного фотосинтезу. Цей хлорофіл найактивніше поглинає світло у фіолетово-блакитній та помаранчево-червоній частинах спектру. Усі організми з окисним типом фотосинтезу використовують хлорофіл «а» [24].

Хлорофіл «а» поглинає світло у фіолетовій, голубій і червоній частинах спектру, при цьому зелений колір, навпаки, відбиває. Спектр його поглинання розширюється за рахунок допоміжних пігментів, яким і виступає хлорофіл фракції «в». За умов недостатньої інтенсивності освітлення підвищується співвідношення хлорофілу «в» до хлорофілу «а», при цьому синтезуючи більше молекул першого, ніж другого, тим самим збільшуючи інтенсивність процесу фотосинтезу [25].

Таблиця 1 – Основні показники фотосинтетичної діяльності рослин соняшника у міжфазний період формування кошика – цвітіння, середні за 2015–2017 рр.

Фон живлення	Препарат	Площа листя тис м <sup>2</sup> /га			Тривалість періоду, дів	Фотосинте-тичний потенціал, тис. м <sup>2</sup> /га*дів	Приріст сухої надземної біомаси, т/га	Чиста про-дуктивність фотосинтезу, г/м <sup>2</sup> за добу
		початок періоду	кінець періоду	середня				
Без добрив	Без препаратів (чиста вода)	21,2	33,1	27,2	33	898	2,81	3,13
	Вуксал	23,0	34,8	28,9	33	954	2,94	3,08
	Фітомаре	22,1	34,8	28,0	35	980	3,01	3,07
	Хелафіт Комбі	23,4	35,5	30,0	34	1020	3,12	3,06
N <sub>30</sub> P <sub>45</sub>	Без препаратів (чиста вода)	22,8	34,1	28,5	36	1026	2,98	2,90
	Вуксал	24,0	35,3	29,7	36	1069	3,09	2,89
	Фітомаре	24,0	36,0	30,0	37	1110	3,13	2,82
	Хелафіт Комбі	24,9	37,0	32,0	37	1184	3,25	2,74
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub>	Без препаратів (чиста вода)	24,0	34,0	29,0	37	1073	3,07	2,86
	Вуксал	25,0	37,0	31,0	37	1147	3,15	2,75
	Фітомаре	25,0	37,0	31,0	38	1178	3,15	2,67
	Хелафіт Комбі	26,2	38,2	32,2	38	1224	3,38	2,76

Таблиця 2 – Динаміка припинення фотосинтетичної діяльності листового апарату у фазу наливу насіння залежно від препаратів, середні за 2015–2017 рр.

Місяць	Дата	Залишок зеленого листя, % від максимального рівня			
		контроль	Вуксал	Фітомаре	Хелафіт Комбі
Серпень	10	18,4	19,2	20,4	20,1
	15	15,0	17,0	17,5	18,4
	20	11,5	14,1	13,8	15,6
	25	7,6	10,4	11,0	13,1
	30	3,9	6,1	7,0	9,2
Вересень	05	0	2,2	3,8	6,6
	10	0	0	0	2,8
	15	0	0	0	0

Хлорофіл фракції «в» – це допоміжний пігмент, який поглинає світло більше у синій частині спектру, тому має жовто-зелене забарвлення. Ця фракція несе відповідальність за підтримку інтенсивності фотосинтезу за умови недостатнього освітлення [26].

Уміст хлорофілу «в» у вищих рослин водоростей становить близько 1/3 вмісту хлорофілу «а». Він зазвичай збіль-

шується за адаптації рослин до нестачі освітлення, водночас розширює діапазон довжин хвиль, що поглинаються хлоропластами, адаптованими до малої освітленості [27].

Програма досліджень передбачала визначення фракційного складу зеленого пігменту рослин – хлорофілу, який має визначальне значення для протікання процесів фотосинтезу агроценозу (табл. 3).

Таблиця 3 – Уміст хлорофілу в листках соняшника у фазу цвітіння, середні за 2015–2017 рр.

Фон живлення	Препарат	Вміст хлорофілу, мг на 1 г сухої речовини			Відношення фракції «а» до «в»
		всього	фракція		
			«а»	«в»	
Без добрив	Без препаратів (чиста вода)	5,18	3,60	1,59	2,26
	Вуксал	6,29	4,58	1,71	2,67
	Фітомаре	7,07	5,27	1,80	2,93
	Хелафіт Комбі	7,03	5,34	1,69	3,16
N <sub>30</sub> P <sub>45</sub>	Без препаратів (чиста вода)	7,36	5,60	1,76	3,18
	Вуксал	8,63	6,83	1,80	3,79
	Фітомаре	8,94	7,02	1,91	3,68
	Хелафіт Комбі	8,32	6,66	1,66	4,01
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub>	Без препаратів (чиста вода)	7,50	5,69	1,81	3,16
	Вуксал	8,81	6,12	2,69	2,28
	Фітомаре	8,97	6,17	2,80	2,20
	Хелафіт Комбі	8,44	6,05	2,39	2,53

Результати досліджень показали, що вміст хлорофілу суттєво зростає під дією добрив і препаратів, максимального значення цього показника досягнуто за застосування препарату Фітомаре на фоні  $N_{60}P_{90}$  – 8,97 мг/г сухої речовини, що на 73% більше, ніж на контрольному варіанті (без внесення добрив і без препаратів).

**Висновки.** Добрива у поєднанні з багатофункціональними препаратами мали істотний вплив на розмір площі листя і фотосинтетичний потенціал агроценозу. Останній зростає не лише завдяки площі листя, а й за рахунок пролонгації своєї діяльності.

За результатами узагальнення даних польових досліджень встановлено, що позакореневі обробки рослин соняшника у фазу 6–8 справжніх листків рістрегулюючими препаратами сприяли зміні не лише загального вмісту хлорофілу, а й його фракційного складу. За всіх випадків спостерігалось пріоритетне зростання вмісту фракції «а». Так, максимальне зростання цієї фракції становило 90%, тоді як по фракції «в» різниця не перевищувала 76%. На неудобреному фоні ці показники становили відповідно 48% та 13%. Це означає, що оптимальний підбір комбінованого багатофункціонального препарату може стати дієвим способом регулювання кількості хлорофілу і його фракційного складу.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Павлова М.Д. Практикум по агрометеорології. Ленінград : Гидрометеиздат, 1984. 184 с.
2. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. Москва : АН СССР, 1956. Т. 15. С. 93.
3. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений как основа их продуктивности в биосфере и земледелии. Фотосинтез и продукционный процесс. Москва : Наука, 1988. С. 5–23.
4. Ничипорович А.А. О методах учёта и изучения фотосинтеза как фактора урожайности. *Труды ИФР АН СССР*. 1955. Т. 10. С. 210–249.
5. Оканенко А.С. Физиология воздействия внекорневых подкормок на фотосинтез и другие процессы жизнедеятельности растений. Пути повышения интенсивности фотосинтеза и другие процессы жизнедеятельности растений. *Труды ИФР АН УССР*. 1959. Т. 16. С. 53–62.
6. Борисенко В.В. Продуктивність різностиглих гібридів соняшника залежно від густоти посіву та ширини міжрядь у Лісостепу Правобережному : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 ; Уманський національний університет садівництва. Умань, 2016. 152 с.
7. Домарацький Є.О., Добровольський А.В. Вплив позакореневих підживлень комплексними багатофункціональними препаратами на кількісний рівень та якісний склад хлорофілового комплексу в рослинах соняшнику. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 1. С. 142–151.
8. Домарацький Є.О. Вплив рістрегулюючих препаратів та мінеральних добрив на поживний режим соняшника. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 1(71). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2018.01.017/8902> (дата звернення: 14.02.2021).
9. Spread Mustard and Prospects for Biofuels. *Renewable Energy Sources* / T. Kozina et al. *Engineering, Technology, Innovation: ICORES 2017*, 2018. P. 791–799.
10. Прядко Н.Н. Новые элементы интенсивной технологии возделывания подсолнечника. *Агроном*. 2014. № 1. С. 156–158.
11. Домарацький Є.О., Добровольський А.В., Домарацький О.О. Вплив багатофункціональних рістрегулюючих препаратів на формування продуктивності гібридів соняшнику високоолеїнового типу. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 115. С. 32–41.
12. Домарацький Є.О., Козлова О.П. Економічне обґрунтування використання екологобезпечних препаратів у технологічних схемах вирощування соняшника. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 111. С. 60–68.
13. Базалій В.В., Домарацький Є.О., Козлова О.П. Вплив біофунгіцидів і стимуляторів росту на продуктивність соняшнику та якість олійної сировини. *Зрошуване землеробство*. 2019. Вип. 71. С. 5–10.
14. Домарацький Є.О., Козлова О.П. Вплив біологічних фунгіцидів на рівень ураження гібридів соняшника патогенною мікрофлорою. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2018. Вип. 29. С. 9–16.
15. Хасхачих М.В. Вплив густоти стояння рослин та способу сівби на динаміку показників сухої речовини та продуктивність фотосинтезу соняшнику в післяукісних посівах. *Зрошуване землеробство*. 2014. Вип. 56. С. 151–156.
16. Дмитров С.Г. Формування продуктивності гібридів соняшнику з генетичною стійкістю до гербіцидів в умовах Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Київ, 2016. 24 с.
17. Aksyonov I. Effect of cultivation measures on index of photosynthesis and yield of sunflower. *HELIA*. 2007. V. 30. № 47. P. 79–86.
18. Єременко О.А. Особливості фотосинтетичної діяльності гібридів соняшнику (*Helianthus Annuus L.*) (F1) залежно від дії регулятора росту рослин в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2017. № 98. С. 57–64.
19. Вареник Б. Як догодити соняшнику. *The Ukrainian Farmer*. 2021. № 01(133). С. 20–22.
20. Патица В.П., Тараріко Ю.О., Мельничук Т.М. Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих, фосформобілізуючих мікроорганізмів, фізіологічно активних речовин і біологічних засобів захисту рослин: рекомендації. Київ : Аграрна наука, 2000. 36 с.
21. Тараріко Ю.О., Личук Г.І. Стимулятори росту рослин у системі органічного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 5. С. 11–15.
22. Тараріко Ю.О. Енергозберігаючі агроєкосистеми. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України (Рекомендації на прикладі Степу і Лісостепу). Київ : ДІА, 2011. 576 с.
23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва : Колос, 1985. 335 с.
24. Raven P.H., Evert R.F., Eichhorn S.E. Photosynthesis, Light and Life. *Biology of Plants*. 7<sup>th</sup>. New York : W.H. Freeman, 2005. P. 119–127.
25. Динамика состава и содержания каротиноидов в процессе созревания семян рапса (*Brassica napus L.*) / Булда О.В. и др. *Известия национальной академии аграрных наук Беларуси. Серия биологических наук*. 2009. № 3. С. 5–9.

26. Кавулич Я., Кобилицька М., Терек О. Вплив саліцилової кислоти на пігментну систему рослин гречки за токсичного впливу кадмію хлориду. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. № 72. С. 210–217.
27. Anderson J.M., Boardman N.K. Fractionation of the photochemical systems of photosynthesis I. Chlorophyll contents and photochemical activities of particles isolated from spinach chloroplasts. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biophysics including Photosynthesis*. 1966. Vol.122(3). P. 403–421.

**REFERENCES:**

1. Pavlova M.D. (1984). *Praktikum po ahrometeorolohiyi [Workshop on agrometeorology]*. Leningrad: Hidrometeoizdat [in Russian].
2. Nychyporovych A.A. *Fotosyntezi i teoriya otrymannya vysokoykh urozhayiv [Photosynthesis and the theory of obtaining high yields]*. Moscow: AN SSSR [in Russian].
3. Nychyporovych A.A. (1988). *Fotosyntetychna diyalnist roslyn yak osnova yikh produktiv u biosferi ta zemledeli. Fotosyntezi ta vyrobnychyh protses [Photosynthetic activity of plants as a basis for their productivity in the biosphere and agriculture. Photosynthesis and production process]*. Moscow : Nauka [in Russian].
4. Nychyporovych A.A. (1955). *Pro metody navchannya ta vyvchennya fotosyntezy yak faktora urozhannosti [On methods of accounting and study of photosynthesis as a factor of productivity]*. AN SSSR [in Russian].
5. Okanenko A.S. (1959). *Fiziolohiya vozdeystviya vnekornevnykh pidkormok na fotosyntezi ta inshi protsesy zhyznedeyatel'nosti roslyn. Puti pidvyshchennya intensyvnosti fotosyntezy ta inshi protsesy zhyznedeyatel'nosti roslyn [Physiology of the effect of foliar fertilization on photosynthesis and other processes of plant life. Ways to increase the intensity of photosynthesis and other processes of plant life]*. Trudy YFR AN USSR. [in Russian].
6. Borysenko V.V. (2016). *Produktyvnist riznostihlykh hibrydnykh sonyashnykiv zalezno vid hustoty posivu ta shyryny mizhryad u Lisostepu Pravoberezhnomu: Dysertatsiya na zdobuttya naukovooho stupenya kand. s.-h. Nauk [Productivity of different-ripening sunflower hybrids depending on sowing density and row spacing in the Forest-Steppe Right Bank: the dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of agricultural sciences: 06.01.09]*. Uman [in Ukrainian]
7. Domaratskyi Ye.O., Dobrovolskyi A.V. (2018). *Vplyv pozakorenevnykh pidzhyvlennya kompleksnykh bahatofunktsionalnykh preparativ na kilkisnomu rivni ta yakisnyy sklad khlorofilovoho kompleksu v roslynakh sonyashnyku [Influence of foliar fertilization with complex multifunctional preparations on the quantitative level and qualitative composition of the chlorophyll complex in sunflower plants]*. *Visnyk ahrarnoyi nauky Prychornomorya*. [in Ukrainian].
8. Domaratskyi Ye.O. (2018). *Vplyv ristrehulyuyuchykh preparativ ta mineralnykh dobyrv na pozhyvnyy rezhym sonyashnyka [Influence of growth-regulating drugs and mineral fertilizers on the nutrient regime of sunflower]*. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy* [in Ukrainian].
9. Kozina T., Ovcharuk O., Trach I., Levytska V., Ovcharuk O., Hutsol T., Mudryk K., Yevuarzh M., Vruble M., Dziedzich K (2018). *Poshyrennya hirchytis ta perspektyvy rozvytku biopalyva. Vidnovlyuvani dzherela enerhiyi [Spread Mustard and Prospects for Biofuels. Renewable Energy Sources]*. *Inzhynirynh, tekhnolohiyi, innovatsiyi: ICORES 2017*. [in Ukrainian].
10. Pryadko N.N. (2014). *Novi elementy intensyvnoyi tekhnolohiyi vzdelyvannya podsolnechnyka [New elements of intensive technology of sunflower cultivation]*. *Ahronom* [in Ukrainian].
11. Domaratskyi Ye.O., Dobrovolskyi A.V., Domaratskyi O.O. (2020). *Vplyv bahatofunktsionalnykh ristrehulyuyuchykh preparativ na formuvannya produktyvnosti hibrydiv sonyashnyku vysokooleynovoho typu [Influence of multifunctional growth-regulating preparations on formation of productivity of hybrids of sunflower of high oleic type]*. *Tavriyskyi naukovy visnyk*. Kherson [in Ukrainian].
12. Domaratskyi Ye.O., Kozlova O.P. (2020). *Ekonomichne obgruntuvannya vykorystannya ekolohobezpechnykh preparativ u tekhnolohichnykh skhemakh vyroshchuvannya sonyashnykiv [Economic justification of the use of environmentally friendly drugs in technological schemes of sunflower cultivation]*. *Tavriyskyi naukovy visnyk*. Kherson [in Ukrainian].
13. Bazaliy V.V., Domaratskyi Ye.O., Kozlova O.P. (2019). *Vplyv biofunktsiyiv i stymulyatoriv rostu na produktyvnist sonyashnyku ta yakist oliynoyi syrovyny [Influence of biofungicides and growth stimulants on sunflower productivity and quality of oil raw materials]*. *Zroshuvane zemlerobstvo*. Kherson. [in Ukrainian].
14. Domaratskyi Ye.O., Kozlova O.P. (2018). *Vplyv biolohichnykh funhitsydiv na riven urazhennya hibrydiv sonyashnyka patohennoyu mikrofloroyu [Influence of biological fungicides on the level of damage of sunflower hybrids by pathogenic microflora]*. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*. Kmenets-Podolsky [in Ukrainian].
15. Khaschachykh M.V. (2014). *Vplyv hustoty stoyannya roslyn i sposobiv sivy na dynamitsi pokaznykiv sukhoyi rechovyny ta produktyvnosti fotosyntezy sonyashnyku v pislyaukisnykh posivakh [Influence of plant density and sowing method on the dynamics of dry matter indicators and productivity of sunflower photosynthesis in post-harvest crops]*. *Zroshuvane zemlerobstvo*. Kherson [in Ukrainian].
16. Dmytrov S.H. (2016). *Formuvannya produktyvnosti hibrydnoyi sonyashnyku z henetychnoyu stykisty do herbitsydiv v umovakh Lisostepu Ukrainy : avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya kand. s.-h. nauk : 06.01.09 «Roslynnystvo» [Formation of productivity of hybrids of sunflower with genetic resistance to herbicides in the conditions of the Forest-steppe of Ukraine: the dissertation author's abstract on competition of a scientific degree of the candidate of agricultural sciences]*. Kyiv [in Ukrainian].
17. Aksonov I. (2007). *Vplyv zakhodiv vyroshchuvannya na pokaznyk fotosyntezy ta urozhaynist sonyashnyku [Effect of cultivation measures on index of photosynthesis and yield of sunflower]*. Kyiv : HELIYA [in Ukrainian].
18. Yeremenko O.A. (2017). *Osoblyvosti fotosyntetychnoy diyalnosti hibrydiv sonyashnyku (Helianthus Annuus L.) (F1) zalezno vid diy rehulyatora rostu roslyn v umovakh pivdennoho Stepu Ukrainy [Peculiarities of photosynthetic activity of sunflower hybrids (Helianthus Annuus L.) (F1) depending on the action of plant growth*

- regulator in the conditions of the southern steppe of Ukraine]. *Tavriyskyy naukovyy visnyk*. Kherson [in Ukrainian].
19. Varenyk B. (2021). Yak dohovoryty sonyashnyku [How to please sunflower]. *Ukrayinskyy fermer*. Kyiv : Yunivest Media [in Ukrainian].
  20. Palyka V.P., Tarariko Y.O., Melnichuk T.M. (2000). Kompleksne zastosuvannya biopreparativ na osnovi azotfiksuuyuchykh, fosformobilizuyuchykh mikroorganizmiv, fiziologichno aktyvnykh rechovyh ta biolohichnykh zasobiv zakhystu roslyn: Rekomendatsiyi [Complex application of biological products on the basis of nitrogen-fixing, phosphorus-mobilizing microorganisms, physiologically active substances and biological plant protection products: recommendations.]. Kyiv : Ahrar. nauka [in Ukrainian].
  21. Tarariko Y.O., Lychuk H.I. (2014). Stymulyatory rostu roslyn u systemi orhanichnoho zemlerobstva [Stimulators of plant growth in the system of organic farming]. *Visnyk ahrarnoyi nauky* [in Ukrainian].
  22. Tarariko Y.O. (2011). Enerhozberihayuchi ahrrokosystemy. Otsinka ta ratsionalne vykorystannya ahrroresursnoho potentsialu Ukrayiny (Rekomendatsiyi) [Energy-saving agroecosystems. Assessment and rational use of agro-resource potential of Ukraine (Recommendations on the example of Steppe and Forest-Steppe)]. Kyiv : DIA [in Ukrainian].
  23. Dospikhov B.A. *Metodyka Polevoho dosvidu* [Methods of Field Experience]. Moscow: Kolos [in Russian].
  24. Voron Piter K.H., Evert Rey F. (2005). Aykhkhorn, Syuzen E. Fotosyntezy, svitlo i zhyttya. Biolohiya roslyn. [Eichhorn Susan E. Photosynthesis, Light and Life. Biology of Plants.] New York : W. H. Freeman
  25. Bulda O.V. y dr. (2009). Dynamika skladu ta vmistu karotyynoyidiv u protsesi sozrivannya semennoyi rapsy (Brassica napus L.) [Dynamics of the composition and content of carotenoids during the maturation of rapeseed (Brassica napus L.)]. *Yzvestyya natsyonalnoy akademyy ahrarnykh nauk Belarusy. Seriya biolohichnykh nauk*. [in Russian].
  26. Kavulych Y.A., Kobyletska M., Terek O. (2016). Vplyv salitsylovoi kysloty na pihmentnu systemu roslyn hrechky dlya toksychnoho vplyvu kadmiyu khloroydu [Influence of salicylic acid on the pigment system of buckwheat plants under the toxic effects of cadmium chloride]. *Visnyk Lvivskoho universytetu: Seriya biolohichna*. Lviv [in Ukrainian].
  27. Anderson J.M., Boardman N.K. (1966). Fraktsionuvannya fotokhimichnykh system fotosyntezy I. Vmist khlorofilu ta fotokhimichna aktyvnist chastynok, vydilyenykh iz khloroplastiv shpynatu [Fractionation of the photochemical systems of photosynthesis I. Chlorophyll contents and photochemical activities of particles isolated from spinach chloroplasts]. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biofizyka, vsklyuchayuchy fotosyntezy*. London.

**Домарацький Є.О. Формування листової поверхні та фотосинтетична діяльність рослин соняшника залежно від добрив і рістрегулюючих препаратів**

**Мета** полягає у науковому обґрунтуванні і встановленні залежності формування площі листового апарату та фотосинтетичної діяльності рослин соняшника під впливом добрив і рістрегулюючих препаратів. **Методи.**

Вихідними матеріалами для моделювання й прогнозування були експериментальні дані польових дослідів, проведених в умовах Миколаївської області Єланецького району на ґрунтах – чорноземах звичайних малогумусних з умістом гідролізованого нітрогену 1,5–1,8; легкозасвоюваного фосфору – 4,5–7,0 та обмінного калію – 12–15 мг/100 г ґрунту впродовж 2015–2017 рр. Дослід закладено за двофакторною схемою, де фактором А виступав фон мінерального живлення (контрольна ділянка без внесення добрив; N<sub>30</sub>P<sub>45</sub>; N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>), а фактором В – позакореневі підживлення рослин у фазу 6–8 справжніх листків препаратами Вуксал Мікроплант, Хелафіт Комбі та Фітомаре. Попередником для соняшника була пшениця озима. **Результати.** За результатами узагальнення багаторічних даних польових досліджень встановлено, що найменш сприятливим з українською вологістю ґрунту і високим температурним режимом для вирощування культури був 2017 р., погодні умови 2015 і 2016 рр. є більш сприятливими. Тривалість періоду між початком формування кошика і цвітінням на контрольному варіанті становила у середньому 33 дні, а на варіанті з фоном добрив (N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>) та із застосуванням препарату Хелафіт Комбі вона була на п'ять днів більшою. Установлено посилення прямої дії добрив і препаратів за рахунок пролонгації періоду. Щодо якісного показника – ЧПФ, то спостерігається зворотна залежність: застосування добрив і препаратів зменшувало його значення. Так, без добрив середній рівень ЧПФ становив 3,09 г/м<sup>2</sup> за добу, на фоні N<sub>30</sub>P<sub>45</sub> він зменшився на 8,1%, а на фоні N<sub>60</sub>P<sub>90</sub> – на 10,1%. Уміст хлорофілу суттєво зростає під дією добрив і препаратів, максимального значення цього показника досягнуто за застосування препарату Фітомаре на фоні N<sub>60</sub>P<sub>90</sub> – 8,97 мг/г сухої речовини, що на 73% більше, ніж на контрольному варіанті (без внесення добрив і без препаратів). **Висновки.** Добрива в поєднанні з багатофункціональними препаратами мали істотний вплив на розмір площі листя і фотосинтетичний потенціал агроценозу. Останній зростає не лише завдяки площі листя, а й за рахунок пролонгації своєї діяльності. Позакореневі обробки рослин соняшника у фазу 6–8 справжніх листків рістрегулюючими препаратами сприяли зміні не лише загального вмісту хлорофілу, а й його фракційного складу. За всіх випадків спостерігалось пріоритетне зростання вмісту фракції «а». Оптимальний підбір комбінованого багатофункціонального препарату може стати дієвим способом регулювання кількості хлорофілу і його фракційного складу.

**Ключові слова:** соняшник, багатофункціональні препарати, хлорофіл, фотосинтез, Вуксал, Фітомаре, Хелафіт Комбі.

**Domaratskyi Ye.O. Formation of leaf area and photosynthetic activity of sunflower plants depending on fertilizers and plant growth regulators**

**The purpose** is to substantiate scientifically and determine the dependence of the formation of leaf area and photosynthetic activity of sunflower plants under the influence of fertilizers and plant growth regulators. **Methods.** The initial materials for modeling and forecasting consisted of the experimental data of the field experiments conducted in the conditions of Mykolaiv region in Yelanets district in the soils – common black soils with a low humus level and the content of hydrolyzed nitrogen 1.5–1.8; easily absorbed phosphorous 4.5–7.0 and exchangeable



potassium 12–15 mg/100 g of the soil during 2015–2017. The experiment was carried out by a two factor scheme where Factor A – the background of mineral nutrition (a test plot without fertilizers;  $N_{30}P_{45}$ ;  $N_{60}P_{90}$ ); and Factor B – foliar feeding of plants at the stage of 6-8 true leaves with the preparations (Wuxal Microplant, Khelafit Kombi and Fitomare). Winter wheat was a pre-crop for sunflower. **Results.** The generalized results of the field research of many years allowed establishing that the year 2017 with a very low soil moisture level and high temperatures was the least favorable for growing the crop, the weather conditions of 2015 and 2016 were the most favorable ones. The duration of the period between the beginning of the capitulum formation and blooming in the test variant was 33 days on the average, and it was 5 days more in the variant with the nutrition background ( $N_{60}P_{90}$ ) and with the application of the preparation Khelafit Kombi. We established intensification of a direct effect of the fertilizers and preparations due to prolongation of the period. When it comes to a quality index – net primary productivity of photosynthesis (NPP), there is an indirect correlation: the application of the fertilizers and preparations reduced its value. For instance, the average level of NPP without fertilizers was 3.09 g/m<sup>2</sup> per day, against the background

$N_{30}P_{45}$  it fell by 8.1%, and against the background  $N_{60}P_{90}$  it dropped by 10.1%. The content of chlorophyll increased considerably under the influence of the fertilizers and preparations, the maximum value of this index was in the variant with the application of the preparation Fitomare against the background  $N_{60}P_{90}$  – 8.97 mg/g of dry substance, that is higher by 73% than in the test variant (without any fertilizers and preparations). **Conclusions.** The fertilizers combined with multifunctional preparations had an essential impact on the size of the leaf area and the photosynthetic potential of agrocenosis. The latter increases not only due to the leaf area, but also owing to prolongation of its activity. Foliar feeding of sunflower plants at the stage of 6–8 true leaves with the plant-growth regulators contributed to a change not only in the general content of chlorophyll, but also in its fractional composition. There was a priority increase in the content of the fraction “a” in all the cases. Optimal selection of a combined multifunctional preparation can become an efficient method for regulating the amount of chlorophyll and its fractional composition.

**Key words:** sunflower, multifunctional preparations, chlorophyll, photosynthesis, Wuxal, Fitomare, Khelafit Kombi.