

**Пічура В. І., д.с.-г.н., професор** (Херсонський державний аграрно-економічний університет, [pichuravitalii@gmail.com](mailto:pichuravitalii@gmail.com)), **Домарацький Є. О., д.с.-г.н., професор** (Миколаївський національний аграрний університет), **Потравка Л. О., д.е.н., професор** (Херсонський державний аграрно-економічний університет), **Вознюк Н. М., к.с.-г.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## ОЦІНЮВАННЯ КЛІМАТИЧНОЇ ПЛАСТИЧНОСТІ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ РІСТРЕГУЛЮЮЧИХ ПРЕПАРАТІВ НА ОСНОВІ ІНДЕКСУ NDVI

Дослідження розвитку та продуктивності різних гібридів соняшнику в природно-кліматичних умовах зони Степу України проводили в період 2019–2021 рр. Досліджувалася кліматична пластичність п'яти гібридів соняшнику (українська селекція – Гектор і Оплот, зарубіжна селекція – ДСЛ403, П64ГЕ133, 8Х477КЛ) та ефективність застосування багатофункціональних рістрегулюючих препаратів Архітект™ та Хелафіт Комбі. Просторово-часова диференціація вегетації гібридів соняшнику визначалася на основі розрахунку *normalized difference vegetation index* (NDVI) за даними дешифрування космічних знімків Sentinel 2. Доведено, що у сухий рік (2020 р.) було скорочення тривалості фази цвітіння гібридів соняшнику, зафіксовано низький рівень вегетаційного індексу NDVI у фазу утворення кошика (0,22–0,40) та фазу досягання (0,30–0,40). У середньовологий рік (2019 р.) в першій половині вегетації зафіксовано сприятливі умови розвитку рослин та позитивну реакцію на внесення багатофункціональних рістрегулюючих препаратів, а друга половина вегетації характеризувалася зниженням вологозапасу ґрунту та скороченням фази цвітіння гібридів соняшнику. У вологий рік (2021 р.) зафіксовано пролонгацію фази цвітіння, високі значення вегетаційного індексу протягом усіх фенологічних фаз розвитку рослин, позитивна реакція на багатофункціональні рістрегулюючі препарати. Доведено ефективність застосування багатофункціональних рістрегулюючих препаратів. Їх внесення сприяло прибавці урожайності гібридів соняшнику: у сухий рік –

**1,5–11,7%, середньовологий – 4,5–11,5%, вологий рік – 4,5–28,2%.  
Спостерігалось зменшення споживання вологи рослинами у сухий рік – в межах 1,2–10,0%, середньовологий рік – 3,8–8,6%, вологий рік – 3,7–21,9%.**

**Ключові слова:** соняшник; ріст регулюючі препарати; вегетація; NDVI; клімат; зона Степу; дистанційне зондування Землі.

**Постановка проблеми.** Кліматичні зміни вирізняються різноманітністю, характеризуються різними рівнями інтенсивності проявів, частотою кліматичних аномалій, періодичністю екстремальних погодних явищ у просторі та часі [1–5]. Зростання частоти та інтенсивності аномальних погодних явищ та інтенсифікація землекористування викликають порушення функціонування природних і штучних екосистем [6–11], посилюють деградації навколишнього середовища [12–19]. Фізико-географічна зона Степу характеризується високим рівнем температурного режиму, дефіцитним, нестійким та нерівномірним розподілом атмосферних опадів, що обумовлює ризикові умови землеробства та недоотримання врожаю сільськогосподарських культур [20–22]. В останні 20 років зафіксовано зростання частоти аномальних кліматичних проявів у 3 рази, що стало причиною зростання середньорічної температури на 2,6° C та збільшення частоти опадів зливового характеру у весняно-літній період [5]. Наслідком таких явищ є зниження продуктивності опадів, посилення ґрунтово-ерозійних процесів та зростання рівня ризику змиву з полів посівів сільськогосподарських культур, порушення транспіраційних процесів та підвищення випаровуваності вологи у літньо-осінній період, погіршення вологозабезпечення агроценозів. За таких екстремальних кліматичних умов волога є лімітуючим фактором продуктивності сільськогосподарських культур [23; 24], тому важливим завданням у землеробстві є агротехнологічна консервація передпосівної ґрунтової вологи та ефективно її використання запасів у період вегетації рослин [25–27].

Перспективним напрямом аграрної науки є використання даних дистанційного зондування Землі для дослідження стану посівів на основі *normalized difference vegetation index (NDVI)* [28–30]. Просторово-часова диференціація вегетаційного індексу агроценозів є індикатором стану розвитку рослин у різні фенологічні фази в залежності від природно-кліматичних умов, обсягів і характеру опадів, рівня агротехнологічних заходів. Це дозволяє встановити

рівень пластичності гібридів до кліматичних умов певних фізико-географічних зон та здійснити оцінювання урожайності сільськогосподарських культур. Для прогнозування урожайності необхідно здійснити детальний аналіз сезонних змін значень vegetation index для верифікації кривих вегетації рослин за різними сценаріями їх вирощування, попередніх польових досліджень та фактичного обліку урожаю окремих сортів та гібридів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дослідниками доведено [31], що вегетаційний розвиток і реакція рослин на навколишнє середовище визначається їх гормонами, які обумовлюють процеси біосинтезу, метаболізму та рівень сприйняття агроценозом зовнішніх чинників впливу. Аномальні прояви змін клімату викликають стрес з подальшим зниженням рівня гормонів [32; 33], що є причиною ослаблення рослин, пригнічення їх розвитку, зниження імунітету та активності вегетації, підвищення чутливості до хвороб та шкідників. З метою послаблення впливу стресових факторів організму використовують рістрегулюючі препарати, які містять фітогормони та інші синтетичні стимулятори росту. Їх дію направлено на пролонгацію активного фотосинтезу, призупинення життєдіяльності листового апарату та посилення ростових функцій [34; 35].

Соняшник є основною олійною культурою в Україні, у структурі сівозмін господарств частка цієї культури складає 25–28%. Насіння сучасних районованих сортів і гібридів містить 50–52% олії, а селекційних до 60%, тому вони потребують високого рівня вологозабезпечення [36–38]. У процесі вегетації рівень водоспоживання у соняшнику змінюється: від появи сходів до утворення кошика рослини споживають близько 20% вегетаційної вологи; у період фенологічних фаз утворення кошика та цвітіння споживання сумарної вегетаційної вологи становить 60%. Соняшник характеризується здатністю поглинати вологу із ґрунтового шару до 3,0 метрів, а повністю зневоднити 1,5 м.

Дослідженнями встановлено [39; 40], що за умов використання стандартних агротехнологічних заходів на незрошуваних територіях урожайність соняшнику не перевищувала 50% її біологічного потенціалу. У зонах екстремального землеробства збільшення урожайності сільськогосподарських культур може досягатися за використання багатofункціональних рістрегулюючих препаратів

комбінованої дії. Такі препарати мають стимулюючу і фунгіцидну дію, підвищують стійкість рослин до патогенної мікрофлори.

**Мета, матеріали і методи досліджень.** Метою дослідження є встановлення залежності урожайності соняшнику від пластичності гібридів до кліматичних умов зони Степу та ефективності рістрегулюючих препаратів на основі аналізу диференціації вегетаційного індексу.

Дослідження розвитку та продуктивності різних гібридів соняшнику в природно-кліматичних умовах зони Степу України проводили в період 2019–2021 рр. на дослідному полі Миколаївської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук (ДСДС ІЗЗ НААН) України (рис. 1). Досліди проводилися без зрошення. Загальна площа дослідів: 2019 р. – 1,9 га, 2020 р. – 8,4 га, 2021 р. – 0,75 га.

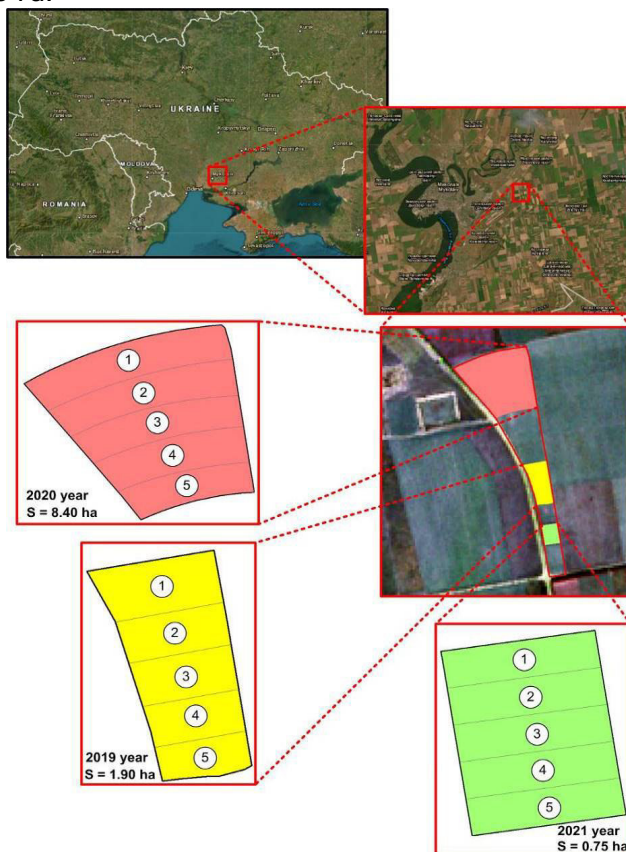


Рис. 1. Місце знаходження дослідних полів і порядок розташування посівів гібрида соняшнику у період 2019–2021 рр.:

1 – Оплот; 2 – Гектор; 3 – ДСЛ403; 4 – П64ГЕ133; 5 – 8Х477КЛ

Дослідні ділянки розташовані на малогумусних південних чорноземах із пилувато-важкосуглинковим гранулометричним складом. Вміст гумусу у ґрунтах варіює від 2,7 до 3,1%, глибина гумусового горизонту – 30–40 см. Реакція ґрунтового розчину наближена до нейтральної (рН 6,5–6,8), гідролітична кислотність варіює в межах 2,00–2,52 мг екв. на 100 г ґрунту. Сума увібраних основ складає 32–35 мг екв. на 100 г ґрунту, ступінь насичення основами становить – 95,7%. За вмістом рухомих елементів ґрунт дослідної ділянки характеризується середнім вмістом нітратного азоту в шарі ґрунту 0–20 см – 30,0 мг/кг та рухомого фосфору – 100 мг/кг і дуже високим вмістом обмінного калію – 300,0 мг/кг ґрунту.

У дослідженні використано фактичні значення приземної температури повітря ( $T$ , °C), суму атмосферних опадів ( $P$ , мм) за вегетаційний період за роками 2019, 2020, 2021 (метеорологічна станція Миколаїв). Кліматичні норми для району досліджень розраховано за даними періоду 1970–2020 рр.

**Програма наукових досліджень.** Здійснено закладання двофакторного польового дослідження, як-от: фактор А – гібриди соняшнику високоолеїнового типу української та зарубіжної селекції, фактор В – позакореневі обробки рослин багатофункціональними рістрегулюючими препаратами з фунгіцидними властивостями.

Фактор А – українська селекція включала гібриди соняшнику Гектор і Оплот (оригінація – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва), зарубіжна – ДСЛ403 та П64ГЕ133 (виробник Corteva, Brevant), 8Х477КЛ (виробник Dow Seeds).

Фактор В – багатофункціональні рістрегулюючі препарати хімічного походження Архітект™ (ідентифікаційний номер 30652554/SDS\_CPA\_UA/UK) та біологічного походження – Хелафіт Комбі (реєстраційне посвідчення UA № А07743 від 02/09/2019 р.). Ділянки під кожним гібридом було поділено на три частини: 1 – препарат Архітект™, 2 – препарат Хелафіт Комбі, 3 – контроль, внесення препаратів не проводилося, обробіток рослин здійснювався чистою водою. Препарати було внесено у розрахунок 1 л/га у вигляді позакореневих обробок у період формування 6–8 справжніх листків (ВВСН 16–18) макростадії «формування листків». Слід відмітити, що багатофункціональність препаратів обумовлена рістрегулюючими властивостями та фунгіцидним ефектом. Обробіток рослин проводився ранцевим обприскувачем до 11 години дня у

безвітряну погоду. На контрольному варіанті обробіток рослин здійснювався чистою водою.

Повторність дослідів була триразова (2019 р., 2020 р., 2021 р.). У 2019 році строк сівби – 24.04, збір урожаю – 26.08, у 2020 році сівба – 29.04, збір урожаю – 22.08, у 2021 році сівба – 10.05, збір урожаю – 12.09. Щороку гібриди соняшнику розташовувалися зі збереженням однакової послідовності (рис. 1) у межах типових ґрунтово-кліматичних умов, попередник – пшениця озима. Посівна площа ділянки першого порядку складала 168 м<sup>2</sup>, облікова ділянка – 120 м<sup>2</sup>.

Сівбу проводили сівалкою точного висіву УПС-8, норма висіву – 48,7 тис. шт./га. Всі обліки і спостереження виконувалися у відповідності до методики наукових досліджень в агрономії [41; 42], методичних рекомендацій Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН [43], існуючих ДСТУ 7011:2009 «Соняшник. Технічні умови» [44] і ДСТУ 6068:2008 «Насіння соняшнику. Сортові та посівні якості. Технічні умови» [45]. Вологість ґрунту визначалася термостатно-ваговим методом під час сівби та збирання культури [46]. Облік урожаю насіння проводили вручну, з подальшим перерахунком врожайності у тонни з 1 гектара посівної площі із вологістю насіння 8% і чистоти насіння 100%.

**Методи дешифрування космічних знімків та просторового аналізу.** Просторово-часова диференціація вегетації гібридів соняшнику визначалася на основі розрахунку *normalized difference vegetation index* (NDVI) [28–30] за даними дешифрування космічних знімків Sentinel 2 із просторовим дозволом на місцевості 10×10 м на піксель.

Значення NDVI розраховано за формулою

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red},$$

де *NIR* – видимий та ближній інфрачервоний діапазон (Sentinel 2 – Band 8), *Red* – червоний діапазон електромагнітного спектра (Sentinel 2 – Band 4).

Значення NDVI має межі від 0 до 1,0. Відкритий ґрунт поля характеризується значеннями NDVI від 0,05 до 0,15. Значення NDVI на початок сівби за усіма роками дослідження становило 0,15. У період активної вегетації від макростадій «розвиток квіткових зачатків» (ВВСН 51-59) і до кінця макростадії «цвітіння» (ВВСН 61-69) значення NDVI відображає стан розвитку посівів, а саме: < 0,15 відкритий ґрунт; 0,15–0,2 – рідка рослинність; 0,2–0,3 – пригнічена

рослинність; 0,3–0,4 – дуже поганий стан; 0,4–0,55 – задовільний стан; 0,55–0,7 – гарний стан; > 0,7 – дуже гарний стан рослин.

У дослідженнях використовували космічні знімки без наявності хмар над дослідним полем. Частота опрацювання знімків склала 10–16 днів, що надало можливості визначення значення NDVI для основних фенологічних фаз розвитку гібридів соняшнику, а саме: сходів (ВВСН 00-09), першої пари справжніх листків (ВВСН 10-12), утворення кошика (ВВСН 14-59), цвітіння (ВВСН 61-69), досягання (ВВСН 71-99). Відповідність кожного значення NDVI певній фенологічній фазі, надало можливості простежити за процесом розвитку посівів гібрида соняшнику та встановити зміни термінів фенологічних фаз рослин у відповідності до природно-кліматичних умов: сухий, середньовологий і вологий рік. Космічні знімки було оброблено з урахуванням строків сівби та збору урожаю у 2019, 2020, 2021 рр.

Для покращення якості візуалізації картограм просторово-часового розподілу значень NDVI, підвищення достовірності інтерпретації вегетаційного індексу в межах окремих ділянок та характеристик неоднорідності вегетації гібридів соняшнику, було здійснено інтерполювання значень, отриманих на основі дешифрування космічних знімків Sentinel 2. Інтерполювання проведено із застосуванням методу геостатистичного аналізу радіально-базисної функції [47–48]. Даний детерміністичний метод забезпечує встановлення точної інтерполяційної поверхні зміни значень NDVI зі збереженням вхідних растрових даних.

Обробка космічних знімків, побудова картограм та просторово-часовий аналіз здійснювався із застосуванням ліцензійного програмного продукту ArcGis 10.6.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Зональні умови дослідження характеризуються середньо-посушливими природно-кліматичними умовами. Середньостатистичне значення норми (період 1970–2020 рр.) температури повітря за вегетаційний період склало – 18,0° С (рис. 2, а), стандартне відхилення – 4,9° С, рівнем варіації – 27,3%. Зокрема, середнє значення температури повітря за вегетаційний період у сухий рік (2020 р.) становило 19,0° С, стандартне відхилення – 6,3° С, рівнем варіації – 33,3%. У середньовологий рік (2019 р.) середнє значення температури повітря за вегетаційний період склало 20,4° С, стандартне відхилення – 5,5° С, рівень варіації – 27,0%. У вологий рік (2021 р.) середнє

значення температури повітря за вегетаційний період становило  $18,4^{\circ}\text{C}$ , стандартне відхилення –  $6,6^{\circ}\text{C}$ , рівнем варіації – 35,8%.

Встановлено, що за останні 10–15 років частота аномальних проявів зливого характеру зросла. У липні 2020 року (рис. 2, б) спостерігалось різке підвищення вегетаційного індексу у період цвітіння соняшнику (ВВСН 61-69), але зливовий характер атмосферних опадів не дав позитивної енергії та пролонгованої дії на формування продуктивності гібридів соняшнику. Зокрема, у сухому році (2020 р.) зафіксовано високе значення стандартної похибки (84,1 мм) та рівень варіації сезонних змін атмосферних опадів (139,7%), які підтверджують їх аномальність у період вегетації.

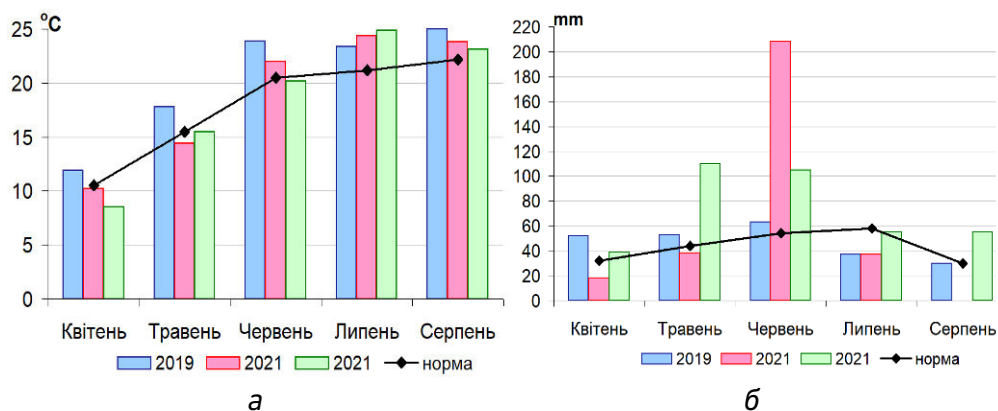


Рис. 2. Кліматичні умови за період вегетації соняшнику за 2019–2021 рр.: а – середньомісячна температура повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ); б – кількість атмосферних опадів (мм)

Слід відмітити, що середньомісячне значення норми атмосферних опадів у вегетаційний період за 50 років (1970–2020 рр.) склало – 43,6 мм, стандартне відхилення – 12,6 мм, рівень варіації – 28,9%. Наближеним до типових кліматичних умов (норми) був 2019 рік, середньомісячне значення атмосферних опадів у вегетацію становило – 47,0 мм, стандартне відхилення – 13,3 мм, рівень варіації – 28,3%. Типовий вологий 2021 рік для зони Степу характеризується середньомісячним значенням атмосферних опадів – 72,8 мм, стандартним відхиленням – 32,4 мм, та підвищеним рівнем варіації – 44,5%.

Добре розвинуті посіви соняшнику за вегетаційний період споживають від 500 мм до 600 мм води (мінімальна потреба у воді задовольняється при 300–400 мм атмосферних опадів). За вегетаційний період 2019 року сума атмосферних опадів становила



235 мм, у 2020 році – 295 мм (у липні нетипово аномальна кількість опадів становила 70,5% частки вегетаційного періоду, непродуктивні опади зливого характеру), у 2021 році – 364 мм.

Встановлено, що передпосівні запаси вологи у метровому шарі ґрунту дослідних полів у сухому році (2020) склали – 41 мм, середньовологому 2019 році – 69 мм, у вологому 2021 р. році – 89 мм. Зокрема, друга половина терміну вегетації у 2019 р. характеризувалася дефіцитом вологи у 23,9% від норми атмосферного зволоження, а також підвищенням температури на 11,5%, що стало основними причинами стресу у рослин з подальшим зниженням урожайності. У сухому році (2020 р.) гібриди соняшнику знаходилися у постійному стресі, що виражався значним дефіцитом ґрунтового і атмосферного зволоження у поєднанні з аномальними непродуктивними опадами зливого характеру у липні на фоні високої температури повітря. Так, у вологому році (2021) були відсутні прояви стресових погодних умов і зафіксовано випадання продуктивних атмосферних опадів у період бутонізації-цвітіння (ВВСН 51-69), який є визначальною фенологічною фазою розвитку рослин для формування урожаю. В умовах екстремального землеробства зони Степу агротехнологічні заходи направлено на збереження вологи.

**Дослідження стану посіві гібридів соняшнику.** Урожайність соняшнику переважно залежить від генетичних особливостей гібрида, його фітопотенціалу, ґрунтових та природно-кліматичних умов місцевості, елементів сортової агротехніки [49–50]. Показником розвитку рослини є зміна активності його фотосинтетичних процесів і продукування вмісту хлорофілу на певній макростадії та фенологічній фазі. Дослідження змін фотосинтетичної активності гібридів соняшнику здійснювалося на основі аналізу значень NDVI, який є поширеним індексом для прогнозування продуктивність агроценозів.

**Середньовологий рік (2019 р.).** У результаті дешифрування серії супутникових знімків у середньовологому році (2019 р.) на початку вегетаційного процесу (5 травня, 12 діб від строку сівби) у посіві гібридів соняшнику фіксовано дружні сходи (рис. 3) із середнім значенням індексу NDVI –  $0,26 \pm 0,03$  та незначним рівнем просторової варіації – 8,1%.

Після позакореневого обробітку гібридів соняшнику спостерігалася неоднорідна реакція рослин на багатофункціональні

рістрегулюючі препарати, що зафіксовано на супутниковому знімку 30 травня (37 діб від строку сівби). Слід відзначити позитивну реакцію і посилення розвитку рослин гібрида Оплот, значення NDVI варіювало в межах 0,54–0,77, гібрида Гектор із значеннями NDVI – у межах 0,54–0,80 та гібрида ДСЛ403 із значеннями NDVI – 0,51–0,78. Пригнічена реакція на рістрегулюючі препарати спостерігалася у гібрида П64ГЕ133 зі значенням NDVI 0,41–0,67 та гібрида 8Х477КЛ зі значенням NDVI 0,43–0,62.

Наприкінці фенологічної фази «утворення кошика», 14 червня (52 доби від строку сівби) і початку фази «цвітіння», 19 червня (57 діб від строку сівби), зафіксовано гарний (0,55–0,7) та дуже гарний стан вегетації усіх гібридів соняшнику (> 0,7). У цей період середнє значення NDVI становило  $0,72 \pm 0,06$ , рівень просторової неоднорідності – 8,2%. Однорідність вегетації рослин є підтвердженням комплексної дії продуктивних опадів та багатофункціональних рістрегулюючих препаратів.

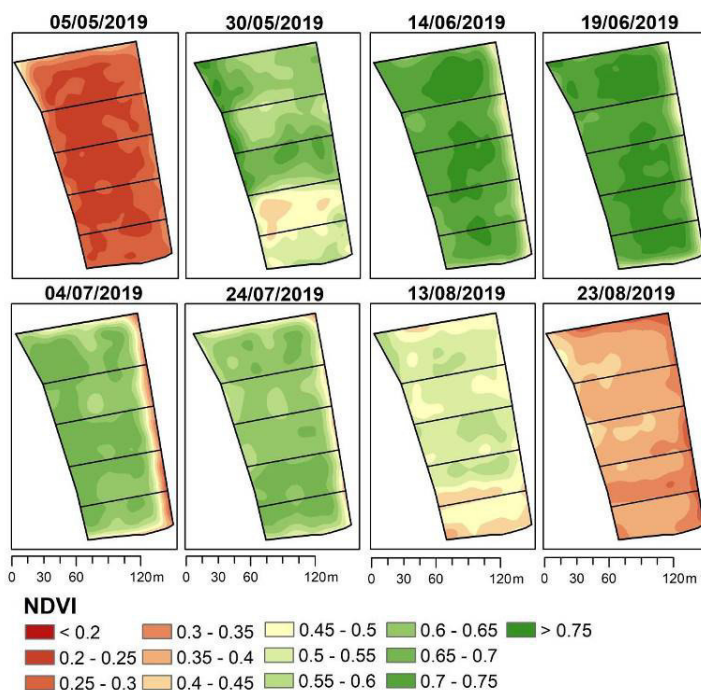


Рис. 3. Сезонний розподіл NDVI гібридів соняшнику на дослідному полі (2019 р.)

Друга половина періоду вегетації гібридів соняшнику у 2019 році включає другу половину фази цвітіння (ВВСН 67-69) та макростадії «утворення плодів» (ВВСН 71-79), «дозрівання плодів і

174

насіння» (ВВСН 80-89) і «відмирання» (ВВСН 92-99), які є складовими фенологічної фази досягання (ВВСН 71-99). Слід відмітити, що другий період вегетації рослин характеризувався стресовими умовами, обумовленими дефіцитом вологи та підвищеною температурою повітря. Це стало причиною різкого погіршення фотосинтетичних процесів і скорочення терміну макростадії «утворення плодів». 4 липня (72 доби від строку сівби) зафіксовано середнє значення NDVI –  $0,63 \pm 0,09$  з помітними проявами неоднорідності формування продуктивності гібридів соняшнику, рівень просторової варіації – 14,1%.

У вегетаційний період макростадії «дозрівання плодів і насіння», 24 липня і 13 серпня, зафіксовано швидке дозрівання насіння гібридів П64ГЕ133 та 8Х477КЛ. В макростадії «відмирання» від періоду повної стиглості (вологість насіння близько 10%, ВВСН 92) до збирання урожаю (23 серпня) середнє значення NDVI склало 0,37, 26 серпня – 0,30.

**Сухий рік (2020 р.).** У 2020 році зафіксовано екстремально сухі умови для вирощування гібридів соняшнику, що стало причиною скорочення вегетаційного періоду та термінів окремих фенологічних фаз рослин. Зокрема, початок вегетації у 2020 році характеризувався низьким рівнем ґрунтового зволоження та незначною кількістю надходження атмосферних опадів. Це обумовило слабку енергію сходів рослин та критично низький рівень фотосинтетичних процесів на початку фенологічної фази утворення кошика (рис. 4).

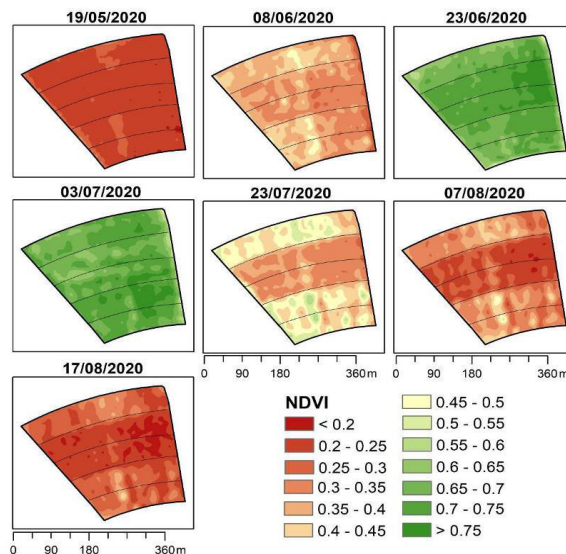


Рис. 4. Сезонний розподіл NDVI гібридів соняшнику на дослідному полі (2020 р.)

Після обробітку посівів у період формування 6–8 справжніх листків зафіксовано сповільнені реакції усіх гібридів на дію багатофункціональних рістрегулюючих препаратів, це обумовлено стресовими кліматичними умовами. За даними дешифрування супутникового знімку за 19 травня (21 доба від строку сівби) розраховано низький рівень значення NDVI –  $0,23 \pm 0,02$  із незначним рівнем варіації – 8,2%.

Дефіцит опадів спричинив подальше пригнічення розвитку рослини, що підтверджено результатами дешифрування супутникового знімку за 8 червня (41 доба від строку сівби), значення NDVI склало  $0,36 \pm 0,04$  із суттєвим рівнем варіації – 10,3%. Червень 2020 року характеризувався зливовими опадами, що активізувало дію рістрегулюючих препаратів на фотосинтетичні процеси у гібридів соняшнику. На початку фази цвітіння, 23 червня (56 доба від строку сівби), значення NDVI становило  $0,70 \pm 0,03$  із незначним рівнем варіації – 4,9%.

Кінець фази цвітіння, 3 липня (56 доба від строку сівби), також характеризувався високими значення NDVI –  $0,69 \pm 0,03$  із рівнем варіації – 9,8%. Нестача атмосферного та ґрунтового вологозабезпечення у другій половині вегетації рослин стала причиною різкого зниження фотосинтетичної активності гібридів соняшнику та з відповідним скороченням терміну макростадії «утворення плодів» (ВВСН 71-79), стимулювала прискорення «дозрівання плодів і насіння» (ВВСН 80-89) і «відмирання» (ВВСН 92-99) рослин, 23 липня (86 доба від строку сівби) значення NDVI склало  $0,41 \pm 0,04$  із рівнем варіації – 9,8%. Станом на 7 серпня (101 доба від строку сівби) значення NDVI становило  $0,30 \pm 0,04$  із високим рівнем варіації – 12,2%.

У макростадію «відмирання» рослин, 17–18 серпня (112 доба від строку сівби), значення NDVI –  $0,25 \pm 0,03$  із високим рівнем просторової варіації – 11,6%. Висока просторова варіація обумовлена значною просторовою неоднорідністю рослин в результаті стресу, викликаного кліматичними умовами. Встановлено, що гібриди соняшнику Гектор та ДСЛ403 в сухі періоди дозрівали швидше. Нестача вологи стала причиною погіршення фотосинтетичних процесів, суттєвим зниженням вмісту хлорофілу у рослинах, скороченням термінів важливих фенологічних фаз та періоду вегетації гібридів соняшнику в цілому.

**Вологий рік (2021 р.).** Початок вегетаційного періоду у 2021 році характеризувався сприятливими кліматичними умовами у  
176

передпосівний період, що забезпечило високий рівень вологозабезпечення ґрунту в період сівби. Це обумовило високу енергією та рівномірність сходів, які зафіксовані 14 травня (5 діб від строку сівби), значення індексу NDVI –  $0,25 \pm 0,03$ , рівень просторової варіації – 6,2% (рис. 5).

Після обробки посівів, 8 червня (21 доба від строку сівби), спостерігалася висока неоднорідність реакції гібридів на багатофункціональні рістрегулюючі препарати, це обумовлено перерозподілом вологи на полі та пластичністю гібридів до кліматичних умов Степу. Значення NDVI становило  $0,42 \pm 0,04$  із високим рівнем просторової варіації – 14,0%. У цей період зафіксовано високу фотосинтетичну здатність гібрида Оплот, значення NDVI сягало рівня 0,56. Порівняно невисокий рівень фотосинтезу мали гібриди ДСЛ403 (NDVI – 0,39) і П64ГЕ133 (NDVI – 0,40).

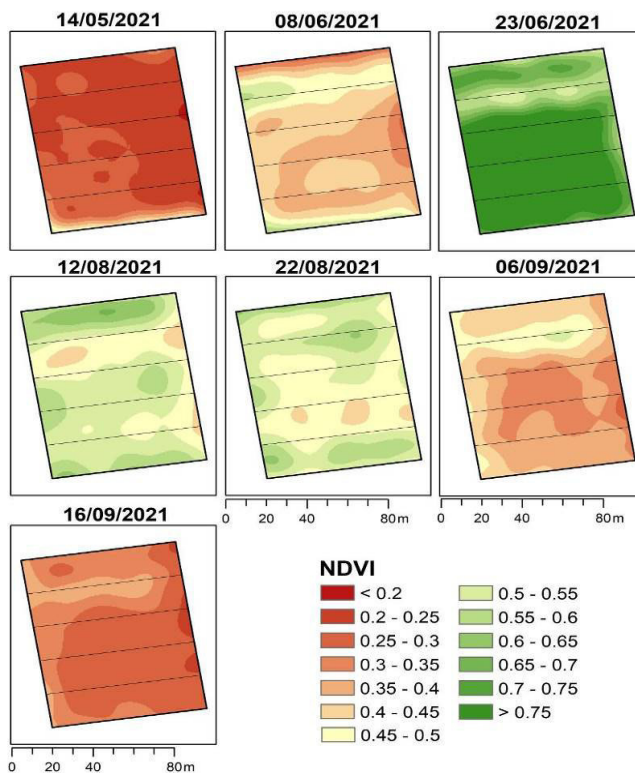


Рис. 5. Сезонний розподіл NDVI гібридів соняшнику на дослідному полі (2021 р.)

У період фенологічної фази цвітіння рослини посівів соняшнику

усіх гібридів характеризувалися високим рівнем фотосинтетичного процесу, 23 червня (45 доба від строку сівби) значення NDVI склало  $0,75 \pm 0,06$  із рівнем просторової варіації – 8,5%. Систематичне надходження продуктивних атмосферних опадів та високе вологозабезпечення ґрунту в першій частині періоду вегетації обумовили пролонгацію фенологічної фази цвітіння, що сприяло підвищенню продуктивності рослин. У 2021 році фаза цвітіння становила 33 дні, що в 2,3 рази триваліше за попередні 2019 і 2020 роки. Максимальне значення NDVI у період цвітіння – 0,89–0,93. Високий рівень NDVI зафіксовано у фенологічну фазу досягання макростадії «утворення плодів» – 0,74 (76 доба від строку сівби) та макростадії «дозрівання плодів і насіння» – 0,54 (95 доба від строку сівби).

Високий рівень вологозабезпечення, використання комплексних багатофункціональних рістрегулюючих препаратів, продовження тривалості фази цвітіння забезпечили сприятливі умови утворення плодів та дозрівання насіння соняшнику. Наприкінці макростадії «дозрівання плодів і насіння», 6 вересня (119 доба від строку сівби), значення NDVI становило 0,39, у макрофазу «відмирання» та збору урожаю, 12 вересня, значення NDVI становило 0,32. Просторова варіація у період вегетації рослин була обумовлена просторовою диференціацією ґрунтової вологи, неоднорідністю реакції гібридів соняшнику на рістрегулюючі препарати та різним рівнем пластичності гібридів до погодних умов зони Степу.

**Аналіз урожайності гібридів соняшнику.** Результатами експериментальних польових досліджень та аналізом зміни стану посівів гібридів соняшнику за різних кліматичних умов встановлено ефективність внесення багатофункціональних рістрегулюючих препаратів для покращення умов вегетації рослин з метою підвищення урожайності гібридів соняшнику (таблиця).

Позитивна реакція на внесення рістрегулюючих препаратів та пластичність до екстремальних погодних умов спостерігалася у гібридів соняшнику Оплот і П64ГЕ133, що підтверджено збільшенням їх урожайності. Урожайність зазначених гібридів була вищою у сухий рік – на 0,10–0,34 т/га, у середньовологий – на 0,38–0,86 т/га, у вологий – на 0,26–0,87 т/га. Низьку пластичність та зниження урожайності показав гібрид Гектор. Середніми показниками урожайності характеризувалися гібриди ДСЛ 403 та 8Х477КЛ, у сухий рік урожайність їх була нижчою ніж у середньовологий на 18,1–34,5%, а у вологий зросла на 0,3–30,4%.

Доведено, що позакореневе застосування комбінованих рістрегулюючих препаратів позитивно вплинуло на підвищення продуктивності гібридів соняшнику. Так, найвищою середньою урожайністю за 2019–2021 роки характеризувався гібрид соняшнику Оплот – 2,75 т/га (обробка біологічним рістрегулюючим препаратом Хелафіт Комбі).

В результаті аналізу реакції різних гібридів соняшнику на багатофункціональні рістрегулюючі препарати визначено, що препарат хімічного походження Архітект™ порівняно із контролем, забезпечив прибавку врожайності в сухий рік – від 1,5% до 9,1%, у середньовологий рік – в межах 4,5–11,5%, вологий рік – від 4,5% до 22,8%. Зокрема, використання біологічного препарату Хелафіт Комбі забезпечило прибавку урожаю гібридів соняшнику у сухий рік в межах 3,0–11,7%, у середньовологий рік – від 6,6% до 9,9%, вологий рік – від 6,2% до 28,2%.

Таблиця

Урожайність соняшнику залежно від позакореневих обробіток рістрегулюючими препаратами за роки проведення досліджень, т/га

Гібриди (фактор А)	Препарат (фактор В)	Роки			Середнє за 3 роки
		2019	2020	2021	
Оплот	Без препаратів (контроль)	2,82	1,98	2,88	2,56
	Архітект™	3,07	2,01	3,12	2,73
	Хелафіт Комбі	3,10	2,04	3,11	2,75
Гектор	Без препаратів (контроль)	1,92	1,54	2,04	1,83
	Архітект™	2,14	1,68	2,23	2,02
	Хелафіт Комбі	2,10	1,72	2,22	2,01
ДСЛ 403	Без препаратів (контроль)	2,44	1,83	2,54	2,27
	Архітект™	2,55	1,88	2,86	2,43
	Хелафіт Комбі	2,60	1,93	2,90	2,48
П64ГЕ133	Без препаратів (контроль)	2,71	1,90	2,92	2,51
	Архітект™	2,88	1,95	3,05	2,63
	Хелафіт Комбі	2,89	2,02	3,10	2,67
8Х477КЛ	Без препаратів (контроль)	2,22	1,68	2,41	2,10
	Архітект™	2,37	1,71	2,96	2,35
	Хелафіт Комбі	2,37	1,74	3,09	2,40

продовження таблиці

НІР05, т/га	Фактор А	0,09	0,07	0,09	-
	Фактор В	0,12	0,11	0,10	-
	Взаємодія факторів А і В	0,25	0,21	0,24	-

У результаті досліджень встановлено перевагу дії біологічного препарату Хелафіт Комбі над хімічним Архітект™ в 1,2 рази. Висока чутливість до препаратів у сухий та середньовологий роки зафіксовано у гібрида Гектор, прибавка урожайності становить 9,1–11,7%. У вологий рік використання препаратів забезпечило високу прибавку врожайності гібрида ДСЛ403 – в межах 12,6–14,2%, і гібрида 8Х477КЛ, в межах 22,8–28,2%. Встановлено залежність реакції гібридів соняшнику на багатофункціональні рістрегулюючі препарати від пластичності цих гібридів до природно-кліматичних умов зони Степу. Зафіксовано незначну реакцію на застосування рістрегулюючих препаратів у гібридів соняшнику Оплот і П64ГЕ133, які мають високий рівень пластичності до природно-кліматичних умов зони Степу. У 80% варіантів кращі значення прибавки урожайності зафіксовано при застосуванні біологічного рістрегулюючого препарату Хелафіт Комбі. Застосування препарату біологічного походження Хелафіт Комбі перевищило рівень продуктивності агроценозів у порівнянні із препаратом хімічного походження Архітект™ на 1,1–5,4%.

Встановлено, що рівень використання вологи соняшником обумовлюється його генетичними особливостями та дією багатофункціональних рістрегулюючих препаратів. Середнє значення водоспоживання рослин гібридів соняшнику для формування одиниці урожайності (т/га) у роки дослідження: сухий рік –  $927 \pm 80$  м<sup>3</sup>/га, середньовологий –  $1106 \pm 163$  м<sup>3</sup>/га, вологий –  $1540 \pm 232$  м<sup>3</sup>/га. Максимальний рівень водоспоживання для формування одиниці урожайності (т/га) зафіксовано у гібрида Гектор: у сухий рік – 1097 м<sup>3</sup>/га, середньовологий – 1433 м<sup>3</sup>/га, вологий – 2038 м<sup>3</sup>/га; також у гібрида 8Х477КЛ: в сухий рік – 1005 м<sup>3</sup>/га, середньовологий – 1240 м<sup>3</sup>/га, вологий – 1726 м<sup>3</sup>/га. Мінімальний рівень водоспоживання для формування одиниці урожайності (т/га) відмічено у гібрида Оплот: в сухий рік – 853 м<sup>3</sup>/га, середньовологий – 975 м<sup>3</sup>/га, вологий – 1444 м<sup>3</sup>/га, також у гібрида П64ГЕ133: у сухий рік – 889 м<sup>3</sup>/га, середньовологий – 1015 м<sup>3</sup>/га, вологий – 1424 м<sup>3</sup>/га. Встановлено, що водоспоживання



гібридів соняшнику обумовлюється їх генетичними особливостями. Низький рівень водоспоживання рослин при формуванні одиниці урожайності (т/га) характеризує високий рівень пластичності та стійкості гібрида соняшнику до екстремальних кліматичних умов зони Степу.

Дія багатофункціональних рістрегулюючих препаратів на розвиток рослини підтверджується підвищенням урожайності та зниженням рівня водоспоживання для формування одиниці урожайності (т/га). Встановлено, що позакореневе внесення рістрегулюючих препаратів забезпечило зниження водоспоживання гібридів соняшнику: сухий рік 1,2–10,0%, середньовологий рік 3,8–8,6%, вологий рік 3,7%–21,9%. Спостерігалось суттєве зниження рівня водоспоживання гібридів Гектор – від 7,7 до 10,0% та 8Х477КЛ – в межах 1,2–21,9%.

Доведено переваги внесення біологічного рістрегулюючого препарату Хелафіт Комбі над препаратом хімічного походження Архітект™. Зокрема, застосування біологічного препарату Хелафіт Комбі забезпечує зниження водоспоживання гібридів соняшнику у сухий рік – на  $5,1 \pm 2,9\%$ , середньовологий –  $6,8 \pm 1,4\%$ , вологий рік – на  $10,8 \pm 6,7\%$ . Використання хімічного препарату Архітект™ знижувало водоспоживання гібридів соняшнику в сухий рік на  $2,9 \pm 2,8\%$ , у середньовологий –  $6,5 \pm 2,4\%$ , у вологий рік – на  $9,4 \pm 5,4\%$ .

**Висновки.** Встановлено просторово-часову залежність продуктивності соняшнику від пластичності гібридів та внесення рістрегулюючих препаратів на основі аналізу диференціації вегетаційного індексу, який визначено за допомогою дешифрування супутникових знімків Sentinel 2 в період вирощування у 2019, 2020, 2021 роках. Встановлено, що зміни кліматичних умов суттєво впливають на інтенсивність фотосинтетичних процесів, продукування хлорофілу та фенологічні фази рослин. Доведено, що у сухий рік (2020) було скорочення тривалості фази цвітіння гібридів соняшнику, зафіксовано низький рівень вегетаційного індексу NDVI у фазу утворення кошика (0,22–0,40) та фазу досягання (0,30–0,40). У середньовологий рік в першій половині вегетації зафіксовано сприятливі умови розвитку рослин та позитивну реакцію на внесення багатофункціональних рістрегулюючих препаратів, а друга половина вегетації характеризувалася зниженням вологозапасу ґрунту та скороченням фази цвітіння гібридів соняшнику. У вологий рік зафіксовано пролонгацію фази цвітіння, високі значення

вегетаційного індексу протягом усіх фенологічних фаз розвитку рослин, позитивну реакцію на багатофункціональні рістрегулюючі препарати. Доведено ефективність застосування багатофункціональних рістрегулюючих препаратів. Їх внесення сприяло прибавці урожайності гібридів соняшнику у сухий рік на 1,5–11,7%, середньовологий – 4,5–11,5%, вологий рік – 4,5–28,2%. Спостерігалось зменшення споживання вологи рослинами у сухий рік в межах 1,2–10,0%, середньовологий рік – 3,8–8,6%, вологий рік – 3,7–21,9%. Встановлено залежність реакції гібридів соняшнику від пластичності гібрида до природно-кліматичних умов зони Степу гібрида та дії багатофункціональних рістрегулюючих препаратів. Визначено підвищену чутливість до рістрегулюючих препаратів у сухий та середньовологий роки гібрида Гектор, прибавка урожайності становила 9,1–11,7%. У вологий рік використання препаратів забезпечило високу прибавку врожайності гібрида ДСЛ403 – 12,6–14,2%, і гібрида 8Х477КЛ – 22,8–28,2%. Незначну реакцію на застосування рістрегулюючих препаратів зафіксовано у гібридів соняшнику Оплот і П64ГЕ133, прибавка урожайності – 1,5–9,9%. Отримані результати досліджень є основою для прогнозування розвитку посівів гібридів соняшнику з подальшим визначенням урожайності, що дозволяє встановити можливий рівень ефективності вирощування гібридів сільськогосподарськими виробниками у кліматичних умовах зони Степу.

1. Lisetskii F., Pichura V. Steppe Ecosystem Functioning of East European Plain under Age-Long Climatic Change Influence. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. Vol. 9(18). P. 1–9. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i18/93780.
2. Dudiak N. V., Potravka L. A., Stroganov A. A. Soil and Climatic Bonitation of Agricultural Lands of the Steppe Zone of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 46 (3). P. 534–540.
3. Wang Q. J., Shao Y., Song Y., Schepen A., Robertson D. E., Ryu D., Pappenberger F. An evaluation of ECMWF SEAS5 seasonal climate forecasts for Australia using a new forecast calibration algorithm. *Environmental Modelling & Software*. 2019. Vol. 122. P. 104550. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104550>. (дата звернення: 02.03.2023).
4. Dikshit A., Pradhan B., Alamri A. M. Long lead time drought forecasting using lagged climate variables and a stacked long short-term memory model. *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 755(2). P. 142638. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142638>. (дата звернення: 02.03.2023).
5. Pichura V., Potravka L., Vdovenko N., Biloshkurenko O., Stratichuk N., Baysha K. Changes in Climate and Bioclimatic Potential in the Steppe Zone of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. Vol. 23 (12).

P. 189–202. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/154844>. (дата звернення: 02.03.2023). **6.** Lisetskii F., Poletaev A., Zelenskaya E., Pichura V. Associated data on the physicochemical properties of pedosediments, climatic and dendrochronological indicators for palaeogeographic reconstructions. *Data in Brief*. 2019. Vol. 28. P. 104829. URL: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104829>. (дата звернення: 02.03.2023). **7.** Zhang H., Huo S., Yeager K. M., Li C., Xi B., Zhang J., He Z., Ma C. Apparent relationships between anthropogenic factors and climate change indicators and POPs deposition in a lacustrine system. *Journal of Environmental Sciences*. 2019. Vol. 83. P. 174–182. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2019.03.024>. (дата звернення: 02.03.2023). **8.** Oti J.O., Kabo-Bah A.T., Ofosu E. Hydrologic response to climate change in the Densu River Basin in Ghana. *Heliyon*. 2020. Vol. 6(8). URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04722>. (дата звернення: 02.03.2023). **9.** Pichura V. I., Potravka L. A., Dudiak N. V., Skrypchuk P. M., Stratichuk N. V. Retrospective and Forecast of Heterochronal Climatic Fluctuations Within Territory of Dnieper Basin. *Indian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 46(2). P. 402–407. **10.** Pichura V. I., Potravka L. A., Skrypchuk P. M., Stratichuk N. V. Anthropogenic and climatic causality of changes in the hydrological regime of the Dnieper river. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21(4). P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/119521>. **11.** Pichura V., Potravka L., Domaratskiy E., Stratichuk N., Baysha K., Pichura I. Long-term Changes in the Stability of Agricultural Landscapes in the Areas of Irrigated Agriculture of the Ukraine Steppe Zone. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24(3). P. 188–198. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/158553>. **12.** Assan E., Suvedi M., Olabisi L. S., Bansah K. J. Climate change perceptions and challenges to adaptation among smallholder farmers in semi-arid Ghana: A gender analysis. *Journal of Arid Environments*. 2020. Vol. 182. 104247. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104247>. (дата звернення: 02.03.2023). **13.** Breus D., Yevtushenko O., Skok S., Rutta O. Retrospective studies of soil fertility change on the example of the Kherson region (Ukraine). *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*. 2019. Vol. 19(5.1). P. 645–652. **14.** Breus D., Yevtushenko O., Skok S., Rutta O. Method of forecasting the agro-ecological state of soils on the example of the South of Ukraine. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*. 2020. Vol. 20(5.1). P. 523–528. **15.** Dudiak N. V., Pichura V. I., Potravka L. A., Stratichuk N. V. Geomodelling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Erosion. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. Vol. 20(8). P. 192–198. **16.** Dudiak N. V., Pichura V. I., Potravka L. A., Stroganov A. A. Spatial modeling of the effects of deflation destruction of the steppe soils of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21(2). P. 166–177. URL:

- <https://doi.org/10.12911/22998993/116321>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 17.** Dudiak N., Pichura V., Potravka L., Stratichuk N. Environmental and economic effects of water and deflation destruction of steppe soil in Ukraine. *Journal of Water and Land Development*. 2021. No. 50. P. 10–26. DOI 10.24425/jwld.2021.138156. **18.** Özşahin E. Climate change effect on soil erosion using different erosion models: A case study in the Naip Dam basin, Türkiye. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023. Vol. 207. 107711. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107711>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 19.** Xie Y., Tang J., Gao Y., Gu Zh., Liu G., Ren X. Spatial distribution of soil erosion and its impacts on soil productivity in Songnen typical black soil region. *International Soil and Water Conservation Research*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.01.002>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 20.** Loison R, Alain Audebert A., Debaeke Ph., Hoogenboom G., Leroux L., Oumarou P., Gérardaux E. Designing cotton ideotypes for the future: Reducing risk of crop failure for low input rainfed conditions in Northern Cameroon. *European Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 90. P. 162–173. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.08.003>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 21.** Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Stroganov A., Dyudyaeva O. Spatial differentiation of regulatory monetary valuation of agricultural land in conditions of widespread irrigation of steppe soils. *Journal of water and land development*. 2021. No 48 (I–III). P. 182–196. URL: <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.136161>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 22.** Mateo-Sanchis A., Piles M., Amorós-López J., Muñoz-Marí J., Aduara J., Moreno-Martínez A., Camps-Valls G. Learning main drivers of crop progress and failure in Europe with interpretable machine learning. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2021. Vol. 104. 102574. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102574>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 23.** Kotova N., Makhortykh S. Human adaptation to past climate changes in the northern Pontic steppe. *Quaternary International*. 2010. Vol. 220(1–2). P. 88–94. **24.** Török P., Neuffer B., Heilmeyer H., Bernhardt K.-G., Wesche K. Climate, landscape history and management drive Eurasian steppe biodiversity. *Flora*. 2020. Vol. 271. 151685. URL: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151685>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 25.** Domaratskiy E. O., Zhuykov O. G., Ivaniv M. O. Influence of Sowing Periods and Seeding Rates on Yield of Grain Sorghum Hybrids under Regional Climatic Transformations. *Indian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 45(4). P. 785–789.
- 26.** Domaratskiy Ye., Kozlova O., Kaplina A. Economic Efficiency of Applying Environmentally Friendly Fertilizers in Production Technologies in the South of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 47(3). P. 624–629.
- 27.** Domaratskiy Ye., Bazaliy V., Dobrovol'skiy A., Pichura V., Kozlova O. Influence of Eco-Safe Growth-Regulating Substances on the Phytosanitary State of Agrocenoses of Wheat Varieties of Various Types of Development in Non-Irrigated Conditions of the Steppe Zone. *Journal of Ecological Engineering*.

2022. Vol. 23(8). P. 299–308. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/150865>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 28.** Essaadia A., Abdellah A., Ahmed A., Abdelouahed F., Kamal E. The normalized difference vegetation index (NDVI) of the Zat valley, Marrakech: comparison and dynamics. *Heliyon*. 2022. Vol. 8 (12). e12204. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12204>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 29.** Ding Y., He X., Zhou Zh., Hu J., Cai H., Wang X., Li L., Xu J., Shi H. Response of vegetation to drought and yield monitoring based on NDVI and SIF. *CATENA*. 2022. Vol. 2019. 106328. URL: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106328>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 30.** Beyer M., Ahmad R., Yang B., Rodríguez-Vocsa P. Deep spatial-temporal graph modeling for efficient NDVI forecasting. *Smart Agricultural Technolog.* 2023. Vol. 4. 100172. URL: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100172>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 31.** Anfang M. and Shani E. Transport mechanisms of plant hormones. *Current Opinion in Plant Biology*. 2021. Vol. 63. 102055. URL: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2021.102055>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 32.** Bhattacharya A. Effect of High Temperature Stress on the Metabolism of Plant Growth Regulators. *Effect of High Temperature on Crop Productivity and Metabolism of Macro Molecules*. 2019. P. 485–591. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-817562-0.00006-9>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 33.** Kondhare K. R., Patil A. B. and Giri A. P. Auxin: An emerging regulator of tuber and storage root development. *Plant Science*. 2021. Vol. 306. 110854. URL: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2021.110854>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 34.** Small C. C., Degenhardt D. Plant growth regulators for enhancing revegetation success in reclamation: A review. *Ecological Engineering*. 2018. Vol. 118. P. 43–51. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.04.010>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 35.** Mu X., Chen Q., Wu Xi., Chen F., Yuan Li. and Mi G. Gibberellins synthesis is involved in the reduction of cell flux and elemental growth rate in maize leaf under low nitrogen supply. *Environmental and Experimental Botany*. 2018. Vol. 150. P. 198–208. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.03.012>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 36.** Koutroubas S. D., Antoniadis V., Damalas Ch. A., Fotiadis S. Sunflower growth and yield response to sewage sludge application under contrasting water availability conditions. *Industrial Crops and Products*. 2020. Vol. 154. 112670. URL: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112670>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 37.** Domaratskiy Ye. Leaf Area Formation and Photosynthetic Activity of Sunflower Plants Depending on Fertilizers and Growth Regulators. *Journal of Ecological Engineering*. 2021. Vol. 22(6). P. 99–105. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/137361>. (дата звернення: 02.03.2023).
- 38.** Jan A. U., Hadi F., Ditta A., Suleman M., Ullah M. Zinc-induced anti-oxidative defense and osmotic adjustments to enhance drought stress tolerance in

sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Environmental and Experimental Botany*. 2022. Vol. 193. 104682. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104682>. (дата звернення: 02.03.2023).

**39.** Howell T. A., Evett S. R., Tolk J. A., Copeland K. S., Marek Th. H. Evapotranspiration, water productivity and crop coefficients for irrigated sunflower in the U.S. Southern High Plains. *Agricultural Water Management*. 2015. Vol. 162. P. 33–46. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.008>. (дата звернення: 02.03.2023).

**40.** Giannini V., Mula L., Carta M., Patteri G., Roggero P. P. Interplay of irrigation strategies and sowing dates on sunflower yield in semi-arid Mediterranean areas. *Agricultural Water Management*. 2022. Vol. 260. 107287. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107287>. (дата звернення: 02.03.2023).

**41.** Методика наукових досліджень в агрономії : навч. посіб. / Ермантраут Е. Р., Бобро М. А., Гопцій Т. І. та ін. Харківський національний аграрний університет ім. С.В. Докучаєва. Харків, 2008. 64 с.

**42.** Дідора В. Г., Смаглій О. Ф., Ермантраут Е. Р. Методика наукових досліджень в агрономії : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2013. 264 с.

**43.** Вирощування насіння гібридів соняшнику : методичні рекомендації / Кириченко В. В., Сивенко В. І., Макляк К. М., Буряк Ю. І., Коломацька В. П., Лебеденко Є. О., Сивенко О. А., Огурцов Ю. Є., Андрієнко В. В., Сатаров О. З., Шепілов Б. П., Святченко С. І., Брагін О. М. Харків, 2014. 28 с.

**44.** ДСТУ 7011:2009. Соняшник. Технічні умови. URL: [https://elevator.com.ua/sites/default/files/docs/dstu\\_7011.pdf](https://elevator.com.ua/sites/default/files/docs/dstu_7011.pdf). (дата звернення: 02.03.2023).

**45.** ДСТУ 6068:2008. Насіння соняшнику. Сортові та посівні якості. Технічні умови. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=74272](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=74272). (дата звернення: 02.03.2023).

**46.** Папіш І. Практикум з фізики ґрунту. Частина 2. *Гідрофізика ґрунтів*. Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2001. 36 с.

**47.** Kamińska A., Grzywna A. Comparison of deterministic interpolation methods for the estimation of groundwater level. *Journal of Ecological Engineering*. 2014. Vol. 15(4). P. 55–60. DOI: 10.12911/22998993.1125458.

**48.** Pichura V., Potravka L., Straticuk N., Drobitko A. Space-Time Modeling Steppe Soil Fertility Using Geo-Information Systems and Neuro-Technologies. *Bulgarian journal of agricultural science*. 2023. Vol. 29(1). URL: <https://www.agrojournal.org/>. (дата звернення: 02.03.2023).

**49.** Flagella Z., Rotunno T., Tarantino E., Caterina R. D., Caro A. D. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. *European Journal of Agronomy*. 2020. Vol. 17(3). P. 221–230. URL: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00012-6). (дата звернення: 02.03.2023).

**50.** Ibrahim H. M. Response of Some Sunflower Hybrids to Different Levels. *APCBEE Procedia*. 2012. Vol. 4. P. 175–182. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.11.030> (дата звернення: 02.03.2023).

## REFERENCES:

1. Lisetskii F., Pichura V. Steppe Ecosystem Functioning of East European Plain under Age-Long Climatic Change Influence. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. Vol. 9(18). P. 1–9. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i18/93780.
2. Dudiak N. V., Potravka L. A., Stroganov A. A. Soil and Climatic Bonitation of Agricultural Lands of the Steppe Zone of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 46 (3). P. 534–540.
3. Wang Q. J., Shao Y., Song Y., Schepen A., Robertson D. E., Ryu D., Pappenberger F. An evaluation of ECMWF SEAS5 seasonal climate forecasts for Australia using a new forecast calibration algorithm. *Environmental Modelling & Software*. 2019. Vol. 122. P. 104550. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104550>. (дата звернення: 02.03.2023).
4. Dikshit A., Pradhan B., Alamri A. M. Long lead time drought forecasting using lagged climate variables and a stacked long short-term memory model. *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 755(2). P. 142638. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142638>. (дата звернення: 02.03.2023).
5. Pichura V., Potravka L., Vdovenko N., Biloshkurenko O., Stratichuk N., Baysha K. Changes in Climate and Bioclimatic Potential in the Steppe Zone of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. Vol. 23 (12). P. 189–202. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/154844>. (дата звернення: 02.03.2023).
6. Lisetskii F., Poletaev A., Zelenskaya E., Pichura V. Associated data on the physicochemical properties of pedosediments, climatic and dendrochronological indicators for palaeogeographic reconstructions. *Data in Brief*. 2019. Vol. 28. P. 104829. URL: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104829>. (дата звернення: 02.03.2023).
7. Zhang H., Huo S., Yeager K. M., Li C., Xi B., Zhang J., He Z., Ma C. Apparent relationships between anthropogenic factors and climate change indicators and POPs deposition in a lacustrine system. *Journal of Environmental Sciences*. 2019. Vol. 83. P. 174–182. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2019.03.024>. (дата звернення: 02.03.2023).
8. Oti J.O., Kabo-Bah A.T., Ofosu E. Hydrologic response to climate change in the Densu River Basin in Ghana. *Heliyon*. 2020. Vol. 6(8). URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04722>. (дата звернення: 02.03.2023).
9. Pichura V. I., Potravka L. A., Dudiak N. V., Skrypchuk P. M., Stratichuk N. V. Retrospective and Forecast of Heterochronal Climatic Fluctuations Within Territory of Dnieper Basin. *Indian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 46(2). P. 402–407.
10. Pichura V. I., Potravka L. A., Skrypchuk P. M., Stratichuk N. V. Anthropogenic and climatic causality of changes in the hydrological regime of the Dnieper river. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21(4). P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/119521>.
11. Pichura V., Potravka L., Domaratskiy E., Stratichuk N., Baysha K., Pichura I. Long-term Changes in the Stability of Agricultural Landscapes in the Areas of Irrigated Agriculture of the Ukraine Steppe Zone. *Journal of Ecological*

- Engineering*. 2023. Vol. 24(3). P. 188–198. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/158553>. **12.** Assan E., Suvedi M., Olabisi L. S., Bansah K. J. Climate change perceptions and challenges to adaptation among smallholder farmers in semi-arid Ghana: A gender analysis. *Journal of Arid Environments*. 2020. Vol. 182. 104247. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104247>. (data zvernennia: 02.03.2023).
- 13.** Breus D., Yevtushenko O., Skok S., Rutta O. Retrospective studies of soil fertility change on the example of the Kherson region (Ukraine). *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*. 2019. Vol. 19(5.1). P. 645–652. **14.** Breus D., Yevtushenko O., Skok S., Rutta O. Method of forecasting the agro-ecological state of soils on the example of the South of Ukraine. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*. 2020. Vol. 20(5.1). P. 523–528. **15.** Dudiak N. V., Pichura V. I., Potravka L. A., Straticchuk N. V. Geomodelling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Erosion. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. Vol. 20(8). P. 192–198. **16.** Dudiak N. V., Pichura V. I., Potravka L. A., Stroganov A. A. Spatial modeling of the effects of deflation destruction of the steppe soils of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21(2). P. 166–177. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/116321>. (data zvernennia: 02.03.2023).
- 17.** Dudiak N., Pichura V., Potravka L., Straticchuk N. Environmental and economic effects of water and deflation destruction of steppe soil in Ukraine. *Journal of Water and Land Development*. 2021. No. 50. P. 10–26. DOI 10.24425/jwld.2021.138156. **18.** Özşahin E. Climate change effect on soil erosion using different erosion models: A case study in the Naip Dam basin, Türkiye. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023. Vol. 207. 107711. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107711>. (data zvernennia: 02.03.2023).
- 19.** Xie Y., Tang J., Gao Y., Gu Zh., Liu G., Ren X. Spatial distribution of soil erosion and its impacts on soil productivity in Songnen typical black soil region. *International Soil and Water Conservation Research*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.01.002>. (data zvernennia: 02.03.2023).
- 20.** Loison R, Alain Audebert A., Debaeke Ph., Hoogenboom G., Leroux L., Oumarou P., Gérardaux E. Designing cotton ideotypes for the future: Reducing risk of crop failure for low input rainfed conditions in Northern Cameroon. *European Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 90. P. 162–173. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.08.003>. (data zvernennia: 02.03.2023).
- 21.** Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Stroganov A., Dyudyaeva O. Spatial differentiation of regulatory monetary valuation of agricultural land in conditions of widespread irrigation of steppe soils. *Journal of water and land development*. 2021. No 48 (I–III). P. 182–196. URL: <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.136161>. (data zvernennia: 02.03.2023).
- 22.** Mateo-Sanchis A., Piles M., Amorós-López J., Muñoz-Marí J., Adsuaara J., Moreno-Martínez A., Camps-Valls G. Learning main drivers of crop progress



and failure in Europe with interpretable machine learning. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2021. Vol. 104. 102574. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102574>. (data zvernennia: 02.03.2023).

**23.** Kotova N., Makhortykh S. Human adaptation to past climate changes in the northern Pontic steppe. *Quaternary International*. 2010. Vol. 220(1–2). P. 88–94. **24.** Török P., Neuffer B., Heilmeyer H., Bernhardt K.-G., Wesche K. Climate, landscape history and management drive Eurasian steppe biodiversity. *Flora*. 2020. Vol. 271. 151685. URL: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151685>. (data zvernennia: 02.03.2023).

**25.** Domaratskiy E. O., Zhuykov O. G., Ivaniv M. O. Influence of Sowing Periods and Seeding Rates on Yield of Grain Sorghum Hybrids under Regional Climatic Transformations. *Indian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 45(4). P. 785–789. **26.** Domaratskiy Ye., Kozlova O., Kaplina A. Economic Efficiency of Applying Environmentally Friendly Fertilizers in Production Technologies in the South of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 47(3). P. 624–629. **27.** Domaratskiy Ye., Bazaliy V., Dobrovol'skiy A., Pichura V., Kozlova O. Influence of Eco-Safe Growth-Regulating Substances on the Phytosanitary State of Agrocenoses of Wheat Varieties of Various Types of Development in Non-Irrigated Conditions of the Steppe Zone. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. Vol. 23(8). P. 299–308. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/150865>. (data zvernennia: 02.03.2023).

**28.** Essaadia A., Abdellah A., Ahmed A., Abdelouahed F., Kamal E. The normalized difference vegetation index (NDVI) of the Zat valley, Marrakech: comparison and dynamics. *Heliyon*. 2022. Vol. 8 (12). e12204. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12204>. (data zvernennia: 02.03.2023).

**29.** Ding Y., He X., Zhou Zh., Hu J., Cai H., Wang X., Li L., Xu J., Shi H. Response of vegetation to drought and yield monitoring based on NDVI and SIF. *CATENA*. 2022. Vol. 2019. 106328. URL: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106328>. (data zvernennia: 02.03.2023). **30.** Beyer M., Ahmad R., Yang B., Rodríguez-Bocca P. Deep spatial-temporal graph modeling for efficient NDVI forecasting. *Smart Agricultural Technolog.* 2023. Vol. 4. 100172. URL: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100172>. (data zvernennia: 02.03.2023).

**31.** Anfang M. and Shani E. Transport mechanisms of plant hormones. *Current Opinion in Plant Biology*. 2021. Vol. 63. 102055. URL: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2021.102055>. (data zvernennia: 02.03.2023).

**32.** Bhattacharya A. Effect of High Temperature Stress on the Metabolism of Plant Growth Regulators. Effect of High Temperature on Crop Productivity and Metabolism of Macro Molecules. 2019. P. 485–591. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-817562-0.00006-9>. (data zvernennia: 02.03.2023). **33.** Kondhare K. R., Patil A. B. and Giri A. P. Auxin: An emerging regulator of tuber and storage root development. *Plant Science*. 2021. Vol. 306. 110854. URL: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2021.110854>. (data

zvernennia: 02.03.2023). **34.** Small C. C., Degenhardt D. Plant growth regulators for enhancing revegetation success in reclamation: A review. *Ecological Engineering*. 2018. Vol. 118. P. 43–51. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.04.010>. (data zvernennia: 02.03.2023). **35.** Mu X., Chen Q., Wu Xi., Chen F., Yuan Li. and Mi G. Gibberellins synthesis is involved in the reduction of cell flux and elemental growth rate in maize leaf under low nitrogen supply. *Environmental and Experimental Botany*. 2018. Vol. 150. P. 198–208. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.03.012>. (data zvernennia: 02.03.2023). **36.** Koutroubas S. D., Antoniadis V., Damalas Ch. A., Fotiadis S. Sunflower growth and yield response to sewage sludge application under contrasting water availability conditions. *Industrial Crops and Products*. 2020. Vol. 154. 112670. URL: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112670>. (data zvernennia: 02.03.2023). **37.** Domaratskiy Ye. Leaf Area Formation and Photosynthetic Activity of Sunflower Plants Depending on Fertilizers and Growth Regulators. *Journal of Ecological Engineering*. 2021. Vol. 22(6). P. 99–105. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/137361>. (data zvernennia: 02.03.2023). **38.** Jan A. U., Hadi F., Ditta A., Suleman M., Ullah M. Zinc-induced anti-oxidative defense and osmotic adjustments to enhance drought stress tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Environmental and Experimental Botany*. 2022. Vol. 193. 104682. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104682>. (data zvernennia: 02.03.2023). **39.** Howell T. A., Evett S. R., Tolk J. A., Copeland K. S., Marek Th. H. Evapotranspiration, water productivity and crop coefficients for irrigated sunflower in the U.S. Southern High Plains. *Agricultural Water Management*. 2015. Vol. 162. P. 33–46. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.008>. (data zvernennia: 02.03.2023). **40.** Giannini V., Mula L., Carta M., Patteri G., Roggero P. P. Interplay of irrigation strategies and sowing dates on sunflower yield in semi-arid Mediterranean areas. *Agricultural Water Management*. 2022. Vol. 260. 107287. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107287>. (data zvernennia: 02.03.2023). **41.** Metodyka naukovykh doslidzhen v ahromonii : navch. posib. / Ermantraut E. R., Bobro M. A., Hoptsii T. I. ta in. Kharkivskiy natsionalnyi ahrarnyi universytet im. S.V. Dokuchaieva. Kharkiv, 2008. 64 s. **42.** Didora V. H., Smahlii O. F., Ermantraut E. R. Metodyka naukovykh doslidzhen v ahromonii : navch. posib. Kyiv : Tsentr uchbovoi literatury, 2013. 264 s. **43.** Vyroshchuvannia nasinnia hibrydiv soniashnyku : metodychni rekomendatsii / Kyrychenko V. V., Syvenko V. I., Makliak K. M., Buriak Yu. I., Kolomatska V. P., Lebedenko Ye. O., Syvenko O. A., Ohurtsov Yu. Ye., Andriienko V. V., Satarov O. Z., Shepilov B. P., Sviatchenko S. I., Brahin O. M. Kharkiv, 2014. 28 s. **44.** DSTU 7011:2009. Soniashnyk. Tekhnichni umovy. URL: [https://elevator.com.ua/sites/default/files/docs/dstu\\_7011.pdf](https://elevator.com.ua/sites/default/files/docs/dstu_7011.pdf). (data zvernennia: 02.03.2023). **45.** DSTU 6068:2008. Nasinnia soniashnyku. Sortovi ta posivni yakosti. Tekhnichni umovy. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=74272](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=74272). (data

zvernennia: 02.03.2023). **46.** Papish I. *Praktykum z fizyky gruntu. Chastyna 2. Hidrofizyka gruntiv.* Lviv : Vydavnychiy tsentr LNU im. Ivana Franka, 2001. 36 s. **47.** Kamińska A., Grzywna A. Comparison of deterministic interpolation methods for the estimation of groundwater level. *Journal of Ecological Engineering.* 2014. Vol. 15(4). P. 55–60. DOI: 10.12911/22998993.1125458. **48.** Pichura V., Potravka L., Strachuk N., Drobitko A. Space-Time Modeling Steppe Soil Fertility Using Geo-Information Systems and Neuro-Technologies. *Bulgarian journal of agricultural science.* 2023. Vol. 29(1). URL: <https://www.agrojournal.org/>. (data zvernennia: 02.03.2023). **49.** Flagella Z., Rotunno T., Tarantano E., Caterina R. D., Caro A. D. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. *European Journal of Agronomy.* 2020. Vol. 17(3). P. 221–230. URL: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00012-6). (data zvernennia: 02.03.2023). **50.** Ibrahim H. M. Response of Some Sunflower Hybrids to Different Levels. *APCBEE Procedia.* 2012. Vol. 4. P. 175–182. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.11.030> (data zvernennia: 02.03.2023).

---

**Pichura V. I., Doctor of Agricultural Science, Professor** (Kherson State Agrarian and Economic University), **Domaratskyi Ye. O., Doctor of Agricultural Sciences, Professor** (Mykolaiv National Agrarian University), **Potravka L. O., Doctor of Economics, Professor** (Kherson State Agrarian and Economic University), **Vozniuk N. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

#### **EVALUATION OF CLIMATIC PLASTICITY OF SUNFLOWER HYBRIDS AND THE EFFECTIVENESS OF GROWTH-REGULATORY PREPARATIONS BASED ON THE NDVI INDEX**

**Research on the development and productivity of various sunflower hybrids in the natural-climatic conditions of the Steppe zone of Ukraine was conducted during the period 2019–2021. The climatic plasticity of five sunflower hybrids (Ukrainian selection – Hektor and Oplot, foreign selection – DSL403, P64GE133, 8X477KL) and the effectiveness of the use of multifunctional growth-regulatory preparations Architekt™ and Helafit Kombi were studied. Spatio-temporal differentiation of the vegetation of sunflower hybrids was determined based on the calculation of the normalized difference**

**vegetation index (NDVI) based on the data deciphered of the Sentinel 2 space images. The obtained cartographic and grapho-analytical materials reflect the reaction of plants on the natural-climatic conditions and multifunctional growth-regulatory preparations, this provided an opportunity to objectively verify vegetation curves under three natural-climatic scenarios of growing sunflower hybrids in the Steppe zone. It was proved that in a dry year (2020) there was a reduction in the duration of the flowering phase of sunflower hybrids, a low level of the NDVI vegetation index was recorded during the phase of head formation (0.22–0.40) and the phase of maturation (0.30–0.40). In the moderately wet year (2019), favorable conditions for plant development and a positive reaction to the introduction of multifunctional growth-regulatory preparations were recorded in the first half of the vegetation, while the second half of the vegetation was characterized by a decrease in soil moisture and a shortening of the flowering phase of sunflower hybrids. In the wet year (2021), a prolongation of the flowering phase, high values of the vegetation index during all phenological phases of plant development, and a positive reaction on the multifunctional growth-regulatory preparations were recorded. The effectiveness of the use of multifunctional growth-regulatory preparations has been proven. Their application contributed the increase in the crop yield of sunflower hybrids: in a dry year – 1.5–11.7%, in a moderately wet year – 4.5–11.5%, in a wet year – 4.5–28.2%. A decrease in moisture consumption by plants was observed in a dry year – in the range of 1.2–10.0%, in a moderately wet year – 3.8–8.6%, in a wet year – 3.7–21.9%.**

***Keywords:* sunflower; growth-regulatory preparations; vegetation; NDVI; Steppe zone; remote sensing.**