

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

### **ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОПЕРЕДНИКА У ВІДПОВІДНОСТІ ДО ШКАЛИ ВВСН В ЗОНІ СТЕПУ УКРАЇНИ**

Застосування сівозмін є ефективною стратегією для підвищення стійкості ґрунтових систем до абіотичних і біотичних стресів, а також підвищення стійкості землекористування в зоні дефіциту вологи. На ряду із необхідністю удосконалення агротехнологічних заходів, важливим є обґрунтування вибору попередника для збільшення поживних елементів у ґрунті, забезпечення добрих мікрокліматичних умов вегетаційного розвитку рослин, акумуляції і збереження вологи у ґрунті та клітинах листя, високої фотосинтетичної здатності рослин та продуктивності агроценозів. Тому метою досліджень було встановлення просторово-часових закономірностей впливу попередників на вегетацію та продуктивність озимої пшениці відповідно до уніфікованої шкали ВВСН в ґрунтово-кліматичних умовах зони Степу. На основі даних дешифрування серії супутникових знімків космічного апарату Sentinel 2, розрахунку значень NDVI та польових спостережень, досліджено просторово-часові процеси вегетації та продуктивності пшениці озимої залежно від попередника у відповідності до уніфікованої шкали ВВСН. Встановлено, що посіви озимої пшениці на ділянці за попередником горох вегетація відбувалася у 1,6 рази активніше ніж на ділянці за попередником ячмінь ярий та у 1,7 рази активніше ніж на ділянці за попередником соняшник. Це обумовило підвищення урожайності озимої пшениці у 1,43 та 1,56 рази відповідно. Урожайність озимої пшениці на ділянці за попередником горох становила 4,65 т/га, на ділянці за

попередником зернова культура (ячмінь ярий) 3,24 т/га, на ділянці за попередником соняшник 2,98 т/га. Отримані результати досліджень є важливими для удосконалення методики дослідження вегетації сільськогосподарських культур, обґрунтування сівозміни та культури-попередника, визначення ефективності агротехнологічних заходів та прогнозування урожайності озимої пшениці в умовах дефіциту вологи.

**Ключові слова:** озима пшениця; попередник; продуктивність; клімат; NDVI.

**Постановка проблеми.** Сівозміни є важливим фактором впливу на фізико-хімічний стан ґрунтів, інтенсивність вегетації та продуктивність сільськогосподарських культур, оскільки визначає перебіг технологічних процесів [1; 2]. Особливе значення має їх еколого-меліоративне обґрунтування у зоні Степу України (зона екстремального землеробства), що характеризуються низьким рівнем вологозабезпечення та високим температурним режимом [3–5].

Порушення правил сівозмін призводить до забур'янення, поширення шкідників і хвороб, спостерігається зниження ефективності хімічних засобів захисту рослин [6]. Наприклад, висіяна пшениця озима за попередником озима пшениця у 1,4–1,7 рази сильніше уражується кореневими гнилями, у 1,5–2 рази бурюю і жовтою іржею, у 1,3–4 рази – сніговою пліснявою [7]. Забур'яненість посівів зростає у 10 разів. Варто зазначити, що монокультура озимої пшениці на четвертий рік характеризується зниженням урожайності у 2–3 рази. Вірне застосування сівозмін забезпечує зростання урожайності на 7,5–26,0% [8; 9], покращують мікроклімат сільськогосподарського поля, сприяє акумуляції макроелементів та вологи у ґрунтів, підвищують активність фотосинтетичних процесів, продукування вмісту хлорофілу у листі, збільшують площу фотосинтетичної поверхні впродовж вегетації, знижує рівень випаровування вологи із ґрунту, сприяють акумуляції вологи у рослинах та сприяє їх стресостійкості в умовах високих температур.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У дослідженнях вчених доведено оптимальність 4-пільної сівозміни (при варіюванні від 3-х до 5-пільної). За умови вирощування льону, люпину, соняшника, капусти та баштанних сівозміна має бути 5-ти або 8-пільною [10]. Високі врожаї обумовлюються дотриманням чергування культур, оскільки попередник сприяє підтримці водного режиму, що

особливо важливо в умовах Степу. Встановлено, що в зоні Степу на утворення 1 тонни сухого урожаю кукурудзи на зерно та сорга за період вегетації з ґрунту рослинами споживається 550–700 м<sup>3</sup> вологи, озимою зерною – 800–1100 м<sup>3</sup>, горохом – 1000–1300 м<sup>3</sup>, соняшником – 1100–1500 м<sup>3</sup> вологи [11; 12]. Самим ефективним по акумуляції вологи у ґрунті є чорний пар, тому у зоні екстремального землеробства, у прогнозовані періоди низького рівня атмосферних опадів, рекомендовано введення у сівозміну чорного пару, який сприятиме підвищенню продуктивності агроценозів [13].

Рекомендовано застосування сівозмін з 50% зернових колосових, 25% бобових (кормовими) і зернобобових, 25% просапних культур [14]. Правильне чергування культур у сівозмінах створює сприятливі умови для живлення рослин, а біологічні особливості культур стають основною умовою сталого землеробства. Науково обґрунтоване чергування культур сівозміни підвищує ефективність агротехнічних заходів, сприяє збереженню родючості ґрунту, забезпечує високі і стабільні врожаї [15; 16].

В зоні Степу України сівозміни переважно мають три основні напрями: вирощування зернових, олійних, бобових та зернобобових культур [17]. Насиченість сівозміни зерновими культурами сягає 70–80%, в тому числі пшениця озима, кукурудза та інші колосові культури [18]. Тому виникає необхідність введення чорного пару або засівання бобовими та зернобобовими культурами.

**Мета, матеріали і методи досліджень.** Метою статті є просторово-часове дослідження впливу попередників на вегетацію та продуктивність озимої пшениці для уточнення обґрунтування сівозміни, встановлення ефективності попередника та рівня агротехнологічних заходів в ґрунтово-кліматичних умовах зони Степу.

**Територія досліджень та ґрунтово-кліматичні умови.** Дослідження розвитку та продуктивності озимої пшениці у природно-кліматичних умовах зони Степу залежно від попередників проводили в період вегетації культури 2021 рік (осінь) і 2022 (зима, весна, початок літа). Дослідне поле знаходиться у землекористуванні фермерського господарства «Світлана» на території Єланецького району Миколаївської області України. Загальна площа дослідів становила 46,64 га (рис. 1), у тому числі: ділянка 1 – попередник горох, площа 14,20 га; ділянка 2 – попередник ячмінь ярий, площа 12,20 га, ділянка 3 – попередник соняшник, площа 20,24 га. Досліди проводилися без зрошення, на прикладі озимої пшениці сорту

## Дріада 1.

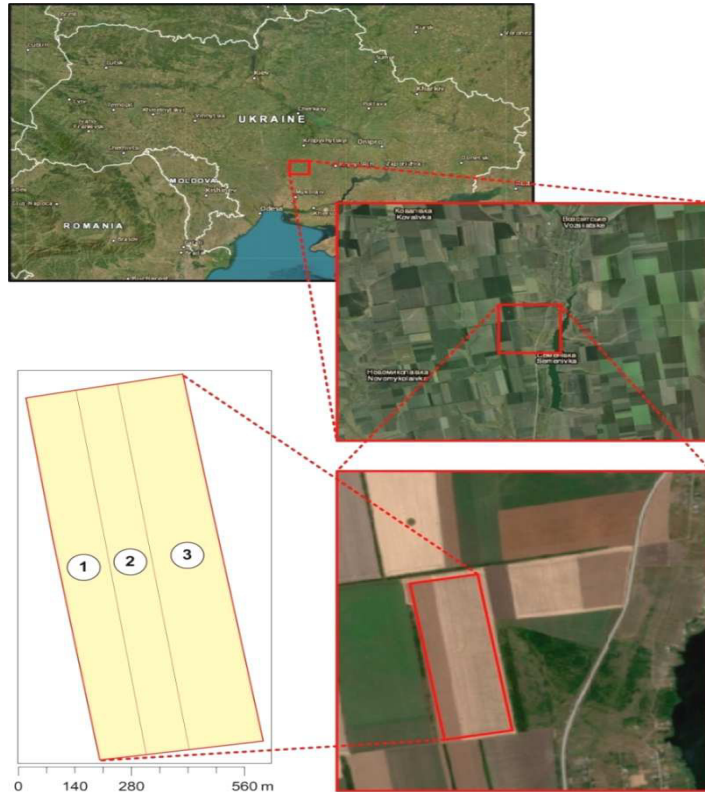


Рис. 1. Місце знаходження дослідного поля і порядок розташування посівів озимої пшениці сорту Дріада 1 відповідно до попередників:  
1 – горох; 2 – ячмінь ярий; 3 – соняшник

Дослідне поле розташовано на лесових ґрунтах, чорноземах звичайних малогумусних середньо- та малозмитих легкоглинистих. Вміст гумусу у ґрунтах варіює від 2,25% до 3,45%, глибина гумусового горизонту – 50–60 см, щільність ґрунту 1,0–0,2 г/см<sup>3</sup>. Реакція ґрунтового розчину наближена до нейтральної (рН 7,0), сума увібраних основ складає 34–38 мг екв. на 100 г ґрунту, ступінь насичення основами становить – 95,7%. За вмістом рухомих макроелементів ґрунт дослідного поля характеризується середнім вмістом нітратного азоту в шарі ґрунту 0–20 см – 86,0 мг/кг та рухомого фосфору – 58 мг/кг і дуже високим вмістом обмінного калію – 160,0 мг/кг ґрунту. Середній вміст мікроелементів складає: марганцю – 4,6 мг/кг, цинку – 0,32 мг/кг, кобальту в межах – 0,02–1,15 мг/кг, міді – 0,08–0,59 мг/кг, кадмію – 0,084–0,756 мг/кг, свинцю

– 0,52–5,57 мг/кг, ртуті – 0,012 мг/кг ґрунту.

У дослідженні використані фактичні значення приземної температури повітря ( $T$ , °C), сума атмосферних опадів ( $P$ , мм) за вегетаційний період осінь 2021 року та зима, весна, початок літа 2022 року (метеорологічна станція Миколаїв).

**Агротехнологічна характеристика вирощування озимої пшениці.** Технологія вирощування озимої пшениці в межах дослідного поля представлена в таблиця.

Таблиця

Технологія вирощування озимою пшениці Дріада 1 в умовах Степу України (2021–2022 рр.)

Етапи	Агротехнологічні заходи, особливості	Ділянка 1 (попередник горох)	Ділянка 2 (попередник ячмінь ярий)	Ділянка 3 (попередник соняшник)
Обробіток ґрунту	Вид заходу, троки, вимоги (глибина), примітка	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лущіння на глибину 5–6 см (після збирання попередника 2-ї декаді червня);</li> <li>• дискування на глибину 16–18 см (перша декада серпня);</li> <li>• культивація на глибину 7–8 см (3-я декада серпня);</li> <li>• передпосівна культивація на глибину 5–6 см (3-я декада вересня).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• після збирання попередника, 3-я декада серпня, проводилося дискування на глибину до 18 см з одночасним прикочуванням ґрунту задля його ущільненням перед сівбою пшениці озимої;</li> <li>• передпосівна культивація на глибину 5–6 см (3-я декада вересня).</li> </ul>	
Підготовка насіння	Характеристика: репродукція, схожість, сортова чистота, вологість, протруєння, норма висіву	Посів проводили кондиційним насінням сорту Дріада 1 першої репродукції, посівні якості за державними стандартами України (ДСТУ 3240-93. Насіння сільськогосподарських культур сортові та посівні якості). Обробку насіння пшениці озимої проводили за 10 днів до посіву польового досліду препаратом, що містить діючу речовину Тебуконазол 750 г/кг.		
Сівба	Строк сівби, спосіб сівби, знаряддя, глибина загортання насіння	Сівбу проводили суцільним способом зерновою сівалкою з шириною міжрядь 15 см (СЗ-5,4) станом на 29.09 сортом Дріада 1, оригіном якого є НВФ «Дріада ЛТД» м. Херсон, Україна. Норма висіву складала 3,5 млн схожих насінин на гектар. Глибина загортання насіння складала 5–6 см.		

продовження таблиці

Догляд за посівами	Осінь: боротьба з гризунами, обприскування. Весна: підживлення (вид добрива, норма), строк підживлення. Обробка (хвороби, гербіциди), строк обробітку, препарат, знаряддя, спосіб обробки	Осінній догляд за посівами передбачав боротьбу з мише-подібними гризунами шляхом розкидування принади, протруєної родентицидом, діючою речовиною якої є бродіфакум (Brodifakum), 0,25%. Весняний комплекс догляду за посівами передбачав: <ul style="list-style-type: none"><li>• ранньовесняне підживлення рослин пшениці озимої мінеральними добривами (аміачною селітрою) дозою N<sub>30</sub> у період початку відновлення весняної вегетації;</li><li>• внесення гербіциду для боротьби з однорічними дводольними бур'янами в агроценозі (діюча речовина – Тифенсульфурон-метил, 300 г/кг + трибенурон-метил, 300 г/кг + флорасулам, 100 г/кг) проводили у фазу розвитку рослин BBCH 30-34;</li><li>• усі інсектицидні обробки агроценозу проводили відповідно прогнозів розвитку ентомофагів (у фазу молочно-воскової стиглості зерна проводили інсектицидний обробіток посіву системним препаратом, діючою речовиною якого є хлорпірифос – 500 г/л та циперметрин-50 г/л для боротьби із клопом шкідливою черепашкою – <i>Eurygaster integriceps</i> Put.).</li></ul>
Збирання	Строк збирання, спосіб збирання, якість зерна	Збирання пшениці озимої проводили в першу декаду липня за досягнення вологості зерна 15%. Облік урожаю та його структуру проводили механічним способом, шляхом скошування рослин з облікової площі комбайном Claas Lexion 760 та перерахунку вологості зерна на 14% та смітцевої домішки 2%. Площа облікових ділянок складала 4500 м <sup>2</sup> .

**Методи дешифрування космічних знімків та просторового аналізу.** Просторово-часова диференціація вегетації озимої пшениці сорту Дріада 1 визначалася на основі розрахунку Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) [19–21] за даними дешифрування космічних знімків Sentinel 2 із просторовим дозволом місцевості 10×10 м на піксель. Вегетація сорту Дріада 1 відображає типові процеси вегетації для сортів озимої пшениці, що вирощуються в зоні Степу України.

Значення NDVI від 0 до 1,0. Відкритий ґрунт поля характеризується значеннями NDVI від 0,05 до 0,10. Значення NDVI

на початок сівби дослідження становило 0,10. У дослідженнях використано космічні знімки у безхмарний період. Частота опрацювання знімків склала 10–16 днів, що надало можливості визначення значення NDVI для макрофаз розвитку озимої пшениці, а саме: проростання (ВВСН 00-09), розвиток листів (ВВСН 10-19), кущіння (ВВСН 20-29), подовження стебла (ВВСН 30-39), трубкування (ВВСН 41-49), поява колосу (ВВСН 51-59), цвітіння (ВВСН 61-69), молочна стиглість (ВВСН 71-79), воскова стиглість (ВВСН 81-89), дозрівання зерна (ВВСН 92-99). Відповідність кожного значення NDVI певній макрофазі дозволяє стежити за розвитком посівів озимої пшениці у відповідності до різних попередників.

Для візуалізації картограм просторово-часового розподілу значень NDVI, підвищення достовірності інтерпретації вегетаційного індексу в межах окремих ділянок та характеристик неоднорідності вегетації озимої пшениці, було здійснено інтерполювання значень, отриманих на основі дешифрування космічних знімків Sentinel 2. Інтерполювання здійснено із застосуванням методу геостатистичного аналізу радіально-базисної функції [22; 23]. Даний детерміністичний метод забезпечив встановлення точної інтепоруляційної поверхні зміни значень NDVI із збереженням вхідних растрових даних. Кореляційно-регресійний метод [24] використано для розробки функцій прогнозування урожайності озимої пшениці в залежності від просторово-часової диференціації значень вегетаційного індексу.

Обробка космічних знімків, побудова картограм, просторово-часовий та кореляційно-регресійний аналіз здійснювалися із застосуванням ліцензійного програмного продукту ArcGis 10.6 та Microsoft Excel 2010.

### **Виклад основного матеріалу дослідження**

**Аналіз кліматичних умов досліджень.** Зональні умови дослідження характеризуються середньо-посушливими природно-кліматичними умовами. Середньостатистичне значення температури повітря ( $T$ , °C) за вегетаційний період озимої пшениці сорту Дріада 1 становило 11,4° C (рис. 2, а), стандартне відхилення мало значення 8,4° C, рівень варіації склав 74,8%. Значний рівень варіації температури повітря характеризується сезонними коливаннями. Сума атмосферних опадів ( $P$ , мм) за вегетаційний період озимої пшениці становила 303 мм (рис. 2, б), стандартне відхилення –

14,1° С, рівень варіації – 4,7%. Осінній період 2021 року вегетації культури характеризувався достатнім рівнем вологості та помірним температурним режимом для зони Степу. Сума атмосферних опадів склала 125 мм, середньомісячна температура повітря варіювала від 20,4° С у вересні до 4,8° С у листопаді 2021 року. У цей період температура повітря мала синхронні коливання із атмосферними опадами, що забезпечило високу енергію проростання та активними фотосинтетичними процесами розвитку рослини до початку зимового анабіозу.

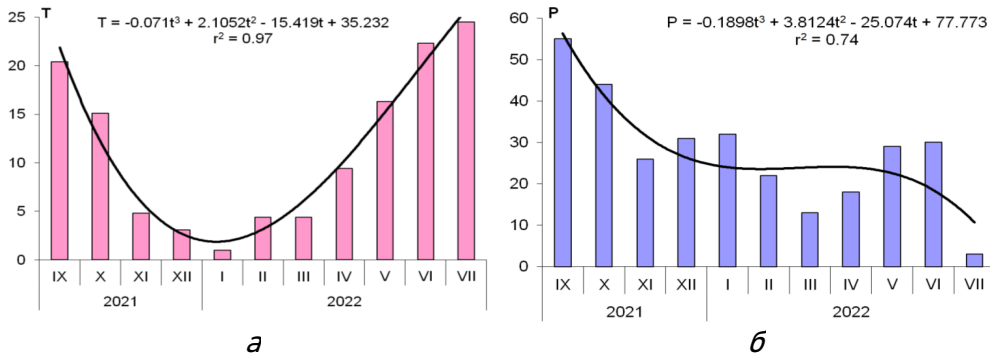


Рис. 2. Кліматичні умови періоду вегетації озимої пшениці (2021–2022 рр.):  
*a* – середньомісячна температура повітря (Т, ° С);  
кількість атмосферних опадів (P, мм)

Зимовий період характеризувався м'якими кліматичними умовами із середньомісячними температурами 1,0–4,4° С та добрим зволоженням, сума атмосферних опадів склала 85 мм. У другій половині грудня 2021 року та впродовж січня 2022 року на супутникових знімках над територією дослідного поля фіксувався високий рівень хмарності в межах 85–100%. Ці місяці характеризувалися відносно високим рівнем атмосферного вологозабезпечення, у грудні сума атмосферних опадів склала 31 мм, у січні – 32 мм. М'які температурні умови та достатнє вологозабезпечення у зимовий період створили сприятливі умови для зимового анабіозу озимої пшениці.

Весняно-літній період характеризувався типовими умовами для зони Степу у період вегетації озимої пшениці. Середньомісячна температура повітря у березні склала 4,4° С, забезпечення атмосферними опадами мало низький рівень – 13 мм. Відновлення вегетації озимої пшениці розпочалося у другій половині березня при сумі біологічно-активних температур понад +5° С. Квітень 2022 року



характеризувався помірною температурою – 9,4° С, та сумою атмосферних опадів у 18 мм, що стало причиною зниження активності фотосинтетичних процесів і продукування вмісту хлорофілу у рослинах у макрофазі ВВСН 30-36. Травень характеризувався сприятливими кліматичними умовами для вегетації озимої пшениці: середньомісячна температура склала 16,3° С, сума продуктивних опадів становила 29 мм. Зокрема, відносно сприятливі умови для вегетації рослин були у червні, середньомісячна температура склала 22,3° С, сума продуктивних опадів становила 30 мм. Збір урожаю зернових відбувся 07.07.2022 року, перша декада липня характеризувалася високими температурами та відсутністю атмосферних опадів.

***Дослідження вегетації посіви озимої пшениці.*** Перебіг вегетації озимої пшениці, активність фотосинтетичних процесів, продукування вмісту хлорофілу, закладка та формування структурних елементів врожаю залежать від ґрунтово-кліматичних умов території, сівозміни, характеристик попередника, ефективності агротехнологій. Дешифрування супутникових знімків та розрахунків значень NDVI (рис. 3, 4) надають можливості визначення особливостей вегетації рослин, специфіки їх розвитку у визначальні мікрофази формування урожайності, що дозволяє здійснювати коригування агротехнологічних операцій, за рахунок чого може підвищитися продуктивність сільськогосподарських культур на 40–60%.

Програмування урожайності озимих культур здійснюється на етапі регулювання норм висіву, рекомендована норма висіву озимої пшениці у зоні дослідження становить 3,5 млн насінин на гектар. Збільшення норми висіву насіння може бути причиною конкуренції рослин за ресурси росту, зниження стійкості до хвороб, зменшення рівня продуктивного куціння та продуктивності рослин в цілому. 29.09.2021 року, на початок висіву сорту Дріада 1 (ВВСН 00), середнє значення NDVI відкритого ґрунту на дослідному полі становило 0,10. Станом на 06.10.2021 рік (рис. 3) зафіксовано неоднорідність сходів озимої пшениці (мікрофаза ВВСН 09), максимальній рівень значень NDVI становив 0,17–0,27, що спостерігалось на ділянці 1 (попередник – горох) (рис. 3, рис. 5, а). Гірші умови сходів рослин зафіксовано на ділянці 2 (попередник – ячмінь ярий) (рис. 4, рис. 5, б) та ділянці 3 (попередник – соняшник) (рис. 3, рис. 5, в). На 80% площі ділянок значення NDVI варіювали від 0,16 до 0,19.

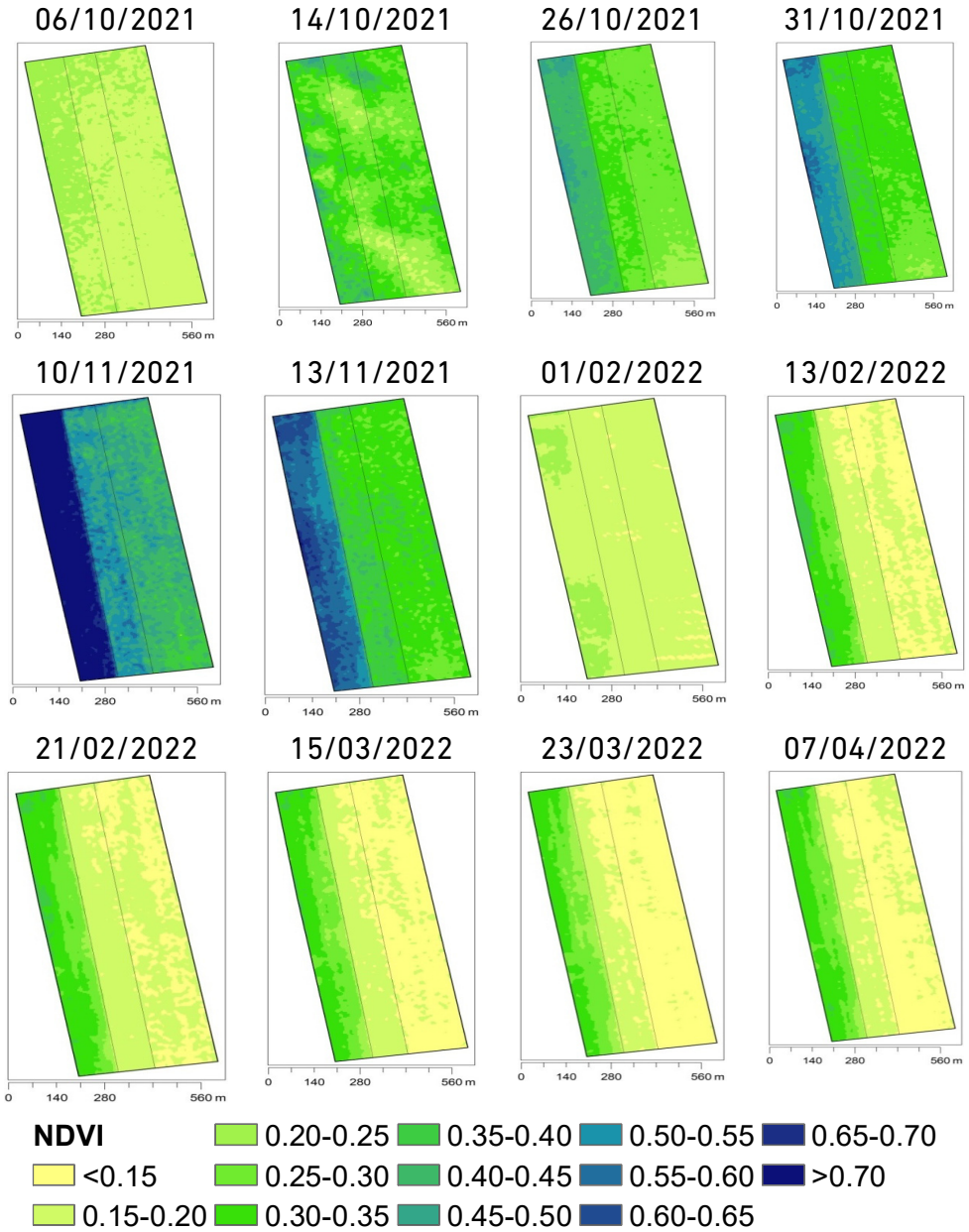


Рис. 3. Сезона диференціація значень NDVI озимої пшениці сорту Дріада на дослідному полі у період макрофаз BBCH 00-30

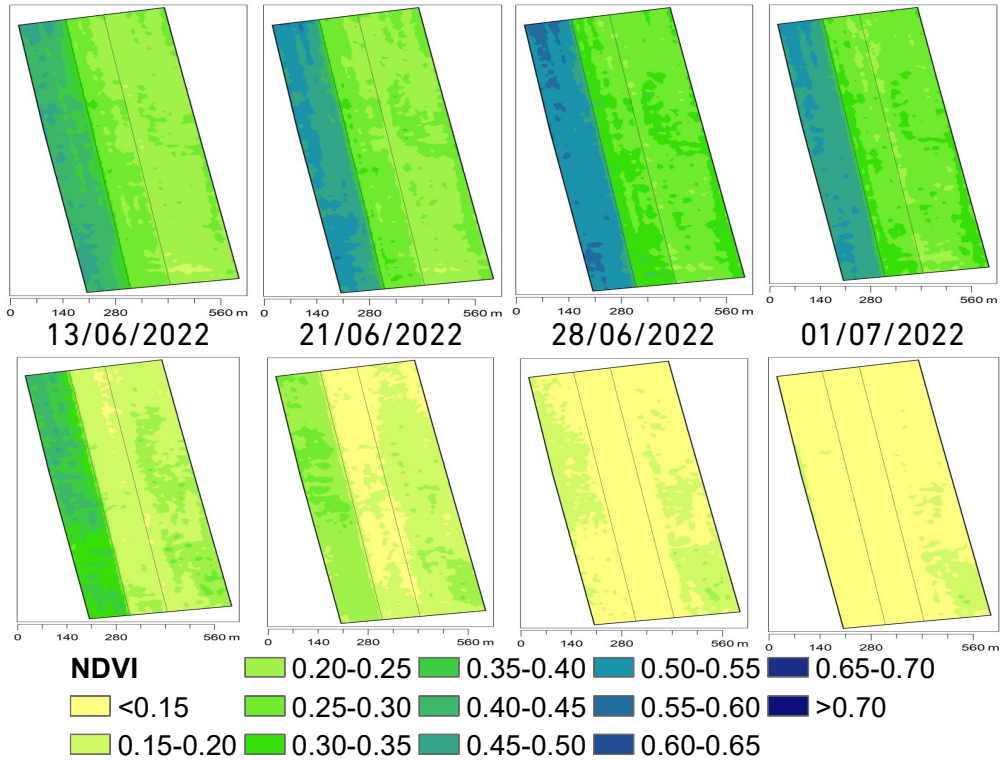


Рис. 4. Сезона диференціація значень NDVI озимої пшениці сорту Дріада1 на дослідному полі в період макрофаз ВВСН 31-99

Визначено, що період осінньої вегетації у макростадії розвитку листа (ВВСН 10-19) і кушіння (ВВСН 20-29) залежать від попередника. На ділянці 1 зафіксовано сприятливі умови для осіннього розвитку рослин, значення індексу NDVI у макростадії ВВСН 10-19 підвищувався від 0,19–0,53 до 0,32–0,56 (з 07.10 по 27.10.2021 р.). Враховуючи недостатній рівень вологи, що обумовлює екстремальні умови землеробства в зоні Степу, термін макростадії осіннього кушіння на дослідному полі тривав до періоду формування четвертого пагону кушіння (ВВСН 20-24). Слід відзначити, що рівень фотосинтетичних процесів у рослин та густина стеблостою у період осіннього та весняного кушіння, мають акумулятивний ефект формування продуктивності озимої пшениці. У макрофазі ВВСН 20-24, на ділянці 1, зафіксовано високий рівень продукування вмісту хлорофілу, значення NDVI у період кушіння підвищилося від 0,36–0,67 до 0,53–0,90. З 12.11.2021 р. почалося припинення осінньої

вегетації, що підтверджено значенням зниженням значень NDVI тобто, почався процес входження рослин в зимовий анабіоз.

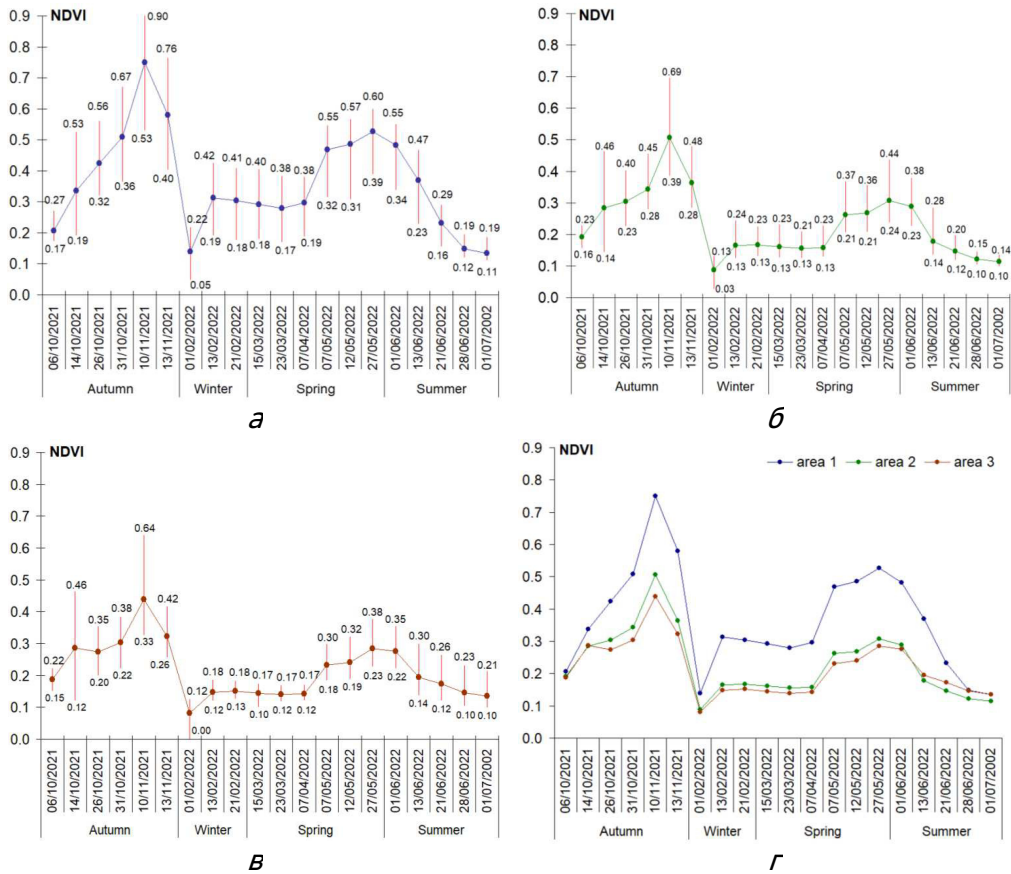


Рис. 5. Сезонний розподіл NDVI озимої пшениці сорту Дріада 1: *а* – ділянка 1 (попередник горох); *б* – ділянка 2 (попередник ячмінь ярий); *в* – ділянка 3 (попередник соняшник); *г* – середні значення NDVI

На ділянці 2 зафіксовано пригнічення вегетації, що продовжило макрофази розвитку листа (ВВСН 10-19) в порівнянні з інтенсивністю розвитку пшениці на першому полі. Термін вегетації рослини у макрофазі ВВСН 10-19 становив 30 днів (07.10-07.11.2021 р.). Значення NDVI у фазу розвитку листа варіювало від 0,14–0,46 до 0,28-0,45 (рис. 3, рис. 5, *б*). В період зимового анабіозу рослини на ділянці 2 входили у мікрофазі ВВСН 21 (початок кушіння та формування першого пагону кушіння). Станом на 10.11.2021 рік

зафіксовано максимальне значення NDVI в осінню вегетацію озимої пшениці коливалося в межах 0,39–0,69.

На ділянці 3, за культури-попередника соняшник, спостерігалось пригнічення фотосинтетичних процесів та зниження продуктивності озимої пшениці сорту Дріада 1. Відмітимо уповільнення та пригнічення вегетації, що підтверджується низьким значенням NDVI (рис. 5, в), тривалістю періоду осінньої вегетації у макрофазі розвитку листа та входження в зимовий анабіоз у мікрофазу BBCH 18.

У період зимового анабіозу знижується густина рослин та фотосинтетичні процеси. У грудні 2021 року та січні 2022 року зафіксовано високий рівень хмарності над дослідним полем, що унеможливило розрахунок значень NDVI. Для досліджень було використано дані наземної метеостанції Миколаїв, у відповідності до яких встановлено високий рівень вологозабезпечення та плюсові значення температур, що створило сприятливі умови зимівлі озимої пшениці. На початку лютого спостерігається різке зниження значення NDVI на дослідних ділянках, рівень відповідав значенням від 0 до 0,22.

Відновлення весняної вегетації озимої пшениці почалося 15.03.2022 року і тривало до 07.04.2022 року, значення NDVI варіювало на ділянці 1 в межах 0,17–0,38, ділянці 2 в межах 0,13–0,21, ділянці 3 від 0,12–0,17. Слід відзначити, що період осіннього і весняного кушіння та початок виходу у трубку BBCH 30 мають важливе значення при закладці продуктивних стебел, елементів колосу та величини майбутньої урожайності культури. Зокрема, процес закладання та формування плодоелементів колоса та кількості зернин у ньому розпочинається наприкінці кушіння. В період мікрофазы BBCH 30 відбувається витягування і сегментація конусу наростання другого порядку, триває **закладка стрижня колоса** та колосків у ньому. Це є ознакою переходу від вегетативної до генеративної **фази розвитку зернових** культури. Станом на 07.04.2022 року кращі стартові умови нарощування фотосинтетичної поверхні мали рослини озимої пшениці розташовані на ділянці 1, значення NDVI складали в межах 0,19–0,38. Гіршими умовами відзначалися рослини на ділянці 2, значення NDVI – 0,13–0,23, і ділянці 3, значення NDVI – 0,12–0,17.

3 початком виходу в трубку (макрофаза BBCH 30–34)

відбувається закладка квіток у колосках та активне збільшення колоса у розмірі. Це є визначальним періодом росту і розвитку зернових колосових культур. Тому, у цей період здійснено ранньовесняне внесення аміачної селітри дозою  $N_{30}$  та **планове застосування гербіциду з діючою речовиною Тифенсульфурон-метил, 300 г/кг + трибенурон-метил, 300 г/кг + флорасулам, 100 г/кг.** Таким чином, ужиті агротехнічні операції сприяють збільшенню кількості життєздатних продуктивних пагонів, що попереджують відмирання вже сформованих продуктивних стебел, позитивно впливають на індивідуальну продуктивність рослин та оптимальну густоту стояння рослин, захищають посіви від хвороб і шкідників під час виходу рослин у трубку, в результаті **продуктивності колоса в зернових збільшується.**

Важливими агротехнологічним завданням є збереження листя зернових культур засобами хімічного захисту, оскільки хвороби листя є причиною зменшення площі фотосинтетичної поверхні впродовж вегетації, що є причиною передчасного припинення фотосинтетичних процесів, зниження активності продукування вмісту хлорофілу, продуктивності та урожайності культури. Тому, ефективне поглинання фотосинтетичної радіації та активне нарощування біомаси зернових культур розпочинається із появою третього листа (ВВСН 32) і триває до завершення молочної стиглості (ВВСН 79). Тому, у цей період реалізації генетичного потенціалу озимої пшениці залежить від ефективності агротехнологічних операцій по захисту рослин від хвороб, режиму підживлення та збереження вологи. Зокрема, у макрофази подовження стебла (ВВСН 30-39) та трубкування (ВВСН 41-49) важливим є стан продуктивних пагонів, що забезпечує високопродуктивне формування фотосинтетичної поверхні посівів. Визначальними показниками урожайності озимої пшениці є кількість продуктивних стебел на одиницю площі ( $m^2$ ), кількість колосків і зернин у колосі, маса 1000 насінин (натура зерна). На дослідних ділянках було отримано такі результати: ділянка 1 – урожайність 4,65 т/га, кількість продуктивних стебел становила 390 шт/ $m^2$ , маса 1000 насінин – 42,5 г, кількість зерен в колосі – 30 шт., маса зерна в колосі – 1,27 г; ділянка 2 – урожайність 3,24 т/га, кількість продуктивних стебел становила 320 шт/ $m^2$ , маса 1000 насінин – 39,0 г, кількість зерен в колосі – 27 шт, маса зерна в колосі – 1,05 г; ділянка 3 – урожайність 2,98 т/га, маса 1000 насінин – 39,0 г, кількість продуктивних стебел

становила 305 шт/м<sup>2</sup>, кількість зерен в колосі – 26 шт., маса зерна в колосі – 1,01 г.

Встановлено, що після колосіння (ВВСН 37-39) у прапорцевому та підпрапорцевому листах (ВВСН 31-33), а також у колосі (ВВСН 59) синтезуються запасні речовини, які потім транспортуються і накопичуються в ендоспермі зернівок. Від ефективності перебігу цього фізіологічного процесу залежить маса зернини та маса 1000 зернин. Формування 45% загальної маси зернини забезпечуються асимілянтами, які утворюються у прапорцевому листу. Підпрапорцевий, другий, третій і четвертий листи формують зернини на 35%, решта 20% формується з накопичених асимілянтів і синтезується у колосі.

В період формування прапорцевого листа станом на 07.05.2022 року (рис. 4, рис. 5) значення NDVI посівів на ділянці 1 варіювало від 0,32 до 0,55, на ділянці 2 в межах – 0,21–0,37, ділянці 3 – від 0,18–0,30. Встановлено, що у період формування прапорцевого листа надходження асимілянтів до колоса на ділянці 1 у 1,8–2,0 рази перевищує відповідні процеси на ділянці 2 і 3, що обумовлює **формування високої продуктивності колоса за попередника гороху. В період макрофази трубкування ВВСН 41-49 зберігалася тенденція підвищення NDVI та кращих умов формвання на ділянці 1. Важлива макрофаза у формуванні 20% урожайності озимої пшениці є період появи колосу (ВВСН 51-59) та синтезу асимілянтів у самому колосі. В цей період зафіксовано максимальне нарощування фотосинтетичної поверхні посівів. Максимальна активність фотосинтетичних процесів та продукування вмісту хлорофілу посівів озимої пшениці фіксувалося на ділянці 1, значення NDVI станом на 27.05.2022 рік в межах 0,39–0,60. Нижчі значення NDVI спостерігалися на ділянці 2 – від 0,24 до 0,44, і ділянці 3 – в межах 0,23–0,38. Наприкінці макрофаз появи колосу та початку цвітіння (ВВСН 61-69) фіксувалося зниження активності фотосинтезу, значення NDVI на ділянці 1 становило від 0,34 до 0,55, ділянці 2 – в межах 0,23–0,38, ділянці 3 – 0,22–0,35. Цвітіння є важливим етапом органогенезу, коли відбувається перехід від генеративної фази розвитку рослин до репродуктивної, проходить запилення квіток у колосках і розпочинається процес формування зернівки. Тому, ураження в цей період хворобами, зокрема фузаріозом, та**

пошкодження шкідниками, являються причиною зменшення кількості зерен у колосі, їх маси та якості (вміст клейковини).

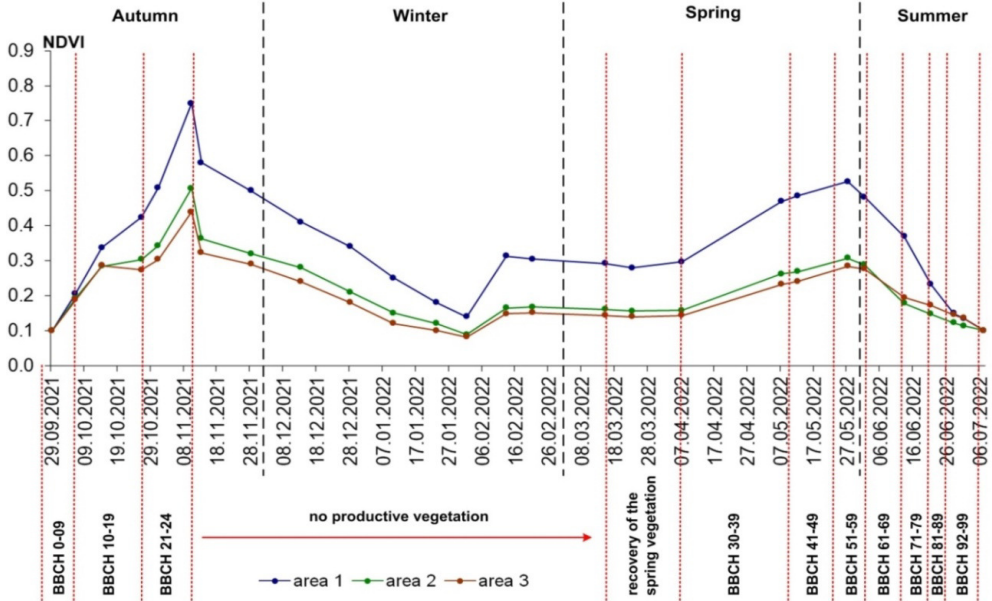
У перші тижні після цвітіння відбувається формування зернівок в колосі, яке триває до завершення мікрофази молочної стиглості (ВВСН 79). Саме у цей період синтезується 50% органічної речовини та відбувається надходження її до зернівки, тому подовження терміну активності фотосинтетичних процесів та максимальне збереження асиміляційної поверхні листа є необхідною умовою отримання високої урожайності. Забезпечення цих процесів можливе за рахунок удобрення та захисту рослин від хвороб. На період завершення молочної стиглості (ВВСН 79) та початок макрофази формування воскової стиглості (ВВСН 81), станом на 21.06.2022 року, значення NDVI були схожими, на ділянці 1 значення варіювало від 0,16 до 0,29, на ділянці 2 – в межах 0,12–0,20, ділянці 3 – від 0,12 до 0,26. Це виступило індикатором припинення процесу поглинання фотосинтетичної радіації рослинами та початком дозрівання зернин. У макрофазу ВВСН 92-99 значення NDVI на дослідному полі станом на 01.07.2023 року склали 0,11–0,19. Стан посівів мікрофази ВВСН 93 «Зерно слабо тримається в колоску в денний час» став показником необхідного початку збору урожаю. Збір урожаю проведено 07.07.2022 року. Середня урожайності озимої пшениці сорту Дріада 1: на ділянці 1 – 4,65 т/га, ділянці 2 – 3,24 т/га, ділянці 3 – 2,98 т/га.

В результаті просторово-часового сезонного дешифрування супутникових знімків та розрахунку значень NDVI встановлено, що вегетація рослин посівів озимої пшениці на ділянці 1 за попередником горох відбувалася у 1,6 рази активніше ніж на ділянці 2 (попередник ячмінь ярий), та у 1,7 рази ніж на ділянці 3 (попереднику соняшник). Таким чином зафіксовано підвищення урожайності озимої пшениці на ділянці 1 порівняно із урожайністю на ділянках 2 і 3 у 1,43 та 1,56 відповідно. Характеристики представлено на рис. 6.

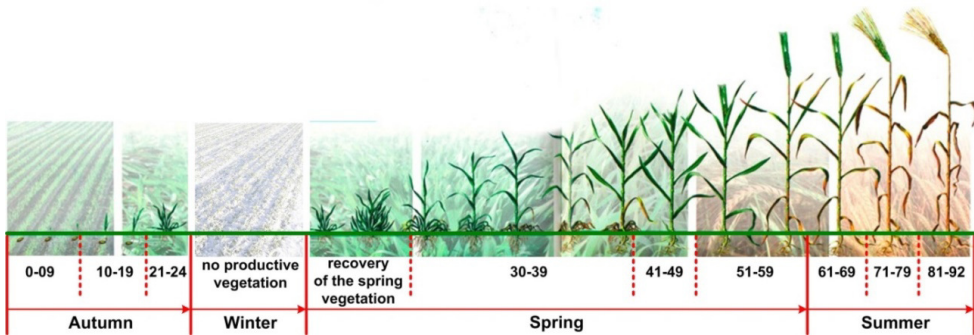
Результатами досліджень впливу культур попередників на сезонні зміни NDVI озимої пшениці у відповідності до уніфікованої шкали ВВСН доведено залежність вегетації озимої пшениці, формування продуктивності фотосинтетичної поверхні рослин, активності їх фотосинтетичних процесів та продукування вмісту хлорофілу за однакових умов клімату та агротехнологічних заходів вирощування культури від культури-попередника.



**Висновки.** Дослідження розвитку та продуктивності озимої пшениці в природно-кліматичних умовах зони Степу в залежності від культури-попередника проводили в період вегетації озимої пшениці (осінь 2021 року та зима, весна, початок літа 2022 року).



a



б

Рис. 6. Зміна NDVI (а) та візуалізація (б) розвитку озимої пшениці у відповідності до уніфікованої шкали BBCH

На основі даних дешифрування серії супутникових знімків космічного апарату Sentinel 2 та розрахунку значень NDVI, досліджено просторово-часові процеси вегетації озимої пшениці у відповідності до уніфікованої шкали BBCH. Встановлено, що посіви озимої пшениці на ділянці 1 (попередник горох) вегетація

відбувалася у 1,6 рази активніше ніж на ділянці 2 (попередник ячмінь ярий) та у 1,7 рази активніше ніж на ділянці 3 (попередник соняшник). Таким чином, активність вегетації стала причиною підвищення урожайності озимої пшениці на ділянці 1 у порівнянні з урожайністю на ділянках 2 і 3 у 1,43 та 1,56 рази відповідно. Урожайність озимої пшениці на ділянці 1 за попередником горох становила 4,65 т/га, на ділянці 2 за попередником ячмінь ярий 3,24 т/га, на ділянці 3 за попередником соняшник 2,98 т/га. Отримані результати досліджень є важливими для удосконалення методики дослідження вегетації сільськогосподарських культур, обґрунтування сівозміни та культури-попередника, визначення ефективності агротехнологічних заходів та прогнозування урожайності озимої пшениці у ґрунтово-кліматичних умовах зони Степу України.

1. Theron J. S., Coller G. J., Rose L. J., Labuschagne J., Swanepoel P. A. The effect of crop rotation and tillage practice on Fusarium crown rot and agronomic parameters of wheat in South Africa. *Crop Protection*. 2022. Vol. 166. 106175. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.106175> (дата звернення: 22.08.2023).
2. Liu Q., Zhao Y., Li T., Chen L., Chen Y., Sui P. Changes in soil microbial biomass, diversity, and activity with crop rotation in cropping systems: A global synthesis. *Applied Soil Ecology*. 2023. Vol. 186. 104815. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104815> (дата звернення: 22.08.2023).
3. Lisetskii F., Pichura V. Steppe Ecosystem Functioning of East European Plain under Age-Long Climatic Change Influence. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/154844> (дата звернення: 22.08.2023).
4. 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.
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: 22.08.2023).
6. Kussul N., Deininger K., Shumilo L., Lavreniuk M., Ali DA, Nivievskiy O. Biophysical Impact of Sunflower Crop Rotation on Agricultural Fields. *Sustainability*. 2022. Vol. 14(7). 3965. URL: <https://doi.org/10.3390/su14073965> (дата звернення: 10.08.2023).
7. Бадьорна Л. Ю., Бадьорний О. П., Стасів О. Ф. Технологія в галузях рослинництва : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2009. 665 с.
8. Бугайов В. Д., Васильківський С. П., Власенко В. А. Спеціальна селекція польових культур : навч. посіб. Біла Церква, 2021. 368 с.
9. Пиндус В., Гуцаленко О., Омельчук С.,

Василенко Л., Горбань С. Основи органічного рослинництва : навч. посіб. Київ : Науково-методичний центр Вищої та Фахової Передвищої Освіти, 2022. 326 с. **10.** Dogliotti S., Rossing W. A. H., Ittersum M. K. ROTAT, a tool for systematically generating crop rotations. *European Journal of Agronomy*. 2003. Vol. 19 (2). P. 239–250. URL: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00047-3](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00047-3) (дата звернення: 10.08.2023). **11.** Цилюрик О., Румбах М. Система повного забезпечення посівів вологою за умов зрошення. *Агробізнес*. 2020. URL: <http://agro-business.com.ua/ahrniki-kultury/item/16506-sistema-povnoho-zabezpechennia-posiviv-volohoiu-za-umov-zroshennia.html> (дата звернення: 10.08.2023). **12.** Pichura V., Domaratskiy Ye., Potravka L., Biloshkurenko O., Dobrovolskiy A. Application of the Research on Spatio-Temporal Differentiation of a Vegetation Index in Evaluating Sunflower Hybrid Plasticity and Growth-Regulators in the Steppe Zone of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24(6). P. 144–165. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/162782> (дата звернення: 10.08.2023). **13.** Wang R., Wang Y., Hu Y., Dang T., Guo S. Divergent responses of tiller and grain yield to fertilization and fallow precipitation: Insights from a 28-year long-term experiment in a semiarid winter wheat system. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. Vol. 20 (11). P. 3003–3011. URL: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63296-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63296-8) (дата звернення: 10.08.2023). **14.** Цилюрик О., Десятник Л. Науково обґрунтовані сівозміни – запорука успіху. *Агробізнес*. 2018. URL: <http://agro-business.com.ua/ahrniki-kultury/item/11015-naukovo-obgruntovani-sivozminy-zaporuka-uspikhu.html> (дата звернення: 10.08.2023). **15.** Jensen E. S., Carlsson G., Hauggaard-Nielsen H. Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agron. Sustain. Dev.* 2020. Vol. 40 (5). URL: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-0607-x>; (дата звернення: 10.08.2023). **16.** Skok S., Breus D., Almashova V. Assessment of the Effect of Biological Growth-Regulating Preparations on the Yield of Agricultural Crops under the Conditions of Steppe Zone. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24 (7). URL: <http://www.jeeng.net/Assessment-of-the-Effect-of-Biological-Growth-Regulating-Preparations-on-the-Yield,163494,0,2.html> (дата звернення: 10.08.2023). **17.** Sobko Z. Z., Vozniuk N. M., Likho O. A., Pryshchepa A. M., Budnik Z. M., Hakalo O. I., Skyba V. P. Development of agroecosystems under climate change in Western Polissya, Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11(3). P. 256–261. Doi: 10.15421/2021\_169 **18.** Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2001. 591 с. **19.** 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. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12204. **20.** Пічура В. І., Домарацький Є.

О., Потравка Л. О. Застосування дистанційного зондування землі для дослідження вегетаційного розвитку гібридів соняшника за різних кліматичних умов зони Степу. *Екологічні науки*. 2023. № 2 (47). С. 196–205. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.32> 21. Пічура В. І., Домарацький Є. О., Потравка Л. О., Вознюк Н. М. Оцінювання кліматичної пластичності гібридів соняшника та ефективності рістрегуючих препаратів на основі індексу NDVI. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2023. № 1 (101). С. 165–192. 22. Kamińska et al., 2014 Kamińska, A., Grzywna, A. 2014. 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. 23. Pichura V., Potravka L., Straticchuk 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). P. 182–197. 24. Riffenburgh R. H. Chapter 24 – Regression and Correlation Methods. *Statistics in Medicine (Second Edition)*. 2006. P. 447–486. doi: 10.1016/B978-012088770-5/50064-2.

## REFERENCES:

1. Theron J. S., Collier G. J., Rose L. J., Labuschagne J., Swanepoel P. A. The effect of crop rotation and tillage practice on Fusarium crown rot and agronomic parameters of wheat in South Africa. *Crop Protection*. 2022. Vol. 166. 106175. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.106175> (data zvernennia: 22.08.2023). 2. Liu Q., Zhao Y., Li T., Chen L., Chen Y., Sui P. Changes in soil microbial biomass, diversity, and activity with crop rotation in cropping systems: A global synthesis. *Applied Soil Ecology*. 2023. Vol. 186. 104815. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104815> (data zvernennia: 22.08.2023). 3. Lisetskii F., Pichura V. Steppe Ecosystem Functioning of East European Plain under Age-Long Climatic Change Influence. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/154844> (data zvernennia: 22.08.2023). 4. Dudziak 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. 5. Pichura V., Potravka L., Vdovenko N., Biloshkurenko O., Straticchuk 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> (data zvernennia: 22.08.2023). 6. Kussul N., Deininger K., Shumilo L., Lavreniuk M., Ali DA, Nivievskiy O. Biophysical Impact of Sunflower Crop Rotation on Agricultural Fields. *Sustainability*. 2022. Vol. 14(7). 3965. URL: <https://doi.org/10.3390/su14073965> ((data zvernennia: 22.08.2023).

7. Badorna L. Yu., Badornyi O. P., Stasiv O. F. Tekhnolohiia v haluziakh roslynnystva : navch. posib. Kyiv : Ahrarna osvita, 2009. 665 s.
8. Buhaiov V. D., Vasykivskiy S. P., Vlasenko V. A. Spetsialna selektsiia polovykh kultur : navch. posib. Bila Tserkva, 2021. 368 s.
9. Pyndus V., Hutsalenko O., Omelchuk S., Vasylenko L., Horban S. Osnovy orhanichnoho roslynnystva : navch. posib. Kyiv : Naukovo-metodychnyi tsentr Vyshchoi ta Fakhovoi Peredvyshchoi Osvity, 2022. 326 s.
10. Dogliotti S., Rossing W. A. H., Ittersum M. K. ROTAT, a tool for systematically generating crop rotations. *European Journal of Agronomy*. 2003. Vol. 19 (2). P. 239–250. URL: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00047-3](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00047-3) (data zvernennia: 22.08.2023).
11. Tsyliuryk O., Rumbakh M. Systema povnoho zabezpechennia posiviv volohoiu za umov zroshennia. *Ahrobiznes*. 2020. URL: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/16506-systema-povnoho-zabezpechennia-posiviv-volohoiu-za-umov-zroshennia.html> (data zvernennia: 10.08.2023).
12. Pichura V., Domaratskiy Ye., Potravka L., Biloshkurenko O., Dobrovol'skiy A. Application of the Research on Spatio-Temporal Differentiation of a Vegetation Index in Evaluating Sunflower Hybrid Plasticity and Growth-Regulators in the Steppe Zone of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24(6). P. 144–165. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/162782> (data zvernennia: 22.08.2023).
13. Wang R., Wang Y., Hu Y., Dang T., Guo S. Divergent responses of tiller and grain yield to fertilization and fallow precipitation: Insights from a 28-year long-term experiment in a semiarid winter wheat system. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. Vol. 20 (11). P. 3003–3011. URL: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63296-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63296-8) ((data zvernennia: 22.08.2023).
14. Tsyliuryk O., Desiatnyk L. Naukovo obgruntovani sivozminy – zaporuka uspikhu. *Ahrobiznes*. 2018. URL: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/11015-naukovo-obgruntovani-sivozminy-zaporuka-uspikhu.html> (data zvernennia: 10.08.2023).
15. Jensen E. S., Carlsson G., Hauggaard-Nielsen H. Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agron. Sustain. Dev.* 2020. Vol. 40 (5). URL: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-0607-x>; (data zvernennia: 22.08.2023).
16. Skok S., Breus D., Almashova V. Assessment of the Effect of Biological Growth-Regulating Preparations on the Yield of Agricultural Crops under the Conditions of Steppe Zone. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24 (7). URL: <http://www.jeeng.net/Assessment-of-the-Effect-of-Biological-Growth-Regulating-Preparations-on-the-Yield,163494,0,2.html> (data zvernennia: 22.08.2023).
17. Sobko Z. Z., Vozniuk N. M., Likho O. A., Pryshchepa A. M., Budnik Z. M., Hakalo O. I., Skyba V. P. Development of agroecosystems under climate change in Western Polissya, Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11(3). P. 256–261. Doi: 10.15421/2021\_169
18. Zinchenko O. I., Salatenko V. N., Bilonozhko M. A. Roslynnystvo :

pidruchnyk. Kyiv : Ahrarna osvita, 2001. 591 c. **19.** 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. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12204. **20.** Pichura V. I., Domaratskyi Ye. O., Potravka L. O. Zastosuvannia dystantsiinoho zonduvannia zemli dlia doslidzhennia vehetatsiinoho rozvytku hibrydiv soniashnyka za riznykh klimatychnykh umov zony Stepu. *Ekolohichni nauky*. 2023. № 2 (47). S. 196–205. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.32> **21.** Pichura V. I., Domaratskyi Ye. O., Potravka L. O., Vozniuk N. M. Otsiniuvannia klimatychnoi plastychnosti hibrydiv soniashnyka ta efektyvnosti ristrehuiuiuchykh preparativ na osnovi indeksu NDVI. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2023. № 1 (101). S. 165–192. **22.** Kamińska et al., 2014 Kamińska, A., Grzywna, A. 2014. 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. **23.** Pichura V., Potravka L., Stratichuk 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). P. 182–197. **24.** Riffenburgh R. H. Chapter 24 – Regression and Correlation Methods. *Statistics in Medicine (Second Edition)*. 2006. P. 447–486. doi: 10.1016/B978-012088770-5/50064-2.

---

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

#### **PATTERNS OF WINTER WHEAT PRODUCTIVITY FORMATION DEPENDING ON ITS PREDECESSOR IN ACCORDANCE WITH BBCH SCALE IN THE STEPPE ZONE OF UKRAINE**

**Application of crop rotation is an effective strategy to increase the resistance of soil systems to abiotic and biotic stresses, as well as increase the sustainability of land use in the moisture deficit zone. In line with the need to improve agrotechnological measures, it is important to substantiate the choice of a precursor to increase nutrient elements in the soil, ensure good microclimatic conditions**

of vegetative development of plants, accumulate and preserve moisture in the soil and leaf cells, high photosynthetic capacity of plants and productivity of agrocenoses. Therefore, the purpose of the studies has been to establish spatiotemporal patterns of the influence of precursors on the vegetation and productivity of winter wheat in accordance with the unified BBCH scale in the soil-climatic conditions of the Steppe zone. Based on the decryption of a series of satellite images of the Sentinel 2 spacecraft, the calculation of NDVI values and field observations, the spatio-temporal processes of vegetation and winter wheat productivity depending on the predecessor in accordance with the unified BBCH scale were investigated. It was found that crops of winter wheat on the site on the predecessor of peas vegetation occurred 1.6 times more active than on the site on the predecessor of spring barley and 1.7 times more active than on the site on the predecessor of sunflower. This has led to an increase in winter wheat yield by 1.43 and 1.56 times, respectively. The yield of winter wheat on the site behind the predecessor peas has been 4.65 t/ha, on the site behind the predecessor grain crop (spring barley) 3.24 t/ha, on the site behind the predecessor sunflower 2.98 t/ha. The obtained research results are important for improving the method of studying crop vegetation, soil crop rotation and precursor culture, determining the effectiveness of agrotechnological measures and predicting the yield of winter wheat in conditions of moisture deficiency.

*Keywords:* winter wheat; predecessor; productivity; climate; NDVI.