

Вплив передпосівної обробки насіння суспензією хлорели на продуктивність різних сортів *Triticum aestivum* L., *T. durum* Desf. та *T. spelta* L.

М. М. Корхова

Миколаївський національний аграрний університет, вул. Г. Гонгадзе, 9, м. Миколаїв, 41400, Україна,
e-mail: korhovamm@mnau.edu

Мета. Визначити основні елементи продуктивності колосу, врожайність та масову частку білка в зерні досліджуваних видів і сортів пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння біологічним препаратом «Суспензія хлорели». **Методи.** Польові дослідження різних сортів пшениці озимої (*T. aestivum*, *T. spelta* та *T. durum*) проводили у 2020–2022 рр. на дослідному полі Навчального науково-практичного центру МНАУ. Перед сівбою насіння обробляли біологічним препаратом «Суспензія хлорели». **Результати.** Вдалося встановити сортову реакцію на погодні умови в роки досліджень, що вплинуло на формування основних елементів продуктивності пшениці озимої. Так, максимальну чисельність продуктивних стебел (858 шт./м²) сформували рослини сорту 'Відрода' (*T. aestivum*) у варіанті з передпосівною обробкою насіння «Суспензією хлорели». Рослини пшениці спельти сорту 'Європа' у 2020 р. відзначилися найбільшою масою зерна з одного колоса (1,21 г), але найменшою кількістю продуктивних стебел (435 шт./м²). 'Шестопалівка' (*T. aestivum*) та 'Європа' (*T. spelta*) сформували максимальну врожайність зерна у 2021 р. (6,92 та 5,75 т/га відповідно), 'Босфор' (*T. durum*) – у 2022 р. (5,71 т/га). В середньому за три роки досліджень найвищу врожайність мали рослини пшениці м'якої озимої сорту 'Шестопалівка' у варіанті з передпосівною обробкою насіння «Суспензією хлорели» – 6,01 т/га, що на 0,22–2,48 т/га більше, ніж в інших варіантах дослідів. Найнижчий рівень урожайності спостерігали в рослин пшениці спельти сорту 'Зоря України' за обробки насіння водою (контрольний варіант) – від 2,74 т/га у 2020 р. до 4,12 т/га у 2022 р. За масовою часткою білка в зерні у варіанті з використанням «Суспензії хлорели» серед сортів *T. aestivum* і *T. durum* вирізнялися 'Відрода' (15,8–15,9%) та 'Лінкор' (14,6%), серед сортів *T. spelta* – 'Зоря України' (20,2%). **Висновки.** Розроблені елементи технології вирощування пшениці озимої дають змогу підвищити врожайність та якість зерна в умовах Південного Степу України, що підтверджує актуальність цього напрямку досліджень.

Ключові слова: сорти; пшениця м'яка; пшениця тверда; спельта; врожайність зерна; масова частка білка в насінні.

Вступ

Зміна клімату, від якої залежить реакція пшениці озимої на використання хімічних засобів захисту, а також підвищення світових цін на газ спричиняють переорієнтацію сільськогосподарського виробництва на застосування органічних стимуляторів росту рослин. Останні призначено для підвищення родючості ґрунту, зниження норм мінеральних добрив, зростання продуктивності рослин та поліпшення якості продукції [1–3].

Дослідженнями Р. Parmar та ін. [4], А. L. Alvarez та ін. [5], В. Ramakrishnan та ін. [6] встановлено, що біопрепарати на основі мікроводоростей можна успішно застосовувати в сільському господарстві. Зокрема, мікроводорості з роду *Chlorella* здатні сприяти фіксації азоту, розвитку рослин та інфекцій завдяки виробленню відповідних речовин, поліпшувати фізичні та хімічні властивості

ґрунту. Все це створює переваги для сільськогосподарського виробництва та навколишнього середовища [7].

У дослідженні М. Y. Sido та ін. [8] продемонстровано, що штами мікроводоростей M9V (живий) та S3 (мертвий) істотноше, ніж сечовина (мінеральне добриво), стимулювали ріст рослин пшениці озимої (*T. aestivum*). Крім того, обробка добривами з мікроводоростей зумовила збільшення вмісту органічної речовини у ґрунті на 1,77–23,1%, кількості загального вуглецю – на 7,14–14,46%, співвідношення C : N – на 2,99–11,73%, як порівняти з контролем.

Доведено, що потенціал урожайності пшениці озимої істотно залежить від виду та використовуваного сорту [9–12]. Згідно з Solomon S. і Daniel K. [13], використання старих, неадаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов сортів спричиняє низьку продуктивність пшениці твердої в Ефіопії. На думку Wang та ін. [14], продуктивний потенціал *T. durum* і *T. spelta* залишається не повністю розкритим.

Під час досліджень, проведених у Лісостепу України з трьома сортами пшениці спель-

Margaryta Korkhova

<https://orcid.org/0000-0001-6713-5098>

ти, найбільшу врожайність сформували вітчизняні 'Зоря України' (5,90 т/га) та 'Європа' (5,89 т/га), найменшу – австрійський сорт 'Аттергауер Дінкель' (4,85 т/га) [15]. Серед одинадцяти сортів пшениці м'якої озимої селекції Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН найурожайнішими виявилися 'МІП Дарунок', 'МІП Відзнака', 'МІП Ауріка' та 'МІП Аеліта' [16].

За результатами здійснених під час державного сортопробування дворічних досліджень у різних ґрунтово-кліматичних зонах України визначили найбільш практично цінні сорти пшениці м'якої озимої, які добре реагували на поліпшення умов вирощування та демонстрували середню врожайність зерна на рівні 7,20 т/га [17].

Трирічними дослідженнями (2015–2017 рр.) у Люблінській губернії (Польща) встановлено, що навіть вирощувана за інтенсивною технологією пшениця спельта формує на 30–56% нижчу врожайність, як порівняти з м'якою та твердою, але натомість характеризується вищим вмістом білка [18].

У наукових працях є достатньо даних про застосування «Суспензії хлорели» в сільському господарстві [19, 20], але замало про її вплив на продуктивність різних сортів пшениці м'якої, твердої та спельти озимих форм [21].

Мета досліджень – визначити основні елементи продуктивності різних видів та сортів пшениці озимої під впливом передпосівної обробки насіння препаратом «Суспензія хлорели».

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2020–2022 рр. в умовах дослідного поля Миколаївського національного аграрного університету (с. Благодарівка, Миколаївський р-н, Миколаївська обл.), розташованого в зоні Південного Степу України.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий південний, залишковий слабкосолонцюватий важкосуглинковий на лесі; вміст гумусу в орному шарі (0–30 см) – 3,1–3,3%; реакція ґрунтового розчину нейтральна (рН – 6,8–7,2). В орному шарі в середньому містилося 15–25 мг/кг рухомих форм нітратів (низький рівень), 41–46 мг/кг рухомого фосфору (середній рівень) та 389–425 мг/кг обмінного калію (середній рівень).

Погодні умови різнилися за роками досліджень. Так, 2019/2020 р. був помірно вологим за умовами зволоження та сухим за температурним режимом (рис. 1).

Весняний період 2020 р. був посушливим: у березні та квітні випало лише 9,8 та 9,3 мм атмосферної вологи, а в травні та червні – 49,2 та 90,2 мм. Температурні показники мали значення +7,0 (березень) та +9,3 °С (квітень), що також вище, ніж в інші досліджувані роки (рис. 2). Найліпшим за вологозабезпеченням був 2020/2021 р. Зокрема, впродовж березня – травня випало 135,4 мм атмосферної вологи. Максимальну кількість опадів упродовж вегетаційного періоду 2020/2021 року спостерігали в червні – 104,8 мм.

2021/2022 р. був посушливим. Якщо протягом весняно-літнього періоду (березень – ли-

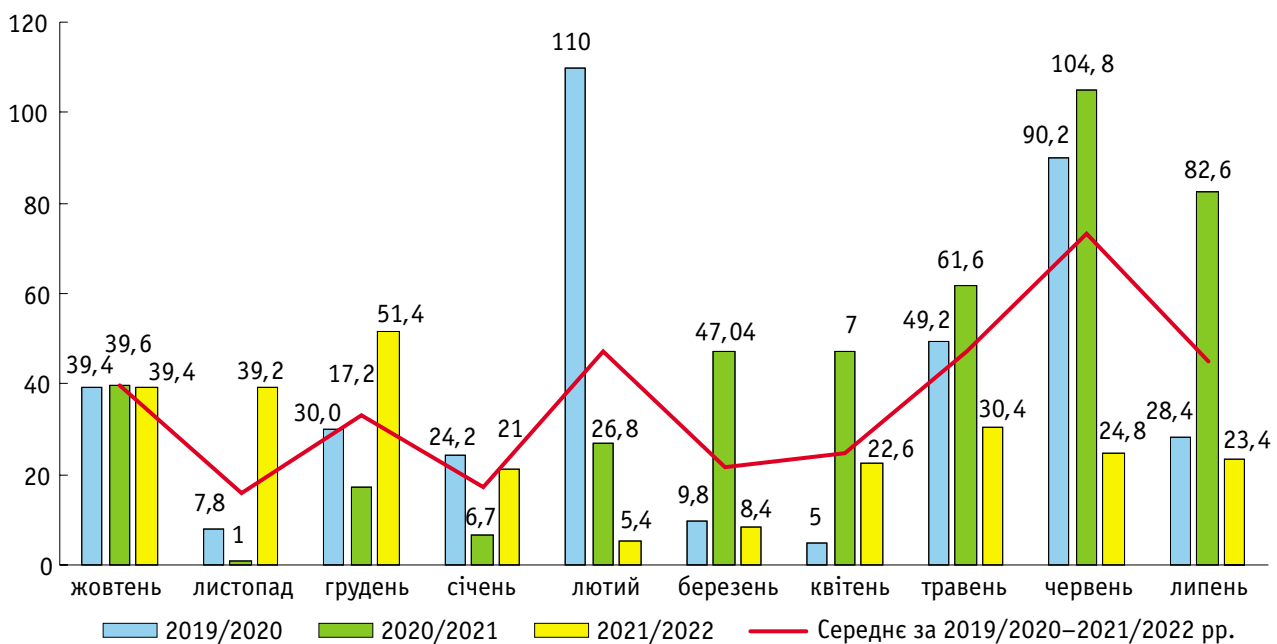


Рис. 1. Сума опадів (мм) за вегетаційний період пшениці озимої (2019/2020–2021/2022 рр.)

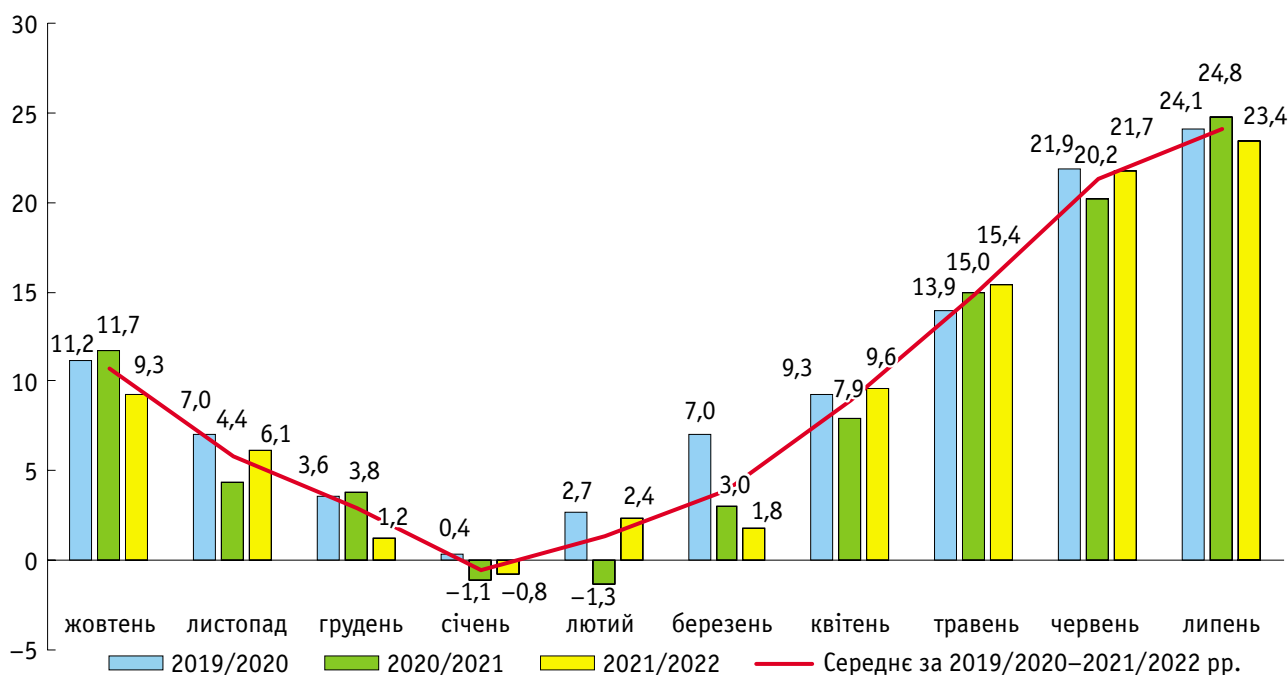


Рис. 2. Середньомісячна температура повітря (°C) за вегетаційний період пшениці озимої (2019/2020–2021/2022 р.)

пень) у 2020/2021 р. випало 321,8 мм атмосферної вологи, у 2019/2020 р. – 182,6 мм, то у 2020/2021 р. – лише 90,6 мм (рис. 2).

У досліді висівали насіння різних сортів таких видів пшениці озимої, як *T. aestivum*, *T. spelta* та *T. durum*, за схемою:

фактор А (сорт): *T. aestivum* – ‘Шестопалівка’, ‘Відрада’; *T. spelta* – ‘Зоря України’, ‘Європа’; *T. durum* – ‘Лінкор’, ‘Босфор’;

фактор В (передпосівна обробка насіння): 1) контроль – вода (12,0 л/т); 2) органічне добриво – «Суспензія хлорели» (3,0 л/т), робочий розчин – 12,0 л/т насіння.

Коротку характеристику досліджуваних сортів пшениці озимої наведено згідно з [21].

‘Шестопалівка’ – ранньостиглий сорт, що за якістю зерна належить до групи сильних. До Держреєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні (далі – Держреєстр), внесено у 2007 р. Зони поширення – Степ та Лісостеп. Власник – ПССДП «Бор» (Україна). Середня врожайність зерна за роки випробування в зоні Степу становила 5,95 т/га, Лісостепу – 6,55 т/га; маса 1000 зерен – 42,6–44,1 г; масова частка білка в зерні – 14,2–14,3%.

‘Відрада’ – середньостиглий сорт, придатний до органічного землеробства. До Держреєстру внесено у 2010 р., зони поширення – Лісостеп та Полісся. Власник – Білоцерківська ДСС Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (Україна). Середня врожайність за роки Державного сорто випробування на Первомайській ДСДС Миколаїв-

ського ОДЦЕСР становила 7,56 т/га, що на 25,4% перевищило стандарт. Сильна пшениця, відмінний поліпшувач зерна. Масова частка білка в зерні – 19,2%. Сорт є середньорезистентним проти основних хвороб.

‘Зоря України’ – пізньостиглий сорт екстенсивного типу, придатний до органічного землеробства. До Держреєстру внесено у 2012 р., зони поширення – Степ, Лісостеп та Полісся. Власник – Всеукраїнський науковий інститут селекції (Україна). Середня врожайність за роки державного сорто випробування – 5,50 т/га. Масова частка білка в зерні – 15–22%. Сорт є стійким проти основних хвороб.

‘Європа’ – пізньостиглий сорт екстенсивного типу, придатний до органічного землеробства. До Держреєстру внесено у 2015 р., зони поширення – Степ, Лісостеп та Полісся. Власник – Всеукраїнський науковий інститут селекції (Україна). Середня врожайність за роки державного сорто випробування – 5,86 т/га. Масова частка білка в зерні – 14–20%. Сорт є стійким проти основних хвороб.

‘Лінкор’ – середньоранній сорт універсального напряму використання. До Держреєстру внесено у 2010 р., зони поширення – Лісостеп та Степ. Власник – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН (Україна). Середня врожайність за роки державного сорто випробування в зоні Степу України – 5,56 т/га. Масова частка білка в зерні – 12,5–14,0%. Сорт є середньостійким проти основних хвороб.

‘Босфор’ – середньоранній сорт інтенсивного типу, універсального напрямку використання. До Держреєстру внесено у 2011 р., зони поширення – Степ та Лісостеп. Власник – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН (Україна). Середня врожайність за роки державного сортовипробування в зоні Степу України – 6,0 т/га. Масова частка білка в зерні – 13,6–14,1%. Має підвищену стійкість проти основних хвороб.

«Суспензія хлорели» – це органічне, екологічно безпечне добриво та біостимулятор для передпосівної обробки насіння й розсади. Виробник – ФГ «У Самвела» (Одеська обл., Україна). Основний компонент препарату – живі клітини планктонної мікробіоти хлорели (*Chlorella vulgaris*, штам – С111) кількістю від 20 до 22 млн/мл. Також він містить вітаміни, мінерали та мікроелементи, хлорофіл, біотин, бета-каротин, каротиноїди, ауксини, гібереліни, фенольні сполуки, природні стероїди, амінокислоти, активатори клітинного ділення (цитокініни), природний антибіотик хлорелін.

Насіння обробляли за 12 год до сівби. Площа посівної ділянки становила 70 м², облікової – 35 м²; повторність чотирикратна, розміщення ділянок рендомізоване, попередник – горох посівний.

Пшеницю озиму щороку висівали в першій декаді жовтня (норма – 4,5 млн насінин/га, ширина міжрядь – 15 см). Насіння завчасно обробляли фунгіцидним протруйником Іншур Перформ, к. с. (піраклостробін, 40 г/л + тритіконазол, 80 г/л; норма витрати – 0,5 л/т).

Під час сівби одночасно вносили комплексне мінеральне добриво нітроамофоска (НРК₍₁₆₎); норма – 175 кг/га. Дослідні ділянки підживлювали тричі: вперше – на мерзлоталому ґрунті (ВВСН 21–23) аміачною селітрою кількістю 145 кг/га (N₅₀); вдруге – у фазі виходу в трубку (ВВСН 30–31), використовуючи карбамід [130 кг/га (N₆₀)]; втретє – у фазі колосіння (ВВСН 59–61), вносячи карбамід [22 кг/га (N₁₀)].

Догляд за посівами впродовж вегетації передбачав обприскування проти бур'янів гербіцидом Квелекс 200 ВГ (д. р. галауоксифенметил, 100 г/кг + флорасулам, 100 г/кг + клоквінтосет-кислоти, 70,8 г/кг; норма витрати – 50 г/га) у фазі виходу в трубку (ВВСН 30–31), а також комбіновану обробку проти хвороб і шкідників інсектицидом Децис 100 ЕС, к. е. (дельтаметрин, 100 г/л; 0,1–0,15 кг/га) разом із фунгіцидом Імпакт К, к. с. (флутріяфол, 117,5 г/л + карбендазим, 250 г/л; 0,5 л/га) у фазі колосіння – цвітіння (ВВСН 59–61).

Кількість продуктивних стебел на одиниці площі, врожайність зерна та його масу з одного колоса визначали відповідно до [22].

Масову частку білка та клейковини в зерні встановлювали методом інфрачервоної спектроскопії, застосовуючи аналізатор Infratec 1225, згідно з [23].

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали методом дисперсійного аналізу за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Excel та Agrostat.

Результати досліджень

Визначено, що погодні умови років досліджень залежно від факторів, які вивчали, впливали на формування кількості продуктивних стебел на одиниці площі. Так, найбільше їх утворено в сприятливому 2021 р. (832 шт./м²), а найменше – у 2020 р. (566 шт./м²) (табл. 1).

Залежно від погодних умов років досліджень та передпосівної обробки насіння «Суспензією хлорели» сорти по-різному формували густоту продуктивного стеблостою. Зокрема, усереднена кількість продуктивних стебел, сформованих сортом ‘Шестопапівка’ за 2020–2022 рр., становила 716 і 726 шт./м², що на 20–23 шт./м² перевищувало показники ‘Відради’. Серед сортів пшениці спельти найбільшу кількість продуктивних стебел у середньому за роки досліджень утворив сорт ‘Зоря України’ – 555 (контроль) і 559 шт./м² (обробка насіння препаратом «Суспензія хлорели»), що на 31 і 27 шт./м² більше, ніж в ‘Європі’.

Найбільш щільним продуктивний стеблостій рослин пшениці спельти був у 2021 р. [625 і 631 шт./м² (‘Зоря України’) та 600 і 617 шт./м² (‘Європа’)], найменш (480 і 482 та 435 і 437 шт./м² відповідно) – у 2020 році.

Меншу кількість продуктивних стебел серед рослин пшениці озимої (475–700 шт./м²) сформували рослини *T. durum* залежно від сорту та року досліджень. У середньому за досліджуваними факторами (А і В) найбільше продуктивних стебел (695 шт./м²) рослини пшениці твердої утворили у 2021-му, найменше (483 шт./м²) – у 2020 році.

Передпосівна обробка насіння сприяла формуванню на 2–32 шт./м² більшої кількості продуктивних стебел, як порівняти з контрольним варіантом. Встановлено сортову реакцію на використання «Суспензії хлорели» залежно від погодних умов року. Зокрема, сорти рослин пшениці м'якої у 2022 р. ліпше, ніж у 2020 та 2021 рр., реагували на передпосівну обробку насіння вказаним біо-

Таблиця 1

**Вплив передпосівної обробки насіння органічним добривом
«Суспензія хлорели» на кількість продуктивних стебел
різних сортів пшениці озимої, шт./м² (2020–2022 рр.)**

Сорти (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Роки			Середнє за 2020–2022 рр.
		2020	2021	2022	
<i>Triticum aestivum</i>					
‘Шестопалівка’	Контроль	572	853	724	716
	«Суспензія хлорели»	575	858	746	726
‘Відрада’	Контроль	557	805	716	693
	«Суспензія хлорели»	560	811	748	706
Середнє за факторами А і В		566	832	734	710
НІР _{0,05} (шт./колос) за фактором А		5,8	5,2	3,5	–
НІР _{0,05} (шт./колос) за фактором В		3,7	6,1	5,3	–
<i>Triticum spelta</i>					
‘Зоря України’	Контроль	480	625	561	555
	«Суспензія хлорели»	482	631	565	559
‘Європа’	Контроль	435	600	537	524
	«Суспензія хлорели»	437	617	541	532
Середнє за факторами А і В		459	618	551	543
НІР _{0,05} (шт./колос) за фактором А		11,6	16,5	6,2	–
НІР _{0,05} (шт./колос) за фактором В		5,1	2,9	9,7	–
<i>Triticum durum</i>					
‘Босфор’	Контроль	486	694	611	597
	«Суспензія хлорели»	489	700	635	608
‘Лінкор’	Контроль	475	690	600	588
	«Суспензія хлорели»	480	697	629	602
Середнє за факторами А і В		483	695	619	599
НІР _{0,05} (шт./колос) за фактором А		11,4	4,6	6,7	–
НІР _{0,05} (шт./колос) за фактором В		6,8	2,8	5,7	–

препаратом, завдяки чому утворили на 24 (‘Шестопалівка’) та 32 шт./м² (‘Відрада’) більшу кількість продуктивних стебел, порівнюючи з контролем.

Маса зерна з одного колоса має значний вплив на формування врожаїв пшениці озимої та залежить від погодних умов і генетичних особливостей сорту [25, 26]. Згідно з

Таблиця 2

**Вплив передпосівної обробки насіння органічним добривом
«Суспензія хлорели» на масу зерна з одного колоса пшениці озимої, г
(2020–2022 рр.)**

Сорти (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Роки			Середнє за 2020–2022 рр.
		2020	2021	2022	
<i>Triticum aestivum</i>					
‘Шестопалівка’	Контроль	0,94	1,00	0,80	0,91
	«Суспензія хлорели»	0,92	0,95	0,78	0,88
‘Відрада’	Контроль	0,91	1,04	0,83	0,93
	«Суспензія хлорели»	0,90	1,00	0,80	0,90
Середнє за факторами А і В		0,92	1,00	0,80	0,91
НІР _{0,05} (г/колос) за фактором А		0,01	0,02	0,01	–
НІР _{0,05} (г/колос) за фактором В		0,01	0,02	0,01	–
<i>Triticum spelta</i>					
‘Зоря України’	Контроль	1,03	1,11	0,98	1,04
	«Суспензія хлорели»	1,00	1,08	0,95	1,01
‘Європа’	Контроль	1,21	1,02	1,00	1,08
	«Суспензія хлорели»	1,18	1,00	0,98	1,05
Середнє за факторами А і В		1,11	1,05	0,98	1,05
НІР _{0,05} (г/колос) за фактором А		0,01	0,02	0,02	–
НІР _{0,05} (г/колос) за фактором В		0,02	0,01	0,01	–
<i>Triticum durum</i>					
‘Босфор’	Контроль	0,93	1,17	0,92	1,01
	«Суспензія хлорели»	0,91	1,14	0,90	0,98
‘Лінкор’	Контроль	0,88	1,11	0,90	0,96
	«Суспензія хлорели»	0,85	1,09	0,88	0,94
Середнє за факторами А і В		0,89	1,13	0,90	0,97
НІР _{0,05} (г/колос) за фактором А		0,04	0,03	0,02	–
НІР _{0,05} (г/колос) за фактором В		0,03	0,03	0,03	–

попередніми дослідженнями, найвищі її показники серед сортів пшениці спельти в середньому за три роки (2016–2018) були в ‘Європі’ – 1,22 г, що на 16,2% більше, ніж у ‘Зорі України’ [27].

За результатами проведених трирічних досліджень (2020–2022) в середньому за факторами А і В найбільшу масу зерна з одного колоса сформував вид *T. spelta* – 1,05 г, тоді як *T. aestivum* – 0,91, *T. durum* – 0,97 г, що менше на 13,3 та 7,6% відповідно (табл. 2).

У варіантах із передпосівною обробкою насіння «Суспензією хлорели» маса зерна з одного колоса неістотно знижувалася (на 0,01–0,05 г) залежно від року досліджень та сорту. Це спричинено закономірностями у формуванні зерна в колосі та його маси, яка може ставати меншою зі збільшенням густоти продуктивного стеблостою. Максимальні показники маси зерна з одного колоса серед досліджуваних сортів пшениці м'якої були у ‘Відради’ в контрольному варіанті (0,93 г, що в середньому за роки досліджень на 2,2% більше, ніж у ‘Шестопапівки’); пшениці спельти – в ‘Європі’ (на 3,8 та 4,0% більше, ніж у ‘Зорі України’); пшениці твердої – в ‘Босфору’ (1,01 г, що на 0,06 г, або 5,9%, більше, ніж у ‘Лінкора’).

Визначено, що маса зерна з одного колоса залежала й від погодних умов року. Так, найбільші її показники для пшениці спель-

ти сорту ‘Європа’ сформовано у 2020 р. [1,21 г (контроль)], а для пшениці твердої сорту ‘Босфор’ [1,17 г (контроль)] та пшениці м'якої сорту ‘Відрада’ [1,04 г (контроль)] – у 2021 р. Найменшими значеннями характеризувалися рослини *T. aestivum* і *T. spelta* (0,80 і 0,98 г) у 2022 р. та *T. durum* (0,89 г) у 2020 р.

Найвищу врожайність зерна спостерігали в пшениці м'якої у варіанті з обробкою насіння «Суспензією хлорели». А саме: 6,01 (‘Шестопапівка’) та 5,97 т/га (‘Відрада’) в середньому за сортами протягом 2020–2022 рр. Це на 0,93–0,97 та 0,85–2,24 т/га більше, ніж у пшениці твердої та спельти відповідно (табл. 3).

Якщо у 2021 р. в середньому за факторами А і В сформовано максимальну врожайність зерна пшениці м'якої озимої (6,64 т/га, що на 1,55 і 0,76 т/га більше, ніж у 2020 та 2022 рр. відповідно) та спельти (4,75 т/га, що на 1,09 та 0,21 т/га більше, ніж у 2020 та 2022 рр.), то у 2022-му найбільшими врожайностями відзначилася пшениця твердої (5,57 т/га, що на 1,43 та 0,50 т/га більше, ніж у 2020 та 2021 рр. відповідно).

Урожайність зерна пшениці озимої істотно залежала й від передпосівної обробки насіння біопрепаратом «Суспензія хлорели». Так, найвищі врожаї після його використання сформував сорт ‘Шестопапівка’ у 2021 р. – 6,92 т/га, що на 0,41 та 0,02 т/га переважало

Таблиця 3

Вплив передпосівної обробки насіння органічним добривом «Суспензія хлорели» на врожайність зерна різних сортів пшениці озимої, т/га (2020–2022 рр.)

Сорти (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Роки			Середнє за 2020–2022 рр.
		2020	2021	2022	
<i>Triticum aestivum</i>					
‘Шестопапівка’	Контроль	5,07	6,51	5,79	5,79
	«Суспензія хлорели»	5,29	6,92	5,82	6,01
‘Відрада’	Контроль	4,97	6,21	5,94	5,71
	«Суспензія хлорели»	5,04	6,90	5,97	5,97
Середнє за факторами А і В		5,09	6,64	5,88	5,87
НІР _{0,05} (т/га) за фактором А		0,07	0,08	0,07	–
НІР _{0,05} (т/га) за фактором В		0,06	0,05	0,04	–
<i>Triticum spelta</i>					
‘Зоря України’	Контроль	2,74	3,73	4,12	3,53
	«Суспензія хлорели»	3,16	3,85	4,31	3,77
‘Європа’	Контроль	4,02	5,66	4,83	4,84
	«Суспензія хлорели»	4,71	5,75	4,91	5,12
Середнє за факторами А і В		3,66	4,75	4,54	4,32
НІР _{0,05} (т/га) за фактором А		0,09	0,23	0,05	–
НІР _{0,05} (т/га) за фактором В		0,07	0,16	0,13	–
<i>Triticum durum</i>					
‘Босфор’	Контроль	4,15	4,84	5,62	4,87
	«Суспензія хлорели»	4,45	5,07	5,71	5,08
‘Лінкор’	Контроль	3,73	5,12	5,40	4,75
	«Суспензія хлорели»	4,22	5,24	5,53	5,00
Середнє за факторами А і В		4,14	5,07	5,57	4,93
НІР _{0,05} (т/га) за фактором А		0,14	0,09	0,11	–
НІР _{0,05} (т/га) за фактором В		0,11	0,12	0,08	–

показники контролю та сорту 'Відрада' відповідно. В середньому за роки досліджень завдяки передпосівній обробці насіння «Суспензією хлорели» вдалося збільшити врожай пшениці м'якої на 0,22 ('Шестопалівка') та 0,26 т/га ('Відрада'), пшениці твердої – на 0,21 ('Босфор') та 0,25 т/га ('Лінкор'), спельти – на 0,24 ('Зоря України') та 0,28 т/га ('Європа').

Меншу врожайність зерна сформували рослини пшениці спельти в контрольному варіанті (обробка насіння водою) – від 2,74 т/га ('Зоря України') у 2020-му до 4,12 т/га у 2022 р. Це можна пояснити відмінними біологічними особливостями сортів, які потрапляли в різні метеорологічні умови.

У посушливому 2020 р. врожайність зерна всіх досліджуваних сортів була найменшою та становила 4,97–5,07 т/га в пшениці м'якої,

3,73–4,15 – у пшениці твердої, 2,74–4,02 т/га – в пшениці спельти.

У зерні *T. spelta* міститься найбільше білка [28], що підтверджено й проведеними дослідженнями. Зокрема, впродовж 2020–2022 рр. його масова частка для цього виду пшениці озимої становила 17,9% у середньому за факторами А і В, що на 3,5% перевищувало показники пшениці твердої та на 3,0–3,1% – пшениці м'якої (табл. 4).

Серед досліджуваних сортів пшениці твердої озимої найбільшою масовою часткою білка в зерні в середньому за 2020–2022 рр. характеризувався 'Лінкор' (14,6%, що на 0,5% більше, ніж у сорту 'Босфор'); пшениці м'якої – 'Відрада' (15,8–15,9%, що на 2,3% більше, ніж у сорту 'Шестопалівка'); пшениці спельти – 'Зоря України' (20,1%, що на 4,3–4,4% більше, ніж у сорту 'Європа').

Таблиця 4

Вплив передпосівної обробки насіння органічним добривом «Суспензія хлорели» на масову частку білка в зерні різних сортів пшениці озимої, % (2020–2022 рр.)

Сорти (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Роки			Середнє за 2020–2022 рр.
		2020	2021	2022	
<i>Triticum aestivum</i>					
'Шестопалівка'	Контроль	13,8	14,0	12,8	13,5
	«Суспензія хлорели»	13,9	14,1	12,9	13,6
'Відрада'	Контроль	15,7	16,7	14,9	15,8
	«Суспензія хлорели»	15,9	16,8	14,9	15,9
Середнє за факторами А і В		14,8	15,4	13,9	14,7
НІР _{0,05} (%) за фактором А		0,19	0,28	0,15	–
НІР _{0,05} (%) за фактором В		0,11	0,08	0,10	–
<i>Triticum spelta</i>					
'Зоря України'	Контроль	22,9	19,2	18,1	20,1
	«Суспензія хлорели»	22,9	19,3	18,3	20,2
'Європа'	Контроль	16,5	15,3	14,9	15,6
	«Суспензія хлорели»	16,7	15,4	14,9	15,7
Середнє за факторами А і В		19,8	17,3	16,6	17,9
НІР _{0,05} (%) за фактором А		0,15	0,06	0,17	–
НІР _{0,05} (%) за фактором В		0,17	0,16	0,13	–
<i>Triticum durum</i>					
'Босфор'	Контроль	14,3	14,8	13,2	14,1
	«Суспензія хлорели»	14,4	14,9	13,3	14,2
'Лінкор'	Контроль	15,0	15,0	13,7	14,6
	«Суспензія хлорели»	15,1	15,0	13,8	14,6
Середнє за факторами А і В		14,7	14,9	13,5	14,4
НІР _{0,05} (%) за фактором А		0,24	0,19	0,39	–
НІР _{0,05} (%) за фактором В		0,14	0,12	0,12	–

Дослідженнями встановлено, що погодні умови впливають на частку білка в зерні пшениці озимої. Так, у 2021 р. більшу кількість цієї речовини сформували сорти пшениці м'якої та твердої (14,9–15,4%), тоді як у 2020 р. – пшениці спельти (16,5–22,9%).

А от від фактора В (передпосівна обробка насіння) формування масової частки білка істотно не залежало. За використання «Суспензії хлорели» усереднені показники його вмісту (2020–2022 рр.) або залишалися без

змін (сорт 'Лінкор'), або збільшувалися на 0,1%, як порівняти з контрольним варіантом (обробка водою).

Висновки

За результатами проведених трирічних досліджень у зоні Південного Степу України визначено, що передпосівна обробка насіння органічним добривом «Суспензія хлорели» сприяла збільшенню кількості продуктивних стебел на 0,7–2,4%; врожайності

зерна – на 3,8–6,8%; масової частки білка в зерні досліджуваних сортів пшениці озимої (*T. aestivum*, *T. spelta* і *T. durum*) – на 0,1%, як порівняти з контрольним варіантом (обробка насіння водою). Найліпше на внесення «Суспензії хлорели» реагували сорти 'Відрада', 'Європа' та 'Лінкор', врожайність зерна яких підвищувалася на 0,26; 0,28 та 0,25 т/га відповідно, порівнюючи з контрольним варіантом.

References

- Almashova, V. S., & Skok, S. V. (2022). Effectiveness of application of biological preparations and plant growth regulators for growing agricultural crops in the Southern Steppe zone of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 47(1), 11–17. doi: 10.32845/agro-bio.2022.1.2
- Alvarez, A. L., Weyers, S. L., Goemann, H. M., Peyton, B. M., & Gardner, R. D. (2021). Microalgae, soil and plants: A critical review of microalgae as renewable resources for agriculture. *Algal Research*, 54, Article 102200. doi: 10.1016/j.algal.2021.102200
- Garbzhii, K. S., & Karunskii, O. J. (2019). The effect of *Chlorella* suspension on productivity of chickens. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 21(90), 63–67. doi: 10.32718/nvlvet-a9011
- Geisslitz, S., Longin, C. F., Scherf, K. A., & Koehler, P. (2019). Comparative Study on Gluten Protein Composition of Ancient (Einkorn, Emmer and Spelt) and Modern Wheat Species (Durum and Common Wheat). *Foods*, 8(9), Article 409. doi: 10.3390/foods8090409
- Sani, Md. N. H., & Yong, J. W. H. (2021). Harnessing Synergistic Biostimulatory Processes: A Plausible Approach for Enhanced Crop Growth and Resilience in Organic Farming. *Biology*, 11(1), Article 41. doi: 10.3390/biology11010041
- Korkhova, M. M., & Panfilova, A. V. (2023). The influx of weather influences on the graininess of the ear and the grain yield of varieties of wheat and winter wheat. *Taurian Scientific Herald*, 133, 38–46. doi: 10.32782/2226-0099.2023.133.6 [In Ukrainian]
- Korkhova, M., Panfilova, A., Chernova, A., & Rozhok, O. (2019). The effect of pre-sowing seed treatment with biopreparations on productivity of cultivars of *Triticum spelta* L. *AgroLife Scientific Journal*, 8(1), 120–127.
- Korkhova, M. M., Smirnova, I., Nikonchuk, N., & Makarchuk, B. M. (2023). Productivity of the soft winter wheat cultivar 'Duma Odeska' depending on the characteristics of stubble tillage. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4), 247–253. doi: 10.21498/2518-1017.19.4.2023.291230 [In Ukrainian]
- Kolev, T., & Todorov, Z. (2023). Productivity of durum wheat varieties in the soil and climate conditions of Plovdiv region. *Scientific Papers-series A-Agronomy*, 66(2), 280–285.
- Kolev, T., Todorov, Z., & Mangova, M. (2021). The variety – main factor for increasing yield and quality of durum wheat grain. *Scientific Papers-series A-Agronomy*, 64(1), 411–416.
- Kyrylchuk, A. M., Dutova, H. A., Hruniv, S. M., Orlenko, O. B., Bezprozvana, I. V., Kulyk, T. Ye., & Makarchuk, B. M. (2024). Yield plasticity of new varieties of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in different soil and climatic conditions of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(1), 58–68. doi: 10.21498/2518-1017.20.1.2024.297224
- Lozinskiy, M., Burdenyuk-Tarasevych, L., Grabovskiy, M., Lozinska, T., Sabydyn, V., Sidorova, I., Panchenko, ... Kumanska, Y. (2021). Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight. *Agronomy Research*, 19(2), 540–551. doi: 10.15159/AR.21.071
- Ortiz-Moreno, M. L., Sandoval-Parra, K. X., & Solarte-Murillo, L. V. (2019). *Chlorella*, a potential biofertilizer? *Revista Orinoquia*, 23(2), 71–78. doi: 10.22579/issn.2011-2629.
- Panfilova, A., Gamayunova, V., & Smirnova, I. (2020). Influence of fertilizing with modern complex organic-mineral fertilizers to grain yield and quality of winter wheat in the southern steppe of Ukraine. *Agraarteadus*, 31(2), 196–201. doi: 10.15159/JAS.20.28
- Parmar, P., Kumar, R., Neha, Y., & Srivatsan, V. (2023). Microalgae as next generation plant growth additives: Functions, applications, challenges and circular bioeconomy based solutions. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1–37. doi: 10.3389/fpls.2023.1073546
- Rachoń, L., Bobryk-Mamczarz, A., & Kiełtyka-Dadasiewicz, A. (2020). Hulled wheat productivity and quality in modern agriculture against conventional wheat species. *Agriculture*, 10(275), Article 275. doi: 10.3390/agriculture10070275
- Ramakrishnan, B., Maddela, N. R., Venkateswarlu, K., & Megharaj, M. (2023). Potential of microalgae and cyanobacteria to improve soil health and agricultural productivity: a critical view. *Environmental Science: Advances*, 2(4), 586–611. doi: 10.1039/D2VA00158F
- Ratajczak, K., Sulewska, H., Grazyna, S., & Matysik, P. (2020). Agronomic traits and grain quality of selected spelt wheat varieties versus common wheat. *Journal of Crop Improvement*, 34(5), 654–675. doi: 10.1080/15427528.2020.1761921
- Sido, M. Y., Tian, Y., Wang, X., & Wang, X. (2022). Application of microalgae *Chlamydomonas applanata* M9V and *Chlorella vulgaris* S3 for wheat growth promotion and as urea alternatives. *Frontiers in Microbiology*, 13, Article 1035791. doi: 10.3389/fmicb.2022.1035791
- Solomon, S., & Daniel, K. (2021). Evaluation of Durum wheat varieties for yield related traits in highland areas of Southern Ethiopia. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(2), 80–83. doi: 10.15421/2021_81
- Tian, S. L., Khan A., Zheng, W.-N., Song, L., Liu, J.-H., Wang, X.-Q., & Li, L. (2022). Effects of *Chlorella* extracts on growth of *Capsicum annuum* L. seedlings. *Scientific Reports*, 12, Article 15455. doi: 10.1038/s41598-022-19846-6
- Tkachyk, S. O. (Eds.). (2014). *Methodology for examination of plant varieties of the cereal, cereal and leguminous groups for suitability for distribution in Ukraine*. Kyiv: Niland-LTD. [In Ukrainian]
- Information and reference system «Sort». Retrieved from <http://sort.sops.gov.ua/search/search>
- Methodology for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods of determining plant production quality indicators*. (2021). Kyiv. Retrieved from <https://sops.gov.ua/uploads/page/615574837d47e.pdf>
- Wang Wang, J., Chatzidimitriou, E., Wood, L., Hasanalieva, G., Markelou, E., Iversen, P. O., ... Rempelos, L. (2020). Effect of wheat species (*Triticum aestivum* vs *T. spelta*), farming system (organic vs conventional) and flour species (wholegrain vs white) on composition of wheat flour – Results of a retail survey in the UK and Germany – 2. Antioxidant activity, and phenolic and mineral content. *Food Chemistry*, X, 6, Article 100091. doi: 10.1016/j.fochx.2020.100091
- Zayka, N. V., & Karpuk, L. M. (2023). Yield and quality of spelled grain (*Triticum spelta* L.) in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine. *Agrobiology*, 1, 114–122. doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-114-122 [In Ukrainian]
- Zaima, O. A., Derhachov, O. L., Siroshtan, A. A., Pravdziva, I. V., & Khomenko, T. M. (2023). Yield and quality of winter wheat grain under different cultivation technologies. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(1), 51–57. doi: 10.21498/2518-1017.20.1.2024.300136
- Zelenianska, N., Ishchenko, I., Kundilovska, T., & Mandych, O. (2023). The effect of live chlorella suspension on the growth and development of grafted seedlings of Cabernet Sauvignon grapes. *Scientific Horizons*, 26(12), 32–41. doi: 10.48077/sci-hor12.2023.32

UDC 633.11 «324» (477.7)

Korkhova, M. M. (2024). The effect of pre-sowing seed treatment with chlorella suspension on the productivity of different varieties of *Triticum aestivum* L., *T. durum* Desf. and *T. spelta* L. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(2), 111–119. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.2.2024.304101>

Mykolaiv National Agrarian University, 9 Heorhii Honhadze St., Mykolaiv, 41400, Ukraine, e-mail: korhovamm@mnau.edu

Purpose. To determine the main elements of ear productivity, yield and mass fraction of protein in the grain of the studied species and varieties of winter wheat, depending on the pre-sowing treatment of seeds with “Chlorella suspension”. **Methods.** Field trials with different varieties of winter wheat (*T. aestivum*, *T. spelta* and *T. durum*) were carried out in 2020–2022 at the experimental field of the MNAU’s Educational, Scientific and Practical Centre. Before sowing, the seeds of the varieties studied were treated with the biological preparation “Chlorella suspension”. **Results.** During the years of research, it was possible to determine the varietal response to weather conditions that influenced the formation of the main elements of winter wheat productivity. For example, the highest number of productive stems (858 pcs/m²) was produced by plants of the variety ‘Vidrada’ (*T. aestivum*) in the variant with pre-sowing seed treatment with “Chlorella suspension”. In 2020, spelt plants of the ‘Evropa’ variety had the highest grain weight per ear (1.21 g), but the lowest number of productive stems (435 pcs/m²). ‘Shestopalivka’ (*T. aestivum*) and ‘Evropa’ (*T. spelta*)

produced the maximum grain yield in 2021 (6.92 and 5.75 t/ha, respectively), ‘Bosfor’ (*T. durum*) – in 2022 (5.71 t/ha). On average over the three years of the trial, the highest yield was observed in the ‘Shestopalivka’ soft winter wheat plants in the variant with pre-sowing seed treatment with “Chlorella suspension” – 6.01 t/ha, which is 0.22–2.48 t/ha more than in other variants of the trial. The lowest yield level was observed in spelt plants of variety ‘Zoria Ukrainy’ in the seed treatment with water (control variant) – from 2.74 t/ha in 2020 to 4.12 t/ha in 2022. The mass fraction of protein in grain in the variant with the use of “Chlorella suspension” among *T. aestivum* and *T. durum* varieties was distinguished by ‘Vidrada’ (15.8–15.9%) and ‘Lincor’ (14.6%), among *T. spelta* varieties – ‘Zoria Ukrainy’ (20.2%). **Conclusions.** The developed elements of the technology of winter wheat cultivation allow to increase the yield and quality of grain in the Southern Steppe of Ukraine, which confirms the relevance of this field of research.

Keywords: varieties; soft wheat; durum wheat; spelt; grain yield; protein mass fraction in seeds.

Надійшла / Received 11.03.2024

Погоджено до друку / Accepted 22.05.2024