

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ФЕДІВ РОМАН ВАЛЕРІЙОВИЧ

УДК631.526.3:631.559:633.13

ДИСЕРТАЦІЯ

**АДАПТИВНІСТЬ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ ВІВСА
(*AVENA SATIVA*) ЗА ВИРОЩУВАННЯ
В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

201 – «Агрономія»

20 Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Р.В.Федів

Науковий керівник

КАЛЕНСЬКА Світлана Михайлівна, доктор сільськогосподарських наук,
професор, академік НААН України

КИЇВ 2024

АНОТАЦІЯ

Федів Р. В. АДАПТИВНІСТЬ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ ВІВСА (*AVENA SATIVA*) ЗА ВИРОЩУВАННЯ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – «Агронімія» (20 Аграрні науки та продовольство). – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2024.

У дисертаційній роботі викладено результати досліджень щодо адаптивності та продуктивності сортів вівса залежно від видів та норм добрив, екологічних чинників довкілля. Встановлено, що сорти вівса різняться між собою адаптивністю, обумовленою генетичними особливостями, екологічними й технологічними чинниками вирощування. Обґрунтованим для характеристики екологічних факторів (тепловий режим та режим вологозабезпечення) вирощування вівса є використання для розрахунку показників теплових одиниць, сум активних і ефективних температур, ГТК за біологічно активного мінімуму на рівні $+5^{\circ}\text{C}$. Роки різнилися за екологічними параметрами, що значно впливало на ріст і розвиток рослин, відтак сприяло визначенню адаптивності сортів. За вирощування ранніх ярих зернових культур (зокрема вівса посівного), показник накопичених теплових одиниць впродовж макро- та мікростадій розвитку, а також вегетаційного періоду, дозволяє аргументувати особливості формування його продуктивності. Аналізування накопичення теплових одиниць свідчить, що відмінність у сумарному накопиченні за весь вегетаційний період була незначною – абсолютні показники за період березень – липень склали: 2242,8 в 2021 р., 2209,8 – в 2022 р., 2236,6 – в 2023 р.; за період квітень – липень становили: 2216,3; 2139,4; 2166,8 відповідно. Однак, подекадна різниця була суттєвою та обумовлювала різницю у

тривалості макростадій і, таким чином, впливала на кількість сформованих генеративних органів.

Суму ефективних температур розраховували за двома біологічно активними температурами – 5°C і 10°C , зважаючи на те, що овес належить до холодостійких культур та активно росте і розвивається за температур, які близькі або перевищують $+5^{\circ}\text{C}$. Проведені розрахунки показують, що суми ефективних температур, розраховані для двох біологічних мінімумів, суттєво різняться між собою. Початок врахування ефективних температур за роками значно відрізнявся, про що свідчать декадні дані – для $+5^{\circ}\text{C}$ в усі роки розраховували з третьої декади березня, а для $+10^{\circ}\text{C}$ в 2021 та 2023 роках – з третьої декади квітня, в 2022 році – обчислювали з першої декади квітня, але ці дані за першу та другу декади були мінімальними, а основні показники також починали враховувати з третьої декади квітня. Суми ефективних температур в травні були ще незначними і в середньому за три роки склали $122,5$ і $67,5^{\circ}\text{C}$, відповідно розраховані для біологічно активних мінімумів $+5^{\circ}\text{C}$ і $+10^{\circ}\text{C}$. Активне накопичення ефективних температур відбувається в червні – $447,9$ і $297,9^{\circ}\text{C}$; липні – 502 і 347°C , розраховане для біологічно активних мінімумів $+5^{\circ}\text{C}$ і $+10^{\circ}\text{C}$ відповідно.

Порівняльне аналізування сум температур вказує на те, що найоб'єктивнішим показником, який характеризує тепловий режим для рослин, є накопичення суми теплових одиниць, найбільших, порівняно з сумами активних і ефективних температур, розрахованих для двох біологічно активних мінімумів. Сума накопичення теплових одиниць за період березень – липень в середньому за 2021–2023 роки склала $2229,7$; сума активних температур для біологічно активного мінімуму $+5^{\circ}\text{C}$ – $2004,2$; сума активних температур для біологічно активного мінімуму $+10^{\circ}\text{C}$ – $1768,5$; сума ефективних температур для біологічно активного мінімуму $+5^{\circ}\text{C}$ – $1361,5$; сума ефективних температур для біологічно активного мінімуму $+10^{\circ}\text{C}$ – $797,1$.

Оптимальне живлення рослин вівса сприяє реалізації біологічного потенціалу сортів на більш високому рівні. Тож, доведено позитивний вплив сірки у формуванні продуктивності вівса посівного. Встановлено залежність між елементами формування продуктивності сортів вівса вітчизняної та іноземної селекції і нормами внесення мінеральних добрив: підтверджено дуже сильний кореляційний зв'язок, який змінювався залежно від сорту в діапазоні $r = 0,98-0,99$.

Щодо урожайності, то вона у середньому за 2021–2023 роки коливалася від 2,28 т/га (контрольний варіант, сорт 'Нептун') до 5,54 т/га ($N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$, сорт 'Айворі'). Середня врожайність за 2021–2023 рр. в контрольному варіанті була такою: 'Нептун' – 2,28 т/га; 'Легінь Носівський' – 2,64; 'Світанок' – 2,50; 'Закат' – 2,70; 'Зубр' – 2,71; 'Альбатрос' – 2,60; 'Айворі' – 2,81 т/га. А її усереднений приріст від використання добрив, на які позитивно реагують усі сорти, становив 0,32–2,83 т/га; максимальний – 1,24–2,73 т/га в 'Айворі' за збільшення доз добрив. Додаткові прирости врожайності від внесення сірки для сорту 'Нептун' – 0,26–0,39 т/га; 'Легінь Носівський' – 0,47–0,49; 'Світанок' – 0,23–0,66; 'Закат' – 0,39–0,64; 'Зубр' – 0,41–0,54; 'Альбатрос' – 0,58–0,78; 'Айворі' – 0,34–0,66 т на гектар. Прирости урожайності залежно від добрив варіювали від 0,32 до 2,83 т/га.

Відстежується сортова специфічна реакція на норми добрив, макроелементи та сірку. Серед семи досліджуваних сортів вівса, впродовж 2021–2023 року, найпродуктивнішим виявився 'Айворі'. Його урожайність впродовж років дослідження і залежно від системи удобрення коливалася від 2,38 т/га (в контрольному варіанті 2022 року) до 5,98 т/га за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$ (в 2023 році). Встановлено, що сорт позитивно реагує на зростаючі норми добрив, на введення в систему живлення сірки, яка підвищує стійкість вівса до вилягання, збільшуючи рівень використання азоту. Приріст урожайності в середньому за 2021–2023 роки за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$ склав 2,73 т/га, порівняно з контролем, і 0,66 т/га –

порівняно з варіантом, де була внесена еквівалентна кількість макроелементів $N_{120}P_{120}K_{120}+N_{30}$, але не вносились сірка.

Позитивна реакція на зростаючі норми внесення елементів живлення була встановлена також для сортів ‘Легінь Носівський’, ‘Закат’, ‘Зубр’, ‘Альбатрос’.

‘Легінь Носівський’ – новий сорт вітчизняної селекції (рік реєстрації – 2018). Володіє високим генетичним потенціалом і таким же рівнем його реалізації. Діапазон зміни урожайності сорту варіював від 2,32 т/га в контрольному варіанті до 5,84 т/га за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$. Середня урожайність сорту за 2021–2023 роки змінювалася від 2,64 в контрольному варіанті до 5,47 за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$.

За реакцією на норми добрив сорт ‘Нептун’ можна віднести до сортів екстенсивного типу. Прирости від зростаючих норм добрив переважно були суттєві, але водночас і незначні. Середня урожайності за 2021–2023 роки склала 2,28–4,17 т/га, залежно від норм добрив.

Всі сорти сорти вівса продемонстрували позитивну реакцію на сірку підвищенням урожайності. Однак, прирости врожайності різнилися на фоні різних норм внесення азоту, фосфору і калію. Так, у сортів ‘Закат’, ‘Зубр’ вони мали позитивну кореляційну залежність від застосування сірки на фоні зростаючих норм внесення азоту, фосфору і калію. Реакція сорту ‘Айворі’ була найсильнішою за внесення S_{45} на фоні $N_{120}P_{120}K_{120}+N_{30}$. Найменші прирости урожайності від сірки були у ‘Нептуна’ і змінювалися від 0,26 до 0,39 т/га.

Адаптивність сортів ідентифікується через їх пластичність та стабільність. Пластичність сортів зростала за підвищених норм внесення макроелементів, а надто – після комбінації зі зростаючими нормами сірки.

Поміж високопластичних та стабільних сортів варто відзначити ‘Айворі’, ‘Зубр’, ‘Легінь Носівський’. Їх коефіцієнт пластичності дорівнює або перевищує 1 за всіх систем удобрення. Сорт ‘Айворі’ з коефіцієнтом пластичності 1,00–1,32 та стабільності – 0,00–0,037 – позитивно реагує на

покращення умов живлення. Низькопластичний та нестабільний сорт ‘Нептун’ за внесення майже всіх норм добрив, окрім комбінацій з сіркою. Так, його коефіцієнт пластичності зростав із 0,59 до 1,00 за додавання $N_{120}P_{120}K_{120}+N_{30}$ ввсн 31–32 і до 1,21 – за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}S_{33,75}+ N_{30}$ ввсн 31– 32.

Сорт ‘Світанок’ суттєво різнився від усіх сортів щодо чітко встановленої позитивної реакції на внесення підвищених норм внесення макроелементів у комбінації з сіркою. Так, його коефіцієнт пластичності зростав від 0,65, а коефіцієнт стабільності від 0,015 в контрольному варіанті до 1,70 та 0,018, відповідно за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$. Подібна реакція була й у сорту ‘Закат’ – коефіцієнт зростав від 0,86 (в контрольному варіанті) до 1,44 (за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+ N_{30}$).

Досліджено, що сорти вівса позитивно реагують на зростаючі норми макроелементів, а додаткове введення в систему живлення сірки або йоду – сприяє підвищенню вмісту білків у зерні, що пов’язано з ефективнішим використанням азоту за достатнього забезпечення сіркою і безпосереднім впливом мезоелементів. Вміст білка в зерні контрольного варіанта змінювався від 9,4% у сорту ‘Закат’ до 10,5% у ‘Айворі’. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30}+N_{30}$ ввсн32 вміст білка в зерні сортів вівса різнився незначно і складав 10,2–10,8%. За додавання $N_{120}P_{120}K_{120}+ N_{30}$ ввсн32 різниця щодо вмісту білка в зерні стала більш вагомою: в сорту ‘Нептун’ – 11,4%, ‘Айворі’ – 12,4%.

Фракційний склад білка зерна більшою мірою змінюється залежно від системи удобрення, аніж від сорту. Встановлено зростання вмісту фракцій запасних білків за зростаючих норм добрив та внесення додатково сірки. Аналіз фракційного складу білків зерна сортів вівса, вирощених без добрив, показав, що вміст біологічно цінних фракцій – альбумінів та глобулінів – був найвищим, порівняно з усіма іншими варіантами внесення добрив: альбуміни – 17,0–19,3; глобуліни – 20,1 – 21,6%. За внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+ N_{30}$ суттєво зростав вміст запасних білків – проламінів та глютелінів – 28,4 –

30,2% та 34,8 – 36,2% відповідно, значно перевищуючи їх вміст в зерні контрольного варіанта.

Комбінована обробка насіння і вегетуючих рослин (або лише вегетуючих рослин) йодовмісними препаратами сприяє закладці більшої кількості генеративних органів та зниженню їх редуції. Звідси і зростання маси зерна з рослини та урожайності в цілому. За диференційованого застосуванням йодовмісних препаратів отримано неабиякі прирости урожайності, навіть за умов сильної повітряної та ґрунтової посухи. Це вказує на підвищення стійкості рослин до абіотичних чинників та антистресову дію препарату.

Встановлена достовірна ефективність йодовмісних препаратів для захисту рослин від ураження хворобами. Пошкодження рослин вівса септоріозом (*Septoria avenae*) в контрольному варіанті склало – 8,74–14,8%; за внесення фонові норми добрив – 5,61–15,8%; за передпосівної обробки насіння протруйником рівень ураження зменшувався до 0,41–2,42%. Обробка насіння препаратом з біологічно активним йодом забезпечувала захист рослин від септоріозу на рівні протруйника – 0,45–3,52%.

Аналізування економічної та енергетичної ефективності технологій вирощування вівса було проведено з урахуванням загальних витрат на технологію, урожайність та якість зерна. Найвищий прибуток було отримано при вирощуванні сорту ‘Айворі’ за внесення добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30} S_{11,25}+N_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60} S_{22,5}+N_{30}$ – 16852 грн/га та 14454 грн/га відповідно. Коефіцієнт енергетичної ефективності в контрольному варіанті суттєво не різнився між сортами: 4,45–4,93. А при внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}+N_{30}$; $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}$ він знижувався: ‘Айворі’ – 3,36–3,76; ‘Закат’ – 3,64–3,25 та ‘Зубр’ – 3,62–3,23. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30}+N_{30}+S_{11,25}$ коефіцієнт енергетичної ефективності вівса різнився незначно і складав 2,96–3,88; $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}+S_{22,5}$ – 2,68–3,46; $N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}+S_{33,75}$ – 2,51–3,14; $N_{120}P_{120}K_{120}+N_{30}+S_{45,0}$ – 2,64–2,92.

Ключові слова: зернові культури, овес, сорт, адаптація, коефіцієнт суттєвості відхилення, технологія вирощування, система удобрення, ураження хворобами, урожайність, якість зерна, білок, фракції білка, економічна та енергетична ефективність.

ABSTRACT

Fediv R.V. ADAPTABILITY AND PRODUCTIVITY OF OATS (AVENA SATIVA) VARIETIES GROWN IN THE RIGHT-BANK FOREST STEPPE OF UKRAINE - Qualification scientific work on rights of a manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 - "Agronomy", 20 Agricultural sciences and food. - the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2024.

The dissertation presents research results on the adaptability and productivity of oat varieties depending on the types and rates of fertilizers, and ecological factors of the environment. Oat varieties differ among themselves in terms of adaptability due to genetic characteristics, environmental and technological cultivation factors. Reasonable for characterizing environmental factors (thermal regime and moisture regime) of oat cultivation is the use for calculating indicators of heat units, sums of active and effective temperatures, SHC (Selyaninov's hydrothermal coefficient) at the biologically active minimum at the +5°C. Years differed in environmental parameters, which significantly influenced plants' growth and development, and contributed to determining the adaptability of varieties. Cultivation of early spring grain crops, oats in particular, the indicator of accumulated thermal units during the macro- and microstages of development, the growing season allows substantiating the peculiarities of productivity formation. Analysis of thermal units accumulation shows that the difference in the total accumulation for the entire growing season was insignificant - the absolute indicators for the period March - July were: 2242.8 in 2021, 2209.8 in 2022, 2236.6 in 2023 r.; for the period of April - July they were: 2216.3; 2139.4; 2166.8 respectively. However, the decadal difference was significant and determined the

difference in the duration of the macrostages and, accordingly, the number of formed generative organs.

The sum of effective temperatures was calculated at two biologically active temperatures – 5°C and 10°C, taking into account that oats are cold-resistant crops and actively grow and develop at temperatures close to or above +5°C. The calculations show that the sums of the effective temperatures calculated for the two biological minimums differ significantly from each other. The beginning of the calculation of the effective temperature significantly varied from year to year, as evidenced by the decadal data - for + 5°C in all years it was calculated from the third decade of March, and for + 10°C in 2021 and 2023 - from the third decade of April, in 2022 - the calculation began from the first decade of April. However these data for the first and second decades were minimal, and the main indicators also began to be taken into account from the third decade of April. The sums of effective temperatures in May were still insignificant and on average for three years amounted to 122.5 and 67.5 °C, respectively, calculated for biologically active minimums of +5°C and + 10°C. Active accumulation of effective temperatures occurs in June – 447.9 and 297.9°C; July – 502 and 347°C, calculated for biologically active minimums of +5°C and + 10°C, respectively.

Comparative analysis of temperature sums shows that the most objective indicator that characterizes the thermal regime for plants is the accumulation of the sum of thermal units, which are the largest compared to the sums of active and effective temperatures calculated for two biologically active minima. The number of thermal units accumulated for the period March - July on average for the years 2021-2023 was 2229.7; the sum of active temperatures for a biologically active minimum of +5°C – 2004.2; the sum of active temperatures for the biologically active minimum +10°C – 1768.5; the sum of the effective temperatures for the biologically active minimum +5°C – 1361.5; the sum of effective temperatures for the biologically active minimum is +10°C – 797.1.

The positive influence of sulfur in oats productivity formation and the importance of iodine for plant growth and development are substantiated, the optimal nutrition of oat plants contributes to the realization of the biological potential of varieties at a higher level. The dependence between the elements of domestic and foreign oat varieties productivity formation and the rates of mineral fertilizers was established, with a positive, very strong correlation, which varied depending on the variety in the range of $r = 0.98-0.99$. The average yield of oat varieties for 2021-2023 ranged from 2.28 t/ha (control version, Neptune variety) to 5.54 t/ha ($N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$, Ivory variety). The average yield for 2021–2023 in the control version was as follows: "Neptune" - 2.28 t/ha; "Legin Nosivskiy" - 2.64; "Svitanok" - 2.50; "Zakat" - 2.70; "Zubr" - 2.71; "Albatross" - 2.60; "Ivory" - 2.81 t/ha. Its average increase from the use of fertilizers, to which all varieties respond positively, was 0.32–2.83 t/ha; maximum – 1.24–2.73 t/ha in “Ivory” for increased fertilizer doses. Additional yield increases from sulfur application for the "Neptune" variety - 0.26–0.39 t/ha; "Legin Nosivskiy" - 0.47–0.49; "Svitanok" - 0.23–0.66; "Zakat" - 0.39–0.64; "Zubr" - 0.41–0.54; "Albatros" – 0.58–0.78; "Ivory" - 0.34-0.66 t per hectare. Yield increases, depending on fertilizers, ranged from 0.32 to 2.83 t/ha.

The variety-specific response to fertilizer rates, macronutrients, and sulfur was noticed. Among the seven oat varieties studied during 2021-2023, the Ivory variety was the most productive. The yield of the Ivory variety, over the years of the study and depending on the fertilizing system, varied from 2.38 t/ha in the control version in 2022 to 5.98 t/ha with the application of $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+ N_{30}$ in 2023. The variety responds positively to increasing rates of fertilizers and sulfur introduction into the nutrition system, which increases the oats' resistance to lodging and increases nitrogen utilization levels. The yield increase on average for 2021-2023 with applying $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+ N_{30}$ was 2.73 t/ha compared to the control and 0.66 t/ha compared to the option where an equivalent amount of macronutrients $N_{120}P_{120}K_{120}+ N_{30}$ but with no sulfur applied.

A positive reaction to the increasing rates of nutrients was also established for the Legin Nosivskiy, Zakat, Zubr, and Albatros varieties.

The Legin Nosivskiy is a new variety of domestic breeding - the year of registration is 2018. This variety has a high genetic potential and a fairly high level of realization. The range of yield changes within variety varied from 2.32 t/ha in the control version to 5.84 t/ha with applying $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$. The average variety yield for 2021-2023 ranged from 2.64 in the control variant to 5.47 when applying $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$.

According to the reaction to fertilizer standards, the Neptune variety can be classified as an extensive type. Increases from higher fertilizer rates were mostly significant but not big at the same time. The average yield for 2021 - 2023 was 2.28 - 4.17 t/ha, depending on fertilizer rates.

All oat varieties had a positive reaction to sulfur application by increasing yield, but yield increases differed against the background of different nitrogen, phosphorus, and potassium rates. Yield increases in Zakat, Zubr varieties had a positive correlation dependence on sulfur use on the background increased rates of nitrogen, phosphorus, and potassium. Ivory variety reaction on S_{45} introduction with the background of $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$ was the strongest. The smallest yield increases from sulfur were in the Neptune variety and varied from 0.26 to 0.39 t/ha.

The adaptability of varieties is identified through their plasticity and stability. Oat varieties respond positively to increasing rates of macronutrients and sulfur. Thus, the coefficient of plasticity of the Neptune variety increased from 0.59 to 1.00 with applying $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$ BBCH 31–32 and up to 1.21 when applying $N_{90}P_{90}K_{90}S_{33.75} + N_{30}$ BBCH 31–32. Reactions to the increased rates of macroelements in combination with sulfur - the coefficient of plasticity increased from 0.65, the coefficient of stability from 0.015 in the control variant to 1.70 and 0.018, respectively, for the introduction of $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$. A similar reaction was also observed in the Zakat variety - the coefficient increased from 0.86 in the control version to 1.44 with the addition of $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$. The

plasticity of the varieties increased with the application of increased rates of macroelements especially with higher sulfur rates.

The plasticity of the varieties increases due to the increase in the rates of macroelements, especially in combination with increasing rates of sulfur. Ivory, Zubr, and Legin Nosivskiy varieties are highly plastic and stable - the coefficient of plasticity is equal to or exceeds 1 for all fertilizing systems. The Ivory is highly plastic and stable, and responds positively to improving feeding conditions: plasticity coefficient - 1.00 - 1.32, stability coefficient 0.00 - 0.037. The Neptune variety is low-plastic and unstable when applying almost all fertilizer rates, except combinations with sulfur. For the Svitanok variety, a positive reaction to increased rates of macroelements in combination with sulfur was established - the coefficient of plasticity increased from 0.65, the coefficient of stability from 0.015 in the control variant to 1.70 and 0.018, respectively, for the application of $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$. There was a similar reaction in the Zakat variety - the coefficient increased from 0.86 in the control variant to 1.44 when applying $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$.

Oat varieties respond positively to increasing rates of macronutrients, and the additional introduction of sulfur or iodine into the nutrition system helps to increase grain protein content, which is associated with more efficient use of nitrogen with a sufficient supply of sulfur, as well as the direct effect of mesoelements. The grain protein content in the control variant varied from 9.4% in the variety "Zakat" to 10.5% in the variety "Ivory". With the introduction of $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$ BBCH32, the protein content in the grain of oat varieties varied slightly and amounted to 10.2–10.8%. With the introduction of $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$ BBCH32, the difference in the protein content became more significant - in the grain of the Neptune variety - 11.4%, and in the grain of the Ivory variety - 12.4%.

The fractional grain protein composition varies more depending on the fertilizing system than on the variety. An increase in fractions of reserve protein content was established with increasing fertilizer rates and with additional sulfur introduction. Analysis of the fractional composition of grain proteins grown

without fertilizers showed that the content of biologically valuable fractions - albumins and globulins was the highest, compared to all other options where fertilizers were applied: albumins - 17.0–19.3; globulins - 20.1 - 21.6%. With the application of $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45+} N_{30}$, the content of reserve proteins - prolamins and glutelins - increases significantly - 28.4 - 30.2% and 34.8 - 36.2%, respectively, significantly exceeding their content in the grain of the control variant.

The combined seed and vegetative plants treatment or only the treatment of vegetative plants by iodine-containing preparations contribute to the establishment of a greater number of generative organs and their reduction, which causes an increase in the grain mass from the plant and productivity in general. With the differentiated use of iodine-containing preparations, significant productivity increases were obtained, even under conditions of severe air and soil drought, which indicates higher resistance of plants to abiotic factors and the anti-stress effect of the preparation.

The reliable effectiveness of iodine-containing preparations for protecting plants from disease has been established. Infection of oat plants with septoria (*Septoria avenae*) in the control version was 8.74–14.8%: with the introduction of the background rate of fertilizers – 5.61–15.8%; with pre-sowing seed treatment the level of damage decreased to 0.41–2.42%. Seed treatment by preparation with biologically active iodine protected plants against septorioses at the level of the poison - 0.45 - 3.52%.

Analysis of the economic and energy efficiency of oat growing technologies was carried out taking into account the total costs of the technology, yield, and grain quality. The highest profit was obtained during the cultivation of the "Ivory" variety with the application of fertilizers at the rate of $N_{30}P_{30}K_{30} S_{11.25+} N_{30}$ and $N_{60}P_{60}K_{60} S_{22.5+} N_{30}$ - UAH 16,852/ha and UAH 14,454/ha, respectively. The coefficient of energy efficiency in the control version does not differ significantly between varieties - 4.45 - 4.93. With introducing $N_{30}P_{30}K_{30+N_{30}}$; $N_{60}P_{60}K_{60+N_{30}}$ coefficient decreased: "Ivory" - 3.36-3.76; "Zakat" - 3.64-3.25 and "Zubr" - 3.62-3.23. Oat varieties respond positively to increased rates of macronutrients with

sulfur addition. Applying $N_{30}P_{30}K_{30}+N_{30}+S_{11.25}$ the coefficient of energy efficiency varied slightly and was 2.96 - 3.88; $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}+S_{22.5} - 2.68-3.46$; $N_{90}P_{90}K_{90} +N_{30}+S_{33.75} - 2.51-3.14$; $N_{120}P_{120}K_{120}+N_{30}+S_{45.0} - 2.64-2.92$.

Keywords: cereal crop, oats, variety, adaptation, coefficient of significance of deviation, cultivation technology, system of fertilizing, productivity, grain quality, protein, protein fractions, economic and energy efficiency.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті у наукових виданнях,
включених до Переліку наукових фахових видань України*

1. Kalenska S., Falko G., Antal T., Hordyna O., **Fediv R.** Iodine-containing preparations in grain growing technologies. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 14. № 2. P. 33–45. *(Kalenska S. здійснено наукове керівництво проєктом щодо встановлення ефективності препарату з біологічно активним йодом, проведено аналіз літературних джерел, визначено якість зерна. Falko G. належить наукова ідея та авторство препарату з біологічно активним йодом. Antal T. здійснено методичний супровід закладки та проведення польових досліджень з вівсом та пшеницею озимою. Hordyna O. брала участь у закладці та проведенні польових досліджень з пшеницею озимою, здійснювала аналіз структури та урожайності пшениці озимої. Fediv R. брав участь у закладці та проведенні польових досліджень з вівсом, проводив фенологічні спостереження, аналіз структуру урожайності, брав участь в аналізі наукової літератури).*

2. Каленська С. М., **Федів Р. В.** Сортова та трофічна мінливість урожайності та якості зерна вівса посівного (*Avena sativa* L.). *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Т. 19. № 4. С. 239–246. *(Каленською С. М. здійснено часткове опрацювання наукових джерел, методичний супровід проведення досліджень. Федівим Р. В. проаналізовано літературні джерела, проведено польові та лабораторні дослідження, оформлено статтю).*

3. Каленська С. М., **Федів Р. В.** Продуктивність сортів вівса посівного (*Avena sativa* L.) залежно від удобрення. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11. № 3. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/288679> *(Каленською С. М. здійснено науковий та методичний супровід досліджень. Федівим Р. В. проведено польові дослідження, здійснено аналіз експериментальних даних, наукових публікацій, підготовлено до друку статтю).*

4. Каленська С. М., **Федів Р. В.** Адаптивність вівса за змінних екологічних та технологічних чинників. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2024. № 1 (107). URL:<https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/48703/15657> (Каленською С. М. здійснено науковий та методичний супровід досліджень. Федівим Р. В. проведено аналіз результатів польових дослідів, зроблено огляд наукової літератури, оформлено статтю).

Тези наукових доповідей

5. Каленська С. М., Гарбар Л. А., **Федів Р. В.**, Каштанова О. Г. Рослинництво у вирішенні сучасних викликів щодо продовольчої та енергетичної безпеки. Innovation and investment development of the agricultural sector is the key to the country's food security: Міжнародна науково-практична конференція, м. Миколаїв, 26 травня 2022 року: тези доповіді. Миколаїв, 2022. С. 39–41. (Каленською С. М. здійснено науковий супровід, підготовку тез до публікації. Гарбар Л. А. проведено статистичну обробку даних. Федівим Р. В. проведено аналіз даних. Каштановою О. Г. проведено аналіз економічної ефективності).

6. Kalenska S., Garbar L., Novytska N., **Fediv R.**, Kalenskyi V., Suhina D. Challenges to crop production and ways to solve them. Trends and challenges in soil-crop management: 2nd Central European ISTRO Conference (CESTRO) and 8th International Conference of the Czech ISTRO branch, м. Брно, Чеська Республіка, 6–8 серпня 2022 року: тези доповіді. Брно, Чеська Республіка, 2022. (Kalenska S. здійснено узагальнення даних, проведено аналіз даних щодо біорізноманіття культур. Garbar L. здійснено методичний супровід проведення досліджень. Novytska N. підготовлено тези. Fediv R. V. проведено аналіз наукових джерел з C3 типом фотосинтезу. Kalenskyi V. здійснено наукову комунікацію. Suhina D. проведено аналіз наукових джерел щодо рослин з C4 типом фотосинтезу).

7. Каленська С. М., Фалько Г. Л., Пилипенко В. С., Гордина О. Ю., **Федів Р. В.** Ефективність передпосівної обробки насіння йодовмісними

препаратами. Проблеми і перспективи фітоімунітету в селекції рослин: Всеукраїнська науково-практична online-конференція, присвячена 125-річчю з дня народження видатного вченого фітопатолога та селекціонера-імунолога Шевченка Василя Миколайовича, м. Київ, 10 листопада 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 32–33. *(Каленською С. М. здійснено наукове керівництво проектом щодо встановлення ефективності препарату з біологічно активним йодом, визначено якість зерна. Фалько Г. Л. належить наукова ідея та авторство препарату з біологічно активним йодом. Пилипенко В. С. здійснено методичний супровід закладки та проведення польових досліджень з вівсом та пшеницею озимою. Гординою О. Ю. взято участь у закладці та проведенні польових досліджень з пшеницею озимою, проведено аналіз структури та рівня ураження хворобами пшениці озимої. Федівим Р. В. взято участь у закладці та проведенні польових досліджень з вівсом, проведено фенологічні спостереження та дослідження рівню ураження хворобами вівса).*

8. Федів Р. В. Стан та перспективи виробництва вівса. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу. Секція 2 «Післявоєнне відновлення рослинних ресурсів та екологічна безпека країни»: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 125-річчю Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ, 25–26 травня 2023 року: тези доповіді. Київ, 2023. С. 207–209.

9. Федів Р. В. Управління формуванням продуктивності вівса. Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика: V Міжнародна науково-практична онлайн конференція, присвячена 125-річчю кафедри рослинництва Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ, 25–27 жовтня 2023 року: тези доповіді. Київ, 2023. С. 211–212.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ		2
ЗМІСТ		18
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ		19
ВСТУП		21
РОЗДІЛ 1	ЗНАЧЕННЯ ТА ПОТЕНЦІАЛ ПРОДУКТИВНОСТІ ВІВСА ПОСІВНОГО	25
	1.1 Стан та перспективи виробництва вівса в світі та Україні	25
	1.2 Значення, цінність вівса та продуктів його переробки	28
	1.3 Адаптивність та чинники, які її визначають	29
	1.4 Роль сорту у виробництві вівса	32
	1.5 Живлення та формування урожайності вівса	34
	1.5.1. Роль макроелементів у формуванні урожайності та якості зерна вівса	34
	1.5.2. Роль сірки у формуванні продуктивності зернових культур	36
	1.5.3. Значення йоду для росту та розвитку рослин та його застосування в технологіях вирощування польових культур	42
	Висновки до розділу 1	47
РОЗДІЛ 2	УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	48
	2.1 Місце проведення дослідження	48
	2.2 Погодно-кліматичні умови регіону та метеорологічні умови років проведення досліджень	51
	2.3 Методики проведення досліджень	59
	Висновки до розділу 2	62
РОЗДІЛ 3	РОЛЬ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ У РОСТІ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН ВІВСА	64
	3.1 Тепловий режим вегетаційного періоду	64
	3.2 Вологозабезпеченість вегетаційного періоду	70
	3.3 Польова схожість насіння вівса впродовж вегетаційного періоду	73
	3.4 Вживанність рослин вівса посівного впродовж вегетаційного періоду	75
	3.5 Ураження рослин вівса хворобами	78
	Висновки до розділу 3	81
РОЗДІЛ 4	СОРТОВА ТА ТРОФІЧНА ОСОБЛИВІСТЬ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ УРОЖАЙНОСТІ ВІВСА ПОСІВНОГО	83

	Висновки до розділу 4		87
РОЗДІЛ 5	УРОЖАЙНІСТЬ ВІВСА ЗАЛЕЖНО ВІД ОСОБЛИВОСТЕЙ СОРТУ ТА УДОБРЕННЯ		89
	5.1	Сортова реакція вівса на види та норми добрив (дослід 1)	89
	5.2	Кластерний аналіз ефективності сортів і добрив у формуванні врожайності	93
		5.2.1. Кластерний аналіз ефективності добрив у середньому за 2021–2023 роки	94
		5.2.2. Кластерне аналізування ефективності варіантів удобрення в середньому за 2021 - 2023 роки для сортів	98
	5.3	Адаптивність сортів вівса до умов вирощування	105
	5.4	Ефективність йодовмісних препаратів за вирощування вівса (дослід 2)	110
	Висновки до розділу 5		118
РОЗДІЛ 6	Сортова та трофічна мінливість якості зерна вівса посівного		120
	6.1	Фізичні показники якості зерна вівса посівного	120
	6.2	Біохімічні показники якості зерна вівса посівного	122
	6.3	Якість зерна вівса за застосування йодовмісних препаратів	128
	Висновки до розділу 6		130
РОЗДІЛ 7	ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ ВІВСА		133
	7.1	Економічна ефективність вирощування вівса посівного	134
	7.2	Енергетична ефективність вирощування вівса	139
	Висновки до розділу 7		143
ВИСНОВКИ			145
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ			149
ПЕРЕЛІК БАУКОВИХ ДЖЕРЕЛ			150
ДОДАТКИ			177

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

$T_{a>5^{\circ}\text{C}}$ – активні температури, біологічний мінімум $> 5^{\circ}\text{C}$

$\sum T_{a>5^{\circ}\text{C}}$ – сума активних температур за біологічного мінімуму $> 5^{\circ}\text{C}$

$T_{e>5^{\circ}\text{C}}$ – ефективні температури, біологічний мінімум $> 5^{\circ}\text{C}$

$\sum T_{e>5^{\circ}\text{C}}$ – сума ефективних температур за біологічного мінімуму $> 5^{\circ}\text{C}$

$T_{a>10^{\circ}\text{C}}$ – активні температури, біологічний мінімум $> 10^{\circ}\text{C}$

$\sum T_{a>10^{\circ}\text{C}}$ – сума активних температур за біологічного мінімуму $> 10^{\circ}\text{C}$

$T_{e>10^{\circ}\text{C}}$ – ефективні температури, біологічний мінімум $> 10^{\circ}\text{C}$

$\sum T_{e>10^{\circ}\text{C}}$ – сума ефективних температур за біологічного мінімуму $> 10^{\circ}\text{C}$

СНУ – сума теплових одиниць

K_c – коефіцієнт суттєвості відхилень

K_{ee} – коефіцієнт енергетичної ефективності

ВВП – вартість валової продукції

д. р. – діюча речовина

МР – маркетинговий рік

шт. – штук

ВВСН – міжнародна шкала росту та розвитку рослин

ВСТУП

Актуальність. Забезпечення населення продуктами харчування – глобальна планетарна проблема, яка своєю чергою обумовлює те, що продовольча система стає головною рушійною силою зміни клімату, виснаження природних ресурсів, забруднення водних і наземних екосистем. Світові кліматичні зміни спричиняють збільшення швидкості змін екологічних чинників – зростання та різкі перепади температур, нерівномірність опадів, повітряні та ґрунтові посухи. Все це впливає на ріст та розвиток рослин, а відтак і на урожайність та якість продукції сільськогосподарських культур. Основою стабільного виробництва продукції рослинництва є формування стійких до біотичних та абіотичних чинників агроценозів із високою адаптаційною здатністю рослин. Продовольчі системи потребують розширення біорізноманіття видів – поліфункціональних у використанні та достатньо толерантних до умов вирощування. Однією з таких культур є овес посівний (*Avena sativa*). Він надзвичайно цінний як у харчуванні людини, так і у забезпеченні кормової бази.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження протягом 2021–2024 рр. було складовою частиною науково-дослідної роботи “Стале виробництво продукції рослинництва для забезпечення продовольчої, енергетичної безпеки за ефективного використання природних ресурсів” (номер державної реєстрації 0123U102166) ініціативної теми “Адаптивність та продуктивність сортів вівса (*Avena sativa* L.) за вирощування в Правобережному Лісостепу України” (номер державної реєстрації 0121U111238), яка виконувалася на базі кафедри рослинництва Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Мета та завдання досліджень. Метою дисертаційного дослідження є теоретичне обґрунтування та встановлення адаптивності сортів вівса посівного. Вивчення особливостей росту та розвитку, формування

урожайності та якості зерна за змінних умов живлення, теплового режиму, забезпечення вологою. Доведення ефективності сірковмісних та йодовмісних добрив та препаратів у технологіях вирощування вівса за різних способів їх застосування шляхом проведення польових досліджень.

Об'єкт досліджень – процес формування продуктивності сортів вівса за впливу кліматичних умов та живлення в Правобережному Лісостепу України.

Предмет дослідження: сорти вівса, добрива, морфологія, фотосинтетична активність посівів, йодовмісне біологічно активне добриво (БАД), польова схожість насіння.

Методи дослідження: 1) польовий – вивчення взаємодії об'єкта досліджень з біотичними та абіотичними факторами; 2) лабораторний, морфологічний, ваговий, інфрачервоної спектрометрії; 3) математичний – дисперсійний, кореляційний.

Наукова новизна результатів дослідження полягає в тому, що для умов північної частини Правобережного Лісостепу України

вперше:

➤ доведено специфічну позитивну реакцію сортів вівса на зростаючі норми добрив та введення в систему живлення сірки, яка підвищує стійкість вівса до вилягання, збільшує диференціацію генеративних органів, знижуючи їх редукацію. Визначено, що комбіноване внесення з макроелементами сірки забезпечує суттєве зростання урожайності та якості зерна вівса;

➤ ідентифіковано антистресову дію препарату з біологічно активним йодом, встановлено достовірну ефективність препарату для захисту рослин вівса від ураження хворобами;

➤ з'ясовано позитивний вплив на диференціацію та зниження редукації генеративних органів, а також значне зростання урожайності рослин вівса за застосування препаратів із біологічно активним йодом;

➤ доведено, що введення в систему живлення сірки або йоду сприяє підвищенню вмісту білка в зерні, зміні його фракційного складу, що пов'язано з ефективнішим використанням азоту за достатнього забезпечення мезоелементами.

удосконалено:

➤ методичне аргументування впливу екологічних чинників (тепловий та режим вологозабезпечення) вирощування вівса шляхом впровадження розрахунку суми теплових одиниць, а також сум активних і ефективних температур, ГТК за біологічно активного мінімуму $+5^{\circ}\text{C}$; обґрунтування адаптивності сортів через розрахунок пластичності та стабільності сортів за урожайністю;

➤ обґрунтування ефективності технологій вирощування із використанням методу кластерного аналізу.

набуло подальшого розвитку: підтвердження розрахунку економічної та енергетичної ефективності технологій вирощування вівса, з огляду на урожайність та якість зерна.

Практичне значення отриманих результатів досліджень полягає в обґрунтуванні та рекомендаціях для впровадження у виробництво адаптивних технологій вирощування вівса за змінних погодних умов через оптимізацію застосування макро- та мезоелементів.

Особистий внесок здобувача. Основні результати експериментальних досліджень та їх теоретичне узагальнення отримано здобувачем самостійно, зокрема визначено мету та завдання дослідження, здійснено аналіз літературних джерел, розроблено програму та схему дослідіду з використанням сучасної методології проведення досліджень. Проведено польові та лабораторні дослідження відповідно до визначених мети та завдань. За темою дисертації проаналізовано вітчизняні та іноземні джерела, зіставлено отримані здобувачем результати із результатами інших дослідників, виокремлено відмінні та спільні риси. За результатами виконаних досліджень

здобувачем самостійно та у співавторстві підготовлено та опубліковано наукові праці.

Апробація результатів досліджень. Основні положення дисертаційного дослідження висвітлено на щорічних атестаціях кафедри, агробіологічного факультету, науково-практичних конференціях, серед яких:

Міжнародна конференція “Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБіП України”, м. Київ, 25–27 жовтня 2023 р.; Всеукраїнська науково-практична online-конференція “Проблеми і перспективи фітоімунітету в селекції рослин”, присвячена 125-річчю з дня народження видатного вченого фітопатолога та селекціонера-імунолога Шевченка Василя Миколайовича”, м. Київ, 10 листопада 2022 р.; 2nd Central European ISTRO Conference (CESTRO) and 8th International Conference of the Czech ISTRO branch. Trends and challenges in soil-crop management. 6–8 September, 2022, Brno, Czech Republic; International scientific-practical conference “Innovation and investment development of the agricultural sector is the key to the country's food security”, Mykolayiv, May 26, 2022.

Публікації. За темою дисертаційного дослідження опубліковано 9 наукових праць, з яких 4 статті у наукових фахових виданнях України та 5 тез наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертація викладена на 188 сторінках. Робота складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, семи розділів (які містять 44 таблиці, 15 рисунків, висновки, рекомендації виробництву), списку використаних джерел, що налічує 214 найменувань (з них 154 джерела – латиницею), додатків.

РОЗДІЛ 1

ЗНАЧЕННЯ ТА ПОТЕНЦІАЛ ПРОДУКТИВНОСТІ ВІВСА ПОСІВНОГО

Продовольчі системи потребують розширення біорізноманіття видів культур, поліфункціональних у використанні та достатньо толерантних до умов вирощування (Springmann, M. et al., 2018; Kalenska, S. et al., 2019). Саме таким є овес посівний. Він не лише забезпечує кормову базу, але і важливий для харчування людини – звідси його надвисока цінність (Yang et al., 2023; Singh, R., De, S., Belkheir, A., 2013, Đekić, V. et al., 2018; Acar, O. et al., 2020; Brunava, L. et al., 2014).

1.1. Стан та перспективи виробництва вівса в світі та Україні

Овес (*Avena sativa* L.) – багатоцільова зернова культура, яка вирощується на зерно, корм, фураж і солону на більш ніж 9 мільйонах гектарів у всьому світі (FAOSTAT, 2020). Традиційно овес вважається культурою Північної та Центральної Європи, Північної Америки з давнім історичним корінням (Coffman, F. A., 1977). Адже саме в цих регіонах найбільш сприятливі погодні умови для росту та розвитку, які забезпечують реалізацію потенціалу сортів на високому рівні.

У світі щороку виробляється близько 23,1 млн тонн вівса. Посівні площі під культурою становлять до 9,4 млн га при врожайності в межах 2,5 т/га. Головними виробниками і продавцями вівса на зовнішніх ринках останніми роками є країни Європейського Союзу і Канада. Вони виробляють до 70% культури в усьому світі і формують світові закупівельні ціни. За ними слідує: Австралія (8,2%), США (4%), Бразилія (3%), Чилі, Аргентина і Україна (World oat Production, 2023). Канада виробляє 4,24 млн тонн зерна, посідаючи друге місце; Польща – третій за величиною виробник вівса (1,21 млн тонн на рік). Сполучені Штати Америки, вирощуючи 771,4 тис. тонн на рік, займають 9 місце. В Україні щороку виробляється близько 422 тис. тонн

зерна вівса – а це 14 місце в світі (World oat Production, 2023; <https://www.atlasbig.com/en-us/countries-oat-production>).

Однак, незважаючи на ці дані, тенденції в світовому виробництві дещо відрізняються: в Канаді і Бразилії виробництво зменшується, а Чилі та Австралія, навпаки, збільшують обсяги.

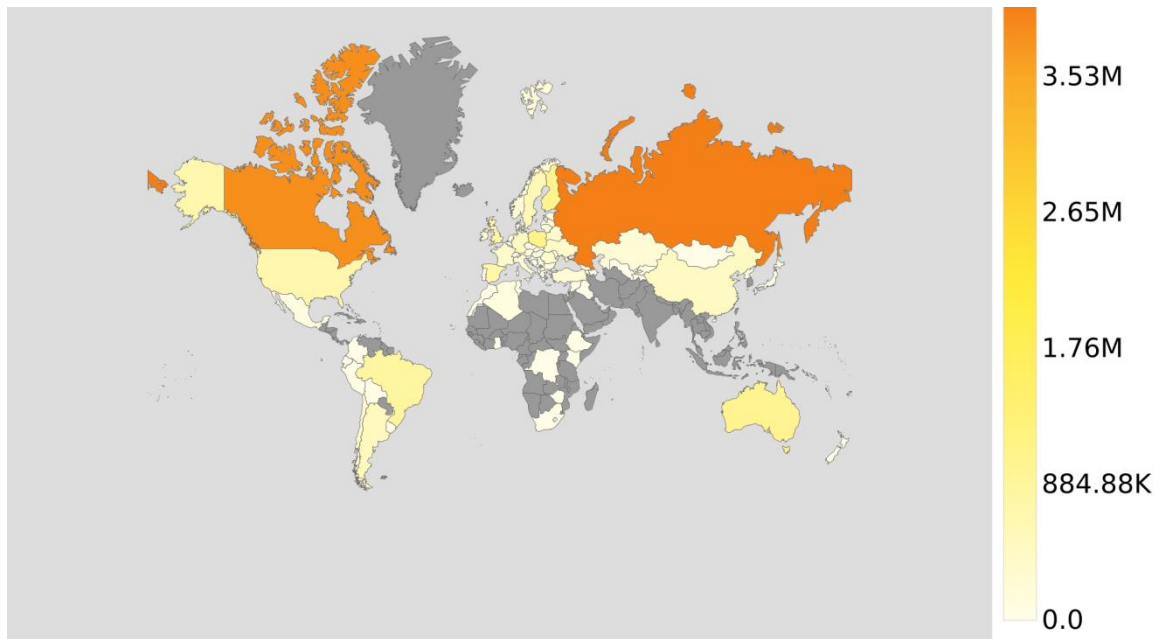


Рис. 1.1. Виробництво вівса в світі, 2019 (FAO Stats)

Урожайність вівса в світі є найвищою в таких країнах: Ірландія – 8,10 т/га; Нідерланди – 5,85; Швейцарія – 5,63; Нова Зеландія – 5,51; Бельгія – 5,23; Люксембург та Чилі – 5,16; Данія – 5,02; Англія – 4,97; Швеція – 4,66; Франція – 4,60. Середня урожайність в Україні складає 2,32 т/га (Commoditi Outlook 2022). Водночас в деяких країнах Африки та Азії вона доволі низька – 0,28–0,93 т/га, що пов'язано з нестачею вологи та високими температурами повітря і ґрунту впродовж активної вегетації рослин.

Зауважимо: овес ефективно вирощувати в сумісних посівах, де можна досягти значно більшого врожаю, зокрема спільно з бобами валова урожайність культур може скласти 9,7 т/га (Allison,R., 2022).

Важливим показником виробництва вівса в світі є виробництво зерна на душу населення, зокрема найбільше у: Фінляндії – 215,2; Латвії – 123,5; Канаді – 113,9; Естонії – 73,8; Швеції – 65,9; Литві – 63,5; Австралії – 45,3; Норвегії – 43,9; Данії – 42,7; Ірландії – 39,7; Україні – 9,99 кг/людину (OECD/FAO (2022)).

Найбільшими імпортерами є Сполучені Штати, Мексика і КНР. Вони імпортують близько 80% обсягів на світовому ринку. Останніми роками імпорт вівса збільшують й інші країни: Алжир, Еквадор ПАР. Імпорт вівса загалом демонструє збільшення популярності культури, що дає “зелене світло” для розвитку цього напрямку і в українській економіці (Alexandratos, N. & Bruinsma, J., 2012).

До речі, в Україні рослина вівса недооцінена фермерськими господарствами – її ринкова цінність не така висока, як у соняшнику або пшениці. До цього варто додати і фактор невисокої зацікавленості зернотрейдерів у закупівлі вівса. Водночас виробництво культури українськими сільгоспвиробниками значно диверсифікувало б експортну галузь, збільшивши рентабельність аграрної сфери в цілому. Варто зазначити, що овес відмінно підходить для виробництва органічних продуктів харчування.

Хоча і протягом століть овес багато важив у сільському господарстві України, але за останні двадцять років обсяги виробництва мають тенденцію до зниження. Максимальні показники виробництва були зареєстровані в 1994–1995 році, далі ж – почали значно зменшуватися, як і урожайність. Ціна на овес в Україні стала також величиною непостійною. Провідне місце в галузі зайняло виробництво таких олійних культур, як: соняшник, ріпак і соя. Максимальні площі під вівсом спостерігаються в західних і північних регіонах, серед яких: Чернігів, Житомир, Львів, Волинь, Рівне. У цих областях зосереджено до 65% виробництва всього вівса в Україні. Досить нерівномірна і урожайність: максимальна – в центральних областях (Вінницька), а мінімальна – в південних регіонах (Херсонська).

Велика частина українського вівса надходить на світовий ринок у вигляді продуктів переробки зернових злаків. Більшість цього товару закупають країни Північної Америки, Азії та ЄС. Поміж них імпортерами є США, Греція, Пакистан, Індія, Латвія та ін. Експорт готової продукції з вівса і посівного матеріалу – доволі перспективний напрямок в майбутньому. Лишається відкритим питання: як же надалі зміниться ціна на український овес? Як вищезазначено, рентабельність виробництва вівса поступається олійним культурам, але все-таки вирощування володіє великим потенціалом розвитку. При цьому не варто ігнорувати оптимізацію: впровадження інновацій, кращих сортів посівного матеріалу, вдосконалення технологій культивування. Безсумнівно, невдовзі овес стане перспективною культурою, адже його важливу роль в раціональному харчуванні та сприянні здоровому способу життя – важко не помітити (Федів Р. В.^а, 2023).

1.2. Значення, цінність вівса та продуктів його переробки

Овес дедалі частіше використовується в харчуванні людини в різних формах: хліб, печиво, напої, макаронні вироби, молоко, йогурт, виготовлений з вівсяного молока, як замітник жиру, стабілізатор для морозива, пластифікатор (Farkas, A., et al., 2023; Welch, R.W., 2012; Webster, F. H., 1986).

Щодо останнього, було встановлено, що вівсянка – найкорисніша каша, здатна запобігти онкологічним захворюванням. Адже поліфеноли, які входять до складу зерна вівса, мають протипухлинну та протизапальну дію. Поза тим, вівсянка ефективно знижує рівень холестерину, цукру в крові, а також ризик виникнення захворювань серця та судин (Соц, С. М., Кустов І. О., 2015).

Протеїни вівса цінуються за їх склад, що дозволяє значно розширювати спектр виробництва дієтичних продуктів (Mel, R., Malalgoda, M., 2021; Hüttner, E. K., 2011; Cheng, M. et al., 2022). Також овес важлива сировина для виробництва безглютенових продуктів високої поживної цінності (Aragiocio-

García et al., 2021). А його проростки є корисною зеленню (мікрогрін), яка ефективно споживається людиною (Tang, S. et al., 2020).

Розглянемо детальніше харчову цінність вівса, яка здебільшого визначається харчовими волокнами – ваговою частиною раціону людини (Đekić, V., et al., 2012). Такі волокна складаються із кількох речовин рослинного походження, які не перетравлюються у верхніх відділах шлунково-кишкового тракту людини. До них належать полісахариди, зокрема: β -глюкани в злаках, арабіноксилани та целюлоза. Харчові волокна розташовані в клітинних стінках зерна. Зовнішні шари, відповідно насіннева оболонка та околоплідник зерна злаку, мають найвищий вміст харчових волокон. Вуглеводи представлені крохмалем, сахарозою, фітиновою кислотою. Овес має більший вміст жирних кислот, порівняно з іншими зерновими з тієї ж помірної зони (пшениця, жито та ячмінь), які знаходяться в зародку (Sterna et al., 2016; Smulders et al., 2018). В його зерні містяться цінні жирні кислоти: міристинова, пальмітинова, стеаринова, пальмітолеїнова, олеїнова, лінолева та ліноленова. Є і низка вітамінів: В1 (тіамін), В2 (рибофлавін), В3 (ніацин, так званий РР від пелагри), В5 (пантотенова кислота), В6 (піридоксин), В8 (біотин), В9 (фолієва кислота), Е, К та сліди вітаміну D. Насичений і мінералами: натрієм, калієм, магнієм, кальцієм, марганцем, залізом, кобальтом, міддю, цинком, нікелем, хромом, молібденом, фосфором, хлором, фтором, йодом, бором і селеном (Paudel, A. et al., 2021; Brunava, L., 2014).

Зауважимо, що якість зерна вівса значно залежить від двох чинників: технології вирощування та системи живлення рослин (Цехмейструк М. Г., 2001). Більше про це – у одному із наступних підрозділів.

1.3. Адаптивність та чинники, які її визначають

Глобальні зміни клімату потребують переоцінки та диверсифікації посівних площ сільськогосподарських культур в цілому та зернових культур

зокрема (Mohammadi, M. et al., 2020; Hatfield J. L., Prueger J. H., 2018; Стариченко, В. М., 2004). Це насамперед пов'язано із забезпеченням продовольчої та енергетичної безпеки (Mihailović A., Jovanović, Lj, Rajičić, V., 2020; Каленська, С. М. et al., 2022; Godfray, H. C. J. et al., 2010). Зміни клімату обумовлюють також перегляд складових технологій вирощування зернових культур, які сприяють підвищенню стійкості рослин та їх адаптивності до умов довкілля (Адаменко Т., Кульбіда М., 2019; Peltonen-Sainio, Jauhiainen, L., Nakala, K. & Ojanen, H., 2009; Olesen, J. E. et al., 2012). Своєю чергою адаптація – це пристосування організму до конкретних умов існування. У окремих рослин вона досягається завдяки фізіологічним механізмам – фізіологічна адаптація, а в агроценозі та популяції організмів чи виду – через механізми генетичної мінливості й спадковості – генетична адаптація (Буняк О.І., 2019).

Відомо, що овес (*Avena sativa* L.) – злакова культура, яка широко вирощується як яра культура в помірних зонах (Welch, R. W., 2012; Coffman, F. A., 1977). Росте у регіонах із вологим кліматом та прохолодним літом, але краще ніж більшість зернових витримує сухі умови (De Francisco A., Federizzi L. C., Setti T., 2019; Sadras V. O., Mahadevan M., Zwer P. K., 2017; Finnan J. M., Hyland L., Burke B., 2018). Овес особливо пристосований до регіонів з прохолодним і вологим літом, таких як Північно-Західна Європа та Канада.

Вважають, що овес менш вибагливий до ґрунту, оскільки використовує вологу з глибоких його горизонтів і поживні елементи з менш розчинних форм завдяки більш розвиненій ніж у жита, ячменю та пшениці, кореневій системі (Hausherr Lüder R.-M., et al., 2018; Sadras V. O., Mahadevan M., Zwer P. K., 2017).

Щодо адаптивного потенціалу сорту, то він надважливий у реалізації генетичного потенціалу (Sanchez et al., 2014; Kalenska et al, 2019; Finlay, Wilkinson, 1963; Dumlupinar, Z. et al., 2011). Сорти вівса мають високу адаптивну здатність та спроможні формувати високоякісне зерно за різних умов вирощування (Buerstmaur H., et al., 2007; Hisir Y., Kara R., Dokuyucu T.,

2012; Mut Z., Akay H., Doğanay Ö., Köse E., 2018). Селекційні та технологічні досягнення можуть бути реалізовані лише за високої адаптивної здатності сорту в умовах виробництва (Buerstmayr et al., 2007; May, 2015; Каленська, С. М., Федів, Р. В., 2024). Тому сорти з відмінним потенціалом врожайності та стійкістю до біотичних та абіотичних стресів є основою сталого виробництва вівса (Hausherr Lüder, 2018; Sadras, 2017; Donald, C. M., Hamblin J., 1976, Marcinkowski, P. Piniewski, M., 2018; Marshall, H. G., 1992; Fetch, J., 2002).

Існують можливості для подальшого розширення вівса в Середземноморському басейні, де формування продуктивності зіштовхуватиметься зі спекотною та сухою погодою (Dumlupinar, Z. et al., 2019). Овес надчутливий до спекотної сухої погоди між появою волоті і дозріванням. Саме тому світове виробництво вівса зазвичай зосереджено між широтами 35 і 65° пн. Він добре адаптується до широкого спектру типів ґрунтів з огляду на те, що на маргінальних ґрунтах може рости краще, ніж інші злакові культури. Загалом чудово росте на різноманітних ґрунтах за температури від 5 до 26°C, а також в регіонах із опадами понад 500 мм (Elsgaard, L. et al., 2012). Мінімальна температура проростання становить 2-3°C, а молоді рослини стійкі до температури до -7°C (Marshall, H. G.; Sorrells, M. E., 1992).

Зростає інтерес до розширення вирощування вівса в південних регіонах України, південних країнах і навіть у субтропічних областях (Польовий А. М., Ільїна А. О., 2020; Мусатов А. Г., 1997; Buerstmayr et al., 2007; Ren et al., 2007; Hoffmann, 1995; Семяшкіна А. О., 2012). Насправді посіви вівса восени зростають в Австралії, на півдні Японії, на півдні Китаю, в помірних районах Південної Америки, Туреччині (Armstrong, Stevens et al., 2004; Wan, 2004; Dumlupinar, Z. et al., 2012). Умови цих регіонів характеризуються м'якою та помірно дощовою зимою, теплою та сухою весною. Тому сівба зернових культур є звичайною практикою. Таким чином, як зерновий, так і фуражний овес, можуть добре підходити для середземноморського клімату (Stevenson, E. J., et al., 2000).

Аби оцінити адаптацію за агрономічними ознаками, було проведено дослідження врожаю впродовж чотирьох сезонів у 6 контрастних місцях уздовж Середземноморського басейну, включаючи Іспанію, Туніс, Єгипет і Палестинські території. Вивчено стабільність стійкості до іржі, на основі розглянутих 32 сучасних сортів вівса різного походження. Проаналізована можливість сівби в осінній період. Отримані наукові доробки дозволили визначити в кожному регіоні найкраще дискримінаційне місце, репрезентативне для цільового середовища та повторюване протягом року, а також генотипи з кращими та стабільними характеристиками для розмноження адаптованого вівса (Sánchez-Martín, J. et al., 2014).

Овес можна також розглядати і як одну з альтернативних ярих культур, коли в окремі роки в передпосівний період сівби озимих зернових культур створюється значний дефіцит вологи і ґрунт неможливо підготувати до висіву (Семяшкіна А. О., 2008; Степаненко С. М., Польовий А. М., 2018; Козар С. Ф., 2000).

1.4. Роль сорту у виробництві вівса. Сорти вівса повинні мати високий потенціал урожайності та відповідати певним критеріям якості зерна, відповідно до цілей використання (Солодушко В. П., 2021; Черчель В. Ю. et al., 2014; Хусаїнов Б. М., 1993; Кравченко А. І., 2023). В Україні в 2010 році введений в дію Державний Стандарт «Овес. Технічні умови» (ДСТУ 4963:2008), який регламентує показники якості для різних класів вівса. В світі та в Україні ведеться робота по селекції та аналізуванню існуючих колекційних зразків, які можна використовувати в селекції (Дацько А., 2017; Баган А.В. et al, 2020). Сучасна селекція спрямована на поширення голозерного та плівчастого вівса (Нечипоренко Л. П., Орлов С. Д., 2022; Лук'янчик Ю. І., 2011). Також в ній популярні біотехнологічні способи, завдяки яким можна отримувати сорти з новими властивостями, а насінневий матеріал – вільний від патогенів (Орлов С. Д., Нечипоренко Л. П., Войтовська В. І., 2022).

В умовах північної частини Лісостепу проводилися комплексні дослідження з вівсом у стаціонарному досліді Інституту землеробства УААН на сірих лісових ґрунтах. Результати показали сортову відмінність щодо реакції на норми добрив, що проявилось через формування різної урожайності та якості зерна (Хусаїнов Б. М., 1993; Цехмейструк М. Г., 2001). В Лівобережному Лісостепу України також експериментально встановлено значну сортову відмінність у рівні урожайності та якості зерна (Троценко В. І., Ільченко, Г. О., Жатова, В. А., 2014).

В Туреччині (Йозгаті) було вивчено врожайність зерна та деякі якісні ознаки його 25 генотипів, вирощених протягом двох років поспіль. Це дослідження виконувалося протягом 2012–2013 та 2013–2014 вегетаційних сезонів (Mut, Z., Kose, Ö., Akay, H., 2017; Maral., H., Dumlupinar, Z., Doğuucu, T., Akkaya, A., 2012). Оцінено урожайність та натуру зерна, висоту рослин, вагу тисячі зерен, вміст і склад зерна (протеїн, жир, зола, клітковина кислотного миючого засобу (ADF), нейтральні детергентні волокна (NDF), β -глюкан і крохмаль). Аналіз зведених даних за два роки показав важливість генотипових відмінностей за всіма ознаками. У середньому за два роки серед генотипів урожайність зерна коливалася від 2,43 (2 пронумерований генотип) до 5,65 т/га, висота рослин від 76,3 до 128,3 см, маса від 41,5 до 52,3 кг, маса тис. зерен від 24,5 до 41,3 г; крупність від 70,4 до 76,6, зольність від 2,52 до 3,43%. Вміст: білка – від 11,1 до 14,3%; жиру – від 5,86 до 8,47%; ADF – від 11,0 до 16,4%, NDF – від 29,5 до 37,3%, β -глюкану – від 1,33 до 2,58%, а вміст крохмалю варіювався від 34,9 до 47,7%. Урожайність зерна суттєво і позитивно корелювала з масою тисячі зерен ($r = 0,253^{**}$) і нейтральним детергентним волокном ($r = 0,160^{**}$). Однак, кореляція між урожаєм зерна з сирих протеїном ($r = -0,216^{**}$) і масою в гектолітрах ($r = 0,246$) була значною і негативною (Mut, Z.; Erbaş Kose, Ö. D.; Akay, H. 2016).

Загалом овес має низку переваг перед іншими ярими зерновими культурами. Тож, поява сортів із різним морфотипом, біологічними особливостями відіграє важливу роль у валовому виробництві зерна вівса

різної якості, залежно від цільового використання (Федів Р. В., 2023; Черчель, В. Ю., Федоренко, Е. М., Алдошин, А. В., 2014; Холод С. М., Іллічов Ю. Г., 2017; Єгорова Т. В., 2003).

Сорти вівса різного регіонального походження різняться щодо морфологічних ознак та особливостей формування урожайності та якості зерна, що обумовлює потребу додаткових досліджень щодо специфічності росту та розвитку рослин вівса в різних зонах його вирощування (Каленська С.М., Федів Р.В., 2023; Ільїна А. О., 2020; Yin, X. et al., 2003; Качанова Т.В. (2014).

1.5. Живлення та формування урожайності вівса. Управління продуктивністю сортів вівса через удобрення – надзвичайно актуальне, з огляду на можливу багатогранність впливу добрив на стійкість рослин до абіотичних чинників, урожайність, якість зерна (Duda et al., 2021; Brown, Zhao, Dobermann, 2021; May, 2015). Оптимальне живлення сприяє реалізації біологічного потенціалу сортів на більш високому рівні (Haider Rezaq, Leiby Mhmood T. et al., 2021; Duda et al, 2021; Maral, H., et al., 2013). Також здатне забезпечувати формування морфотипу підвищеної стійкості до стресових чинників (Mahmoud, R. M. et al., 2021; Monjezi–Zadeh M. et al., 2018; Хусаїнов Б. М., 1993). Використання добрив нового покоління з механізмом спрямованого забезпечення рослин елементами живлення підтримує сучасні тенденції вдосконалення оптимізації живлення сільськогосподарських культур та збереження довкілля (Batsmanova L. et al., 2020).

1.5.1. Роль макроелементів у формуванні урожайності та якості зерна вівса. Дослідження ефективності застосування мінеральних добрив, які містять мікроелементи, свідчать не лише про абсолютний вплив на урожайність та якість зерна (Павленко Т.В., 2008; Качанова Т. В., 2010). Підтверджено і підвищення ефективності використання вологи, інтенсивність росту та розвитку рослин впродовж вегетації, а також накопичення сухої речовини (Amanullah, J., Stewart, B. A, 2013; Сторожук В. В. 2011; Поліщук В. О., Журавель С. В., 2018). Щодо останньої, принагідно

зазначимо, що в зерні пшениці, кукурудзи міститься 1,69 мг/кг сухої речовини; жита – 1,54; ячменю і вівса – 1,81.

За останні 15 років частка вівса (*Avena sativa* L.), що використовується для скакових коней і споживання людиною, неабияк зросла. Розглядається оцінка впливу азоту, строків сівби та сорту на компоненти врожайності та якості зерна вівса за системи прямого посіву (Ahmad, A. H., Wahid A., Fiaz N., Zamir M., 2011). Чотири норми N, три дати сівби та два сорти були протестовані в Індіан-Хед, Мелфорт, Канора, СК, і Брендон, МБ. Урожайність була більш чутливою до підвищення рівня азоту від 15 до 80 кг га-1, за висіву вівса на початку травня, аніж на початку червня. Кількість волотей на одній рослині – той компонент урожайності, на який припадає більша частка збільшення врожаю, досягнутого завдяки збільшенню норм N, тоді як маса ядра була компонентом врожайності, який зменшувався зі збільшенням норми N. Фізичні показники якості насіння погіршувались із затримкою сівби та зростанням дози азотних добрив. Своєю чергою, азотне добриво та дата сівби значно більше вплинули на якість CDC Pacer, ніж AC Assiniboia. Поєднання ж ранньої сівби, належного забезпечення азотом та добре адаптованих сортів має збільшити ймовірність оптимізації врожайності та якості вівса, необхідних для ринків із високою вартістю (May, W. et al., 2015).

За результатами дослідження, проведеними в Румунії з 8 генотипами плівчастого вівса та 2 генотипами голозерного вівса, було доведено, що всі генотипи вівса позитивно реагували на підвищення доз азотних добрив (84, 124, 133, 151 N). Збільшення врожайності сортів вівса було незначним при внесенні 124 кг/га N, однак за додавання 133 N урожайність плівчастих генотипів зростала суттєво і досягала 4,79 у сорту Кура. Діапазон зміни урожайності склав 4,09–4,79. Маса 1000 насінин зростала за збільшення дози до 133 кг/га і змінювалася від 29,6 до 38,6 грамів залежно від сорту. Подальше збільшення дози азоту до 151 кг/га знижувало масу 1000 насінин (Bukan, M. et al., 2015).

В Україні на Полтавській державній сільськогосподарській дослідній станції ім. М. І. Вавилова також виконувались дослідження (впродовж 2021–2022 рр.) з вивчення системи удобрення вівса на чорноземах типових малогумусних важкосуглинкових. Висівали сорт Чернігівський 28 по попереднику кукурудза на зерно. Схемою досліду передбачалося аналізування норм мінеральних добрив: без добрив (контроль); $N_{45}P_{45}K_{30}$; $N_{68}P_{68}K_{45}$; $N_{23}P_{23}K_{15}$; N_{45} ; P_{45} . Внесення мінеральних добрив позитивно впливало на формування урожайності зерна вівса. Так, за використання мінеральних добрив у дозі $N_{45}P_{45}K_{30}$ її показник становив 4,06 т/га, що на 0,71 т/га або 19,7% вище контролю. За збільшення ($N_{68}P_{68}K_{45}$) чи зменшення ($N_{23}P_{23}K_{15}$) вищезазначеної дози добрив на 50% не спостерігали істотного зростання урожайності вівса, а різниця між вищевказаними варіантами удобрення становила лише 0,05–0,08 т/га. За внесення N_{45} та P_{45} урожайність вівса перевищувала контроль, відповідно на 0,51 і 0,28 т/га, однак водночас була нижчою, порівняно із внесенням азоту, фосфору і калію у суміші, відповідно на 4,4–6,3 та 13,1–14,7%. Встановлено, що найбільш доцільне внесення помірної дози мінеральних, зокрема $N_{23}P_{23}K_{15}$, яка забезпечує урожайність зерна на рівні 4,11 т/га. Збільшення вищенаведеної дози мінеральних добрив на 50 і 100% не сприяло значному зростанню зернової продуктивності вівса (Гангур В. В., 2023).

1.5.2. Роль сірки у формуванні продуктивності зернових культур

Сірка – один із найважливіших макроелементів, без якого неможливе життя. Він є складовою низки фітогормонів та всіх рослинних білків. Достатня забезпеченість рослин сіркою – першопричина одержання якісного рослинного білка належної структури, яка ще і стимулює функціонування ферментів у тканинах листків й насінні.

Рослини засвоюють сірку впродовж всієї вегетації – найбільше до фази цвітіння. За рівнем засвоєння рослинами вона посідає четверте місце після азоту, калію і фосфору (Brown, P. H., Zhao, F. J. and Dobermann, A., 2021).

Рівень вмісту сірковмісних сполук контролює стійкість рослин до стресів та пошкодження шкідниками (Mahmoud, R. M. et al., 2021). Цей елемент входить до складу майже всіх білків. Сірковмісною є низка амінокислот: цистеїн, метіонін тощо. Перша стійка органічна сполука, утворена з відновленої неорганічної сірки, – це амінокислота цистеїн. Вона присутня у багатьох ферментах, своєрідне джерело сірки в рослинному організмі, з якого утворюється незамінна амінокислота метіонін.

Сірка бере участь у деяких окисно-відновних процесах. Сірковмісними є окремі вітаміни групи В (тіамін, біотин) і вітамін Н. Сірковмісні органічні речовини підтримують нормальний хід поділу клітин і ріст молодих тканин, впливають на вміст хлорофілу в листках. Залізо сірковмісних білків важливе при переносі електронів у реакціях фотосинтезу і азотфіксації. Сірка підтримує утворення глікозидів фітосанітарної дії. У мінеральному живленні рослин – є третім за значенням елементом після азоту і фосфору.

Потреба у сірці приблизно така сама, як у фосфорі, і залежить від рівня азотного живлення. Її нестача стримує ефективність поглинання азоту. Чим вища норма внесення азоту – тим більше рослини використовують сірку. Недобір одного кілограму діючої речовини цього елемента унеможливило використання майже 10 кг карбаміду. Сірка підвищує *стійкість* зернових культур до вилягання, ураження хворобами, шкідниками, сприяє підвищенню кількості та якості білка в зерні. В олійних культур – підвищує вміст жиру.

За вимогами до сірки рослини поділяють на три групи:

1) найбільш вимогливі: ріпак, гірчиця, капуста, ріпа, цибуля, часник. З середнім урожаєм вони виносять 40 (до 80) кг сірки (S) з 1 га. Найбільш небезпечною є нестача сірки для ріпаку;

2) середньо вимогливі: бобові (горох, соя, люцерна, конюшина та інші), кукурудза, буряки. Вони засвоюють орієнтовно 20-40 кг/га сірки;

3) найменш вимогливі: зернові, трави, картопля. Засвоюють від 12 до 25 кг сірки з 1 га.

Отже, сільськогосподарські культури мають неоднакову потребу в сірці залежно від біологічних особливостей різних видів рослин, фаз їх розвитку, вмісту елементу в ґрунті та атмосферному повітрі. Деякі рослини поглинають сірку на рівні з фосфором. Так, приміром, винос сірки вівсом становить 2,35 кг на тонну зерна, цукровими буряками – 2,4 кг на тонну коренеплодів, з тонною зерна сої – 2,25 кг. Серед зернових культур овес найбільше потребує сірки, яка у синтезі білка відіграє співмірну з азотом роль. Тому при застосуванні азотних добрив порушувати взаємозв'язок між азотним живленням та забезпеченням рослин сіркою категорично не можна. І як показує практика, дуже часто саме брак одного (або відразу обох) з цих елементів лімітує як врожайність, так і якість.

За нестачі сірки затримується синтез білків, нагромаджується азот у небілковій формі або у формі нітратів, зменшується вміст цукрів, жирів, особливо в олійних культурах. За зовнішніми ознаками дефіцит сірки подібний до азотного, оскільки азот і сірка мають схожі функції у метаболізмі рослин – ці елементи використовуються для синтезу білків. Але різниця між ними полягає у тому, що за дефіциту азоту першими страждають старі листки, а за браку сірки – молоді, адже сірка зі старих листків практично не реутилізується. Припиняється ріст і розвиток рослин, листки стають світло-жовтими. Рослини нагромаджують антоціани, листя набуває червоного кольору, згодом весь листок відмирає. Зменшується стійкість рослин проти хвороб, посухи і низьких температур. У бобових культур знижується життєздатність бульбочкових бактерій і синтез хлорофілу.

Зазначимо, що джерелом надходження сірки у ґрунт є органічні та мінеральні добрива. Вміст сірки в одній тонні гною становить 0,5 кг, тобто за внесення 50 т/га гною у ґрунт надходить 25 кг сірки. Можливим джерелом сірки може бути SO_2 , який надходить з атмосфери через породи листкових пластинок, особливо в районах з великою кількістю промислових підприємств та викидів транспорту.

Потрапляння сірки в ґрунт постійно зменшується через поліпшення очистки газоподібних викидів, зменшення кількості промислових підприємств, які стали використовувати чистіші види палива: електроенергію, газ, рідке паливо; внаслідок ширшого використання висококонцентрованих добрив (амофос, хлористий калій) замість сірковмісних, а саме: суперфосфату, калімагнезії тощо.

Сірка не зв'язується частинками ґрунту – сульфатна, подібно до нітратного азоту, переміщується вниз по ґрунтовому профілю, забруднюючи ґрунтові і природні води. Втрати сірки внаслідок вимивання досягають 15-80 кг/га або майже 50% її надходження з мінеральними добривами й атмосферними опадами. Тому удобрення сіркою про запас малоефективне.

За вирощування культур відповідно до інтенсивних технологій, які передбачають внесення високих доз азоту, обов'язковою умовою є внесення відповідної кількості сірки – дефіцит якої лімітує ефективність азоту. Дефіцит сірки проявляється за інтенсивних технологій вирощування, на легких ґрунтах, полях, де часто вирощується ріпак чи інші капустяні культури. Його можна встановити аналітичним методом. Видимі ознаки дефіциту сірки фіксуються при дуже значній нестачі цього елемента живлення. Симптоми нестачі з'являються у зернових культур тоді, коли на початку виходу в трубку в листовій масі вміст її нижчий 1,2 мг на грам сухої речовини або співвідношення азоту до сірки $>17:1$.

Відомо, що у складі білка співвідношення азоту та сірки 15 до 1, однак ця пропорція не є сталою для усіх культур. Співвідношення азоту до сірки має становити 10:1 – 5:1 (на одну частину сірки повинно припадати 5–10 частин азоту). Приміром, у зерні пшениці відношення N:S становить 16:1, а в ріпаковому – 6:1. На ґрунтах із низьким вмістом доступної сірки співвідношення азоту до сірки складає 5-7:1; бідних на фосфор і сірку – становить 3:1 (Brown, P. H., Zhao, F. J., and Dobermann, A., 2021). Однак, при діагностиці опиратися лише на співвідношення азоту та сірки не можна, оскільки правильні пропорції можна отримати і за низького вмісту обох

елементів. Поза тим, надлишок азоту може бути неправильно трактований, як і дефіцит сірки.

Щодо добрив, то сірчані (сульфат амонію, суперфосфат тощо) необхідно вносити в основне удобрення або перед сівбою, а на пасовищах – поверхнево. Для більшості культур норма внесення сірки на легких за гранулометричним складом ґрунтах становить 50–60, а середніх і важкосуглинкових – 60–90 кг/га. Насамперед сірку вносять під хрестоцвіті (ріпак, гірчиця, суріпиця), бобові (соя, горох, трави), коренеплоди, картоплю, кукурудзу.

Загалом всі зернові мають середню потребу в **сірці** – для формування одного центнера зерна (14% вологості) необхідно 0,2–0,25 і 0,15–0,2 кг сірки для формування центнера соломи (86% СР). Поки її вміст у повітрі був високий, унаслідок викидів промисловості і домашніх печей, рослинам її вистачало. Окрім цього, вони використовують сірку з інших мінеральних і органічних добрив, яка в них є. Але через зменшення емісії сірки в повітря і зниження використання добрив, у яких вона є, поглинання сірки, наприклад, в Німеччині вище, ніж її емісія.

Особливо на легких ґрунтах, якщо не вносяться органічні та сірковмісні мінеральні добрива, спостерігаються симптоми хлорозу, спричинені її нестачею. Дефіцит сірки значно знижує хлібопекарські якості пшениці і жита, причому погіршення якості виникає раніше, ніж знижується врожайність. Високих урожаїв можна досягати за мінімального забезпечення сіркою на рівні 4 мг S/г СР. Її вміст в ґрунті визначають разом з N_{\min} на початку вегетації. Нормативними або заданими показниками вважають для всіх зернових 30 кг S/га. За дефіциту елемента вносять сірковмісні (азотні або калійні) добрива до вегетації. За гострого дефіциту сірки (хлороз) можна провести позакореневе підживлення рослин розчином сульфату магнію.

Так ми і дійшли до визначення впливу азотних (N) і сірчаних (S) добрив на врожайність і якість ярого вівса та обмін N і S у овець. Вісімнадцять метисів метеорологічних ягнят (приблизно 30 кг) отримували

овес удобрений N (0,138 кг N/га у вигляді сечовини) та S (0, 30 і 60 кг S/га у вигляді гіпсу), випадково розподілених на шість обробок в експерименті факторного дизайну 2×3. На ґрунтах з дефіцитом S та N добриво збільшило суху речовину (DM) на 10,5 та 71,9%, а вихід сирого протеїну (CP) вівса на 11–13 та 94,5%, але не було взаємодії між N та S добривами. Удобрення S підвищило вміст S у вівсі з 0,14 до 0,29% і значно знизило співвідношення N:S з 14,4 до 7,22. Спостерігалася значна взаємодія між N і S щодо вмісту N. Удобрення N і S значно підвищило очевидну засвоюваність сухої речовини вівса приблизно на 4%, але не вплинуло на споживання (г/кг BW^{0,75}). Споживання сухої речовини становило майже 60 г/кг BW^{0,75} для всіх обробок. Зауважимо, що N збільшував середньодобовий приріст ягнят на 62,4–78,6%, якщо вводити S, що вдвічі перевищує приріст без постачання S, але взаємодії між N і S не фіксувалося. На утримання азоту вплинула взаємодія між заплідненням азотом і сіркою. Утримання азоту та використання азоту позитивно корелюють із споживанням азоту. Співвідношення N:S у вівсі позитивно корелювало з метаболізмом N. Удобрення підвищило ефективність використання азоту, і навпаки. Критичні рівні загального S у вівсі становили 0,20 і 0,23%, а критичні рівні співвідношення N:S були 17,0 і 15,7 для максимального врожаю DM і CP відповідно. Критичні рівні вмісту S та співвідношення N:S для максимального середньодобового приросту ягнят складали 0,26% та 10,5 відповідно. Таким чином, у діагностиці статусу S у системах ґрунт–корм–тварина використання загального співвідношення S та N:S у бадиллі корму для максимального виходу сирого протеїну є кращим, ніж для максимального врожаю сухої речовини. Адже значення, пов'язані з вимогами до максимальних добових приростів ягнят, аналогічно використанню комбінації загального співвідношення S і N:S, є кращими, ніж лише N:S (Wang, S. P. et al., 2002).

У 2018–2019 роках на експериментальній станції Університету Мутанни, провінція Аль/Аль-Варка, було проведено польовий експеримент з

вивчення впливу різних обробок азотом і сіркою на ріст та врожайність зерна вівса. Досліджували чотири норми азотних добрив (0, 60, 120, 180) кг N/га та три сільськогосподарські обробки сіркою (0,1000,2000) кг S/га. Результати показали значну перевагу норми 180 кг N/га за врожайністю, висотою рослини 100,9 см; кількістю зерен в волоті – 49,5 зерен/волоть; кількістю волотей – 424,7 волотей /м², співвідношенням стебла до листя – 6,713. Урожайність зеленої маси (корм) склала 25,08 т/га, а врожайність зерна – 3,667 т/га. Підтверджено значну перевагу внесення 2000 кг S/га. Підсумки взаємодії між рівнями добрив азоту та сірки – значні: висота рослин сягала 107,06 см, а урожайність зелених кормів була на рівні 25,78 т/га (Mahmoud, R. M., et al., 2021).

1.5.2. Значення йоду для росту та розвитку рослин та його застосування в технологіях вирощування польових культур

Йод – незамінний елемент, необхідний для правильного розвитку і функціонування організму людини та тварин. Близько 2 мільйонів людей потерпають від дефіциту йоду в харчуванні (прихованого голоду цього мікроелемента), а 50 мільйонів страждають на йододефіцит (Сакмак, І., et al., 2020; Gonzali, S. et al., 2017). Значне збільшення концентрації йоду в зернових може сприяти профілактиці дефіциту йоду в популяціях людей з низьким споживанням його з їжею (Zia, M. H. et al., 2015).

Саме на збіднілих (безйодових) ґрунтах виникає його дефіцит. Як наслідок – фіксується низький рівень у харчових продуктах і, отже, недостатнє споживання людиною (Golob, A., 2020; Zimmermann, M., & Andersson, M., 2012). Для забезпечення належного надходження йоду до населення (наприклад, йодування кухонної солі), як альтернативу, можна використовувати біозбагачення рослин йодом. А це, своєю чергою, є активною сферою досліджень із дуже актуальними результатами. Слід звернути увагу на біофортифікацію посівів, про яку говоритимемо нижче, агротехнічні (зокрема генетично-селекційні) методи, способи застосування

добрив (Мао, Н. et al., 2014; Medrano-Macías, J., 2016). Не менш важливе і позакореневе підживлення – найкращу біологічну доступність для рослин мають водорозчинні форми йоду при позакореновому внесенні.

Йод у рослинних об'єктах міститься в органічній та неорганічній формах. Маловідомі хімічні форми йоду в рослинних тканинах. Однак неорганічний йод, зокрема йодид (I⁻), здається, переважає. Рослини також можуть включати йод в органічні молекули, такі як йодсаліцилати, йодобензоати (Smoleń et al., 2020), монойодтирозин (MIT), дийодтирозин (DIT) і трийодтиронін (T3) (Eales, 1997; Smoleń et al., 2020). Цікаво, що MIT і DIT відіграють ключову роль у фізіології хребетних, оскільки вони є попередниками двох гормонів щитовидної залози (THs) трийодтироніну (T3) і L-тироксину (T4), як частини білка тиреоглобуліну (Zimmermann et al., 2008).

Ніколи не повідомлялося про наявність тиреоглобуліноподібного білка в рослинах, а метаболічна роль молекул MIT, DIT і T3, якщо такі є, і механізм їх біосинтезу – досі невідомі. Втім, йодування білка було підтверджено дослідженнями з декількома видами морських водоростей (Ноч та ін., 2000).

Галогени є найменш представленою хімічною групою мікроелементів у живленні рослин. Хлор – єдиний мікроелемент, нині визнаний у фізіології рослин, завдяки його регулюючій дії в реакціях перенесення протона у фотосистемі II. Вивчаючи вплив різних концентрацій і форм йоду на ріст кількох сільськогосподарських культур, вчені його називають йод-мікроелементом для рослин (Lehr, J. J., 1958; Sakmak, I., 2020).

Про роль йоду в фізіології рослин мало даних. Kiferle, C. et al. вивчали місце йоду в живленні рослин, використовуючи різні експериментальні підходи. Отримані результати вказують на функціональну участь йоду в живленні рослин. Було проведено оцінювання впливу низьких концентрацій йоду на фенотип, транскриптом і протеом *Arabidopsis thaliana*. Йод у чітко визначеному діапазоні концентрацій позитивно впливає на фенотип рослин.

Експерименти показали, що видалення йоду з живильного розчину шкодить росту рослин, а введення його в мікромолярних концентраціях сприяє накопиченню біомаси та призводить до більш раннього цвітіння рослин. Найголовніше те, що йодування білка спостерігалось вперше. Ці наукові доробки переконливо свідчать про роль йоду як елемента живлення для рослин (Kiferle, C. et al., 2021).

Встановлено, що застосування йоду задля захисту рослин від хвороб регулює експресію кількох генів, які переважно беруть участь у захисній реакції рослин. Це вказує на те, що йод сприяє підвищенню стійкості рослин як до біотичного, так і абіотичного стресу. Було також продемонстровано організацію та функціональну роль йоду в білках. Йодовані білки, виявлені в пагонах, здебільшого пов'язані з хлоропластом і функціонально залучені до фотосинтетичних процесів, тоді як йодовані – в коренях переважно пов'язані з дією різних пероксидаз (Kiferle, C. et al., 2021).

Зростає кількість останніх досліджень, які повідомляють про вплив йоду на ріст рослин. Вони зосереджені на користі збільшення вмісту йоду в рослинах, як біозбагачувача для здоров'я людини та тварин (Medrano-Macías та ін., 2016; Gonzali et al., 2017). Тканини рослин зазвичай підвищують вміст йоду після його екзогенного введення. Проте присутності йоду як мікроелемента/забруднювача в ґрунті/поживному розчині/атмосфері неможливо уникнути, що запобігає легкому спостереженню ефектів, пов'язаних із наявністю/відсутністю цього елемента. Тому функціональна роль йоду, як елемента живлення для рослин, могла бути замаскованою.

Рослини можуть поглинати йод через кореневу систему або через надземні органи або їх окремі структури (продихи і кутикулярні воски) (Medrano-Macías et al., 2016; Gonzali et al., 2017), переміщувати його головним чином через ксилематичний шлях і випаровувати у вигляді метилйодиду (CH_3I) через дію ферментів галогенід-іон-метилтрансферази (НМТ) і галогенід/тіол-метилтрансферази (НТМТ) (Medrano-Macías et al., 2016; Gonzali et al., 2017).

Ймовірно, йод бере участь у кількох фізіологічних і біохімічних процесах (Medrano-Macías et al., 2016; Gonzali et al., 2017). Наявність низьких концентрацій йоду часто пов'язана зі сприятливим впливом на ріст рослин, продукцію та стресостійкість, тоді як токсичні ефекти спостерігаються при застосуванні йоду у високих концентраціях, особливо в I-формі, яка більш фітотоксична, ніж йодат (IO_3^-) (Voogt та ін., 2010; Medrano-Macías та ін., 2016; Gonzali et al., 2017; Incrocci, L. et al., 2019). Порогові значення для корисних або токсичних концентрацій були визначені для всіх мікроелементів. Цікаво, що концентрації йоду, доданого до поживних розчинів, які пов'язані з позитивним впливом на рослини (приблизно 102–104 нМ), можна порівняти із подібним ефектом інших елементів, описаних як мікроелементи в рослинному живленні, припускаючи, що йод може відігравати подібну роль у живленні рослин (Kalenska, S. et al., 2022; Medrano-Macías та ін., 2016; Gonzali et al., 2017).

Під час польових випробувань на Лесовому плато в Китаї, із сухим кліматом і низькою доступністю поживних речовин у ґрунті щодо біозбагачення мікроелементами (зокрема і йоду), на пшениці озимій, кукурудзі, сої, картоплі, ріпаку та капусті було встановлено, що внесений у ґрунт йодат калію виявився ефективним лише для підвищення концентрації його у листі капусти та ріпаку, а біофортифікація інших культур не була доведена (Мао, Н., 2014).

Кукурудза, пшениця та рис також можуть бути ефективно біозбагачені йодом, що було доведено дослідженнями Сакмак та ін. (Сакмак, I. et al., 2017). Так, позакореневе внесення йодовмісних добрив дуже дієве для підвищення концентрації йоду в зерні пшениці, рису та кукурудзи. Представлені дані свідчать про те, що йод переміщується від пагона до зерна шляхом транспортування у флоемі. Обприскування KIO_3 з нормою 0,05% мас./об. пропонується як оптимальна форма та норма для використання в агрономічній біофортифікації йодом (Сакмак, I. et al., 2020).

Внаслідок досліджень індійських вчених, виконаних на сортах рису басматі шляхом позакореневого підживлення йодом, встановлена його ефективна дія. Було відзначено вищу врожайність сортів рису та підвищення концентрації йоду в зерні. Результати також показали наявність генотипової варіації відповідно до позакореневого обприскування мікроелементами та продемонстрували, що позакореневе внесення суміші I, Se та Zn може бути ефективною одночасною стратегією біозбагачення зерна рису цими мікроелементами для вирішення прихованої проблеми йодного голодування серед населення азійських країн (Naeem, A. et al., 2021).

Згідно з дослідженням польських науковців Університету Марії Кюрі-Склодовської, внесення йоду сприяє пришвидшенню появи та підвищенню рівномірності сходів сільськогосподарських культур. Здобуто результати аналізування біофортificaції при внесенні йоду в ґрунт у вигляді КІО₃, за концентрації 7,5 кг га – 1, 10 мг (кг ґрунту) – у поживному розчині. Ефективністю відзначилося обприскування листя КІ 0,5 кг/га. При вищих концентраціях, відповідно, змінюється: негативний, нейтральний або позитивний вплив, залежно від виду рослини. Доведено також ванадійзалежну активність йодпероксидази в рослинах салату (Smoleń, S. et al., 2020). Рівень активності vHPO в рослинах кукурудзи на ранній стадії їх розвитку після внесення в ґрунт метаванадату амонію разом з органічними (5ISA, 2IBeA) і неорганічними сполуками йоду (КІ, КІО₃) також перевірили Grzanka, M. et al. (Grzanka M., et al., 2022; 2021). Визначено, що у всіх трьох дослідках найвищий рівень накопичення йоду в зерні виявлено після внесення 2IBeA; вегетативні частини цукрової кукурудзи відрізнялися вищим рівнем накопичення йоду, ніж зерно, незалежно від форми йоду, що застосовувався.

Проаналізувавши наукові джерела літератури, можна зауважити, що дослідження з впливу йоду не обмежуються лише агротехнічними заходами та біофортificaцією на об'єктах сільськогосподарських культур. Так, за даними Pattanaik A. K. та ін., введення до раціону кіз борошна з листя лейцени та йоду (у вигляді розчину йодиду калію) у дозі 0,25 мг/голову/день

показало, що концентрація глюкози в крові була значно вищою ($P < 0,05$) у групі LLI тварин, яких годували лейценою з йодом (Pattanaik, A., Khan, S., & Goswami, T., 2007; Zia, M. H., et al., 2015). В інших індексах метаболічного профілю не було очевидних змін через дієтичні втручання. Крім того, концентрація T4 в групі LLI залишалася подібною до контрольної, що свідчить про позитивний вплив добавок йоду. Останні виявилися частково ефективними для потенціювання реакції. Підсумовуючи, додавання йоду можна прийняти як стратегію для пом'якшення негативних наслідків через додавання в дитячий раціон борошна з листя лейцени, що сприяє росту організму. На жаль, основним недоліком є поточна відсутність надійних протоколів біозбагачення йодом важливих основних культур, таких як рис, пшениця, кукурудза та інші. Такі протоколи будуть ефективними в країнах і територіях із дефіцитом йоду.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

Аналізування наукових джерел, пов'язаних з питаннями, розглянутими у дисертаційній роботі, вказує на актуальність дослідження. Підтверджено цінність вівса посівного (*Avena sativa*) в харчуванні людини, забезпеченні кормової бази. Встановлено, що продукти його переробки майже незамінні серед харчових продуктів. Однак, останніми десятиріччями площі під вівсом значно скорочуються. Причина – специфіка ринку зерна. Дається взнаки і доволі низький рівень наукових досліджень за напрямом “селекція та насінництво”. Тож, слід надавати увагу питанням розробки адаптивних технологій вирощування вівса – правильному підбору сортів та оптимальному забезпеченні їх потреб. Адже наукові напрацювання містять недостатньо інформативних даних щодо необхідності макро-, мезо- та мікроелементів у насінні вівса, зокрема з огляду на зміни клімату.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Місце проведення досліджень

Вивчали адаптивність сортів вівса посівного в 2021–2023 роках. Встановлювали вплив кліматичних умов, а також живлення, на формування його продуктивності в стаціонарному досліді кафедри рослинництва, ВП НУБіП України “Агрономічна дослідна станція” (с. Пшеничне Васильківського району Київської області). Дослідна станція розташована в північно частині Правобережного Лісостепу та входить до складу Білоцерківсько-Миронівського природно-сільськогосподарського регіону, Білоцерківського агроґрунтового району. Лабораторні експерименти проводили на базі ННЛ “Аналітичні дослідження в рослинництві”.

Полеві досліді закладались на рівнинному рельєфі. Ґрунтовий покрив господарства включає кілька різновидностей. Однак, переважав – чорнозем типовий малогумусний, крупнопилувато-легкосуглинковий (на лесі) за механічним (гранулометричним) складом із такими морфологічними ознаками:

$H_{(к)}$ 0-55 – гумусовий горизонт – темно-сірий, крупнопилувато-середньосуглинковий, зернисто-комкуватий в орному і зернистий – в підорному шарі, ущільнений, з великою кількістю червоточин; перехід до наступного горизонту поступовий.

HP_k 55-115 – гумусовий перехідний – темно-сірий, грубопилувато-середньосуглинковий, із зернисто-комкуватою структурою; наявні червоточини і кротовини. Перехід до наступного горизонту поступовий.

Ph_k 115-180 – нижній перехідний горизонт до породи – сірий, легкосуглинковий, не щільний, комкувато-призматичної структури.

P_k 180-210 – частково палевий карбонатний лес.

Варто зауважити, що вищеописані ґрунти займають 54,6% ґрунтового покриву зони Лісостепу України.

Агрохімічні та водно-фізичні показники типового малогумусного чорнозему, на фоні якого проводилися польові дослідження, наведені в табл. 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1.

Агрохімічна характеристика чорнозему типового малогумусного (за даними ВП “АДС” НУБіП України)

Шар ґрунту, см	Вміст гумусу, %	pH сольової витяжки	Кількість карбонатів, %	Ємність поглинання, мг-екв на 100 г ґрунту
0-10	4,53	6,87	-	31,9
35-45	4,38	7,30	1,66	32,0
70-80	1,36	7,30	9,20	19,1
130-140	0,86	7,30	10,50	15,0
210-230	-	7,30	9,70	-

Вміст гумусу в орному шарі (за Тюрінім) становив 4,39-4,53%; рН сольової витяжки – 6,9-7,3; ємність поглинання – 30,7-32,0 мг-екв на 100 г ґрунту.

Даний тип ґрунту значно насичений валовими і рухомими формами поживних речовин. Так, вміст загального азоту у шарі 0-20 см (за Кельдалем) – 0,27-0,31%, загального фосфору – 0,15-0,25%, калію – 2,3-2,5%. Вміст рухомого фосфору (за Мачигінім) складає 4,5-5,5 мг на 100 г ґрунту, а обмінного калію – 9,8-10,3.

Орний шар зернисто-пилуватої структури, а підорний – горіхувато-зернистої. Гранулометричний склад ґрунту характеризується високим вмістом фракції “грубий пил” – 49,9%; “глина” – 34,8%; “мул” – 23,1%.

Таблиця 2.2.

Гранулометричний склад ґрунту дослідного поля

Класифікація за розміром фракції	Середньосуглинковий, грубо-пилувато-мулистий
Пісок 1-0,05 мм, %	9,0
Грубий пил 0,05-0,01 мм, %	49,9
Пил 0,01-0,001 мм, %	18,1
Мул < 0,001 мм, %	23,1
Глина < 0,01 мм, %	34,8

Ґунтові води залягають на глибині 2-4 м, а материнська порода розташовується на глибині 180-210 см і містить 9-11% карбонатів кальцію (табл. 2.3).

Таблиця 2.3.

Водно-фізичні властивості чорнозему типового малогумусного (за даними ВП "АДС" НУБіП України)

Глибина горизонту, см	Щільність, г/см ³	Загальна пористість, %	Максимальна молекулярна вологоємність, %	Вологість стійкого в'янення, %	Повна вологоємність, %	Полюва вологоємність, %
5-25	1,25	52	13,6	10,8	28,2	41,6
25-45	1,16	55	13,2	10,7	27,3	47,4
80-100	1,27	52	12,3	9,8	25,6	41,0
135-155	1,20	54	-	-	21,5	45,0
185-205	1,20	56	12,0	9,6	14,6	48,3
230-250	1,55	42	-	-	22,1	27,1

До складу мінеральної твердої фази ґрунту входить 37% фізичної глини, 63% піску. Щільність ґрунту в рівноважному стані становить 1,16–1,25 г/см³, вологість стійкого в'янення – 10,8%

2.2. Погодно-кліматичні умови регіону та метеорологічні умови років проведення досліджень

Для формування продуктивних та високоврожайних сільськогосподарських культур надважливі метеорологічні умови місцевості. Даний фактор може бути вирішальним критерієм доцільності вирощування сортів вівса у певному регіоні. Тому значна увага надається аналізу погодних умов, що склалися за період проведення досліджень.

Клімат місця розташування дослідної станції – помірно континентальний. Розглянемо детальніше середні температури, які за рік склали 6,5-7,0°C з відносною вологістю 79%; за найтепліший місяць (липень) – 19,6°C тепла, а найхолодніший (січень) – 6,9°C морозу. Сумарна сонячна радіація досягала 90-94 ккал/см² (3838,5-4051,8 Мдж/м²) за рік, а на частину сумарної ФАР (фотосинтетично-активної радіації) припадало 39 ккал/см² (1663,4 Мдж/м²) за період вегетації з температурою повітря вище 5°C.

Найменші показники відносної вологості повітря спостерігаються в травні і складають 45%. Щодо зимового часу, то середня *тривалість безморозного періоду* дорівнює 165 днів. Взимку середньодобова температура повітря може досягати позитивних значень (0-2), а іноді 5°C тепла, що спричиняє відлиги. Сніжити починає вже у листопаді, а стійкий сніговий покрив утворюється в третій декаді грудня. Середня глибина промерзання ґрунту складає 40-50 см.

Тривалість теплого періоду року з позитивною добовою температурою повітря ($t > 0^\circ\text{C}$) складає 245 днів, зокрема: тривалість вегетаційного періоду більшості сільськогосподарських культур ($t > 5^\circ\text{C}$) – 201 день, періоду активної вегетації сільськогосподарських культур ($t > 10^\circ\text{C}$) – 159 днів і найбільш забезпеченого теплом періоду ($t > 15^\circ\text{C}$) – 109 днів.

Перехідні періоди (весна, осінь) мають здебільшого затяжний, нестійкий характер, але в середньому переважають теплі весни з достатніми (160-180 мм) запасами продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, і теплі, хоч і сухі, перші половини осінніх періодів.

Загалом перехід температури повітря весною і восени через 0°C відбувається 19 березня і 19 листопада; через 5°C – 8 квітня і 26 жовтня; через 10°C – 26 квітня і 2 жовтня.

Вегетаційному періоду 2022 року були притаманні свої особливості погодних умов, які обумовили формування урожайності вівса на дещо нижчому рівні, порівняно з 2021 та 2023 роками.

Погодні умови років проведення досліджень різнилися за середньодобовими, мінімальними та максимальними температурами, а також за кількістю опадів. Роки проведення досліджень, особливо 2022 та 2023 рр., були подібними за суттєвого перевищення середньодобових температур, порівняно з багаторічними даними. (табл. 2.4).

Таблиця 2.4.

Середньодобові температури повітря (за даними Фастівської метеостанції)

Рік	Декада	Місяць							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2021	1	1,3	-6,0	-0,1	5,5	11,7	16,4	22,8	10,9
	2	-9,5	-9,9	1,3	8,3	14,3	20,3	24,4	19,9
	3	-0,7	2,7	4,1	7,9	15,1	23,7	22,0	17,1
	<i>місяць</i>	-3,0	-4,4	1,8	7,2	13,7	20,1	23,1	19,3
2022	1	1,4	-0,4	-1,0	6,2	12,8	20,0	21,5	20,0
	2	-3,4	1,7	-0,7	6,4	14,3	20,3	17,3	21,2
	3	-2,8	3,0	7,2	10,7	15,2	21,4	21,2	22,6
	<i>місяць</i>	-1,6	1,4	1,8	7,8	14,1	20,6	20,0	21,3
2023	1	0,7	-3,5	1,5	6,8	11,0	18,1	21,2	21,4
	2	-0,1	-3,5	3,2	8,8	16,7	19,1	20,9	22,6
	3	-1,8	0,4	7,4	10,2	18,1	20,0	19,6	23,5
	<i>місяць</i>	-0,4	-0,7	4,0	8,6	15,3	19,1	20,6	22,5
Багаторічні дані за місяць		-5,9	-4,4	0,3	8,4	14,9	17,8	19,0	18,4

За даними метеорологічного посту Агрономічної дослідної станції НУБіП України, в середньому за рік випадає 562 і за вегетаційний період – 354 мм *опадів* (63% річних). Протягом року вони розподіляються нерівномірно: навесні випадає 126 мм (22,4% річної кількості), влітку – 204 (36,3%), восени – 106 (18,9%), а взимку – 126 мм (22,4%).

І справді, опади впродовж вегетаційного періоду вівса були нерівномірними, переважно у вигляді злив. Рослинам тривалий час бракувало достатньої кількості вологи. В цілому, з погляду вологозабезпечення, найсприятливішим для вівса був 2023 рік – в передпосівний період і одразу після сівби випала значна кількість опадів. Звідси і висока польова схожість рослин, зниження їх редукції, інтенсивний ріст стебел, збільшення кушення (табл. 2.5).

Таблиця 2.5.

Сума опадів, мм, за даними Фастівської метеостанції

Рік	Декада	Місяць							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2021	1	21,8	37,4	5,2	8,9	22,7	28,4	29,1	17,4
	2	4,4	18,8	14,2	5,3	47,7	22,3	84,0	10,9
	3	34,5	0,6	0,8	8,5	64,5	10,0	4,6	45,7
	<i>місяць</i>	60,7	56,8	20,2	22,7	134,9	60,7	117,7	74
2022	1	18,4	7,4	9,9	19,5	0,0	13,3	1,9	18,2
	2	8,6	5,7	0,0	3,7	3,9	7,6	24,6	13,1
	3	20,0	1,3	1,3	26,0	19,5	18,5	1,3	4,6
	<i>місяць</i>	47,0	14,4	11,2	49,2	23,4	39,4	27,8	35,9
2023	1	8,2	13,5	5,0	71,7	0,0	26,8	7,9	1,7
	2	3,2	5,9	12,7	24,3	0,3	8,0	14,5	0,0
	3	7,1	12,9	27,2	11,5	1,4	31,9	35,1	23,9
	<i>місяць</i>	18,5	32,3	44,9	107,5	1,7	66,7	57,5	25,6
Багаторічні дані за місяць, Біла Церква		27,5	35,9	27,2	30,5	41,4	63,7	56,9	43,9

Надалі також періодично фіксувалися опади, що сприяло диференціації більшої кількості генеративних органів та зниженню їх редукції, зокрема в найбільш посушливому 2022 році. Це негативно позначилось на рості та розвитку рослин, а відтак – на урожайності вівса. В 2021 році умови вологозабезпечення були відносно сприятливими, але все ж дуже нерівномірними.

Щодо середньодобової температури за роки проведення досліджень, то вона переважно відповідала середнім даним температур, за окремими винятками: для 12 (16,7%) декад було відзначено, що середньодобові температури суттєво перевищували багаторічні дані, а для 11 декад (15,3%) притаманним було значне зниження показників. На це вказують дані наступної таблиці.

Таблиця 2.6.

Коефіцієнти суттєвості відхилень середньодобових температур від багаторічних даних

Рік	Декада	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2021	1	0,4	-1,2	-0,2	-1,0	-0,1	-1,0	1,1	-1,1
	2	0,7	-1,6	0,0	0,4	-0,6	0,6	1,0	-1,0
	3	1,1	0,4	-1,2	-1,1	-0,6	1,1	0,9	-1,1
2022	1	0,7	1,3	-0,9	0,1	1,1	1,0	-0,4	0,5
	2	0,2	1,5	-1,0	-1,1	-0,6	0,6	-1,0	0,0
	3	1,0	0,5	0,5	0,7	-0,5	-0,2	0,2	0,4
2023	1	1,1	-0,1	1,1	1,0	-0,9	0,0	-0,7	0,7
	2	0,9	0,1	1,0	0,8	1,2	-1,2	0,0	1,0
	3	0,0	-0,9	0,6	0,4	1,2	-0,9	-1,1	0,7
Середньодобова температура повітря, багаторічні дані		-5,9	-4,4	0,3	8,4	14,9	17,8	19,0	18,4

Опади в усі роки проведення досліджень були досить нерівномірні і переважно їх було недостатньо – 44 декади з 72 декад, з цих 44 – 21 декада

характеризувалася значною нестачею опадів, а для 1 декади умови були наближені до рідкісних (табл. 3). Лише 10-ти декадам за кількістю опадів властиві значні їх перевищення, порівняно з багаторічними даними. Слід зауважити, що посушливі умови були переважаючими в період активної вегетації культури в 2022 році та в окремі періоди 2023-го.

Таблиця 2.7.

Коефіцієнти суттєвості відхилень суми опадів від багаторічних даних

Рік	Декада	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2021	1	1,3	1,8	-1,7	-0,1	0,7	0,8	-0,1	-0,4
	2	-1,6	0,7	0,7	-0,8	1,4	-0,1	1,6	-1,6
	3	1,7	-1,3	-0,6	-0,5	1,6	-1,2	-0,9	1,5
2022	1	0,8	-0,1	0,0	0,2	-1,0	-1,0	-2,0	-0,3
	2	-0,1	-1,0	-1,1	-0,9	-0,3	-1,9	0,0	-1,3
	3	0,6	-1,2	-0,5	1,3	-1,0	-1,4	-1,1	-0,5
2023	1	-0,6	0,3	-1,8	1,7	-1,0	0,6	-1,6	-2,1
	2	-2,0	-1,0	0,5	0,9	-0,4	-1,8	-0,2	-3,2
	3	0,3	0,5	1,2	-0,2	-0,4	0,5	0,7	0,5
Середньомісячна кількість опадів, багаторічні дані		30,0	33,0	29,0	38,4	43,3	73,9	72,9	57,8

З метою досягнення поставленої мети, в 2021 – 2023 роках був закладений та проведений **польовий дослід 1** “Встановлення адаптивної здатності сортів вівса різного географічного походження до впливу погодних умов та систем удобрення”. Схема досліджу передбачає дослідження двох факторів (табл. 2.8).

Таблиця 2.8.

Схема польового дослідю 1

Сорт <i>фактор А</i>		Удобрення, кг/га д. р. <i>фактор В</i>		
Позначення варіанта	Сорт	Позначення варіанта	НРК	S
СН	‘Нептун’ (контроль)	УК	Контроль	–
СЛН	‘Легінь Носівський’	У1	$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$	–
СС	‘Світанок’	У2	$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$	–
СЗ	‘Закат’	У3	$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}$	–
СЗБ	‘Зубр’	У4	$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$	–
САБ	‘Альбатрос’	У5	$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$	11,25
СА	‘Айворі’	У6	$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$	22,5
		У7	$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}$	33,75
		У8	$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$	45,0

* Підживлення N_{30} проводили на всіх варіантах, окрім контролю (мікростадія ВВСН 32).

Для дослідження були вибрані сорти іноземної та вітчизняної селекції. Вітчизняні сорти виведені селекціонерами Носівської селекційно-дослідної станції Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України в 2005–2019 роках. Поміж них найстаріший та широко поширений у виробництві – ‘Нептун’ (2005 рік реєстрації). Його і було обрано контрольним. Також розглядали ‘Легінь Носівський’ (2018 року реєстрації); ‘Світанок’, (2016); ‘Закат’ (2009); ‘Зубр’ (2018). Сортів іноземної селекції було два – ‘Альбатрос’, фірми KWS (Німеччина, рік реєстрації – 2019); ‘Айворі’ (Заатен-Уніон ГмбХ, Німеччина, рік реєстрації – 2011). Для сівби використовували базове насіння, отримане від установ-оригінацій.

Відповідно до схеми дослідю, мінеральні добрива вносились у вигляді “Поліфоска 8” з таким вмістом елементів живлення: $N_8P_{24}K_{24}S_9$. Вирівнювання дози азоту за внесення “Поліфоска 8” проводили за внесення добрива “Аміачна селітра” (нітрат амонію) – з сумарним вмістом азоту в ньому 34,4%. Добриво “Аміачна селітра” також використовували за

проведення підживлення азотом на мікростадії ВВСН 31–32, що відповідає фазі початку виходу в трубку.

Дослід 2 “ Ефективність йодовмісних препаратів в технологіях вирощування віса”

В досліді із вівсом вирощували сорт ‘Айворі’. Всі варіанти в дослідженні, за винятком варіанта 1 “абсолютний контроль”, закладалися на фоні внесених під передпосівну культивуацію елементів живлення у нормі $N_{65}P_{60}K_{60} + S_{22,5}$. Добрива вносили у вигляді амонійної селітри та “Поліфоски 8”, з розрахунку на діючу речовину (д. р.): NH_4NO_3 45,41 + Polifoska $N_{20} P_{60} K_{60} + S_{22,5}$.

Концентрація вихідного розчину біологічно активного добрива (БАД) – 80 мг/дм³. Для обробки насіння і рослин по вегетації використовували розчин, розведений у співвідношенні 1:50. Схема застосування йодовмісних препаратів наведена в таблиці. Важливим завданням дослідження було встановлення ефективності захисної дії йодовмісних препаратів, порівняно з одним із найбільш ефективних протруйників – Ламардор[®] Про 180 FS, ТН.

Таблиця 2.9.

Схема польового дослідження 2. Ефективність йодовмісних препаратів у технологіях вирощування вівса

№	Варіант ¹	Позначення варіанта	Обробка насіння	Обробка по вегетації		
				Мікростадія ВВСН ²		
				31-32	51-52	71-72
1	Контроль	КА	Абсолютний контроль – без добрив і обробки насіння			
2	Контроль 1 (фон добрив)	КФ	Контроль – фон (система удобрення відповідно культурі)			
3	Контроль 2 (фон добрив + протруйник)	КФ+П	Протруйник	-	-	-
4	БАД н	БАДн	+	-	-	-
5	БАД н	БАДн+1	+	+	-	-
6	БАД н	БАДн+2	+	+	+	-
7	БАД н	БАДн+3	+	+	+	+
8	Р1н	Р1н	+	-	-	-
9	Р1 н	Рн+1	+	+	-	-
10	Р1 н	Рн+2	+	+	+	-
11	Р1 н	Рн+3	+	+	+	+
12	Р2 н	Р2н	+	-	-	-
13	Р2 н	Р2н+1	+	+	-	-
14	Р2 н	Р2н+2	+	+	+	-
15	Р2 н	Р2н+3	+	+	+	+

Примітка¹ Варіанти 4-15 – внесено фонові добрива. ² У табл. 4 наведено мікростадії за шкалою ВВСН обробки посівів вівса.

Площа облікової ділянки – 25 м² за чотириразового повторення. Розміщення варіантів систематичне.

Норма висіву вівса – 4,5 млн схожих насінин/га. Висівали у 2023 році 22 березня; 2022-му – 5 квітня, 2021-му – 1 квітня.

Лабораторні дослідження проводили в лабораторіях кафедри рослинництва Національного університету біоресурсів і природокористування України - “Якість насіння та садивного матеріалу” та “Аналітичні дослідження в рослинництві”. Досліди закладалися та проводилися відповідно до прийнятих методик в дослідній справі проведення польових дослідів (А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська, 2016;

Ермантраут Е.Р., Гопцій Т.І., Каленська С.М., Криворученко Р.В., Тупчинова Н.П., Присяжнюк О.І. *Методика селекційного експерименту (у рослинництві)*/ Харків: Видавництво Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. 2014. 229 с.).

2.2. Методики проведення досліджень.

У дослідах здійснювали низку обліків, спостережень та аналізів.

Для оцінки гідротермічних умов в роки проведення експериментів використовували *гідротермічний коефіцієнт (ГТК)*. Його розраховували за методикою Г. Т. Селянинова – це сума опадів за період, коли середньодобова температура повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ ($+5^{\circ}\text{C}$), поділена на суму активних температур за той же період, коли температури перевищували $+10^{\circ}\text{C}$ або $+5^{\circ}\text{C}$, ділена на 10,

за формулою

$$\text{ГТК} = R/0,1\sum T \quad (\text{формула 1})$$

де $\sum R$ – сума опадів за період з температурою понад 5°C або 10°C ; $\sum T$ – сума температур понад 5°C і 10°C за відповідний період. Проводили визначення ГТК з урахуванням біологічно активних температур $>5^{\circ}\text{C}$ і $>10^{\circ}\text{C}$.

Якщо ГТК: $< 0,4$ – дуже сильна посуха; $0,4$ до $0,5$ – сильна посуха; $0,6$ - $0,7$ – середня посуха; $0,8$ - $0,9$ – слабка посуха; $1,0$ - $1,5$ – достатньо волого; $> 1,5$ – надмірно волого.

Для порівняльного аналізування погодних умов років проведення досліджень розраховували *коефіцієнти суттєвості відхилень (Кс)* елементів агрометеорологічного режиму поточного року від середніх багаторічних за формулою:

$$Kc = \frac{(Xi - \bar{X})}{\sigma}, \quad (\text{формула 2})$$

де K_c – коефіцієнт суттєвості відхилень; X_i – елементи поточної погоди; \bar{X} – показник середньої багаторічної величини; σ – середнє квадратичне відхилення. Рівень коефіцієнтів суттєвості відхилень відповідає градації: $K_c < 1$ – умови, близькі до звичайних; $K_c = 1 \div 2$ – умови суттєво відрізняються від середніх багаторічних; $K_c > 2$ – умови, наближені до рідкісних ().

Вивчаючи тепловий режим, розраховували **суми накопичення теплових одиниць (СНУ)** за період від сівби до повної стиглості культури. Суми активних і ефективних температур обчислювали для двох біологічно активних температур: $+5^\circ\text{C}$ та $+10^\circ\text{C}$.

Суму накопичення теплових одиниць розраховували відповідно методики, запропонованої Bootsma A., Brown, D. M. (Bootsma, Brown, 1995), покроково: 1) кількість теплових одиниць за день (Y_{\max}):

$$Y_{\max} = 3,33 \times (T_{\max} - 10) - 0,084 \times (T_{\max} - 10,0)^2 \quad (\text{формула 3})$$

якщо: $T_{\max} < 10$, то $Y_{\max} = 0,0$

2) кількість теплових одиниць, накопичених вночі:

$$Y_{\min} = 1,8 \times (T_{\min} - 4,44) \quad (\text{формула 4})$$

за умови, що $T_{\min} < 4,44$, то $Y_{\min} = 0,0$

3) накопичення теплових одиниць за добу:

$$\text{СНУ} = (Y_{\max} + Y_{\min}) / 2,0 \quad (\text{формула 5})$$

Визначення динаміки площі формування листкової поверхні проводили методом сканування з 10 рослин із подальшим перерахунком на гектар посіву, використовуючи програму PetiolPro.

Спостереження проводили керуючись мікростадіями шкали ВВСН: підраховували чи знімали заміри з 1 метра погонного із двох несуміжних повторень.

Урожайність основної та побічної продукції визначали поділянково, методом суцільного обліку, відбираючи середню пробу зерна для встановлення вологи, фізичних і хімічних показників його якості. Одержану

масу зерна вівса перелічували на врожай з 1 гектара, зважаючи на засміченість і вологість у перерахунку на 14% вологості. Перед обмолочуванням відбирали “пробний сніп” з одного погонного метра кожного варіанта для визначення структури врожаю.

Загалом польові дослідження здійснювали відповідно до методик дослідної справи (Рожков, А. et al, 2016).

Оцінку адаптивності надавали з огляду на метод регресійного аналізу. Математична модель для визначення стабільності та пластичності сортів була запропонована К. У. Фінлеєм та Г. Н. Уілкінсоном (Finlay, K. W., Wilkinson, G. N., 1963) і доповнена С. А. Ебергартом та У. Г. Расселом (Eberhart, S. A., Russel, W. A., 1966; Eberhart, S. A., Russel W. G., 1969). Вона, своєю чергою, побудована на принципах об’єднання і перетворення ефектів довкілля та взаємодії генотипу з довкіллям та умовами вирощування.

Показники *екологічної пластичності та стабільності* були розраховані за методикою Ебергарта-Рассела (Eberhart, S. A., Russel, W. A., 1966). Для систематизації отриманих результатів використовували рангову класифікацію генотипів за співвідношенням параметрів пластичності (b_i) і стабільності S_i^2 :

1) $b_i < 1$, $S_i^2 > 0$ – мають кращі результати за несприятливих умов, нестабільний; 2) $b_i < 1$, $S_i^2 = 0$ – мають кращі результати за несприятливих умов, стабільний; 3) $b_i = 1$, $S_i^2 = 0$ – добре відгукується на поліпшення умов, стабільний; 4) $b_i = 1$, $S_i^2 > 0$ – добре відгукується на поліпшення умов, нестабільний; 5) $b_i > 1$, $S_i^2 = 0$ – мають кращі результати за сприятливих умов, стабільний; 6) $b_i > 1$, $S_i^2 > 0$ – мають кращі результати за сприятливих умов. При цьому генотипи з коефіцієнтом $b_i > 1$ належать до високопластичних (відносно середньої групової), а при $1 > b_i = 0$ – до відносно низькопластичних.

Згідно з методикою, оцінку проводили за такими статистичними показниками: середня врожайність (\bar{x}), максимальне (max), мінімальне (min)

значення і розмах коливання врожайності (R), коефіцієнт варіації (V), коефіцієнт лінійної регресії (b_i) та середньоквадратичне відхилення (S_i^2).

Оцінку варіювання господарсько-цінних ознак здійснювали за коефіцієнтом варіації ($V, \%$) [9]. Коефіцієнт варіації показує ступінь мінливості середнього арифметичного (до 10% – низька строкатість, 10–20% – середня і 20% – висока).

Визначення врожайності основної та побічної продукції проводили поділяючно, суцільним обліком. Отриману масу зерна пшениці озимої та вівса перераховували на урожай з 1 гектара, з урахуванням засміченості і вологості в перерахунку на 14% вологості.

Якість зерна визначали в лабораторії “Аналітичні дослідження в рослинництві” кафедри рослинництва НУБіП України, використовуючи *метод інфрачервоної спектрометрії* на приладі “Infratec 1241 FOSS”. Для аналізування відбиралася очищена проба зерна з кожного окремого варіанта, яка поміщалася в кювету. Кювета вставлялася в прилад, і після “сканування” зразка зерна отримували дані про вміст в ньому протеїну. Фракційний склад білків визначали за методикою Осборна (Moore, S., Spackman, D. H., Stein, W. H., 1976).

Статистичний аналіз отриманих даних проводили користуючись програмними пакетами: **SAS 9,4** та **Statistika 10**.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Сільськогосподарське виробництво вимагає ретельного обліку і об’єктивного аналізу температурного режиму, кількості опадів, строків початку і закінчення вегетаційного періоду, заморозків, вологості ґрунту та інших факторів (а також порівняння їх із середніми багаторічними). Саме це є важливим джерелом інформації для спеціаліста у справі управління урожайністю. Завдяки таким даним можна районувати сільськогосподарські культури, прогнозувати їх особливості росту, розвитку і формування

продуктивності в певних екологічних зонах, вносити відповідні корективи до технологій культивування.

Для вирощування вівса ґрунтові умови зони місця проведення польових досліджень були типовими. Кліматичні та погодні – загалом сприятливі, однак з досить суттєвими відхиленнями від багаторічних даних. Тому постає актуальність вивчення та адаптації сортів вівса до погодних умов та відпрацювання елементів адаптивних технологій вирощування.

Встановлено, що розроблені схеми дослідів спрямовані не лише на вирішення питань живлення сортів, а і на з'ясування ефективності застосування макроелементів та сірки. Вони відповідають методичним вимогам та поставленій меті нашого дослідження. Не лишився поза увагою і ще один важливий напрямок – фортифікація рослин йодом задля отримання якісного врожаю зерна.

РОЗДІЛ 3

РОЛЬ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ У РОСТІ ТА РОЗВИТКУ РОСЛИН ВІВСА

Полеві дослідження дозволяють встановити вплив чинників довкілля на ріст та розвиток рослин. Режим забезпечення вологою та температурою значною мірою впливають на тривалість мікростадії, що своєю чергою обумовлює диференціацію та редукцію генеративних органів, і зрештою – забезпечує урожайність.

3.1. Тепловий режим вегетаційного періоду впродовж вегетації рослин надважливий для росту та розвитку рослин в цілому, а також у процесі формування генеративних органів зокрема. Найбільш поширеними критеріями в Україні, що використовуються для характеристики регіону щодо забезпечення теплом та придатності його для вирощування певних груп культур, є: сума позитивних температур, сума активних температур, сума ефективних температур, середньодобові температури, мінімальні та максимальні температури тощо. Водночас, у країнах Північної Америки широко використовується такий показник, як сума теплових одиниць (Bootsma, A., 2008; Bootsma, A., Brown, D.M., 1995). Він розраховується не за середньодобовими температурами, а за добовими максимальними та мінімальними, з урахуванням коефіцієнтів біологічно активних температур (Bootsma, Gameda, McKenney, 2001). Надзвичайно вагоме забезпечення теплом впродовж періодів формування структурних компонентів та генеративних органів рослин. Кількісне забезпечення теплом обумовлює тривалість макростадій розвитку рослин і формування синхронно розвинутих генеративних органів – основних структурних компонентів урожайності (Kalenska et al, 2020).

Кількісний показник накопичення теплових одиниць для регіону традиційно береться до уваги за вирощування теплолюбних культур (Bootsma, A., Tremblay, G., Filion, P., 1999). В той же час, за вирощування ранніх ярих зернових культур, зокрема вівса посівного, показник

накопичених теплових одиниць впродовж макро- та мікростадій розвитку, вегетаційного періоду дозволяє обґрунтувати особливості формування продуктивності вівса. Аналізування накопичення теплових одиниць свідчить, що відмінність у сумарному накопиченні за весь вегетаційний період була незначною – абсолютні показники за період березень – липень склали: 2242,8 в 2021 р., 2209,8 – в 2022 р., 2236,6 – в 2023 р.; за період квітень – липень становили: 2216,3; 2139,4; 2166,8 відповідно (табл. 3.1). Однак, подекадна різниця була суттєвою і обумовлювала різницю у тривалості макростадій і відповідно кількості сформованих генеративних органів.

Таблиця 3.1.

Сума теплових одиниць (СНУ)

Місяць	Декада	Рік						Середнє 2021– 2023
		2021		2022		2023		
		СНУ	+/-	СНУ	+/-	СНУ	+/-	
Березень	3	26,5	- 29,1	70,4	14,8	69,8	14,2	55,6
	Σ	26,5	- 29,1	70,4	14,8	69,8	14,2	55,6
Квітень	1	32,5	- 5,2	44,3	6,6	36,3	- 1,4	37,7
	2	45,5	2,4	31,1	- 12,0	52,6	9,5	43,1
	3	56,0	- 22,7	93,6	14,9	86,6	7,9	78,7
	Σ	134,0	- 25,5	169,0	9,5	175,5	16,0	159,5
Травень	1	114,0	1,7	129,8	17,5	93,2	- 19,1	112,3
	2	164,3	- 6,7	155,6	- 15,4	193,2	22,2	171,0
	3	194,8	- 12,6	197,8	- 9,6	229,7	22,3	207,4
	Σ	473,1	- 17,7	483,2	- 7,6	516,1	25,3	490,8
Червень	1	199,3	- 17,7	240,8	23,8	210,8	- 6,2	217,0
	2	256,5	14,8	241,6	- 0,1	227,1	- 14,6	241,7
	3	284,7	19,3	257,9	- 7,5	253,5	- 11,9	265,4
	Σ	740,6	16,6	740,2	16,2	691,3	- 32,7	724,0
Липень	1	282,3	15,8	257,5	- 9,0	259,6	- 6,9	266,5
	2	292,6	39,8	211,3	- 41,5	254,4	1,6	252,8
	3	293,7	13,1	278,2	- 2,4	269,9	- 10,7	280,6
	Σ	868,6	68,8	747,0	- 52,8	783,9	- 15,9	799,8

Сума активних температур для різних біологічно активних температур різнилися суттєво лише в березні, квітні і першій декаді травня, а в травні, червні та липні – була на одному рівні (табл. 3.2). Таким чином, для ідентифікації інтенсивності розвитку рослин вівса показник сум активних температур не є об'єктивним.

Таблиця 3.2.

Сума активних температур ¹, °С

	Декада	Рік						Середнє 2021–2023 рр.	
		2021		2022		2023			
		Біологічно активна температура						5°С	10°С
		5°С	10°С	5°С	10°С	5°С	10°С		
Березень	3	36,8	0,00	78,8	11,4	82,7	0,00	66,1	3,8
	Σ	36,8	0,00	78,8	11,4	82,7	0,00	66,1	3,8
Квітень	1	55,3	0,00	62,1	11,5	67,7	0,00	61,7	3,83
	2	83,0	0,00	64,0	64,0	88,3	0,00	78,4	21,3
	3	79,0	15,1	106,9	106,9	102,3	61,1	96,1	61,0
	Σ	217,3	15,1	233,0	182,3	258,3	61,1	236,2	86,2
Травень	1	117,4	92,9	127,6	127,6	110,0	64,5	118,3	95
	2	142,5	142,5	143,4	143,4	167,3	167,3	151,1	151,1
	3	166,5	166,5	167,4	167,4	198,6	198,6	177,5	177,5
	Σ	426,4	401,9	438,5	438,5	475,9	430,4	446,9	423,6
Червень	1	164,2	164,2	200,4	200,4	180,8	180,8	181,8	181,8
	2	202,6	202,6	203,3	203,3	191,0	191,0	199,0	199,0
	3	237,5	237,5	213,7	213,7	200,2	200,2	217,1	217,1
	Σ	604,3	604,3	617,5	617,5	572,0	572,0	597,9	597,9
Липень	1	227,9	227,9	215,1	215,1	211,7	211,7	218,2	218,2
	2	244,0	244,0	173,0	173,0	209,3	209,3	208,8	208,8
	3	241,6	241,6	232,7	232,7	215,7	215,7	230	230,0
	Σ	713,5	713,5	620,9	620,9	636,7	636,7	657,0	657,0

Примітка. ¹ Розраховано для біологічно активних температур 5°С і 10°С.

Суму ефективних температур обчислювали за двома біологічно активними температурами – 5°С і 10°С, зважаючи на те, що овес належить

до холодостійких культур, активно росте і розвивається за температур, близьких або перевищуючих $+5^{\circ}\text{C}$. Проведені розрахунки показують, що суми ефективних температур, обчислені для двох біологічних мінімумів, значно різняться між собою (табл. 3.3).

Таблиця 3.3.

Сума ефективних температур, розрахована для біологічно активних температур $+5^{\circ}\text{C}$ і $+10^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{C}$

Місяць	Декада	Рік						Середнє 2021–2023 рр.	
		2021		2022		2023			
		Біологічно активна температура, $^{\circ}\text{C}$							
		5	10	5	10	5	10	5	10
Березень	3	11,8	0,00	25,3	0,00	36,4	0,00	24,5	0
	Σ	11,8	0,00	25,3	0,00	36,4	0,00	24,5	0
Квітень	1	12,6	0,00	22,4	1,50	24,6	0,00	19,9	0,5
	2	33,0	0,00	15,2	2,00	38,3	0,00	28,8	0,67
	3	30,0	5,10	56,9	14,3	52,3	11,1	46,4	10,2
	Σ	75,6	5,10	94,5	17,8	115,2	11,1	95,1	11,3
Травень	1	67,4	21,6	77,6	28,3	60,0	14,5	68,33	21,5
	2	92,5	42,5	93,4	45,5	117,3	67,3	101,07	51,8
	3	111,5	56,5	112,4	57,4	143,6	88,6	122,5	67,5
	Σ	271,4	120,7	283,5	131,2	320,9	170,4	291,9	140,8
Червень	1	114,2	64,2	150,4	100,4	130,8	80,8	131,8	81,8
	2	152,6	102,6	153,3	103,3	141,0	91,0	149,0	99,0
	3	187,5	137,5	163,7	113,7	150,2	100,2	167,1	117,1
	Σ	454,3	304,3	467,5	317,5	422,0	272,0	447,9	297,9
Липень	1	177,9	127,9	165,1	115,1	161,7	111,7	168,2	118,2
	2	194,0	144,0	123,0	73,0	159,3	109,3	158,8	108,8
	3	186,6	131,6	177,7	122,7	160,7	105,7	175,0	120,0
	Σ	558,5	403,5	465,9	310,9	481,7	326,7	502,0	347,0

Початок врахування ефективних температур за роками значно різнився, про що свідчать декадні дані: для $+5^{\circ}$ в усі роки розраховували з третьої декади березня, а для $+10^{\circ}$ в 2021 та 2023 роках – з третьої декади квітня, в 2022 році – обчислення починали з першої декади квітня, але ці дані за першу та другу декади були мінімальними. Основні показники також починали враховувати з третьої декади квітня. Суми ефективних температур в травні були ще незначними і в середньому за три роки склали $122,5$ і $67,5^{\circ}\text{C}$, відповідно розраховані для біологічно активних мінімумів $+5^{\circ}\text{C}$ і $+10^{\circ}\text{C}$. Активне накопичення ефективних температур відбувається в червні – $447,9$ і $297,9^{\circ}\text{C}$; липні – 502 і 347°C , розраховане для біологічно активних мінімумів $+5^{\circ}\text{C}$ і $+10^{\circ}\text{C}$ відповідно.

Із температурним режимом та технологічною стиглістю ґрунту були пов'язані строки сівби вівса: 2021 р. – 01.04; 2022-й – 05.04; 2023 р. – 22.03. Суми ефективних температур, розраховані для біологічно активної температури вище $+5^{\circ}\text{C}$, в 2023 році були вищими, починаючи з третьої декади березня і в квітні загалом. Суми ефективних температур, розраховані для біологічно активної температури вище $+10^{\circ}\text{C}$, були суттєво меншими в квітні, проте відбувалося активне проростання насіння, розвивались проростки. Це підтверджує високу холодостійкість вівса і необхідність розрахунку ефективних температур, із урахуванням біологічно активної температури вище $+5^{\circ}\text{C}$.

Порівняльне аналізування сум температур вказує на те, що найоб'єктивніший показник, який характеризує тепловий режим для рослин, – це накопичення суми теплових одиниць, найбільших, порівняно з сумами активних і ефективних температур, розрахованих для двох біологічно активних мінімумів (табл. 3.4). Сума накопичення теплових одиниць за період березень – липень в середньому за 2021–2023 роки склала $2229,7$. Сума активних температур для біологічно активного мінімуму $+5^{\circ}\text{C}$

становила 2004,2; а для +10°C – 1768,5. Сума ефективних температур для біологічно активного мінімуму +5°C – 1361,5, тимчасом як для +10°C – 797,1.

Таблиця 3.4.

Порівняльний аналіз теплового режиму з використанням різних критеріїв за періоди вегетаційних років

Показник ¹	Період	Рік			Середнє 2021–2023 рр.
		2021	2022	2023	
СНУ	∑ за III – VI	1374,2	1462,8	1452,7	1429,9
	∑ за III – VII	2242,8	2209,8	2236,6	2229,7
	∑ за IV – VI	1347,7	1392,4	1382,9	1374,3
	∑ за IV – VII	2216,3	2139,4	2166,8	2174,2
∑ТА> +5°C	∑ за III – VI	1284,8	1367,8	1388,9	1347,2
	∑ за III – VII	1998,3	1988,7	2025,6	2004,2
	∑ за IV – VI	1248,0	1289,0	1306,2	1281,1
	∑ за IV – VII	1961,5	1909,9	1942,9	1938,1
∑ТА>+10 °C	∑ за III – VI	1021,3	1249,7	1063,5	1111,5
	∑ за III – VII	1734,8	1870,6	1700,2	1768,5
	∑ за IV – VI	1021,3	1238,3	1063,5	1107,7
	∑ за IV – VII	1734,8	1859,2	1700,2	1764,7
∑ТЕ> +5°C	∑ за III – VI	813,1	870,8	894,5	859,5
	∑ за III – VII	1371,6	1336,7	1376,2	1361,5
	∑ за IV – VI	801,3	845,5	858,1	835,0
	∑ за IV – VII	1359,8	1311,4	1339,8	1337
∑ТЕ >+10 °C	∑ за III – VI	430,1	466,5	453,5	450,0
	∑ за II – VII	833,6	777,4	780,2	797,1
	∑ за IV – VI	430,1	466,5	453,5	450,0
	∑ за IV – VII	833,6	777,4	780,2	797,1

Примітка. ¹ СНУ – теплові одиниці; ∑ТА – сума активних температур; ∑ТЕ – сума ефективних температур.

3.2. Вологозабезпеченість вегетаційного періоду.

Вологозабезпеченість впродовж вегетації, зокрема на ранніх мікростадіях, обумовлює рівень польової схожості насіння, кущення та кількість загальних і продуктивних стебел. Роки проведення досліджень суттєво різнилися за кількістю опадів (табл. 2.4) та наявністю в ґрунті вологи (табл. 3.5).

Таблиця 3.5.

Вміст вологи в ґрунті, шар ґрунту 0–20 см, мм

Місяць	Декада	2021	2022	2023
березень	1	22	18	24
	2	24	18	26
	3	21	16	30
квітень	1	24	20	36
	2	20	18	32
	3	18	24	24
травень	1	30	20	18
	2	36	18	16
	3	38	21	16
червень	1	24	22	21
	2	20	18	18
	3	18	18	21

Як видно з таблиці, сценарії вологозабезпечення динамічно змінювалися за роками, місяцями та декадами.

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – один із найбільш поширених показників, який характеризує забезпечення рослин теплом та вологою. За розрахунку коефіцієнта беруться суми опадів та активних температур за певний період розвитку. Традиційно для розрахунку враховуються лише суми активних температур, які перевищують 10°C. Однак, упродовж

виращування холодостійких культур, ми вважаємо за доцільне брати до уваги суми активних температур понад 5°C (табл. 3.6).

Таблиця 3.6.

Гідротермічний коефіцієнт років проведення досліджень

Місяць	Декада	Рік						Середнє 2021–2023 рр.			
		2021		2022		2023					
		Біологічно активна температура									
		5°C	10°C	5°C	10°C	5°C	10°C	5°C	10°C		
Березень	3	0,22	0,00	0,16	1,14	3,29	0,00	1,22	0,38		
	Σ	0,22	0,00	0,16	<i>1,14</i>	3,29	0,00	1,22	0,38		
Квітень	1	1,61	0,00	3,14	16,96	10,59	0,00	5,11	5,65		
	2	0,64	0,00	0,58	0,58	2,75	0,00	1,32	0,19		
	3	1,08	5,63	2,43	2,43	1,12	1,88	1,54	3,31		
	Σ	1,04	5,63	2,11	2,70	4,16	<i>1,88</i>	2,44	3,40		
Травень	1	1,93	2,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,81		
	2	3,35	3,35	0,27	0,27	0,02	0,02	1,21	1,21		
	3	3,87	3,87	1,16	1,16	0,07	0,07	1,70	1,70		
	Σ	3,16	3,36	0,53	0,53	0,04	<i>0,04</i>	1,24	1,31		
Червень	1	1,73	1,73	0,66	0,66	1,48	1,48	1,29	1,29		
	2	1,10	1,10	0,37	0,37	0,42	0,42	0,63	0,63		
	3	0,42	0,42	0,87	0,87	1,59	1,59	0,96	0,96		
	Σ	1,00	<i>1,00</i>	0,64	0,67	1,17	<i>1,17</i>	0,94	0,94		
Липень	1	1,28	1,28	0,09	0,09	0,37	0,37	0,58	0,58		
	2	3,44	3,44	1,42	1,42	0,69	0,69	1,85	1,85		
	3	0,19	0,19	0,06	0,06	1,63	1,63	0,62	0,62		
	Σ	1,65	1,65	0,45	0,45	0,90	<i>0,90</i>	1,00	1,00		

Проведені нами розрахунки гідротермічного коефіцієнта, зважаючи на суму активних температур для двох біологічних мінімумів, дозволили

встановити різницю щодо гідротермічного коефіцієнта на початкових мікростадіях розвитку рослин вівса впродовж березня – квітня, що відіграє важливу роль у проростанні насіння, розвитку проростків та рослин. Якщо в останній декаді березня ГТК для 5°C склало 2021 року – 0,22; 2022 р. – 0,16; 2023 р. – 3,29, то для 10°C – 0,00; 1,14; 0,00 відповідно року (табл. 3.6). Середнє ГТК за три роки для останньої декади березня становило 1,22 і 0,38 відповідно для $+5^{\circ}\text{C}$ і $+10^{\circ}\text{C}$. Загалом, дані за березень також відповідали цим показникам. ГТК для квітня є показовим щодо абсолютних показників, зважаючи на суму активних температур для двох біологічних мінімумів. В першій декаді квітня ми змогли розрахувати ГТК, біологічно активний мінімум $+5^{\circ}\text{C}$, для двох років – 2021 та 2023 – 1,61 і 10,59, водночас коли для $+10^{\circ}\text{C}$ ГТК не розраховувався через відсутність сумарних активних температур. Власне ГТК – 10,6 і 2,75, розраховані для першої та другої декади 2023 року, з огляду на сумарну активну температуру вище $+5^{\circ}\text{C}$, свідчать про надзвичайно сприятливі умови для початкового росту і розвитку рослин та їх кущення, що і було зафіксовано цього року. Тимчасом як ГТК для сум активних температур понад $+10^{\circ}\text{C}$ ще не розраховувались через відсутність необхідних температур. Отримані розрахунки ГТК вказують на більш обґрунтоване використання для характеристики умов для росту та розвитку холодостійких культур сумарних активних температур з біологічно активним мінімумом $+5^{\circ}\text{C}$ у період наростання сумарних температур.

3.3. Польова схожість насіння вівса впродовж вегетаційного періоду

Овес посівний – вологолюбна культура. Це помітно вже на етапі проростання насіння. Для проростання вівса необхідно близько 60–65% вологи від маси насіння. Опади в другій половині вегетації утворюють «підгон», що відтермінує формування зерна та повну його стиглість. Зернівки плівчасті, щільно охоплені квітковими лусками, але не зростаються із зернівками. Така морфологічна будова насінини обумовлює значну потребу насінини у волозі. Проростання насіння – складний фізіологічний процес, на який впливають абіотичні стреси, зокрема: посуха, температура, засолення, разом із іншими біологічними та фізичними засобами (Hatfield J. L., Prueger J. H., 2018). Коливання температури та опадів у різні роки обумовлюють особливості проростання насіння, як реакцію на стресові чинники (Wang, F. Yi, Z. , et.al, 2019; Sulaiman et al, 2023).

Для закладання польових дослідів використовували насіння категорії «Базове насіння (БН)», отримане від установ-оригінацій сортів. Таким чином, насіння відповідало вимогам стандарту *ДСТУ 2240-93* за всіма показниками. Його польова схожість в роки проведення досліджень неабияк залежала від погодних умов років проведення досліджень. Найбільш вагомим чинником був рівень вологозабезпечення в передпосівний і посівний періоди. Встановлено незначну різницю між сортами і системами удобрення (табл. 3.7).

Відповідно до характеристики погодних умов, найоптимальні умови для проростання насіння склалися в 2023 році. Тоді в березні випало 44,1, а в квітні – 107,5 мм опадів, за багаторічними даними відповідно 29,0 та 38,4 мм в березні та квітні. Польова схожість насіння саме в 2023 році була найвищою. В умовах посушливого 2022-го простежувалася різниця між сортами щодо польової схожості. Так, сорти вітчизняної селекції ‘Нептун’ і

‘Світанок’ мали вищу польову схожість, що також може вказувати на адаптивність до умов посухи (табл. 3.7).

Таблиця 3.7.

Польова схожість насіння вівса залежно від удобрення, %

Удобрення – фактор В	Сорт – фактор А						
	‘Нептун’	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
2021 рік							
Контроль	82,8	82,6	82,4	82,6	83	83,6	84,4
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	83,0	82,9	82,5	82,5	83,2	83,6	84,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	82,8	81,4	81,4	82,2	83	83,4	84,4
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	82,6	81,2	81,2	82	83,1	83,2	83,2
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	82,2	81,2	81,2	81,8	82,0	82,0	83,0
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25}	83,1	82,0	82,4	82,6	83,4	83,4	83,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5}	82,2	81,7	81,7	82,5	83,2	83,2	83,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75}	82,0	81,4	81,4	82,1	82,1	82,1	82,7
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅	82,1	81,2	81,2	82,0	82,1	82,0	83,2
2022 рік							
Контроль	77,2	75	75,7	74	76,4	72,2	76,2
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	78,9	75,5	75,3	74,9	76,1	73,8	76,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	78,8	76,1	75,0	74,2	75,7	73	76,4
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	78,9	75,6	76,8	73,8	75,5	72,2	76,8
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	76,8	73,4	74,5	73	76,1	71,8	76,1
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25}	78,4	75,4	76,2	74,2	72,4	72,7	76,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5}	78,7	74,4	76,5	72,6	71,9	72	76,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75}	77,9	74,3	76,0	72,7	75,6	72,1	74,8
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅	77,7	73,5	75,8	72,0	75,2	71,2	74
2023 рік							
Контроль	85,4	84,8	83,5	84,6	84,8	85,1	87,2
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	85	84,6	83,4	84,4	84,6	85	87,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	84,4	84,6	83,2	84,2	84,6	84,8	87
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	83,6	84,4	83	83,6	84,4	84,6	86,6
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	83,4	84,2	82,9	83,4	84	84,4	86,6
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25}	85,1	85	83,3	84,4	84,8	85,1	87,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5}	84,8	84,8	83,1	84,3	84,9	84,8	87,2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75}	84,9	84,6	83	84	84,7	84,6	87
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅	84,4	84,4	82,8	83,6	84,2	84,4	86,7

Встановлена в усі роки проведення досліджень тенденція щодо вищої польової схожості в контрольному та варіантах із нижчими нормами внесення добрив.

В середньому за 2021–2023 рр. польова схожість насіння сортів вівса склала 79,2–82,7% (табл. 3.8).

Таблиця 3.8.

Польова схожість насіння вівса посівного, %, середнє за 2021–2023 рр.

Норма добрив фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’ к ²	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	81,8	80,8	80,5	80,4	81,4	80,3	82,6
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀	82,3	81,0	80,4	80,6	81,3	80,8	82,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	82,0	80,7	79,9	80,2	81,1	80,4	82,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + N ₃₀	81,7	80,4	80,3	79,8	81,0	80,0	82,2
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₃₀	81,3	79,8	82,1	79,4	80,7	79,4	81,9
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} + N ₃₀	82,2	80,8	80,6	80,4	80,2	80,4	82,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} + N ₃₀	81,9	80,3	80,4	79,8	80,0	80,0	82,3
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} + N ₃₀	81,1	80,1	80,1	79,6	80,8	79,6	81,5
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ + N ₃₀	80,8	79,7	79,9	79,2	80,5	79,2	81,3

Зважаючи на високу реакцію насіння сортів вівса на вологозабезпечення у період сівби, що позначається на показниках польової схожості, варто висівати овес в ранні строки. Це забезпечуватиме оптимальні умови для проростання насіння.

3.4. Вживаність рослин вівса посівного впродовж вегетаційного періоду

Показником, що також характеризує рівень адаптивності рослин до умов, створених упродовж вегетації культури, є вживаність.

Вживання рослин залежить від сортових особливостей, системи удобрення та погодних умов в роки проведення досліджень (табл. 3.9; табл. 3.10).

Таблиця 3.9.

Вживання рослин вівса впродовж вегетації залежно від удобрення, %

Удобрення – фактор В	Сорт – фактор А						
	‘Нептун’	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
2021 рік							
Контроль	76	76	75	75	78	76	80
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	78	77	77	77	82	77	82
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	80	80	81	81	82	80	84
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	81	82	82	82	86	82	86
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	82	84	83	83	86	84	86
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25}	79	78	78	78	80	78	80
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5}	80	80	80	80	82	80	82
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75}	80	82	80	80	84	82	83
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅	81	82	82	82	84	82	84
2022 рік							
Контроль	72	74	72	70	74	74	74
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	74	73	73	71	78	73	78
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	78	74	75	73	78	74	78
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	78	76	76	76	80	76	80
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	80	78	78	78	80	78	80
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25}	76	75	75	75	76	75	76
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5}	77	76	77	77	78	76	78
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75}	79	78	78	78	78	78	78
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅	79	78	78	78	78	78	78
2023 рік							
Контроль	78	76	78	78	80	78	80
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	80	79	79	79	82	80	84
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	82	82	84	84	82	82	84
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	84	82	84	84	84	82	86
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	84	84	86	86	86	84	88
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25}	80	78	78	78	82	78	82
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5}	82	80	80	80	86	80	86
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75}	83	82	82	82	87	82	88
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅	84	84	84	84	87	84	88

Вживання рослин найбільше залежало від вологозабезпечення. Так, в умовах посушливого 2022 року даний показник для всіх сортів і на фоні всіх норм добрив був найнижчим та коливався від 70 до 80%, залежно від сорту і норми добрив. Встановлено, що 2023 рік найсприятливіший для росту та розвитку рослин – вживання рослин склало 76–88%. Досить комфортним був і 2021-й, сформувавши вживаність на рівні 75–86%.

Таблиця 3.10.

Вживання рослин вівса посівного, %, середнє за 2021–2023 рр.

Норма добрив фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’ к ²	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	75,3	75,3	75,0	74,3	77,3	76,0	78,0
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀	77,3	76,3	76,3	75,7	80,7	76,7	81,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	80,0	78,7	80,0	79,3	80,7	78,7	82,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + N ₃₀	81,0	80,0	80,7	80,7	83,3	80,0	84,0
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₃₀	82,0	82,0	82,3	82,3	84,0	82,0	84,7
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} + N ₃₀	78,3	77,0	77,0	77,0	79,3	77,0	79,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} + N ₃₀	79,7	78,7	79,0	79,0	82,0	78,7	82,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} + N ₃₀	80,7	80,7	80,0	80,0	83,0	80,7	83,0
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ + N ₃₀	81,3	81,3	81,3	81,3	83,0	81,3	83,3

Вживання рослин також значно залежало від норм і видів добрив. Найактивніше рослини редукували за контрольного варіанта: в усі роки і для всіх сортів вживання рослин склало за 2021 рік – 75–80%; 2022-й – 70–74%; 2023 рік – 76–80%. Водночас, за внесення підвищених норм добрив і додатково сірки вживання рослин було досить стабільним і значно вищим, порівняно з контрольним і варіантами внесення N₃₀P₃₀K₃₀.

3.4. Ураження рослин вівса хворобами

Значні недобори урожаю вівса, низька якість зерна і зеленої маси – все це спричинено багатьма хворобами. Вберегти від них здатен йод. Він регулює експресію кількох генів, які переважно беруть участь в захисній реакції рослин. Тому йод сприяє підвищенню стійкості рослин як до біотичного, так і абіотичного стресу.

Важливим завданням нашого дослідження було встановлення ефективності захисної дії йодовмісних препаратів, порівняно з одним із найбільш ефективних протруйників – *Ламардором*[®] *Про 180 FS, ТН*. Проведені обстеження посівів вівса на ранніх мікростадіях розвитку культур дозволили отримати результати, що підтверджують захисні властивості препаратів, які містять йод (табл. 3.11).

Погодні умови, сформовані впродовж вегетаційного періоду – посідають не останнє місце серед визначальних чинників розвитку хвороби. Так, ураженню посівів сприяють тривала волога і тепла вітряна погода, опади (особливо у фазу викидання волоті – цвітіння рослин), пізні строки сівби, внесення тільки азотних добрив. Інтенсивніше хвороба розвивається по краям поля, а також на зріджених посівах. І, щонайважливіше, завдає непоправної шкоди – погіршує основні показники урожаю. З огляду на це, його недобір може сягати 20% і більше.

Роки проведення досліджень суттєво різнилися між собою з погляду вологозабезпечення, зокрема на важливих ранніх мікростадіях розвитку рослин. Це обумовлювало значну різницю в ураженні хворобами. Розглянемо ж їх детальніше.

***Септоріоз вівса* (*Septoria avenae*).** Хвороба фіксується на листках, піхвах, стеблі та колоскових лусочках, спершу у вигляді дрібних хлоротичних плям, які пізніше стають довгастими. Уражена тканина в центрі плям світлішає, а на межі здорової та ураженої тканини утворюється бурувата облямівка. На пошкодженій тканині спостерігаються численні чорні крапки – пікніди патогена. Уражені листки некротизуються і відмирають. На

стеблах рослин плями спочатку світлі, потім чорніють і набувають блискучого вигляду. У цих місцях стебло загниває і поникає. Хвороба здебільшого розвивається за вологої погоди в другу половину вегетації рослин. Однак, подеколи помітна вже на сходах.

Септоріоз вівса спричинений грибом *Phaeosphaeria avenaria* Eriksson (анаморфа: *Stagonospora avenae* Bisset). На ураженій тканині він формує чорні пікніди з пікноспорами, які проростають у краплинній волозі за температури 12–30°C. Оптимальна температура для зараження рослин становить 22–25°C. Інкубаційний період – 8–11 діб. Сумчаста стадія представлена перитеціями з сумкоспорами. Зберігається збудник хвороби на рештках уражених рослин, а інколи – на зерні.

В роки достатнього вологозабезпечення рівень ураження рослин вівса септоріозом у варіанті з внесенням фонових добрив (контроль 1) був дещо вищим, порівняно з абсолютним контролем (контроль 0), де добрива не вносились і насіння не оброблялося протруйником. Передпосівна обробка насіння протруйником та додавання фонових добрив забезпечували значне зниження пошкодженості рослин септоріозом. Зокрема, його рівень ураження в контрольному варіанті (КА) був 8,74–14,8%: за внесення фонових добрив (КФ) – 5,61–15,8%; за передпосівної обробки насіння протруйником (КФ+П) зменшувався до 0,41–2,42% (табл. 3.11).

Таблиця 3.11.

Ураження вівса хворобами, мікростадія ВВСН 24–26¹, %

Препарат	Септоріоз			Борошниста роса			Кореневі гнилі		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Контроль 0 (КА)	14,1	8,74	14,8	34,8	20,4	32,4	26,0	12,0	27,2
Контроль 1 (КФ)	15,2	5,61	15,8	38,8	16,7	34,6	26,8	7,04	27,8
Контроль 2 (КФ+П)	2,34	0,41	2,42	6,21	1,04	7,04	5,21	0,82	4,48
БАІ н	3,45	0,45	3,52	6,43	2,09	7,36	6,04	1,99	6,21
Р1 н	6,44	0,88	7,65	8,21	3,66	9,32	6,87	2,09	6,92
Р2 н	6,98	0,88	8,04	8,99	3,68	9,41	7,11	2,09	7,23

Примітка.¹ Мікростадія ВВСН 24–26 відповідає фазі кушення вівса.

Обробка насіння препаратом із біологічно активним йодом (БАІ) захищала рослин від септоріозу на рівні протруйника – 0,45–3,52% залежно від погодних умов року. За передпосівної обробки насіння розчинами Р1 і Р2 також відзначено суттєве зниження рівня ураження септоріозом – 0,88–8,04%.

Зараження молодих рослин вівса *борошнистою росю* відбувається через конідії, які формуються на падалиці, та сумкоспорами при температурі від 3 до 31°C (оптимум 15–20°C) за відносної вологості повітря 50–100%. Особливо сприятливі умови для розвитку хвороби складаються при температурі повітря 18–22°C і частому чергуванні теплих та вологих днів. Епіфітотії борошнистої роси поширюються у вологозабезпечені роки. За низького забезпечення вологою у весняний період 2022 року, ураження борошнистою росю було лише на початкових мікростадіях розвитку, на досить низькому рівні. Надалі ж хвороба не розвивалася. Рівень ураження вівса на ранніх стадіях розвитку хворобами в умовах 2021, 2022 та 2023 рр.

дещо різнився, але була встановлена достовірна ефективність йодовмісних препаратів для захисту рослин від ураження хворобами.

Кореневі гнилі вівса.

Ураження рослин вівса кореневими гнилями у вологі роки в абсолютному контролі та контрольному варіанті з внесенням добрив було на достатньо високому рівні – 26,0–27,8%, в той час як в умовах посухи 2022 року ураження було суттєво нижчим і складало 7,04–12,0%. Передпосівна обробка насіння препаратом *Ламардор*[®] *Про* забезпечувала повноцінний захист рослин від хвороб. Тож, кореневі гнилі вівса були зафіксовані лише на рівні 4,48–5,21% у вологі роки (2021, 2023), а в посушливому 2022 році – на рівні 0,82%. За обробки насіння препаратом із біологічно активним йодом (БАІ) нами встановлено сильну захисну дію, яка незначно поступалась варіанту обробки насіння протруйником. У варіантах із застосуванням для передпосівної обробки препаратів *P1н* та *P2н* нами встановлено також доволі потужний захисний ефект.

Отже, обробка посівів по вегетації йодовмісними препаратами дозволяє знизити рівень ураження хворобами і, щонайважливіше, – попередити інфікування насіння, яке формується на материнській рослині. Бо саме насіння є основним джерелом патогенної інфекції, що розвивається після його висіву в ґрунт.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

Порівняльне аналізування сум температур свідчить, що найоб'єктивнішим показником, який характеризує тепловий режим для рослин, є накопичення суми теплових одиниць, найбільших, порівняно з сумами активних і ефективних температур, розрахованих для двох біологічно активних мінімумів. Сума накопичення теплових одиниць за період березень – липень в середньому за 2021–2023 роки склала 2229,7; сума активних температур для біологічно активного мінімуму +5°C – 2004,2; сума активних температур для біологічно активного мінімуму +10°C – 1768,5; сума ефективних температур для біологічно активного мінімуму +5°C – 1361,5;

сума ефективних температур для біологічно активного мінімуму $+10^{\circ}\text{C}$ – 797,1.

Розрахунки ГТК вказують на більш обґрунтоване використання для характеристики умов для росту та розвитку холодостійких культур сумарних активних температур із біологічно активним мінімумом $+5^{\circ}\text{C}$ в період наростання сумарних температур.

Польова схожість насіння в роки проведення досліджень більш суттєво залежала від погодних умов років проведення досліджень і складала: 2021 р. – 81,2–84,4%; 2022 р. – 71,2–78,9%; 2023 р. – 82,8–87,6%. Найвагомим чинником, який визначає польову схожість насіння вівса, є рівень забезпечення вологою в передпосівний і посівний періоди. Різниця між сортами і системами удобрення незначна. Водночас в умовах посушливого 2022 року простежувалась відмінність між сортами щодо польової схожості. Так, сорти вітчизняної селекції ‘Нептун’ і ‘Світанок’ мали вищу польову схожість, що також може свідчити про адаптивність до умов посухи.

Вживання рослин значно залежить від погодних умов, особливо вологозабезпечення, норм і видів добрив. Значна редукція рослин відзначена в контрольному варіанті – для всіх сортів вживання рослин склало в: 2021 р. – 75–80%; 2022 р. – 70–74%; 2023 р. – 76–80%. Внесення підвищених норм добрив і додатково сірки сприяло підвищенню вживання рослин – воно було досить стабільним і значно вищим, порівняно з контрольним варіантом і за внесення $\text{N}_{30}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$.

Встановлено захисну дію йодовмісних препаратів, що характеризується підвищенням стійкості до ураження хворобами. Захисний ефект від йодовмісного препарату з біологічно активним йодом перебуває на одному рівні з протруйником. Обробка насіння препаратом з біологічно активним йодом (БАІ) оберігала рослини від септоріозу на рівні протруйника – 0,45–3,52%, залежно від погодних умов року. Також подібний ефект продемонстровано щодо ураження кореневими гнилями та борошнистою росою.

РОЗДІЛ 4

СОРТОВА ТА ТРОФІЧНА ОСОБЛИВІСТЬ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ УРОЖАЙНОСТІ ВІВСА ПОСІВНОГО

Урожайність є інтегруючою величиною складних формотворчих процесів, які відбуваються залежно від генетичного потенціалу сортів та впливу чинників довкілля – екологічних та технологічних .

Одним із структурних компонентів, що суттєво визначає загальний рівень урожайності, вважається кількість продуктивних стебел на одиниці площі. Так, кількість продуктивних стебел вівса на одиниці площі визначалася як сортовими особливостями, так і значно змінювалася залежно від удобрення. Діапазон зміни кількості продуктивних стебел вівса коливався від 364 до 624 стебел/м² (табл. 4.1). Найбільша кількість продуктивних стебел формувалась у сорту ‘Айворі’ – від 428 стебел/м² (в контрольному варіанті) до 624 стебел/м².

Всі сорти позитивно реагували на внесення добрив збільшенням формування продуктивних стебел. У контрольному варіанті кількість продуктивних стебел склала 364–428 штук/м²; за внесення $N_{30}P_{30}K_{30}+N_{30}$ – 382–449 штук/м², а у сорту ‘Айворі’ – 493 штук/м²; $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$ – 546–624 стебел/м².

За внесення максимальної норми добрив – $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$, кількість продуктивних стебел збільшувалась у всіх сортів. Проте, їх абсолютна кількість суттєво різнилася. Найінтенсивніше на внесення підвищених норм добрив реагував сорт ‘Айворі’.

Таблиця 4.1.

Кількість продуктивних стебел вівса залежно від удобрення, шт./м²,
середнє 2021–2023 рр.

Норма добрив ¹ фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’ к ²	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	364	367	369	364	394	385	428
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ +N ₃₀	444	438	419	382	449	439	493
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	505	495	482	480	474	477	546
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ +N ₃₀	519	513	518	505	541	523	574
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ +N ₃₀	540	539	545	534	574	581	618
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} +N ₃₀	458	471	445	407	462	446	488
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} +N ₃₀	497	487	485	480	497	479	549
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} +N ₃₀	525	518	512	499	547	527	568
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ +N ₃₀	552	546	574	575	569	558	624

Примітки: ¹ підживлення N₃₀ проводили відповідно мікростадії ВВСН 31-32; ² к – сорт – контроль.

Завдяки добривам збільшується коефіцієнт продуктивного кушення: коливаючись від 1,31 до 1,44 в контрольному варіанті до 1,85–1,99 за внесення N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀S₄₅+N₃₀ (табл. 4.2). Додаткове внесення сірки сприяє зростанню кушення рослин вівса, що можна було встановити порівнянням еквівалентних норм добрив.

Таблиця 4.2.

Коефіцієнт продуктивного кушення рослин вівса посівного залежно від удобрення, см, середнє 2021–2023 рр.

Норма добрив ¹ фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’ к ²	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	1,31	1,34	1,33	1,35	1,39	1,40	1,44
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ +N ₃₀	1,55	1,57	1,48	1,39	1,52	1,57	1,59
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	1,71	1,73	1,63	1,67	1,61	1,67	1,75
N ₉₀ P ₉₀ K ₉ +N ₃₀	1,74	1,77	1,74	1,74	1,78	1,81	1,81
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ +N ₃₀	1,81	1,83	1,81	1,81	1,88	1,98	2,00
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} +N ₃₀	1,58	1,68	1,56	1,46	1,61	1,60	1,62
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} +N ₃₀	1,69	1,71	1,66	1,69	1,68	1,69	1,77
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} +N ₃₀	1,77	1,78	1,74	1,74	1,81	1,82	1,82
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ +N ₃₀	1,85	1,87	1,92	1,98	1,89	1,92	1,99

Примітки: ¹ підживлення N₃₀ проводили відповідно мікростадії ВВСН 31-32; ² к – сорт – контроль.

Кількість зерен у волоті вівса – це результат складних процесів диференціації та редукції генеративних органів, що залежить від значної кількості чинників. Кількість зерен у волоті сортів вівса в середньому за 2021–2023 роки змінювалася від 30 до 49 шт./волоть (табл. 4.3). Встановлено, що абсолютна кількість зерен у волоті вівса зростає у всіх сортів за збільшення норми внесення добрив, але урожайність в такому разі корелює і з кількістю продуктивних стебел на площі посіву.

Таблиця 4.3.

Кількість зерен в волоті сортів вівса посівного залежно від удобрення
штук/волоть, середнє 2021–2023 рр.

Норма добрив ¹ фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’ к ²	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	34	33	32	30	36	36	38
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ +N ₃₀	35	36	35	34	37	39	40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	37	38	37	40	40	40	42
N ₉₀ P ₉₀ K ₉ +N ₃₀	39	39	41	42	43	42	45
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ +N ₃₀	42	42	35	46	45	44	46
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} +N ₃₀	42	37	36	36	39	39	41
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} +N ₃₀	44	38	42	41	38	42	43
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} +N ₃₀	44	40	43	45	45	46	47
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ +N ₃₀	45	42	43	46	47	47	49

Примітки: ¹ підживлення N₃₀ проводили відповідно мікростадії ВВСН 31-32; ² к – сорт – контроль.

Управління формуванням індивідуальної урожайності зерна з рослини, стебла – серед основних завдань адаптивних технологій вирощування культур. Визначено, що маса зерна з волоті сортів вівса суттєво різнилася. Діапазон її зміни варіював від 0,98 до 1,96 грамів (табл. 4.4). За більшої кількості диференційованих зерен (за зростаючих норм добрив) – збільшувалася і маса зерна з волоті. Маса зерна в волоті всіх сортів контрольного варіанту складала – 0,98 – 1,21 грам. Найбільшу масу зерна з волоті формував сорт ‘Айворі’ – 1,21 – 1,96 грам залежно від норми добрив.

Таблиця 4.4.

Маса зерна з волоті сортів вівса посівного залежно від удобрення,
грам/волоть, середнє 2021–2023 рр.

Норма добрив ¹ фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’ к ²	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закаг’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	1,02	1,04	0,99	0,98	1,13	1,14	1,21
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ +N ₃₀	1,08	1,24	1,1	1,14	1,21	1,18	1,34
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	1,18	1,31	1,12	1,26	1,45	1,34	1,58
N ₉₀ P ₉₀ K ₉ +N ₃₀	1,22	1,34	1,23	1,42	1,52	1,4	1,67
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ +N ₃₀	1,33	1,36	1,24	1,5	1,58	1,56	1,88
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} +N ₃₀	1,45	1,34	1,12	1,29	1,24	1,32	1,38
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} +N ₃₀	1,5	1,48	1,28	1,4	1,54	1,49	1,68
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} +N ₃₀	1,52	1,53	1,38	1,52	1,68	1,78	1,88
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ +N ₃₀	1,54	1,57	1,46	1,56	1,94	1,88	1,96

Примітки: ¹ підживлення N₃₀ проводили відповідно мікростадії ВВСН 31-32; ² к – сорт – контроль.

Маса зерна з волоті у всіх сортів була найбільшою за внесення N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀S₄₅+N₃₀.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

Визначальними структурними компонентами, які формують урожайність вівса, є кількість продуктивних стебел, кількість зерна у волоті та маса зерна з волоті.

Встановлено, що кількість продуктивних стебел у рослин вівса коливалася від 364 до 624 стебел/м², залежно від сортових особливостей та норм добрив. Всі сорти позитивно реагували на внесення добрив збільшенням формування продуктивних стебел. У контрольному варіанті кількість продуктивних стебел склала 364–428 штук/м²; за внесення N₃₀P₃₀K₃₀+N₃₀ – 382–449 штук/м². За додавання максимальної норми добрив – N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀S₄₅+N₃₀, кількість продуктивних стебел збільшувалась у всіх

сортів, але їх абсолютна кількість суттєво різнилася. Найінтенсивніше на внесення підвищених норм добрив реагував сорт 'Айворі' через формування найбільшої кількості продуктивних стебел – від 428 стебел/м² (в контрольному варіанті) до 546–624 стебел/м² за внесення N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀S₄₅+N₃₀.

Досліджено, що коефіцієнт продуктивного кушення рослин вівса зростає залежно від норми внесених добрив до 1,85–1,99 за внесення N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀S₄₅+N₃₀, за коефіцієнта продуктивного кушення в контрольному варіанті – 1,31–1,44. Додаткове внесення сірки сприяє зростанню кушення рослин вівса, що встановлено порівнянням еквівалентних норм добрив.

Кількість зерен у волоті сортів вівса в середньому за 2021–2023 роки змінювалася від 30 до 49 штук/волоть. Діапазон зміни маси зерна коливався від 0,98 до 1,96 грам. Підтверджено, що за більшої кількості диференційованих зерен (за зростаючих норм добрив) – збільшувалася і маса зерна з волоті.

РОЗДІЛ 5

УРОЖАЙНІСТЬ ВІВСА ЗАЛЕЖНО ВІД ОСОБЛИВОСТЕЙ СОРТУ ТА УДОБРЕННЯ

5.1. Сортова реакція вівса на види та норми добрив (дослід 1).

Управління продукційним процесом через технологічне забезпечення знижує негативний вплив некерованих чинників і сприяє підвищенню ролі сорту і системи живлення. Продукційний процес рослин – це сукупність окремих взаємопов’язаних процесів, внаслідок яких відбувається формування врожаю – результату складних фізіологічних і біохімічних процесів, які протікають в рослині впродовж всього вегетаційного періоду. Спрямованість цих процесів насамперед визначається спадковими ознаками сорту, але на інтенсивність їх прояву значно впливають абіотичні, біотичні та організаційно-господарські чинники.

Удобрення та погодні умови вегетації суттєво позначаються на формуванні врожайності вівса. Найбільші її значення в усі роки досліджень демонстрували сорти ‘Айворі’, ‘Легінь Носівський’ і ‘Закат’; найнижчі в контрольному варіанті (2,38; 2,02; 2,44 т/га у 2021, 2022, 2023 рр. відповідно) у сорту ‘Нептун’ (табл 5.1).

Урожайність сортів вівса в середньому за 2021–2023 роки коливалася від 2,28 т/га (контрольний варіант, сорт Нептун) до 5,54 т/га ($N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$, сорт Айворі) (табл. 3). Середня врожайність за 2021–2023 рр. в контрольному варіанті була такою: ‘Нептун’ – 2,28 т/га; ‘Легінь Носівський’ – 2,64; ‘Світанок’ – 2,50; ‘Закат’ – 2,70; ‘Зубр’ – 2,71; ‘Альбатрос’ – 2,60; ‘Айворі’ – 2,81 т/га. А її усереднений приріст від використання добрив, на які позитивно реагують усі сорти, становив 0,32–2,83 т/га; максимальний – 1,24–2,73 т/га в ‘Айворі’ за збільшення доз добрив. Додаткові прирости врожайності від внесення сірки для сорту ‘Нептун’ – 0,26–0,39 т/га; ‘Легінь Носівський’ – 0,47–0,49; ‘Світанок’ – 0,23–0,66; ‘Закат’ – 0,39–0,64; ‘Зубр’ –

0,41–0,54; ‘Альбатрос’– 0,58–0,78; ‘Айворі’ – 0,34–0,66 т на гектар. Прирости урожайності залежно від добрив варіювали від 0,32 до 2,83 т/га.

Таблиця 5.1.

Урожайність сортів вівса, т/га, 2021–2023 рр. (дослід 1)

Удобрення * – фактор В	Сорт – фактор А						
	‘Нептун’	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
2021 рік							
Контроль	2,38	2,72	2,68	2,92	2,74	2,78	2,96
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,78	3,91	3,42	3,92	3,88	3,64	4,04
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,12	4,21	3,78	4,26	4,16	3,98	4,46
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,48	4,48	3,99	4,66	4,42	4,12	4,98
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	3,96	4,94	4,36	5,04	4,82	4,54	5,04
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25}	3,04	4,49	3,98	4,32	4,46	4,24	4,52
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5}	3,44	4,84	4,54	4,8	4,78	4,48	4,98
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75}	3,96	5,18	4,88	5,22	5,12	5,08	5,32
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅	4,38	5,64	5,12	5,58	5,45	5,32	5,66
2022 рік							
Контроль	2,02	2,32	2,2	2,31	2,3	2,21	2,38
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,34	3,26	3,02	3,56	3,23	3,04	3,64
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,58	3,69	3,32	3,88	3,61	3,66	3,98
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,06	4,02	3,68	4,12	3,98	3,94	4,23
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	3,34	4,48	3,98	4,39	4,28	4,24	4,38
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25}	2,56	3,72	3,26	3,89	3,68	3,84	3,98
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5}	2,98	4,23	3,56	4,27	4,17	4,02	4,37
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75}	3,21	4,64	3,88	4,66	4,51	4,41	4,61
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅	3,66	4,92	4,04	4,84	4,82	4,74	4,99
2023 рік							
Контроль	2,44	2,88	2,62	2,88	3,08	2,82	3,1
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,68	4,32	3,56	4,04	4,28	3,68	4,48
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,02	4,68	3,88	4,42	4,68	4,08	4,82
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,64	4,99	4,12	4,87	4,96	4,56	5,14
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,04	5,26	4,48	4,98	5,02	4,88	5,24
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25}	2,99	4,69	3,46	4,48	4,48	4,62	4,68
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5}	3,43	5,09	4,48	4,96	4,88	4,98	5,08
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75}	4,06	5,44	5,02	5,5	5,14	5,12	5,51
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅	4,48	5,84	5,22	5,92	5,48	5,34	5,98
NIP _{0,05} : фактор А – 0,26; фактор В – 0,31 т/га							

* Підживлення N₃₀ проводили на всіх варіантах (окрім контролю) у мікростадії ВВСН 32.

У сортів відстежується сортова специфічна реакція на норми добрив, макроелементи та сірку. Комбіноване внесення останньої (із залученням макроелементів) забезпечує суттєве зростання урожайності завдяки ефективнішому використанню рослинами азоту, що підтверджується низкою наукових публікацій (Mahmoud, R. M., et al, 2021; Wang, S. P., et al, 2002).

Сорт – один із визначальних чинників ефективності вирощування культури. Серед основних завдань нашого дослідження було встановлення реалізації потенціалу семи сортів вівса, які вирощуються в Україні. Результати досліджень вказують на позитивну реакцію всіх сортів на зростаючі норми добрив та внесення сірки, однак прирости урожайності суттєво різнилися.

Таблиця 5.2.

Урожайність сортів вівса посівного, т/га середнє 2021–2023 рр.

Норма добрив ¹ фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’ к ²	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	2,28 ^a	2,64 ^a	2,50 ^a	2,70 ^a	2,71 ^a	2,60 ^a	2,81 ^a
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀	2,60 ^b	3,83 ^b	3,33 ^b	3,84 ^b	3,80 ^b	3,45 ^b	4,05 ^b
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	2,91 ^c	4,19 ^c	3,66 ^c	4,19 ^c	4,15 ^d	3,91 ^c	4,42 ^c
N ₉₀ P ₉₀ K ₉ + N ₃₀	3,39 ^d	4,50 ^d	3,93 ^d	4,55 ^d	4,45 ^e	4,21 ^d	4,78 ^d
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₃₀	3,78 ^e	4,89 ^e	4,27 ^d	4,80 ^e	4,71 ^{ef}	4,55 ^e	4,89 ^d
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} + N ₃₀	2,86 ^c	4,30 ^c	3,57 ^c	4,23 ^c	4,21 ^d	4,23 ^d	4,39 ^c
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} + N ₃₀	3,28 ^d	4,72 ^d	4,19 ^d	4,68 ^d	4,61 ^e	4,49 ^e	4,81 ^d
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} + N ₃₀	3,74 ^e	5,09 ^f	4,59 ^e	5,13 ^f	4,92 ^f	4,87 ^f	5,15 ^e
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ + N ₃₀	4,17 ^f	5,47 ^g	4,79 ^f	5,45 ^g	5,25 ^g	5,13 ^g	5,54 ^f

Примітки: ¹ підживлення N₃₀ проводили відповідно мікростадії ВВСН 31-32; ² к – сорт – контроль.

Поміж семи досліджуваних сортів вівса (впродовж 2021–2023 року), найбільш продуктивним виявився сорт ‘Айворі’. Його урожайність протягом років дослідження і залежно від системи удобрення коливалася від 2,38 т/га в контрольному варіанті у 2022 році та до 5,98 т/га за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$ – в 2023-му. Сорт позитивно реагує на зростаючі норми добрив і введення в систему живлення сірки, яка покращує стійкість вівса до вилягання, підвищуючи рівень використання азоту. Приріст урожайності в середньому за 2021–2023 роки за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$ склав 2,73 т/га, порівняно з контролем, і 0,66 т/га – порівняно з варіантом внесення еквівалентної кількості макроелементів $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$, але без сірки (табл. 5.3).

Таблиця 5.3.

Приріст урожайності за додаткового застосування сірки, т/га, середнє за 2021–2023 рр.

	Сорт фактор А						
	‘Нептун’	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
S _{11,25}	0,26	0,47	0,23	0,39	0,41	0,78	0,34
S _{22,5}	0,38	0,53	0,53	0,49	0,46	0,59	0,39
S _{33,75}	0,35	0,59	0,66	0,58	0,47	0,66	0,36
S ₄₅	0,39	0,57	0,52	0,64	0,54	0,58	0,66

Позитивна реакція на зростаючі норми внесення елементів живлення була встановлена також для сортів ‘Легінь Носівський’, ‘Закат’, ‘Зубр’, ‘Альбатрос’.

‘Легінь Носівський’ – новий сорт вітчизняної селекції (рік реєстрації – 2018). Йому властивий високий генетичний потенціал і доволі гарний рівень реалізації. Діапазон зміни урожайності змінювався від 2,32 т/га в

контрольному варіанті до 5,84 т/га за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$. Середня урожайність сорту за 2021–2023 роки коливалася від 2,64 в контрольному варіанті до 5,47 за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$.

Сорт ‘Нептун’ можна віднести до сортів екстенсивного типу: про це свідчать його реакції на норми. Прирости від зростаючих норм добрив переважно були суттєвими, але водночас і незначними. Середня урожайності за 2021–2023 роки склала 2,28–4,17 т/га залежно від норм добрив.

Всі сорти сорти вівса продемонстрували позитивну реакцію на сірку підвищенням урожайності, але прирости врожайності – неоднакові, на фоні різних норм внесення азоту, фосфору і калію (табл. 5.3). Так, прирости урожайності у сортів ‘Закат’, ‘Зубр’ мали позитивну кореляційну залежність від застосування сірки на фоні зростаючих норм внесення азоту, фосфору і калію. Реакція сорту ‘Айвори’ була найсильнішою за внесення S_{45} на фоні $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$.

Найменші прирости урожайності від сірки були у сорту ‘Нептун’ і варіювали від 0,26 до 0,39 т/га.

5.2. Кластерний аналіз ефективності сортів і добрив у формування урожайності.

Кластерний аналіз використовується як послідовний процес об’єднання за кожну ітерацію в одну групу найбільш подібних, споріднених варіантів по сукупності заданих дослідником ознак. Ознаками в наших дослідженнях є урожайність сортів, залежно від норм та видів добрив. За кожну ітерацію відбувається об’єднання в один кластер норм і видів добрив, найбільш близьких в своїй дії на сукупність вибраних дослідником ознак – урожайність. Використано ієрархічний метод проведення кластерного аналізу та метод близькості між кластерами: квадрат евклідових відстаней.

Для оцінювання ефективності досліджуваних чинників на урожайність вівса, ми проаналізували різні комбінацій чинників.

5.2.1. Кластерний аналіз ефективності добрив у середньому за 2021–2023 роки. Згідно результатів дендрограми та аналізу відстані між кластерами, серед контрольного зразка та 8 окремих варіантів норм та видів добрив можна виділити 2 кластери, в яких комбінація чинників «сорт» і «норма добрив» забезпечує майже однаковий вплив на урожайність вівса в середньому за 2021–2023 роки. В I кластер ввійшли такі норми добрив, як: $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{30}P_{30}K_{30}S_{11,25}$. В II кластер потрапили норми добрив: $N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{120}P_{120}K_{120}$, $N_{60}P_{60}K_{60}S_{22,5}$, $N_{90}P_{90}K_{90}S_{33,75}$. Дія $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}$ відрізняється від створених 2 кластерів, хоча і наближена до другого кластера. Водночас контрольний варіант суттєво відрізняється від всіх інших.

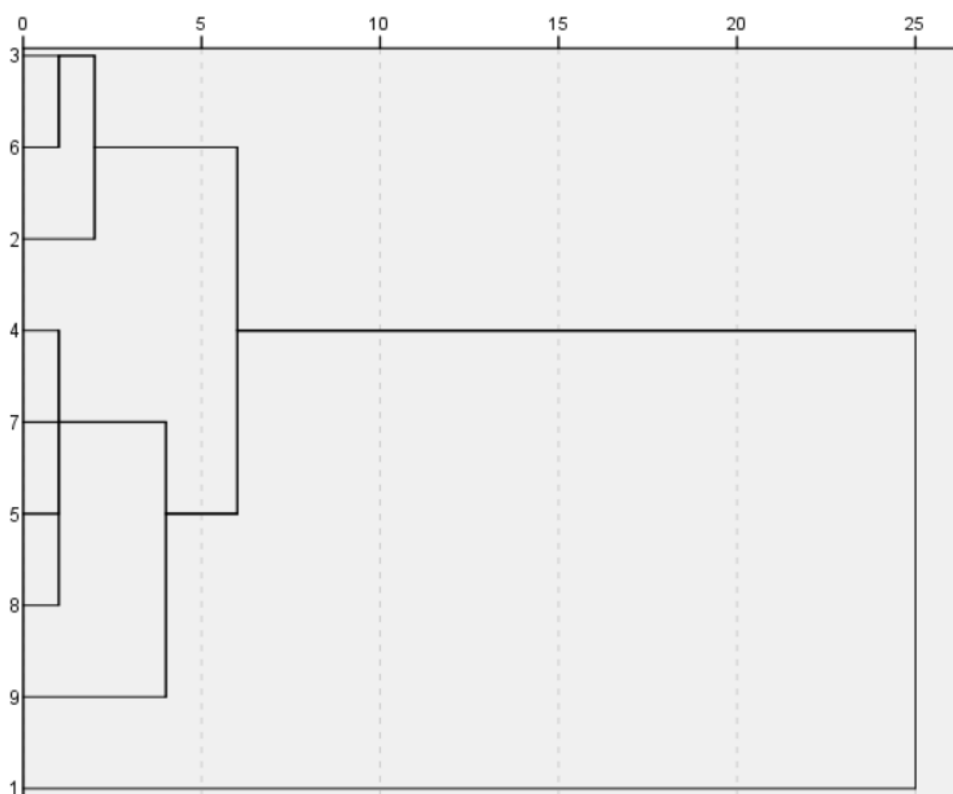


Рис.5.1 Дендрограма об'єднання в кластери за методом міжгрупових зв'язків

Кластерний аналіз ефективності чинників у формуванні урожайності вівса в середньому за 2021 р.

З огляду на результати дендрограми та аналіз відстані між кластерами, серед контрольного зразка та 8 окремих препаратів можна виділити 2 кластери, препарати в яких забезпечують майже однаковий вплив на урожайність вівса 2021 року. В I кластер ввійшли препарати: N60P60K60, N90P90K90, N120P120K120, N30P30K30S 11,25, N60P60K60 S22,5 (рис.5.2). В II кластері опинилися такі препарати, як: N90P90K90S 33,75, та N120P120K120S 45. Ефективність препарату N30P30K30 відрізняється від створених 2 кластерів, хоча дія подібна першому кластерові. Контрольний варіант значно відрізняється від всіх інших.

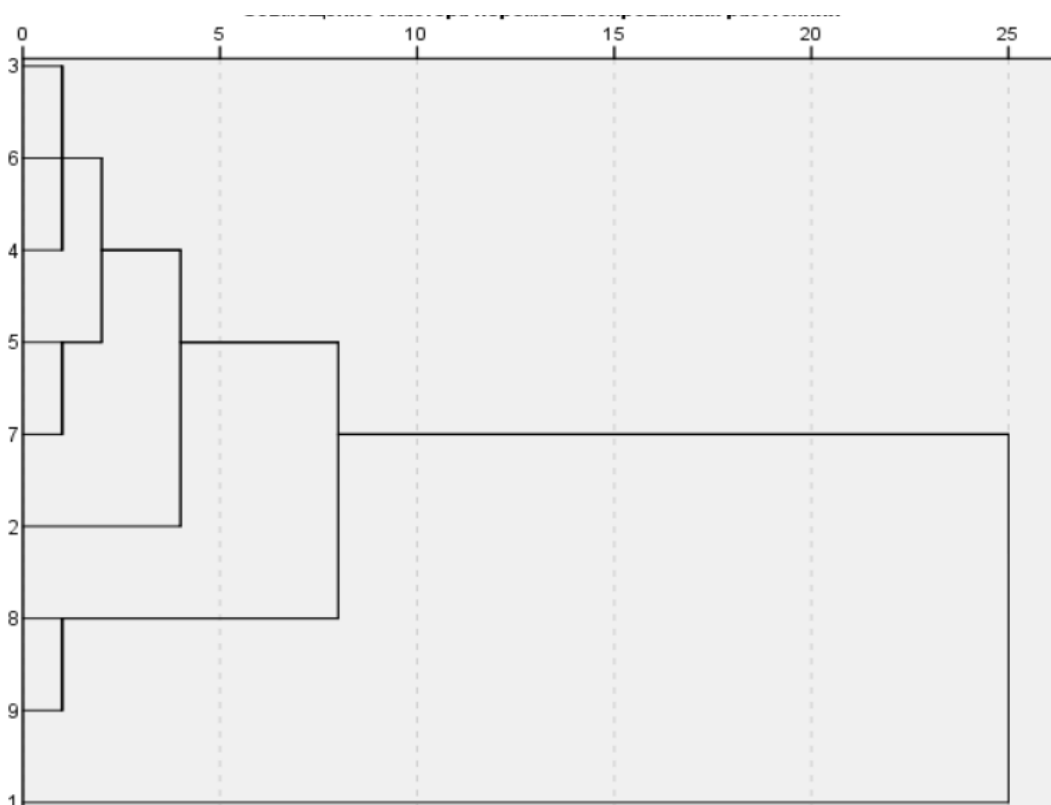


Рис.5.2 Дендрограма об'єднання в кластери за методу міжгрупових зв'язків урожайності, залежно від норм добрив у 2021 вегетаційному році

Кластерний аналіз ефективності чинників у формуванні урожайності вівса в середньому за 2022 р.

Згідно результатів дендрограми та аналізу відстані між кластерами, серед контрольного зразка та 8 окремих препаратів можна виділити 2 кластери, препарати в яких забезпечують майже однаковий вплив на урожайність вівса в 2022 році.

Перший кластер передбачає такі варіанти удобрення: N30P30K30, N60P60K60, N30P30K30S 11,25, N60P60K60 S22,5 (рис.5.3). Другий кластер містить препарати: N90P90K90, N120P120K120, N60P60K60 S22,5, N90P90K90S 33,75, та N120P120K120S 45. Контрольний варіант суттєво відрізняється від всіх інших.

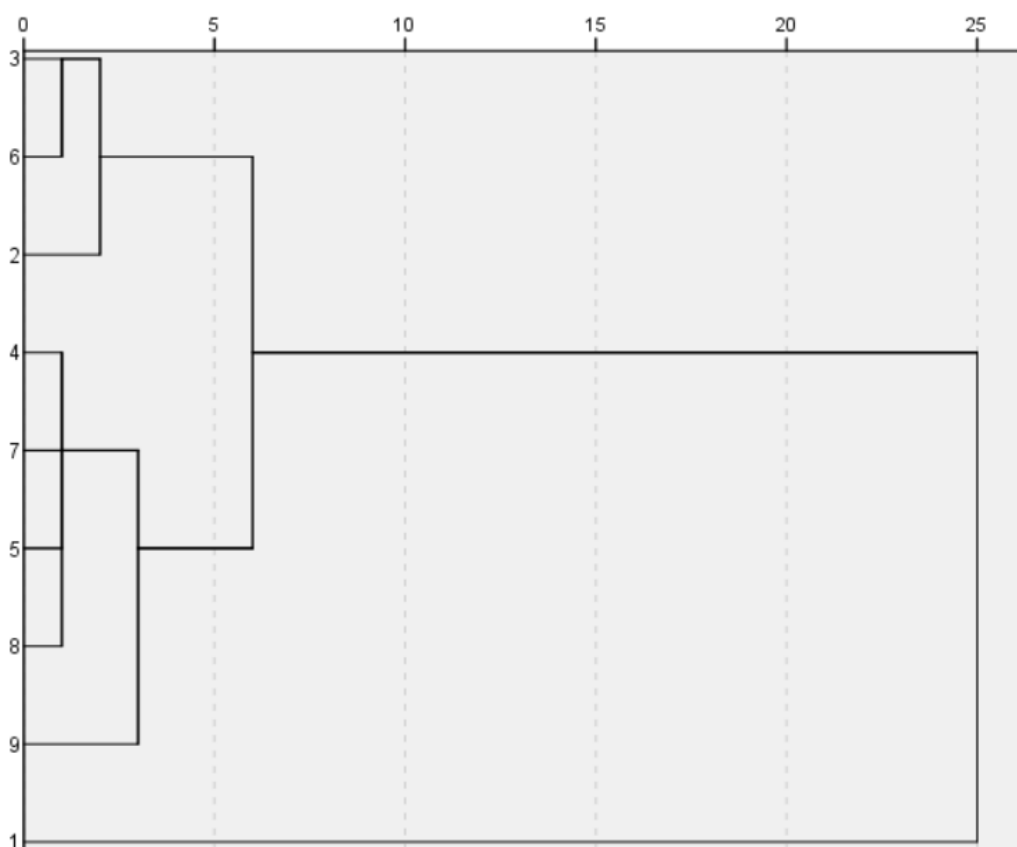


Рис.5.3. Дендрограма об'єднання в кластери методом міжгрупових зв'язків урожайності, залежно від норм добрив у 2022 вегетаційному році

Кластерний аналіз ефективності чинників у формуванні урожайності вівса в середньому за 2023 р.

Зважаючи на результати дендрограми та аналіз відстані між кластерами, серед контрольного зразка та 8 окремих препаратів можна виділити 2 кластери, препарати в яких майже однаково впливають на урожайність вівса в 2023 році. В I кластер за урожайністю ввійшли варіанти удобрення: N30P30K30, N60P60K60, N30P30K30S 11,25 (рис.5.4). В II кластер потрапили препарати N90P90K90, N120P120K120, N60P60K60 S22,5, N90P90K90S 33,75, N120P120K120S 45. Контрольний варіант суттєво відрізняється від всіх інших.

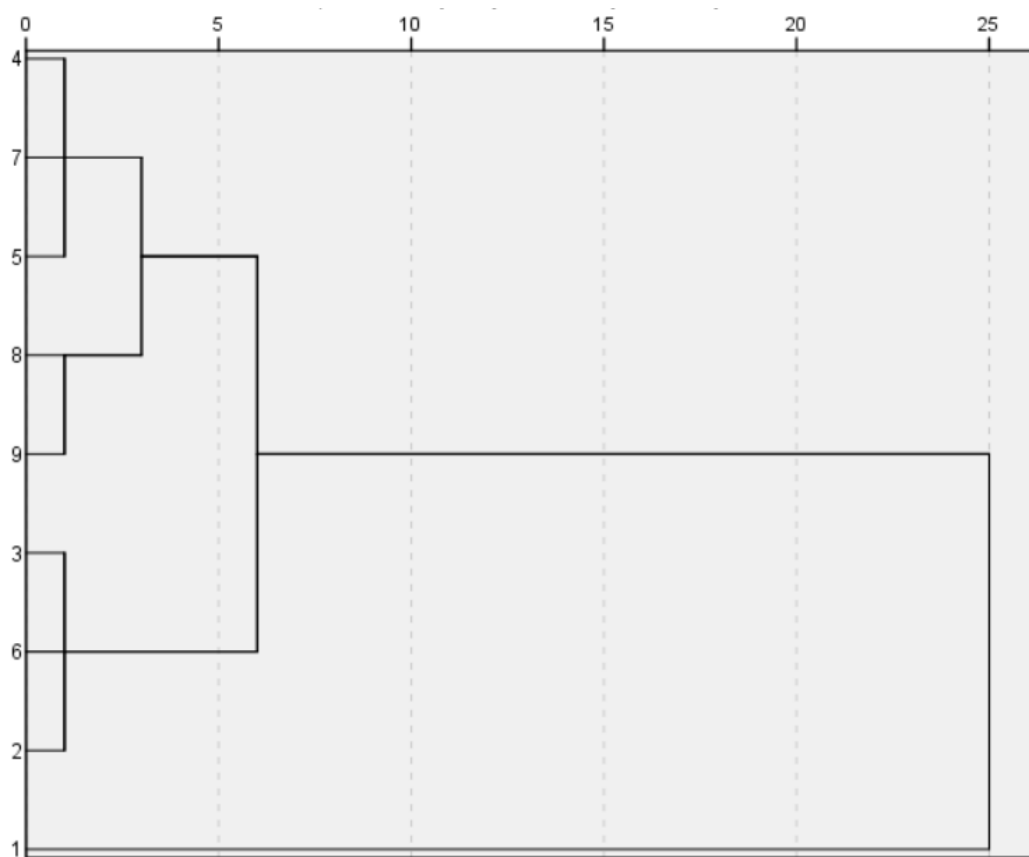


Рис.5.4. Дендрограма об'єднання в кластери методом міжгрупових зв'язків урожайності в середньому для сортів, залежно від норм добрив 2023-го вегетаційного року

5.2.2. Кластерне аналізування ефективності варіантів удобрення в середньому за 2021-2023 роки для сортів.

Кластерний аналіз ефективності удобрення сортів за роками допоміг нам ранжувати сорти за реакцією на добрива, що реалізувалося в урожайності. За кластерного аналізування урожайності майже для всіх сортів виділяли три кластери, і залежно від сорту, комбінування варіантів удобрення було різним. Для всіх сортів урожайність, сформована в контрольному варіанті, суттєво відрізнялася від усіх кластерів.

Так, кластерний аналіз ефективності варіантів удобрення у формуванні урожайності вівса сорту 'Нептун' в середньому за 2021–2023 рр., згідно результатів дендрограми та аналізу відстані між кластерами серед контрольного варіанта та 8 інших варіантів, дозволив виділити 2 кластери, в яких забезпечується майже однакова урожайність сорту в досліджуваних роках. В перший кластер увійшли варіанти з удобренням: N30P30K30, N60P60K60, N30P30K30S 11,25; другий – N90P90K90, N60P60K60 S22,5. Третій кластер значно відрізнявся від першого і другого за урожайністю. Він передбачав рівні урожайності, сформовані за внесення таких норм удобрення, як: N120P120K120, N90P90K90S 33,75 та N120P120K120S 45 (рис.5.5). Контрольний варіант суттєво відрізняється від всіх інших.

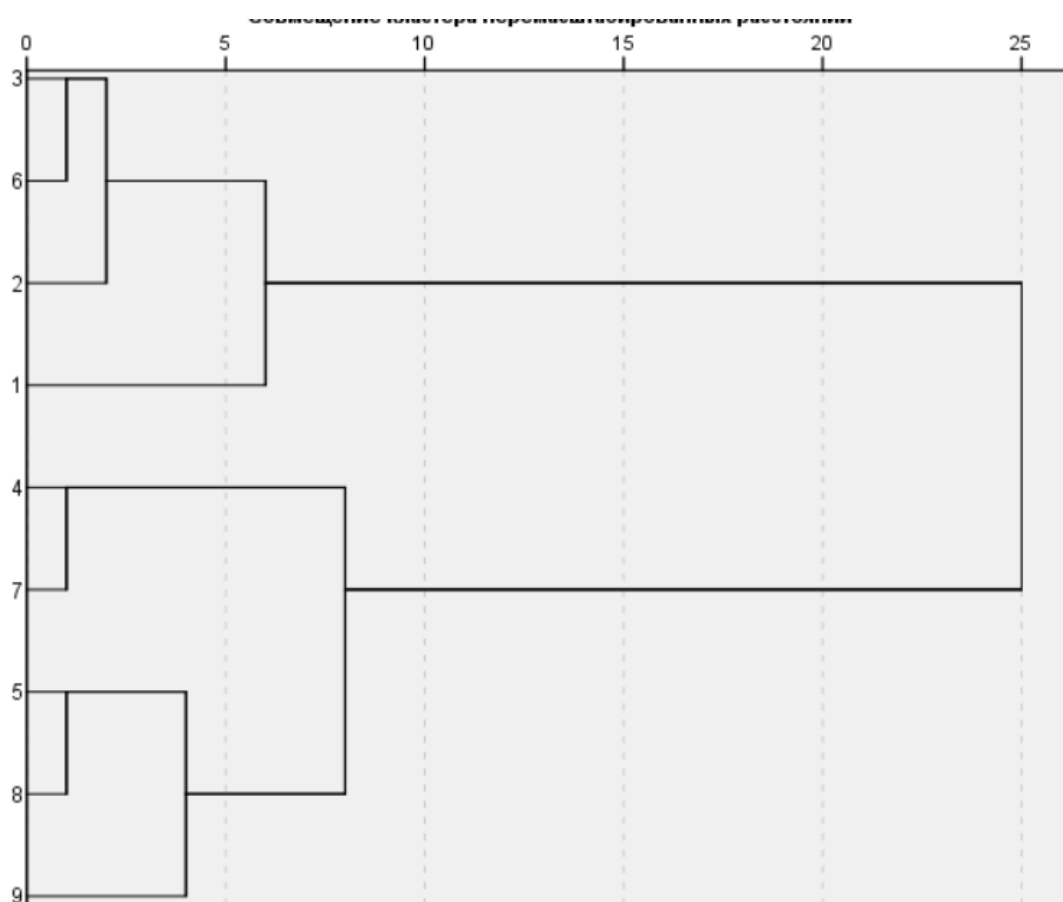


Рис.5.5. Дендродіаграма об'єднання в кластери методом міжгрупових зв'язків урожайності сорту 'Альбатрос' залежно від норм добрив, 2021–2023 рр.

Кластерний аналіз ефективності варіантів удобрення у формуванні урожайності вівса сорту 'Легінь Носівський' в середньому за 2021–2023 рр.

Розгляд результатів дендродіаграми та аналіз відстані між кластерами для сорту 'Легінь Носівський' серед контрольного варіанта та 8-ми окремих варіантів удобрення показав, що формується чітко 2 кластери, в яких забезпечується майже однакова урожайність вівса 'Легінь Носівський' в 2021–2023 роках. До першого кластеру потрапили урожайності, сформовані за внесення норм добрив, серед яких: N30P30K30, N60P60K60, N90P90K90, N30P30K30S 11,25. Другий кластер об'єднав урожайності, утворені за внесення N120P120K120, N60P60K60S22,5, N90P90K90S 33,75 та N120P120K120S 45 (рис.5.6). Контрольний варіант суттєво відрізняється від усіх кластерів.

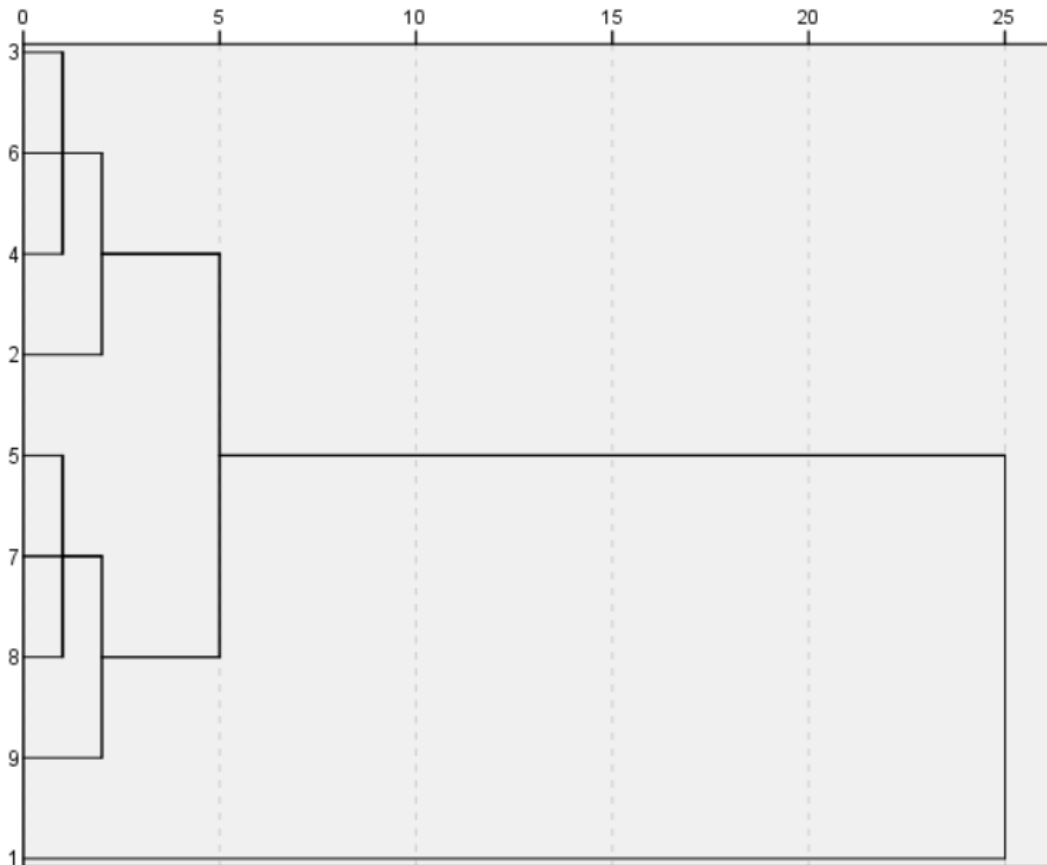


Рис.5.6. Дендрограма об'єднання в кластери із залученням методу міжгрупових зв'язків урожайності сорту 'Легінь Носівський', залежно від норм добрив за 2021–2023 рр.

Кластерний аналіз ефективності варіантів удобрення в формуванні урожайності вівса сорту 'Світанок' в середньому за 2021–2023 рр.

Згідно результатів дендрограми та аналізу відстані між кластерами, серед контрольного зразка та 8 окремих препаратів можна виділити 2 кластери, дія препаратів яких майже однаково позначається на урожайності вівса у 2021–2023 роках.

В I кластер потрапили препарати N30P30K30, N60P60K60, N30P30K30S 11,25 (рис.5.7), тоді як у II кластер – N90P90K90, N120P120K120, N60P60K60 S22,5. В III кластер увійшли наступні варіанти

удобрення: N90P90K90S 33,75 та N120P120K120S 45. Контрольний варіант суттєво відрізняється від всіх інших.

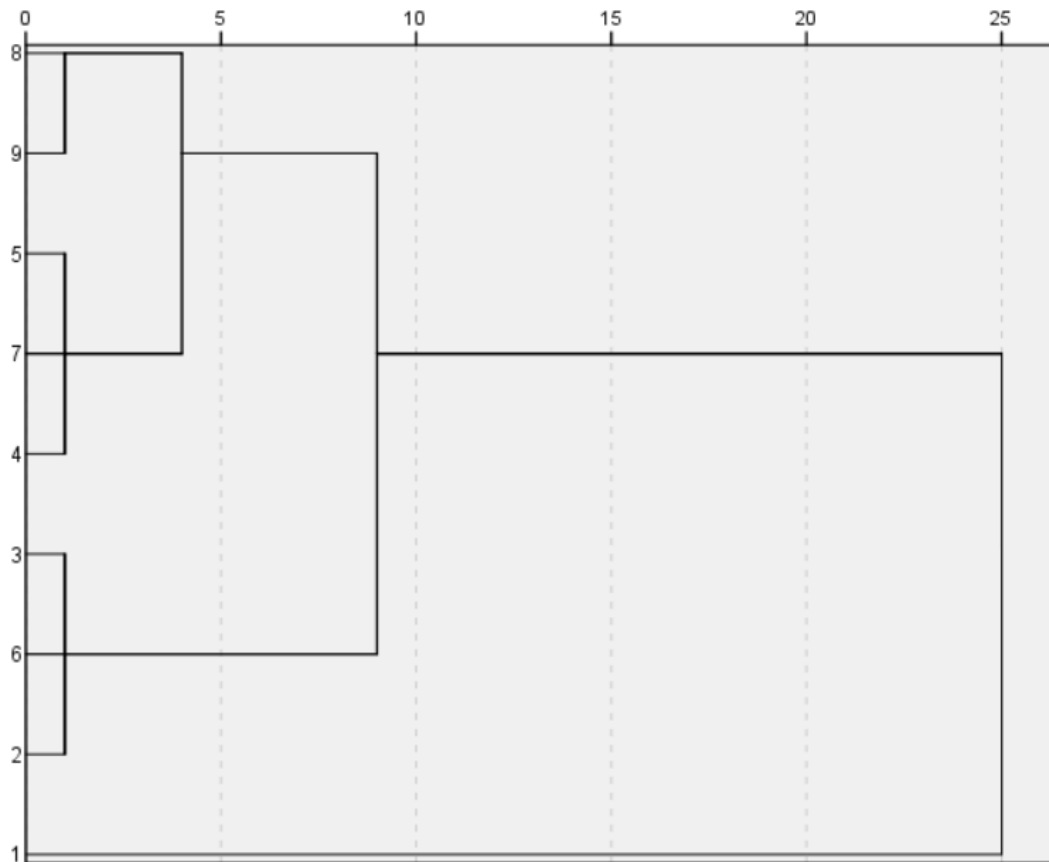


Рис.5.7. Дендрограма об'єднання в кластери із використанням методу міжгрупових зв'язків урожайності сорту 'Світанок' залежно від норм добрив, 2021–2023 рр.

Кластерний аналіз ефективності варіантів удобрення у формуванні урожайності вівса сорту 'Закат' в середньому за 2021–2023 р.

З огляду на результати дендрограми та аналіз відстані між кластерами, серед контрольного зразка та 8 окремих препаратів можна виокремити 2 кластери, препарати в яких забезпечують майже ідентично впливають на урожайність вівса у 2021–2023 роках. В I кластер потрапили варіанти: N30P30K30, N60P60K60, N30P30K30S 11,25; в II – такі варіанти, як: N90P90K90, N120P120K120, N60P60K60 S22,5. А III кластер урожайності

передбачав N90P90K90S 33,75 та N120P120K120S 45. Контрольний варіант суттєво відрізняється від всіх інших.

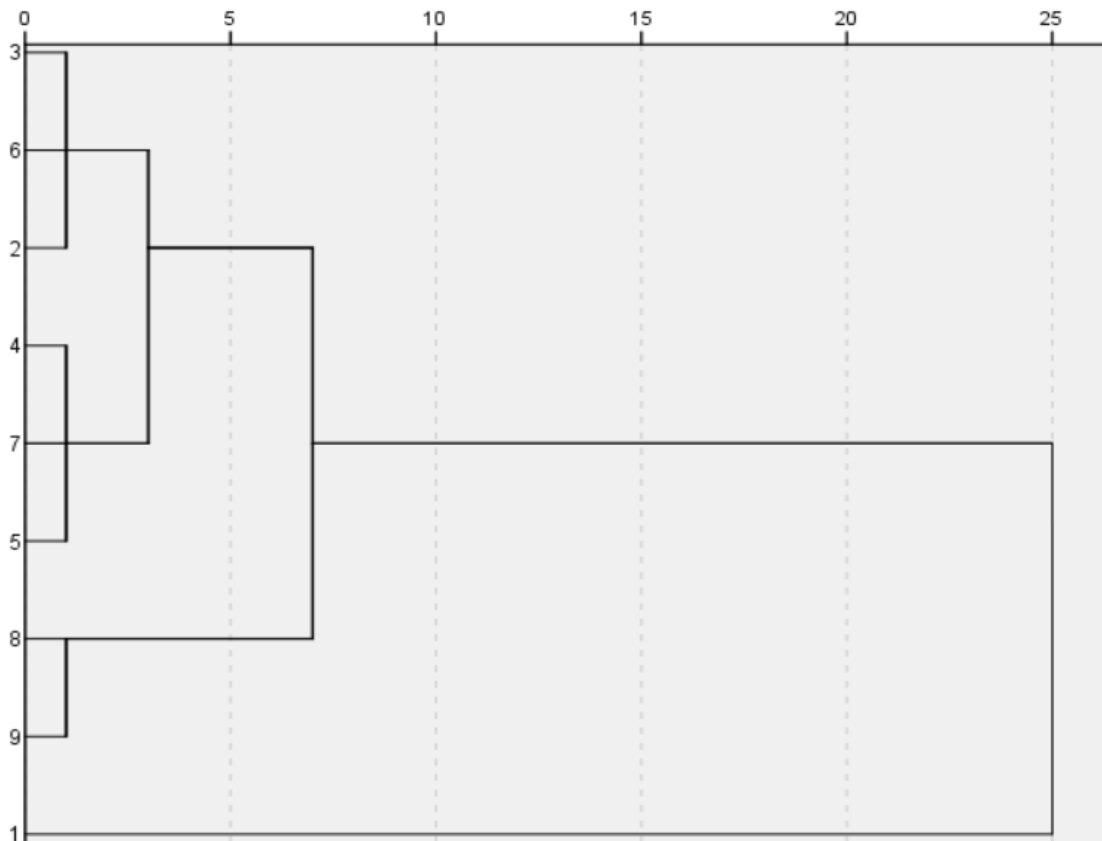


Рис.5.8 Дендрограма об'єднання в кластери за методом міжгрупових зв'язків урожайності сорту 'Закат' залежно від норм добрив, 2021–2023 рр.

Кластерний аналіз ефективності варіантів удобрення у формуванні урожайності вівса сорту 'Зубр' в середньому за 2021–2023 рр.

Згідно результатів дендрограми та аналізу відстані між кластерами, серед контрольного зразка та 8 окремих варіантів удобрення можна виділити 3 кластери, норми добрив у яких забезпечують майже однаковий вплив на урожайність вівса в 2021–2023 роках. Перший кластер передбачав варіанти удобрення: N30P30K30, N60P60K60, N30P30K30S 11,25; другий – N90P90K90, N120P120K120, N60P60K60 S22,5; а третій – N90P90K90S 33,75 та N120P120K120S 45. Контрольний варіант суттєво відрізняється від всіх інших.

Результативні матеріали майже повністю збігаються із сортом ‘Закат’.

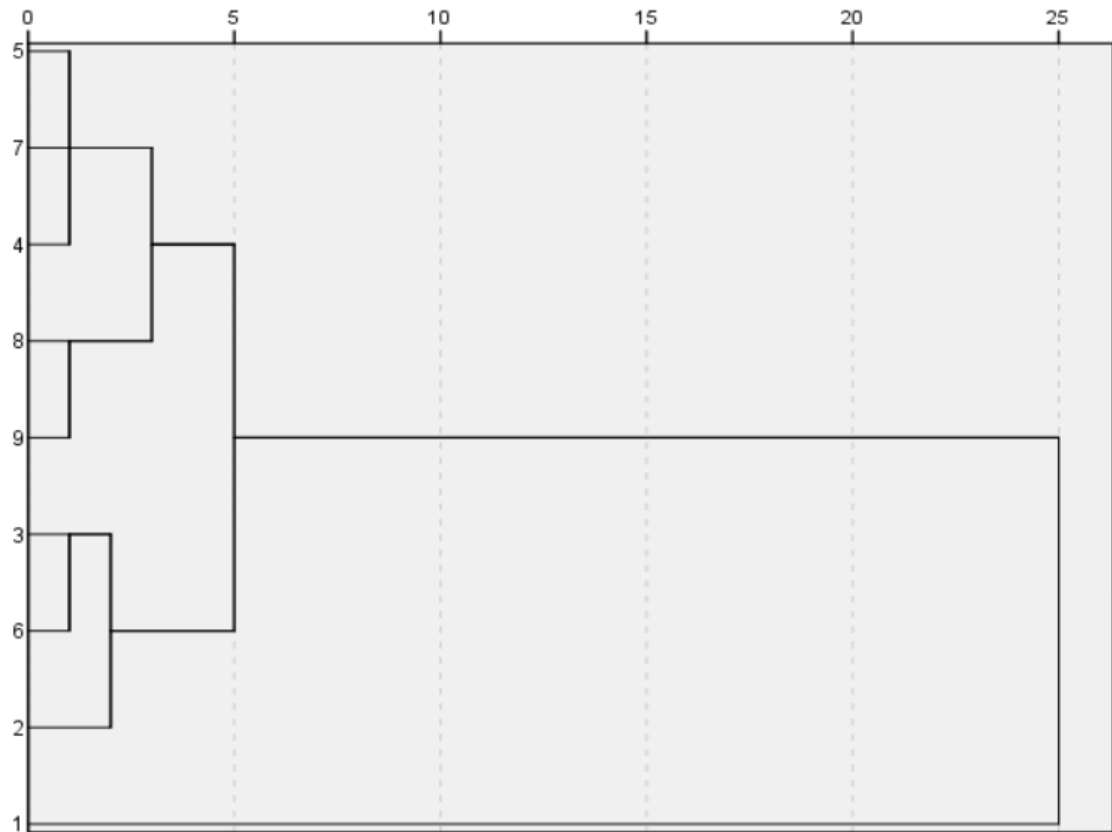


Рис.5.9. Дендрограма об'єднання в кластери за методу міжгрупових зв'язків урожайності сорту ‘Зубр’ залежно від норм добрив, 2021–2023 рр.

Кластерний аналіз ефективності варіантів удобрення у формуванні урожайності вівса сорту ‘Альбатрос’ в середньому за 2021–2023 рр.

Зважаючи на дані дендрограми та аналіз відстані між кластерами, серед контрольного зразка та 8 окремих препаратів виділимо 3 кластери, препарати в яких майже ідентично впливають на урожайність вівса у 2021–2023 роках.

В I кластер ввійшли варіанти із внесенням: N30P30K30, N60P60K60; до II-го – N90P90K90, N120P120K120, N30P30K30S 11,25 та N60P60K60 S22,5; III кластер містив N90P90K90S 33,75 та N120P120K120S 45. Контрольний варіант суттєво відрізняється від всіх інших.

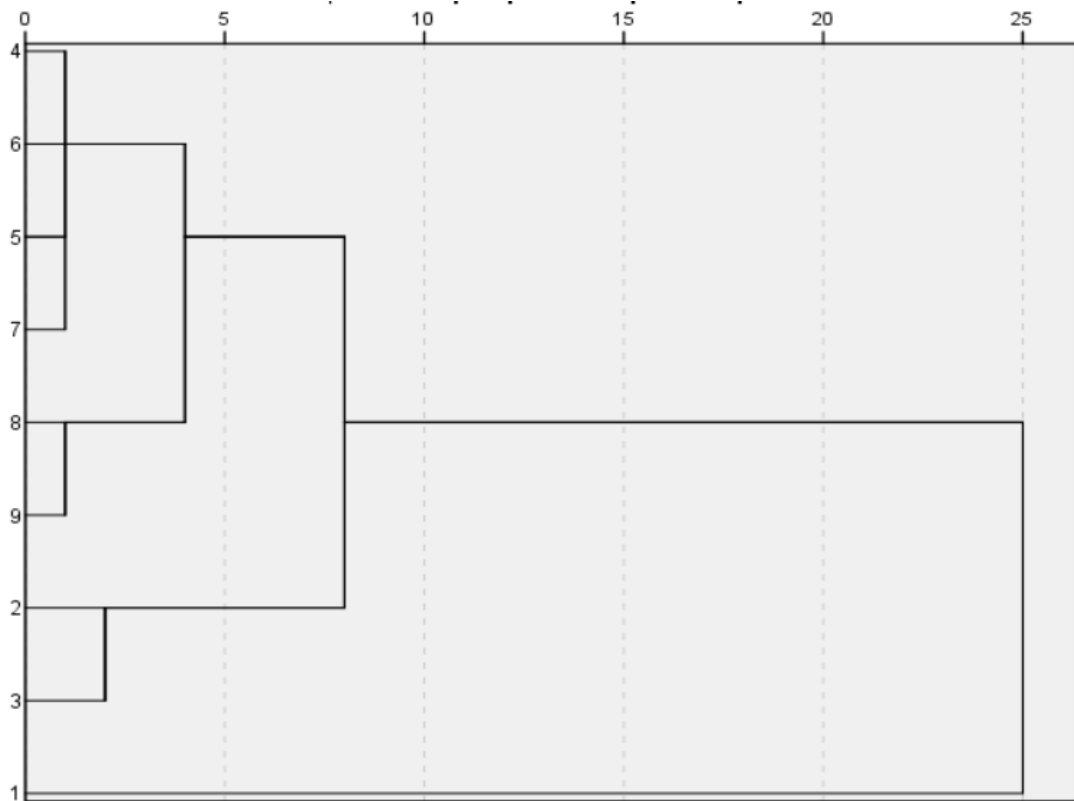


Рис.5.10. Дендрограма об'єднання в кластери за методу міжгрупових зв'язків урожайності сорту 'Альбатрос' залежно від норм добрив, 2021–2023 рр.

Кластерний аналіз ефективності варіантів удобрення у формуванні урожайності вівса сорту 'Айворі' в середньому за 2021–2023 рр.

Згідно результатів дендрограми та аналізу відстані між кластерами, серед контрольного зразка та 8 окремих препаратів можна виокремити 2 кластери, препарати в яких забезпечують майже однаковий вплив на урожайність вівса у 2021–2023 роках. У I кластер увійшли варіанти удобрення: N90P90K90, N120P120K120, N60P60K60 S22,5, N90P90K90S 33,75; II кластер – N30P30K30, N60P60K60, N30P30K30S 11,25. Дія норми добрив N120P120K120S 45 відрізняється від створених 2 кластерів. Контрольний варіант кардинально не схожий на інші.

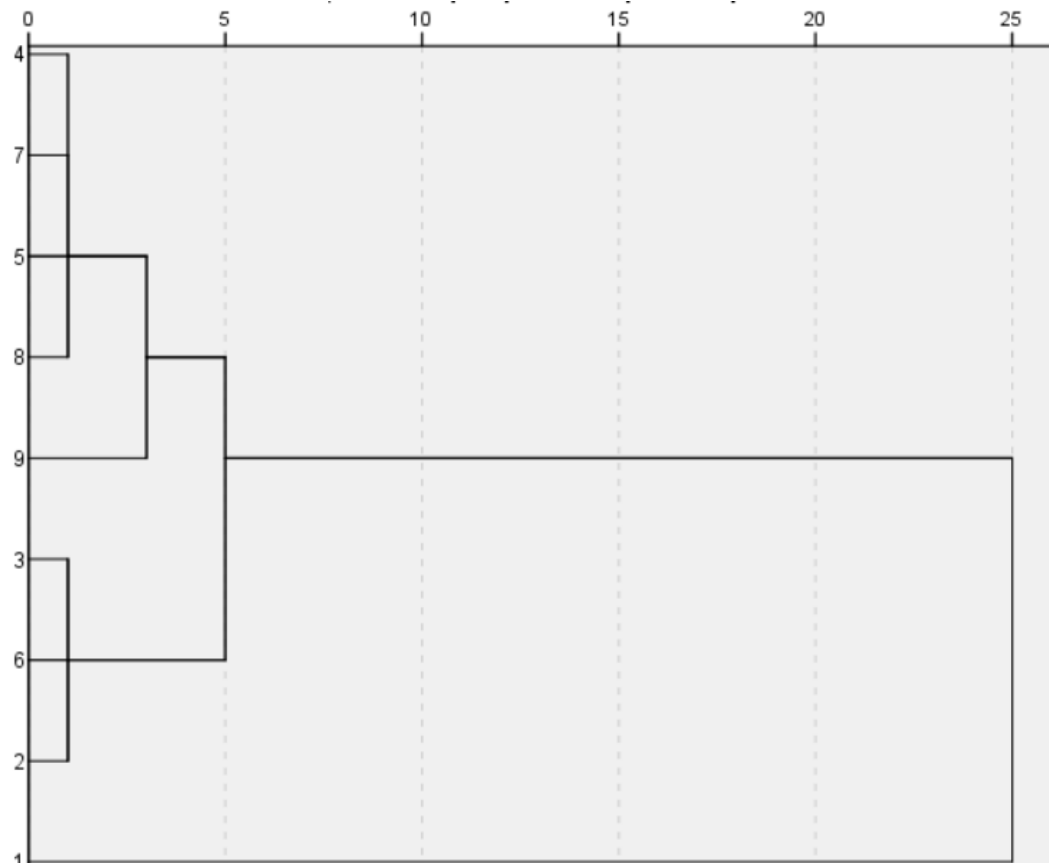


Рис.5.11. Дендрограма об'єднання в кластери за методом міжгрупових зв'язків урожайності сорту 'Айвори' залежно від норм добрив, 2021–2023 рр.

5.3. Адаптивність сортів вівса до умов вирощування. Адаптивність сортів вівса посівного є генетичною особливістю, здатною змінюватись залежно від екологічних та технологічних чинників. Сорти вівса у різні роки формували урожайність, яка різнилася залежно від видів та норм внесення добрив, а також погодних умов року. Ефективність добрив значною мірою визначалася погодним режимом вегетаційних років. Нами були розраховані коефіцієнти пластичності та стабільності сортів, зважаючи на умови року та системи удобрення, через які була встановлена адаптивність сортів вівса.

Для систематизації отриманих результатів використовували рангову класифікацію генотипів за співвідношенням параметрів пластичності (b_i) і стабільності S_i^2 : 1) $b_i < 1$, $S_i^2 > 0$ – мають кращі результати за несприятливих умов, нестабільний; 2) $b_i < 1$, $S_i^2 = 0$ – мають кращі результати за несприятливих умов, стабільний; 3) $b_i = 1$, $S_i^2 = 0$ – добре відгукується на

поліпшення умов, стабільний; 4) $b_i = 1$, $S_i^2 > 0$ – добре відгукується на поліпшення умов, нестабільний; 5) $b_i > 1$, $S_i^2 = 0$ – мають кращі результати за сприятливих умов, стабільний; 6) $b_i > 1$, $S_i^2 > 0$ – мають кращі результати за сприятливих умов. При цьому генотипи з коефіцієнтом $b_i > 1$ належать до високопластичних (відносно середньої групової), а при $1 > b_i = 0$ – до відносно низькопластичних (Eberhart, S. A., Russel, W. A., 1966).

За значення коефіцієнта пластичності вище 1 вважається, що сорт високопластичний у конкретних умовах вирощування – в умовах проведення дослідження – це живлення та погодні умови. Діапазон зміни коефіцієнта пластичності різнився суттєво як в межах сорту, залежно від системи удобрення, так і між сортами, в межах однакової системи удобрення залежно від погодних умов. Загальний діапазон зміни коефіцієнта пластичності склав 0,53–1,70.

Низькопластичним та нестабільним виявився сорт Нептун в контрольному варіанті та за внесення майже всіх досліджуваних норм внесення добрив, окрім варіантів внесення сірки. Серед досліджуваних сортів високопластичними та стабільними сортами є ‘Айворі’, ‘Зубр’, ‘Легінь Носівський’ – коефіцієнт пластичності дорівнював або перевищував 1 за всіх систем удобрення. Сорт ‘Айворі’ загалом високопластичний та стабільний, позитивно реагує на покращення умов живлення, що проявляється через урожайність. Його коефіцієнт пластичності – 1,00–1,32 (табл. 5.4), а стабільності – 0,00–0,037.

Таблиця 5.4.

Коефіцієнт пластичності ¹ (bi) сортів вівса посівного залежно від погодних умов та удобрення, в середньому по досліді

Норма добрив ² фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	0,59	0,76	0,65	0,86	1,00	0,88	1,00
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀	0,55	1,38	0,74	0,66	1,37	0,93	1,04
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	0,70	1,25	0,78	0,73	1,35	0,58	1,08
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + N ₃₀	0,79	1,20	0,59	1,01	1,21	0,72	1,27
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₃₀	1,00	1,01	0,69	0,90	1,00	0,79	1,18
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} + N ₃₀	0,66	1,34	0,53	0,80	1,17	0,98	0,96
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} + N ₃₀	0,67	1,16	1,39	0,95	1,00	1,19	1,00
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} + N ₃₀	1,21	1,07	1,62	1,12	0,92	1,03	1,24
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ + N ₃₀	1,17	1,27	1,70	1,44	0,96	0,88	1,32

Примітки: ¹ коефіцієнт пластичності, розрахований для урожайності вівса за 2021, 2022, 2023 роки за методикою Eberhart, S. A., Russel, W. A., 1966; ² підживлення N₃₀ проводили у мікростадію розвитку ВВСН 31–32.

За вирощування вівса існує практика внесення помірних доз мінеральних добрив, що лімітує як абсолютний рівень урожайності, так і стабільність валового виробництва зерна. Отримані нами дані свідчать, що сорти вівса позитивно реагують на зростаючі норми внесення макроелементів і сірки. Так, коефіцієнт пластичності сорту ‘Нептун’ зростав із 0,59 до 1,00 за внесення N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ + N₃₀ ВВСН 31–32 і до 1,21 за додавання N₉₀P₉₀K₉₀S_{33,75} + N₃₀ ВВСН 31–32.

Сорт ‘Світанок’ суттєво різнився від усіх сортів щодо чітко встановленої реакції на внесення підвищених норм макроелементів у

комбінації з сіркою. Так, коефіцієнт пластичності зростав від 0,65, коефіцієнт стабільності від 0,015 у контрольному варіанті до 1,70 та 0,018 відповідно, за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$.

Таблиця 5.5.

Коефіцієнт стабільності (σ^2)¹ сортів сортів вівса посівного залежно від погодних умов та удобрення, в середньому по досліді

Норма добрив ² фактор В	Сорт фактор А						
	Нептун	Легінь Носівський	Світанок	Закат	Зубр	Альбатрос	Айворі
Контроль	0,001	0,001	0,015	0,018	0,016	0,006	0,000
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$	0,019	0,017	0,000	0,000	0,015	0,007	0,037
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$	0,025	0,035	0,001	0,001	0,045	0,000	0,017
$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}$	0,000	0,050	0,000	0,001	0,060	0,054	0,002
$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$	0,004	0,012	0,000	0,023	0,001	0,022	0,000
$N_{30}P_{30}K_{30}S_{11,25} + N_{30}$	0,014	0,000	0,195	0,000	0,016	0,024	0,000
$N_{60}P_{60}K_{60}S_{22,5} + N_{30}$	0,008	0,002	0,045	0,000	0,002	0,047	0,002
$N_{90}P_{90}K_{90}S_{33,75} + N_{30}$	0,006	0,003	0,009	0,005	0,010	0,009	0,000
$N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$	0,005	0,000	0,018	0,005	0,009	0,009	0,005

Примітки: ¹ коефіцієнт стабільності розрахований для урожайності вівса за 2021, 2022, 2023 роки за методикою Eberhart, S. A., Russel, W. A., 1966; ² підживлення N_{30} проводили у мікростадію розвитку ВВСН 31–32.

Подібна реакція була також у сорту ‘Закат’ – коефіцієнт зростав від 0,86 в контрольному варіанті до 1,44 за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$. Пластичність сортів зростала за підвищених норм внесення макроелементів, зокрема за комбінації зі зростаючими нормами сірки.

Розрахунки пластичності та стабільності сортів вівса, проведені в межах кожного окремого сорту, дали дещо інші показники. Однак, закономірності щодо реакції на добрива та погодні умови були подібними розрахункам,

здійсненим для всього дослідження – всі роки, сорти і варіанти удобрення (табл. 5.6; табл. 5.7).

Таблиця 5.6.

Коефіцієнт пластичності ¹ (bi) сортів вівса посівного залежно від погодних умов та удобрення (розрахунок в межах сорту)

Норма добрив ² фактор B	Сорт фактор A						
	‘Нептун’	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закаг’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	0,72	0,65	0,69	0,92	0,91	0,97	0,89
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀	0,71	1,20	0,72	0,70	1,24	1,02	0,94
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	0,89	1,10	0,79	0,77	1,23	0,64	0,97
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + N ₃₀	0,93	1,07	0,58	1,08	1,11	0,85	1,13
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₃₀	1,21	0,88	0,68	0,96	0,90	0,92	1,05
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} + N ₃₀	0,83	1,13	0,70	0,85	1,04	1,13	0,85
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} + N ₃₀	0,83	0,99	1,46	1,01	0,90	1,38	0,89
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} + N ₃₀	1,47	0,91	1,65	1,18	0,82	1,13	1,10
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ + N ₃₀	1,42	1,07	1,74	1,53	0,85	0,96	1,18

Примітки: ¹ коефіцієнт пластичності розрахований для урожайності вівса за 2021, 2022, 2023 роки за методикою Eberhart, S. A., Russel, W. A., 1966; ² підживлення N₃₀ проводили у мікростадію розвитку ВВСН 31–32.

Коефіцієнт стабільності урожайності сортів вівса перебував у межах 0,001–0,029 (табл. 5.7).

Таблиця 5.7.

Коефіцієнт стабільності (σ^2) сортів сортів вівса посівного залежно від погодних умов та удобрення (розрахунок в межах сорту)

Норма добрив фактор B	Сорт фактор A						
	‘Нептун’	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	0,001	0,001	0,002	0,016	0,008	0,015	0,002
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀	0,007	0,001	0,009	0,000	0,005	0,017	0,027
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	0,008	0,010	0,004	0,001	0,027	0,001	0,010
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + N ₃₀	0,009	0,019	0,008	0,001	0,040	0,038	0,005
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₃₀	0,001	0,001	0,006	0,021	0,000	0,012	0,001
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} + N ₃₀	0,003	0,013	0,139	0,001	0,029	0,011	0,001
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} + N ₃₀	0,001	0,002	0,003	0,000	0,007	0,024	0,006
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} + N ₃₀	0,002	0,000	0,008	0,006	0,017	0,022	0,002
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ + N ₃₀	0,002	0,010	0,003	0,007	0,017	0,019	0,001

5.4. Ефективність йодовмісних препаратів за вирощування вівса (дослід 2)

Біологічно активний йод (БАІ) та два йодовмісні препарати (Р1 і Р2) використовували для передпосівної обробки насіння. Також тричі здійснювали обприскування по вегетуючим рослинам відповідно до схеми досліду (табл. 5.8). Концентрація вихідного розчину біологічно активного добрива (БАІ) – 80 мг/дм³. Для обробки насіння і рослин по вегетації використовували розчин розведений у співвідношенні 1:50.

Йод – це важливий елемент живлення для підтримання життєвих функцій всіх організмів. Збагачення йодом вівса, який має високу харчову цінність серед зернових культур, стане важливим кроком у оптимізації харчування та вирішенні проблем зі здоров’ям, спричинених дефіцитом

мікроелементів та йоду. У дослідженнях Kultu et al вивчався вплив біологічно активного йоду (БАІ) і йодиду калію (КІ), застосованих за вирощування рослин вівса з насіння, ґрунту. Також досліджувалася дія позакореневої обробки на врожайність зерна, білок зерна, β -глюкан, клітковину кислотного миючого засобу (ADF) і клітковину нейтрального миючого засобу (NDF). Також розглядали в польових умовах концентрацію йоду та калію в зерні. Результати цього дослідження показали, що додавання БАІ в ґрунт було ефективним для підвищення врожайності зерна вівса, тоді як позакореневе внесення – покращило його якість. Найвищі концентрації йоду та калію в зерні були визначені при позакореновому внесенні КІ. Результати показали, що позакореневе обприскування йодом, на додаток до основного підживлення при вирощуванні вівса, може сприяти отриманню високоврожайної продукції більшої поживності та відмінної якості. Продукт, що містить БАІ, можна рекомендувати як екологічно чисту практику, оскільки вона обмежує використання хімікатів. Для визначення ефективності підвищення вмісту йоду в зерні слід використовувати вищі дози БАІ (Kultu et al, 2023).

Результати проведених нами досліджень також збігаються із думкою про значний вплив йоду на фенотип рослин, який демонструється в їх більш інтенсивних темпах росту: збільшуються лінійні розміри та маса. Вченим Kiferle, C. et al вперше доведено можливість йодування білка. Ці результати переконливо вказують на цінність йоду, як елементу живлення для рослин (Kiferle, C. et al, 2021; Smoleń, S. et al, 2016; Voogt, W. et al, 2010).

Погодні умови вегетаційних років суттєво вплинули на формування урожайності вівса (табл. 5.8). Його середня врожайність в абсолютному контролі була досить низькою – 2,95 т/га, з коливаннями по рокам від 2,44 до 3,26 т/га. Внесення фонових доз добрив та застосування препаратів із біологічно активним йодом забезпечили значне зростання урожайності. Відтак, середня урожайність коливалася від 2,95 до 5,63 т/га залежно від фону живлення, протруйника та препаратів із біологічно активним йодом.

Результати досліджень щодо встановлення ефективності йоду за вирощування зернових культур, залежно від ґрунту та інших чинників довкілля, засвідчують важливу роль цього елемента живлення в формуванні продуктивності польових культур (Zia, M. H. et al, 2015; Tsukada, H. et al, 2008).

Ефективність йодовмісних препаратів різнилася за роками. Урожайність вівса в 2021 та 2023 вегетаційних роках була значно вищою, порівняно з урожайністю 2022 року, сформованої в умовах посухи. Однак, і за таких погодних умов був отриманий неабиякий приріст урожайності завдяки застосуванню йодовмісних препаратів, що може свідчити про підвищення стійкості рослин до стресу. Урожайність зерна вівса в умовах 2022 вегетаційного року була досить низькою, що пов'язано з надзвичайно посушливими умовами впродовж всього вегетаційного періоду. В 2021 році діапазон зміни урожайності склав від 3,14 (АК) до 5,34 т/га (БАІ н+3); в 2022-му – від 2,44 (АК) до 4,88 т/га (БАІ н+3) за трикратної обробки рослин по вегетації препаратом БАІ; у 2023-му – від 3,26 до 6,06 т/га (табл. 5.8). Отже, підсумуємо, що найбільша врожайність в усі роки була сформована за комплексного застосування біологічно активного йоду – для передпосівної обробки насіння та триразового обприскування по вегетуючим рослинам.

Приріст урожайності вівса, за дії йодовмісних препаратів, до урожайності в абсолютному контролі склав 1,76–3,50 т/га; до фонового контролю (КФ) – 1,11– 2,83; до контролю КФ+П – від – 0,01 до + 1,71 т/га. Максимальну врожайність отримано за комбінованої передпосівної обробки насіння та посівів по вегетації трьома прийомами БАІ – 5,85 т/га.

Таблиця 5.8.

Урожайність вівса залежно від застосування йодовмісних препаратів, 2021–2023 рр. (дослід 2)

Варіант	Обробка по вегетації			Урожайність, т/га				Приріст, т/га від		
	мікростадія ВВСН			2021	2022	2023	середнє	АК	КФ	КФ+П
	31–32	51–52	71–72							
АК	–	–	–	3,14 ^a	2,44 ^a	3,26	2,95	–	–	–
КФ	–	–	–	5,02 ^b	2,98 ^b	5,34	4,45	1,50		
КФ+П	–	–	–	5,24 ^b	3,78 ^c	5,42	4,81	1,86	0,36	
БАІ н	–	–	–	5,26 ^b	3,96 ^c	5,49	4,90	1,95	0,45	0,09
БАІ н+1	+	–	–	5,48 ^c	4,24 ^d	5,62	5,11	2,16	0,66	0,21
БАІ н+2	+	+	–	5,69 ^c	4,56 ^e	5,88	5,38	2,43	0,93	0,26
БАІ н+3	+	+	+	5,94 ^d	4,88 ^f	6,06	5,63	2,68	1,18	0,25
Р1н	–	–	–	5,18 ^b	3,70 ^c	5,38	4,75	1,80	0,30	-0,87
Р1 н+1	+	–	–	5,34 ^b	3,94 ^c	5,56	4,95	2,00	0,50	0,19
Р1 н+2	+	+	–	5,44 ^c	4,08 ^c	5,63	5,05	2,10	0,60	0,10
Р1 н+3	+	+	+	5,50 ^c	4,34 ^d	5,69	5,18	2,23	0,73	0,13
Р2 н	–	–	–	5,16 ^b	3,71 ^c	5,24	4,70	1,75	0,25	-0,47
Р2 н+1	+	–	–	5,26 ^b	3,98 ^c	5,36	4,87	1,92	0,42	0,16
Р2 н+2	+	+	–	5,38 ^c	4,21 ^d	5,54	5,04	2,09	0,59	0,18
Р2 н+3	+	+	+	5,49 ^c	4,39 ^d	5,64	5,17	2,22	0,72	1,13
НІР _{0,95}				0,21	0,18	0,21				

Формування такої урожайності стало можливим завдяки морфологічним змінам у рослині, формуванню якнайбільше продуктивних стебел та диференціації більшої кількості синхронно розвинутих квіток. Це

проявилось у високій озерненості колосу, що також засвідчується даними Golob, A. et al, 2020. За обробки лише насіння йодовмісними препаратами, урожайність була на рівні варіанта, де насіння перед сівбою оброблялося протруйником *Ламардор[®] Про*.

Внесення йоду сприяє пришвидшенню появи та підвищенню рівномірності сходів сільськогосподарських культур (Wojanowska, M. et al. 2021), що також було підтверджено нами за проведення досліджень з вівсом. Комбіноване застосування йодовмісних препаратів активує польову схожість насіння, збільшує виживання рослин впродовж вегетації, підвищує їх продуктивне кушення (табл. 5.9).

Таблиця 5.9.

Кількість рослин, стебел та виживання рослин за вегетаційний період,
середнє за 2021–2023 рр.

№	Препарат	Обробка по вегетації			Сходи, ВВСН 10		Повна стиглість, ВВСН		
		Мікростадія ВВСН			Польова схожість насіння	КР ¹	Виживання рослин	КПС ²	КПК ³
		31-32	51-52	71-72					
1	Контроль 0				80	400	72	322	1,12
2	Контроль 1				82	410	78	387	1,21
3	Контроль 2				86	426	82	454	1,32
4	БАД н	-	-	-	86	430	84	476	1,32
5	БАД н+1	+	-	-	86	430	86	488	1,32
6	БАД н+2	+	+	-	86	430	88	522	1,38
7	БАД н+3	+	+	+	86	430	88	522	1,38
8	Р1н	-	-	-	85	425	83	462	1,31
9	Р1 н+1	+	-	-	85	425	85	473	1,31
10	Р1 н+2	+	+	-	85	425	86	482	1,32
11	Р1 н+3	+	+	+	85	425	87	499	1,35
12	Р2 н	-	-	-	85	425	82	456	1,31
13	Р2 н+1	+	-	-	85	425	83	462	1,31
14	Р2 н+2	+	+	-	85	425	83	465	1,32
15	Р2 н+3	+	+	+	85	425	84	474	1,33

Примітка. КР¹ – кількість рослин; КПС² – кількість продуктивних стебел;
КПК³ – коефіцієнт продуктивного кушення.

Комбіноване диференційоване внесення біологічно активного йоду суттєво впливає на структуру врожаю і, зокрема, на структуру волоті. Активніше відбувається формування генеративних органів, що проявляється

через закладку і збереження сформованих зернівок у волоті. Так, кількість зернівок у волоті контрольного варіанта (K0) складала 24,6 зернівок, в контролі 2 (внесення фонових добрив і протруйника насіння) – 40,3, а за чотирикратного внесення біологічно активного йоду збільшувалася до 52,2 зернівки у волоті (табл. 5.10). Подібна тенденція спостерігалась і для двох інших йодовмісних препаратів, проте абсолютні показники були дещо нижчими.

Маса зерна з волоті змінювалася від 0,54 г в абсолютному контролі до 2,33 г у варіанті з комбінованим внесенням препарату з біологічно активним йодом.

Таблиця 5.10.

Структура волоті вівса (*головний пагін*) за застосування йодовмісних препаратів

№	Препарат	Обробка по вегетації			Довжина волоті	Кількість колосків	Кількість зерен	Маса зерна з волоті	Маса 1000 насінин
		Мікростадія ВВСН							
		31-32	51-52	71-72	см	штук/колос		грам	грам
1	Контроль 0	-	-	-	6,2	15,2	24,6	0,54	26,0
2	Контроль 1	-	-	-	6,60	16,6	39,0	1,18	34,0
3	Контроль 2				7,10	17,0	40,3	1,41	35,8
4	БАД н	-	-	-	7,08	16,8	39,8	1,38	35,8
5	БАД н	+	-	-	7,41	18,3	50,0	1,91	39,1
6	БАД н	+	+	-	7,63	18,5	51,2	2,14	41,9
7	БАД н	+	+	+	8,4	19,3	52,2	2,33	43,9
8	<i>P1н</i>	-	-	-	7,05	16,8	39,2	1,34	35,5
9	P1 н	+	-	-	7,35	17,5	46,1	1,78	38,0
10	P1 н	+	+	-	7,90	17,6	45,8	1,80	39,3
11	P1 н	+	+	+	7,91	18,1	51,8	2,02	39,9
12	<i>P2 н</i>	-	-	-	6,61	16,4	38,6	1,22	33,4
13	P2 н	+	-	-	6,80	17,0	43,6	1,60	36,0
14	P2 н	+	+	-	6,90	17,0	44,0	1,60	36,2
15	P2 н	+	+	+	7,25	17,5	47,4	1,77	37,2

Примітка. Мікростадія ВВСН 31-34 у пшениці озимої відповідає першій половині фази виходу в трубку; 51-52 – початок викидання волоті; 71-72 – початок утворення зернівки (Каленська, С. М. et al., 2018).

Маса 1000 насінин також значно змінювалася за застосування йодовмісних препаратів.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

Урожайність сортів вівса у середньому за 2021–2023 роки коливалася від 2,28 т/га (контрольний варіант, сорт ‘Нептун’) до 5,54 т/га ($N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$, сорт ‘Айворі’). Усереднений приріст від використання добрив, на які позитивно реагують усі сорти, становив 0,32–2,83 т/га; максимальний – 1,24–2,73 т/га в ‘Айворі’ за збільшення доз добрив. Додаткові прирости врожайності від внесення сірки для сорту ‘Нептун’ – 0,26–0,39 т/га; ‘Легінь Носівський’ – 0,47–0,49; ‘Світанок’ – 0,23–0,66; ‘Закат’ – 0,39–0,64; ‘Зубр’ – 0,41–0,54; ‘Альбатрос’ – 0,58–0,78; ‘Айворі’ – 0,34–0,66 т на гектар. Прирости урожайності залежно від добрив варіювали від 0,32 до 2,83 т/га.

Всі сорти сортів вівса позитивно реагували на сірку підвищенням урожайності, прирости якої змінювалися на фоні різних норм внесення азоту, фосфору і калію – від 0,26 до 0,78 т/га. Прирости урожайності у сортів ‘Закат’, ‘Зубр’ мали позитивну кореляційну залежність від додавання сірки на фоні зростаючих норм внесення азоту, фосфору і калію. Реакція сорту ‘Айворі’ була найсильнішою за внесення S_{45} на фоні $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$. Найменші прирости урожайності від сірки були у сорту ‘Нептун’ і змінювалися від 0,26 до 0,39 т/га.

Діапазон зміни коефіцієнта пластичності різнився суттєво як в межах сорту (залежно від системи удобрення), так і між сортами, в межах однакової системи удобрення, з огляду на погодні умови. Діапазон зміни коефіцієнта пластичності склав 0,53–1,70. Відзначимо, що низькопластичним та нестабільним є сорт ‘Нептун’ у контрольному варіанті та за внесення майже всіх досліджуваних норм внесення добрив, окрім варіантів, де вносились сірка. Серед високопластичних та стабільних сортів: ‘Айворі’, ‘Зубр’, ‘Легінь Носівський’ – коефіцієнт пластичності дорівнював або перевищував 1 за всіх систем удобрення. Встановлено, що сорт ‘Айворі’ позитивно реагує на покращення умов живлення. Це позитивно позначається

на урожайності та коефіцієнтах пластичності: 1,00–1,32 та стабільності: 0,00–0,037.

Коефіцієнти пластичності та стабільності сортів вівса, розраховані в межах кожного окремого сорту, дещо різнилися від усереднених розрахунків по досліді, але закономірності щодо реакції на добрива та погодні умови були подібними.

У дослідженнях із застосуванням йодовмісних препаратів середня урожайність вівса варіювала від 2,95 до 5,63 т/га залежно від фону живлення, протруйника та препаратів з біологічно активним йодом. Приріст урожайності вівса, після внесення йодовмісних препаратів, до урожайності в абсолютному контролі склав 1,76–3,50 т/га; до фонового контролю (КФ) – 1,11–2,83; до контролю КФ+П – від –0,01 до +1,71 т/га. Підтверджено, що максимальна урожайність формується за комбінованої передпосівної обробки насіння та окремо посівів по вегетації трьома прийомами БАІ – 5,85 т/га. За диференційованого застосування йодовмісних препаратів були отримані значні прирости урожайності, навіть за умов сильної повітряної та ґрунтової посухи, що вказує на підвищення стійкості рослин до абіотичних чинників.

Досліджено, що комбіноване застосування йодовмісних препаратів активує польову схожість насіння, збільшує виживання рослин впродовж вегетації, підвищує їх продуктивне кушення.

Вивчено, що комбіноване диференційоване внесення біологічно активного йоду суттєво впливає на структуру врожаю та, що не менш важливо – волоті. Активніше відбувається формування генеративних органів, що проявляється через закладку і збереження сформованих зернівок у волоті. Так, кількість зернівок у волоті контрольного варіанта (К0) складала 24,6 зернівок, в контролі 2 (внесення фонових добрив і протруйника насіння) – 40,3, а за чотирикратного внесення біологічно активного йоду кількість зернівок збільшувалася до 52,2 зернівки в волоті. Подібна тенденція простежувалась і для двох інших йодовмісних препаратів, проте абсолютні показники були дещо нижчими.

РОЗДІЛ 6

СОРТОВА ТА ТРОФІЧНА МІНЛИВІСТЬ ЯКОСТІ ЗЕРНА ВІВСА ПОСІВНОГО

Якість зерна є визначальною характеристикою сформованого зерна, яка задежить від низки чинників – технологія вирощування, метеорологічні умови, ґрунт, сорт, тощо (Каленська С.М., Федів Р.В.^В, 2023; Качанова Т. В., 2010; Гирка А.Д. et al, 2012). Існує значна кількість досліджень, якими показана залежність між величиною урожайності та якістю зерна (Schelling, K, Born, K, Weissteiner, C, Kühbauch, W., 2003). Якість зерна суттєво залежить від системи удобрення, однак для вівса таких досліджень проведено досить мало (Павленко Т.В., 2008).

6.1. Фізичні показники якості зерна вівса посівного

Фізичні показники всіх зернових, зокрема і вівса, залежать від сортових особливостей, погодних та технологічних чинників. Фізичні показники якості зерна можуть значно змінюватися від цих факторів, і ця зміна – важлива ознака, здатна в ролі компенсаторної здатності рослин формувати урожайність. Це явище компенсації елементів урожайності у зернових культур є основою авторегулювання їх розвитку в посіві.

Маса 1000 насінин – показник, який в комплексі з кількістю продуктивних стебел та кількістю зерен у волоті обумовлює індивідуальну продуктивність рослин та урожайність з одиниці площі.

Маса 1000 насінин в середньому за 2021–2023 роки змінювалася від 30,0 до 41,3 грамів. Маса 1000 насінин в контрольному варіанті у сортів вівса різнилася незначно, коливаючись в межах від 30,0 до 32,7 грамів (табл. 6.1). Внесення мінеральних добрив сприяє збільшенню маси 1000 насінин, але ця реакція різна і дозволяє нам всі сорти розділити на три групи. До першої групи належать сорти ‘Нептун’, ‘Світанок’, ‘Закат’ – їх діапазон зміни маси 1000 насінин складає 4,5; 5,4 та 4,3 грами відповідно сорту. До другої групи сортів можна віднести ‘Легінь Носівський’, ‘Альбатрос’ – їх діапазон зміни маси 1000 насінин відповідно був 7,4 і 6,7 грами відповідно сорту. Третя

група містить сорти ‘Зубр’, ‘Айворі’, які найбільше реагують на внесення добрив через додаткове збільшення маси 1000 насінин на 9,9; 9,1 г.

Таблиця 6.1.

Маса 1000 насінин вівса посівного залежно від удобрення, грам, середнє 2021–2023 рр.

Норма добрив ¹ фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’ к ²	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закаг’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	30,0	31,5	30,9	32,7	31,4	31,7	31,8
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀	30,9	34,4	31,4	33,5	32,7	30,3	33,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	31,9	34,5	30,3	31,5	36,3	33,5	37,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₉ + N ₃₀	31,3	34,4	30,0	33,8	35,3	33,3	37,1
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₃₀	31,7	32,4	35,4	32,6	35,1	35,5	40,9
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} + N ₃₀	34,5	36,2	31,1	35,8	31,8	33,8	33,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} + N ₃₀	34,1	38,9	30,5	34,1	40,5	35,5	39,1
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} + N ₃₀	34,5	38,3	32,1	33,8	37,3	38,7	40,0
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ + N ₃₀	34,2	37,4	34,0	33,9	41,3	40,0	40,0
НІР ₀₀₅ , грам	0,9	1,2	1,0	0,8	1,6	1,8	1,8

Примітки: ¹ підживлення N₃₀ проводили відповідно мікростадії ВВСН 31-32; ² к – сорт – контроль.

Натура зерна вівса є одним із визначальних показників його якості. Регулюється ДСТУ 4963:2008 «Овес. Технічні умови», який 2010 року введений в дію (ДСТУ 4963:2008, 2010). Відповідно до стандарту, натура зерна 1-го класу повинна бути не менше 520 г/л; 2-го класу – 490 г/л; 3-го – 460 г/л.

Аналізування зерна сортів вівса вказує на те, що натура зерна – це не лише сортова особливість, а і чітко встановлена трофічна мінливість зерна. Вона також суттєво залежала від погодних умов вегетаційного року. В

середньому за 2021–2023 роки найбільша натура зерна була у сортів ‘Айворі’ та ‘Альбатрос’ – 484–563 г/л та 480–560 г/л відповідно сорту, найменша ж – у ‘Нептун’ – 462–526 г/л.

Таблиця 6.2.

Натура маса зерна сортів вівса посівного залежно від удобрення, грам/літр, середнє 2021–2023 рр.

Норма добрив ¹ фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’ к ²	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	462	482	469	476	478	480	484
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀	468	486	482	484	486	484	488
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	490	494	496	498	494	492	496
N ₉₀ P ₉₀ K ₉ + N ₃₀	522	528	524	500	502	518	498
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₃₀	524	536	528	528	529	534	556
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} + N ₃₀	490	498	492	490	494	510	508
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} + N ₃₀	520	502	509	506	504	512	518
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} + N ₃₀	520	532	528	534	540	544	558
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ + N ₃₀	526	544	534	540	542	560	563
НІР 005, г/л	8	10	8	12	10	12	14

Примітки: ¹ підживлення N₃₀ проводили відповідно мікростадії ВВСН 31-32; ² к – сорт – контроль.

Натура зерна вівса надважлива за розрахунку економічної ефективності вирощування вівса, оскільки значною мірою визначає клас якості зерна (табл. 6.4). Детальніше розглянемо це у наступному підрозділі.

6.2. Біохімічні показники якості зерна вівса посівного

Частковий перехід від споживання їжі на основі тваринного білка до рослинного – стане неминучим кроком у такій необхідній трансформації глобальної харчової системи (Springmann et al., 2018; Mel, R., Malalgoda, M.

2021). Відомо, що основним джерелом білка в раціоні людини є злаки. Тому серед зернових культур зростає інтерес до вівса (*Avena sativa* L.) через добре збалансований амінокислотний склад, нейтральний смак, низьку алергенність і відсутність глютену (Mel and Malalgoda, 2022; Paudel, A. et al, 2021; Sterna et al, 2016). Ще одна його цінність – наявність β -D-глюкану, якому приписують кілька переваг для здоров'я (Paudel et al., 2021). Цікаво, що серед зернових овес має відносно високий вміст білків (15–20% від ваги) (Hüttner et al., 2011), серед яких переважають альбуміни (1–12% від загальної кількості білків вівса) та глобуліни (70–80% загальних білків вівса) (Mäkinen et al., 2016; Мукоїд, Р.М., 2009).

Використання зерна вівса досить різноманітне. Залежно від призначення, до якості зерна висуваються більш чи менш жорсткі вимоги. Так, наприклад, овес, який задіюється у виробництві крупи, а особливо дитячого харчування, піддається найбільш жорсткому контролю. Також він постачається виробникам солоду (при виробництві спирту), корисний у кормових цілях та заготівлі комбікорму. Загалом, для всіх цих сфер застосування вівса регламентовані окремі вимоги щодо якості та характеристик зерна. Аналіз вівса спрямований як на визначення його якості, так і на виявлення біологічної схильності безпосередньо у ролі зерна.

Досліджується якість вівса відповідно до вимог ДСТУ 4963:2008-Технічні умови.

Оптимальну, інструментально зареєстровану та чисельно виражену консистенцію тіста та відповідний рівень додавання води для вівсяного борошна можна визначити на моделі методології випробування пшеничного борошна. З огляду на це, найнижча консистенція тіста та найкоротший час замісу були визнані найбільш прийнятними щодо питомого об'єму та структури м'якушки вівсяного хліба. Потім новорозроблений метод випікання був застосований для випробування 9 сортів вівса, перевірених також на хімічний склад і реологічні (змішування, пастозування) властивості. Вміст білка, жиру та β -глюкану суттєво вплинув як на реологічні, так і на

хлібопекарські властивості, а також були виявлені зв'язки між техніко-функціональними параметрами. Результати показали, що високоякісний 100% вівсяний хліб виготовляється за допомогою стандартизованого та оптимізованого тесту на випікання. Окрім того, можна визначити кращі сорти вівса для приготування хліба (Hüttner, E.K., 2011).

Вміст білків є типовою ознакою якості зерна (як видів, так і сортів) у межах генетично детермінованих кордонів. Залежно від екологічних та технологічних чинників, вміст білка в зерні може суттєво змінюватися.

Результати аналізу зерна сортів вівса свідчать, що вміст білка значно змінювався залежно від погодних умов років проведення досліджень та системи удобрення. Вміст білка в зерні сортів контрольного варіанта змінювався від 9,4% (сорт 'Закат') до 10,5% (сорт 'Айворі'). Сорти вівса позитивно реагували на зростаючі норми макроелементів. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30} \text{ ввсн}_{32}$ вміст білка в зерні сортів вівса різнився незначно і складав 10,2–10,8%. За внесення $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30} \text{ ввсн}_{32}$ відмінність щодо вмісту білка в зерні стала більш суттєвою – в зерні сорту 'Нептун' – 11,4%, а в 'Айворі' – 12,4%.

Таблиця 6.3.

Вміст протеїну в зерні сортів вівса посівного, 2021–2023 рр.

Норма добрив ¹ фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’ к ²	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айво рі’
Контроль	9,6	10,3	10,2	9,4	10,2	10,4	10,5
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀	10,2	10,5	10,6	10,4	10,4	10,6	10,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	10,4	10,9	11,0	10,9	10,8	11,1	11,2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + N ₃₀	11,0	11,4	11,5	11,3	11,4	11,6	11,8
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₃₀	11,4	11,8	11,7	11,7	12,1	12,1	12,4
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} + N ₃₀	11,8	12,0	12,1	11,9	12,7	12,5	12,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} + N ₃₀	12,0	12,1	12,4	12,0	13,1	13,0	13,7
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} + N ₃₀	12,2	12,5	12,6	12,3	13,7	13,8	13,9
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ + N ₃₀	12,4	12,7	12,8	12,5	14,0	14,1	14,0

Примітки: ¹ підживлення N₃₀ проводили відповідно мікростадії ВВСН 32;

² к – сорт – контроль.

Введення в систему живлення сірки сприяє значному підвищенню вмісту білків у зерні, що пов’язано як з ефективнішим використанням азоту за достатнього забезпечення сіркою, так і безпосереднім впливом сірки.

Клас якості зерна вівса визначали відповідно до діючого в Україні ДСТУ 4963:2008. Відомо, що зерно вівса, призначене для виробництва харчових продуктів, поділяється на 3 класи. Основні показники, за якими визначають клас якості, – це вміст різноманітних домішок, натура зерна, крупність зерна, кислотність зерна та інші. За результатами проведеного аналізування якості зерна було встановлено, що зерно, отримане за вирощування всіх сортів, у контрольному варіанті належало до 3 класу; за внесення низьких норм добрив – також до 3 класу, а за зростаючих – формувалося зерно з більшою натурою зерна, масою 1000 насінин та крупніше за лінійними розмірами.

Таблиця 6.4.

Клас якості зерна вівса залежно від сорту та удобрення

Норма добрив ¹ фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’ к ²	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	3	3	3	3	3	3	3
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀	3	3	3	3	3	3	3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	2	2	2	2	2	2	2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + N ₃₀	1	1	1	2	2	2	2
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₃₀	1	1	1	1	1	1	1
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} + N ₃₀	2	2	2	2	2	2	2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} + N ₃₀	1	2	2	2	2	2	2
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} + N ₃₀	1	1	1	1	1	1	1
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ + N ₃₀	1	1	1	1	1	1	1

За фракційним складом білків зерно вівса суттєво відрізняється від білків зерна пшениці, жита й ячменю. Переважаючою фракцією в зерні вівса є глутеліни, далі – проламіни та глобуліни. Фракційний склад білка зерна досліджених сортів більшою мірою змінювався залежно від системи удобрення, ніж від сорту (табл. 6.5). Встановлено зростання вмісту фракцій запасних білків за зростаючих норм добрив та внесення додатково сірки.

Таблиця 6.5.

Фракційний склад білків зерна вівса, вміст до білкового азоту, %

Фракції білка / Норма добрив ¹ фактор В	Сорт фактор А						
	'Нептун' к ²	'Легінь Носівський'	'Світанок'	'Закат'	'Зубр'	'Альбатрос'	'Айворі'
Контроль							
Альбуміни	19,1	18,4	19,3	17	17,8	18,1	18,6
Глобуліни	20,1	20,3	20,6	21,6	21,4	21,0	20,3
Проламіни	28,4	28,2	27,4	28,0	29,0	28,6	28,5
Глютеліни	32,4	33,1	32,7	33,4	31,8	32,3	32,6
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀							
Альбуміни	18,2	17,6	18,5	16,4	16,8	17,2	17,7
Глобуліни	20,4	20,7	20,8	21,8	21,6	21,4	20,6
Проламіни	28,6	28,4	27,7	28,3	29,1	28,8	28,8
Глютеліни	32,8	33,3	33	33,5	32,5	32,6	32,9
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₃₀							
Альбуміни	16,6	15,1	15,9	14,2	15,2	15,2	16
Глобуліни	20,7	21,3	21,4	22,2	21,6	21,5	20,3
Проламіни	29,0	29,2	28,2	28,7	29,5	29,3	29,4
Глютеліни	33,7	34,4	34,5	34,9	33,7	34,0	34,3
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} + N ₃₀							
Альбуміни	14,4	13,2	15,0	12,8	14,1	13,4	13,4
Глобуліни	21,1	21,6	21,4	21,6	21,8	21,9	21,5
Проламіни	29,7	29,8	28,3	29,5	29,9	29,6	29,5
Глютеліни	34,8	35,4	35,3	36,5	34,2	35,1	35,6
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ + N ₃₀							
Альбуміни	13,3	12,1	14,1	12,3	13,0	12,4	12,2
Глобуліни	21,4	21,9	21,6	21,8	22,0	22,2	21,8
Проламіни	29,9	30,0	28,4	29,8	30,2	29,8	29,8
Глютеліни	35,4	36,0	35,9	36,1	34,8	35,6	36,2

Аналіз фракційного складу білків зерна сортів вівса, вирощених без добрив, показав, що вміст біологічно цінних фракцій – альбумінів та глобулінів – був вищим, порівняно з усіма іншими варіантами зі внесеними добривами. Вміст альбумінів у білках зерна контрольного варіанта складав 17,0–19,3%; глобулінів – 20,1–21,6%, змінюючись несуттєво за сортами. За внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$ значно зростав вміст запасних білків – проламінів та глютелінів – 28,4–30,2% та 34,8–36,2% відповідно, що значно перевищувало їх вміст в зерні сортів контрольного варіанта.

6.3. Якість зерна вівса за застосування йодовмісних препаратів

Йод – незамінний елемент, необхідний для правильного розвитку і функціонування організму людини та тварин. Близько 2 мільйонів людей страждають від дефіциту йоду в харчуванні (прихованого голоду цього мікроелемента), а 50 мільйонів мають захворювання, спричинене дефіцитом цього мікроелементу (Сакмак, І., et al, 2020; Gonzali, S. et al, 2017). Дефіцит йоду виникає там, де ґрунти бідні на цей елемент, що призводить до низького рівня у харчових продуктах і, отже, до недостатнього споживання людиною (Golob, A., 2020). Для забезпечення надходження йоду в людський організм, наприклад йодування кухонної солі, як альтернативу, можна використовувати біозбагачення рослин йодом. Нині ініційовано безліч досліджень та програм щодо альтернативних методів впровадження йоду в раціон людини; серед них – біофортифікація посівів (Мао, Н. et al., 2014; Medrano-Macías, J., 2016), агротехнічні методи, застосування добрив, позакореневе підживлення (найкращу біологічну доступність для рослин мають водорозчинні форми йоду при позакореновому внесенні) або генетичні методи (селекція рослин). Значне збільшення концентрації йоду в зернових може сприяти профілактиці дефіциту йоду в популяціях людей з низьким споживанням його з їжею (Zia, M. H. et al., 2015).

Йод у чітко визначеному діапазоні концентрацій позитивно впливає на фенотип рослин. Експерименти показали, що видалення йоду з живильного

розчину шкодить росту рослин, а введення його в мікромольних концентраціях, навпаки, сприяє накопиченню біомаси та зумовлює більш раннє цвітіння. Найголовніше те, що йодування білка спостерігалось вперше. Ці результати переконливо свідчать про його незамінну роль як елементу живлення для рослин (Kiferle, C. et al, 2021). Зростаюча кількість останніх досліджень, що повідомляють про вплив йоду на ріст рослин, зосереджена на користі збільшення вмісту йоду в рослинах як біозбагачувача для здоров'я людини та тварин (Medrano-Macías та ін., 2016; Gonzali et al., 2017).

Упродовж проведення дослідження щодо встановлення ефективності йодовмісних препаратів за формування якості зерна нами було проаналізовано вміст у зерні основних складових його якості. Так, найнижчим вміст всіх складових був у варіанті абсолютного контролю. Однак, після внесення фонових добрив він підвищувався, за винятком вмісту крохмалю (контроль 1). А за додаткової обробки насіння протруйником (контроль 2) збільшувався вміст білка, і особливо клейковини, – 13,4 і 23,4% відповідно (табл. 6.6).

Таблиця 6.6.

Якість зерна вівса за внесення йодовмісних препаратів

Препарат	Обробка по вегетації			Вміст ¹ ,%					
	Мікростадія ВВСН			Білок	Клейковина	Зола	Жир	Клітковина	Крохмаль
	31-32	51-52	71-72						
Контроль 0	-	-	-	11,1	17,5	1,4	2,3	3,2	66,5
Контроль 1	-	-	-	13,2	20,4	1,7	2,5	3,0	65,6
Контроль 2	-	-	-	13,4	23,4	1,6	2,3	3,0	65,8
БАД н	-	-	-	13,4	23,2	1,7	2,5	3,0	65,8
БАД н	+	-	-	13,6	23,6	1,7	2,5	3,0	65,0
БАД н	+	+	-	13,8	24,8	1,7	2,5	3,1	64,7
БАД н	+	+	+	13,8	24,6	1,7	2,6	3,0	64,6
<i>P1_н</i>	-	-	-	13,3	23,2	1,6	2,5	3,0	65,5
P1 н	+	-	-	13,4	23,6	1,6	2,5	3,0	65,6
P1 н	+	+	-	13,4	24,2	1,6	2,5	3,0	65,6
P1 н	+	+	+	13,6	24,2	1,6	2,5	3,1	65,3
<i>P2_н</i>	-	-	-	13,3	23,2	1,6	2,5	3,1	66,3
P2 н	+	-	-	13,4	23,5	1,6	2,5	3,1	65,4
P2 н	+	+	-	13,4	24,0	1,6	2,5	3,1	65,4
P2 н	+	+	+	13,5	24,2	1,6	2,5	3,1	65,3

Примітка. ¹ Вміст показників якості, перерахований на стандартну вологість зерна – 14%.

Аналізування якості зерна вівса, за застосування всіх йодовмісних препаратів, засвідчило, що лише за передпосівної обробки препаратами показники якості були на рівні з контролем 2. Значно зростав вміст білка і клейковини за комплексного застосування йодовмісних препаратів для обробки насіння та проведення трьох обробок по вегетуючим рослинам.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

Фізичні показники якості зерна вівса надважливі у встановленні його класу якості, зокрема – це натура зерна. Своєю чергою, натура зерна є сортовою особливістю. Найбільший її показник був у сортів ‘Айворі’ та ‘Альбатрос’ – 484–563 г/л та 480–560 г/л відповідно сорту, а найменший – у ‘Нептун’ – 462–526 г/л. Також встановлено трофічну та екологічну (погодну) мінливість натури зерна.

Маса 1000 насінин – це показник, який спільно з кількістю продуктивних стебел та кількістю зерен у волоті обумовлює індивідуальну продуктивність рослин та урожайність з одиниці площі. Маса 1000 насінин в середньому змінювалася від 30,0 до 41,3 грамів, а у контрольному варіанті у сортів вівса різнилася незначно, коливаючись в межах від 30,0 до 32,7 г. Встановлено, що внесення мінеральних добрив сприяє збільшенню маси 1000 насінин, але ця реакція різна і дозволяє нам всі сорти розділити на три групи за приростом маси: 1) ‘Нептун’, ‘Світанок’, ‘Закат’ – маса зростає на 4,5; 5,4 та 4,3 грами відповідно сорту; 2) ‘Легінь Носівський’, ‘Альбатрос’ – на 7,4 і 6,7 грами відповідно сорту; 3) ‘Зубр’ та ‘Айворі’ – найбільше реагують на внесення добрив через додаткове збільшення маси 1000 насінин на 9,9; 9,1 грами.

Визначено, що вміст білка в зерні вівса неабияк змінюється, залежно від погодних умов та системи удобрення. Так, в зерні сортів контрольного варіанта він варіював від 9,4% до 10,5%.

Досліджено, що сорти вівса позитивно реагують на зростаючі норми макроелементів. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}BVCH_{32}$ вміст білка в зерні сортів вівса різнився незначно і складав 10,2–10,8%; $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}BVCH_{32}$. Різниця щодо вмісту білка в зерні більш суттєва: в сорту ‘Нептун’ – 11,4%, ‘Айворі’ – 12,4%.

Введення в систему живлення сірки сприяє значному підвищенню вмісту білків у зерні.

Підтверджено, що фракційний склад білка зерна сортів вівса більшою мірою змінювався за впливу добрив, аніж від сорту. Встановлено зростання вмісту фракцій запасних білків за зростаючих норм добрив та за внесення додатково сірки. Вміст біологічно цінних фракцій – альбумінів та глобулінів в білках зерна контрольного варіанта складав 17,0–19,3% та 20,1–21,6% відповідно, змінюючись несуттєво за сортами. За внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$ значно зростав вміст запасних білків – проламінів та глютелінів – 28,4–

30,2% та 34,8–36,2% відповідно, що суттєво перевищувало їх вміст в зерні сортів контрольного варіанта.

Таким чином, комбіноване застосування йоду для протруєння насіння та по вегетуючим рослинам сприяє формуванню зерна з підвищеним вмістом білка та клейковини, дозволяючи отримувати біологічно цінну продукцію для лікувального і дієтичного харчування.

РОЗДІЛ 7

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНА ВІВСА

Овес має великий попит на внутрішніх та зовнішніх ринках. Ціна на нього нестабільна, як і на інші зернові культури. У другій половині ХХ століття спостерігається його активна популяризація як продукту раціонального харчування. Так, у розмовах про здоровий спосіб життя дедалі частіше згадуються корисні властивості вівса. Завдяки цьому він доволі цікавий і для іноземних сільгоспвиробників.

Втім, в Україні культура недооцінена фермерськими господарствами – її ринкова вартість не така висока, як соняшника або пшениці. До цього варто додати і невисоку зацікавленість зернотрейдерів у закупівлі вівса. Водночас виробництво культури українськими сільгоспвиробниками значно диверсифікувало б експортну галузь, збільшуючи рентабельність аграрної сфери в цілому. Принагідно зазначимо, що овес відмінно підходить для виробництва органічних продуктів харчування.

Нові елементи технології вирощування вівса оцінюються за низкою економічних і біоенергетичних показників, що характеризують їх окупність і енергоємність.

Серед заходів, які підвищують економіку господарств, надважливе введення у виробництво не тільки нових високопродуктивних культур та сортів, а і певних технологічних прийомів їх вирощування, які найповніше сприяють реалізації їх потенціалу продуктивності, підтверджених економічною ефективністю.

Впровадження елементів інтенсивних технологій вирощування вівса пов'язано із додатковими затратами праці і засобів, забезпеченням ефективного використання виробничих ресурсів, покращенням умов праці.

Економічна ефективність виробництва продукції рослинництва, зокрема вівса – це результат, виражений окупністю ресурсів і затрат у процесі виробництва.

За даними вчених, мінеральні добрива є найбільш витратним агротехнічним заходом, на який в технології вирощування припадає 40-70% загальних витрат. З огляду на це, постає необхідність розробки нових та удосконалення існуючих елементів сортової технології вирощування вівса.

Важливим резервом зниження собівартості зерна вівса є впровадження у виробництво нових сортів інтенсивного типу і агротехнічних заходів. Досвід вирощування вівса показує, що зосередження виробництва лише на продуктивних сортах та покращення технології культивування дозволяє підвищити його врожайність, а відтак – чистий дохід і рівень рентабельності. Для характеристики економічної ефективності досліджуваних сортів і агротехнологічних заходів вирощування використовували такі показники економічної ефективності сільськогосподарського виробництва: вартість валової продукції, виробничі затрати і прибуток з 1 га, а також розраховували рівень рентабельності.

7.1. Економічна ефективність вирощування вівса посівного.

Розрахунок економічної ефективності вирощування вівса у 2021–2023 роках проведено за цінами січня 2024 року, залежно від класу якості зерна вівса та норм внесених добрив. Для розрахунку економічної ефективності технології вирощування вівса використовували закупівельні ціни на зерно, які були в січні 2024 року: 3 клас – 6500 грн/т; 2 клас – 7500 грн/т; 1 клас – 8000 грн/т. Вартість добрив у цей же період, зокрема Поліфоски (8:24:24+9S), складала 33 000 грн/т; Аміачної селітри (34.4%) – 20 000 грн/т; Нітроамофоски (16:16:16) – 31000 грн/т. Фізична вага добрив, які вносилися відповідно до схеми досліджу, наведена в *Додатку D*.

Загальні технологічні витрати за вирощування вівса складають від 7436–7766 грн/га в контрольному варіанті та до 33961–34347 грн/га за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}+N_{30}$ (Додаток М).

В умовах ринкової економіки одним із основних критеріїв економічної ефективності технологічних процесів є чистий прибуток.

За роки проведення досліджень з визначення ефективності застосування добрив на посівах вівса найвищий рівень прибутку було отримано при вирощуванні сорту ‘Айворі’ (табл. 7.1), за технологією, що передбачала внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30} S_{11,25}+N_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60} S_{22,5}+N_{30}$ (варіант 6, 7). Це дозволило отримати чистий прибуток в розмірі 16852 грн/га та 14454 грн/га. На цих варіантах ми мали змогу отримати зерно II класу якості, ціна якого становила 7500 грн/т.

Таблиця 7.1.

Умовно чистий прибуток за вирощування сортів вівса, грн/га
(середнє на 2021–2023 рр.)

Норма добрив фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	6244	8180	7427	8502	8556	7964	9094
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$	115	6730	4041	6784	6568	4686	7913
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$	335	9138	5493	9138	8863	7213	10720
$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}$	-481	7708	3503	5802	5114	3463	7384
$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$	-3417	4773	199	4109	3445	2264	4773
$N_{30}P_{30}K_{30} S_{11,25} + N_{30}$	6329	16233	11212	15751	15614	15751	16852
$N_{60}P_{60}K_{60} S_{22,5} + N_{30}$	5570	13835	10189	13560	13078	12253	14454
$N_{90}P_{90}K_{90} S_{33,75} + N_{30}$	3677	13638	9949	13933	12383	12014	14080
$N_{120}P_{120}K_{120} S_{45} + N_{30}$	1563	11154	6137	11007	9531	8646	11671

Децо нижчий прибуток було отримано на варіантах із додаванням $N_{90}P_{90}K_{90} S_{33,75}+N_{30}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$: відповідно 14080 грн/га та 11671 грн/га. При вирощуванні вівса за внесення даних доз добрив отримали зерно I класу якості за ціною 8000 грн/т.

За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}$ прибуток за вирощування вівса всіх сортів був на порядок нижчий. У сортів ‘Легінь Носівський’ та ‘Закат’ він становив 9138 грн/га, у ‘Зубр’ – 8863 грн/га. Найменший прибуток на даному варіанті був у сорту ‘Нептун’ – 335 грн/га. Підвищені норми добрив $N_{90}P_{90}K_{90}+N_{30}$, $N_{120} P_{120} K_{120}+N_{30}$ показали нижчий прибуток. Зокрема сорт ‘Нептун’ характеризувався мінусовим прибутком, що становив -481 та -3417 грн/га.

У контрольному варіанті (без внесення добрив) даний показник був більшим, порівнюючи з варіантами забезпечення повного мінерального живлення без додавання сірки. Прибуток на даному варіанті склав для сорту: ‘Нептун’, ‘Світанок’, ‘Альбатрос’ – 6244, 7427 та 7964 грн/га; ‘Зубр’, ‘Закат’, ‘Легінь Носівський’ – 8556, 8502 та 8180 грн/га; у сорту ‘Айворі’ – 9094 грн/га. Зерно з даного варіанта належало до III класу якості за ціною 600 грн/т.

Щодо собівартості 1 т насіння, слід зазначити, що високі показники були у всіх сортів вівса: ‘Нептун’ – 8903,9, ‘Легінь Носівський’ – 7023,9, ‘Світанок’ – 7953,5, ‘Закат’ – 7143,9, ‘Зубр’ – 7268,6, ‘Альбатрос’ – 7502,3, ‘Айворі’ – 7023,9 у варіанті за внесення $N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}$, $N_{120} P_{120} K_{120}+N_{30}$, тоді як у контрольному варіанті дані показники склали 3261,6; 2901,6; 3029,3; 2851,0; 2842,8; 2936,7 та 2763,7 грн/т відповідно до сорту (табл. 7.2).

Таблиця 7.2.

Собівартість зерна сортів вівса залежно від норм добрив, грн/т (середнє за 2021–2023 рр.)

Норма добрив <i>фактор В</i>	Сорт <i>фактор А</i>						
	‘Нептун’	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	3261,6	2901,6	3029,3	2851,0	2842,8	2936,7	2763,7
$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$	5955,8	4242,8	4786,5	4233,4	4271,4	4641,7	4046,1
$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$	7385,0	5319,0	5999,2	5319,0	5364,2	5655,4	5074,5
$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}$	8142,0	6287,1	7108,7	6224,8	6350,7	6677,3	5955,2
$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$	8903,9	7023,9	7953,5	7143,9	7268,6	7502,3	7023,9
$N_{30}P_{30}K_{30}S_{11,25} + N_{30}$	5287,2	3724,8	4359,4	3776,2	3791,2	3776,2	3661,2
$N_{60}P_{60}K_{60}S_{22,5} + N_{30}$	6301,7	4568,9	5068,2	4602,6	4663,1	4771,1	4495,0
$N_{90}P_{90}K_{90}S_{33,75} + N_{30}$	7016,8	5320,7	5832,6	5284,0	5483,0	5533,0	5265,9
$N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$	7625,2	5960,8	6718,8	5980,4	6184,5	6314,7	5893,3

Сорти позитивно реагують на зростаючі норми добрив та введення в систему живлення сірки. Найбільший показник собівартості зафіксовано у сорту вівса ‘Нептун’ за додавання $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$. Так, він становив 7625,2 грн/т. Найменший у ‘Айворі’ – 5893,3 грн/т. Сортам ‘Легінь Носівський’ та ‘Закат’ властива собівартість насіння вівса на рівні 5980,4 грн/т. На контрольному варіанті, без внесення добрив, даний показник був найменшим по всіх вирощуваних сортах та становив від 2763,7 грн/т – у сорту ‘Айворі’ та до 3261,6 грн/т – у ‘Нептун’.

Інтенсифікація виробництва зерна вівса, як і інших сільськогосподарських культур, потребує додаткових витрат. Аналізуючи показники рентабельності (табл. 7.3), ми можемо відзначити, що відповідно до прибутку змінювався і її рівень. Найвищий рівень рентабельності було одержано у варіанті без застосування системи удобрення на контрольному

варіанті. У всіх досліджуваних сортів даний показник становив від 84 до 117%. За внесення добрив він різнився: найнижчий (а навіть мінусовий) був у сорту ‘Нептун’. На варіантах за внесення фосфорно-калійних добрив та підживлення азотом ($N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30} N_{120} P_{120} K_{120} + N_{30}$) рівень рентабельності становив -2; -10%.

Таблиця 7.3.

Рентабельність виробництва зерна вівса залежно від рівня мінерального живлення, % (середнє за 2021–2023 рр.)

Норма добрив фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	84	107	98	110	111	104	117
$N_{30} P_{30} K_{30} + N_{30}$	1	41	25	42	40	29	48
$N_{60} P_{60} K_{60} + N_{30}$	2	41	25	41	40	33	48
$N_{90} P_{90} K_{90} + N_{30}$	-2	27	13	20	18	12	26
$N_{120} P_{120} K_{120} + N_{30}$	-10	14	1	12	10	7	14
$N_{30} P_{30} K_{30} S_{11,25} + N_{30}$	42	101	72	99	98	99	105
$N_{60} P_{60} K_{60} S_{22,5} + N_{30}$	27	64	48	63	61	57	67
$N_{90} P_{90} K_{90} S_{33,75} + N_{30}$	14	50	37	51	46	45	52
$N_{120} P_{120} K_{120} S_{45} + N_{30}$	5	34	19	34	29	27	36

В умовах північної частини Лісостепу України, серед досліджуваних сортів за рівнем рентабельності та чистим прибутком, сорт ‘Айворі’ виявився найбільш ефективним. За його вирощування на фоні $N_{30}P_{30}K_{30} S_{11,25} + N_{30}$ отримано найвищий прибуток 16852 грн/га, а рентабельність сягала 105%.

А за внесення повного мінерального добрива (із застосуванням сірки) рівень рентабельності для вищезазначеного сорту склав: $N_{30}P_{30}K_{30} S_{11,25} + N_{30}$ - 105% ; $N_{60}P_{60}K_{60} S_{22,5} + N_{30}$ - 67% ; $N_{90}P_{90}K_{90}S_{33,75} + N_{30}$ - 52%.

Розрахунки співвідношення різних статей витрат в технології вирощування вівса показали, що в структурі витрат переважаюча частка пов'язана з добривами і складає 43,7–74,2% (табл. 7.4).

Таблиця 7.4.

Частка витрат на добрива в загальних технологічних витратах, %

Норма добрив фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀	48,8	46,5	47,4	46,5	46,5	47,2	46,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	62,2	60,0	60,9	60,0	60,0	60,4	59,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + N ₃₀	69,5	67,8	68,6	67,7	67,9	68,2	67,4
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₃₀	74,2	72,8	73,6	72,9	73,0	73,2	72,8
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} + N ₃₀	46,5	43,9	45,2	44,0	44,0	44,0	43,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} + N ₃₀	59,6	57,1	58,0	57,2	57,3	57,5	57,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} + N ₃₀	67,1	65,0	65,7	64,9	65,2	65,3	64,9
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ + N ₃₀	72,0	70,2	71,1	70,2	70,5	70,7	70,1

7.2. Енергетична ефективність вирощування вівса. Важливим показником оцінки дієвості технологій вирощування сільськогосподарських культур є не лише економічна, а й енергетична ефективність вирощування. Необхідно порівняти співвідношення енергії, акумульованої в урожаї, до сукупної енергії, витраченої на вирощування та збирання. Підвищення врожайності забезпечується зростаючими вкладеннями енергії, з огляду на додаткові витрати на внесення добрив, збір додаткового врожаю та ін.

Аналіз енергетичних вкладень в технологію вирощування дозволив нам встановити різницю між варіантами норм та видами добрив. Найбільші вкладення були за внесення мінеральних добрив із додаванням сірки та

підживленням N_{30} на 32-й стадії розвитку за шкалою ВВСН ($N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$) для сорту ‘Айворі’ – 31234 МДж/га та ‘Легінь Носівський’ – 31109 МДж/га (рис. XXX).

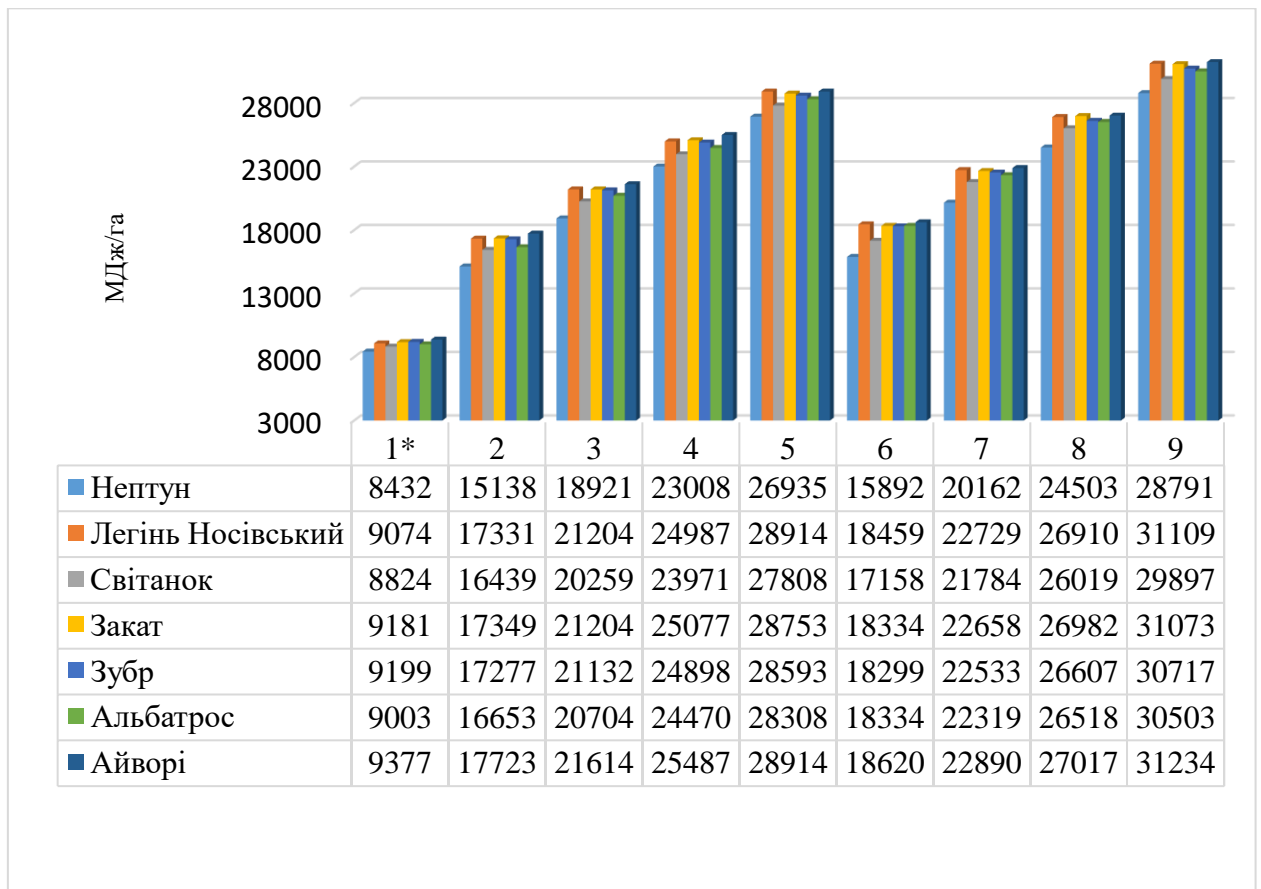


Рис.7.1 Енерговитрати на вирощування вівса залежно від удобрення, МДж/га (середнє за 2021–2023 рр.)

Примітка *. 1. Без обробки – контроль; 2. $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$; 3. $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$; 4. $N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}$; 5. $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$; 6. $N_{30}P_{30}K_{30}S_{11,25} + N_{30}$; 7. $N_{60}P_{60}K_{60} S_{22,5} + N_{30}$; 8. $N_{90}P_{90}K_{90}S_{33,75} + N_{30}$; 9. $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$.

За умови внесення $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$ ВВСН₃₂ та додатково сірки у нормі $S_{11,25}$ було зафіксовано менші показники енерговитрат на 1 га вирощування вівса. Вони склали для сорту ‘Нептун’ – 15892 МДж/га; ‘Легінь Носівський’ – 18459 МДж/га; ‘Світанок’ – 17158 МДж/га; ‘Закат’ – 18334 МДж/га; ‘Зубр’ – 18299 МДж/га; ‘Альбатрос’ – 18334 МДж/га; ‘Айворі’ – 18620 МДж/га.

Здійснений розрахунок по досліді демонструє, що менші енерговитрати за внесення повного мінерального добрива без застосування сірки $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$ від 15138 МДж/га у сорту ‘Нептун’ та до 17723 МДж/га

у сорту ‘Айворі’. Внесення зростаючих норм елементів живлення призводило до збільшення енерговитрат по всіх досліджуваних сортах.

Найменші енерговитрати на 1 га посіву вівса були в контрольному варіанті та змінювалися від 8432 МДж/га у сорту ‘Нептун’ і до 9377 МДж/га у сорту ‘Айворі’ (Додаток ХХХ Енергетична ефективність вирощування сортів вівса (середнє за 2021–2023 рр.).

Вихід енергії з врожаєм вказує на високу енергетичну ефективність вирощування вівса. В сформованому врожаї акумулювалось від 37506 до 91133 МДж/га (рис.7.2.). Тобто, співвідношення між мінімальним та максимальним виходом енергії склало 2,43. Зростання виходу енергії з врожаєм надважливе для енергетичної оцінки зерна вівса, яке може використовуватися для продовольчих та кормових цілей.

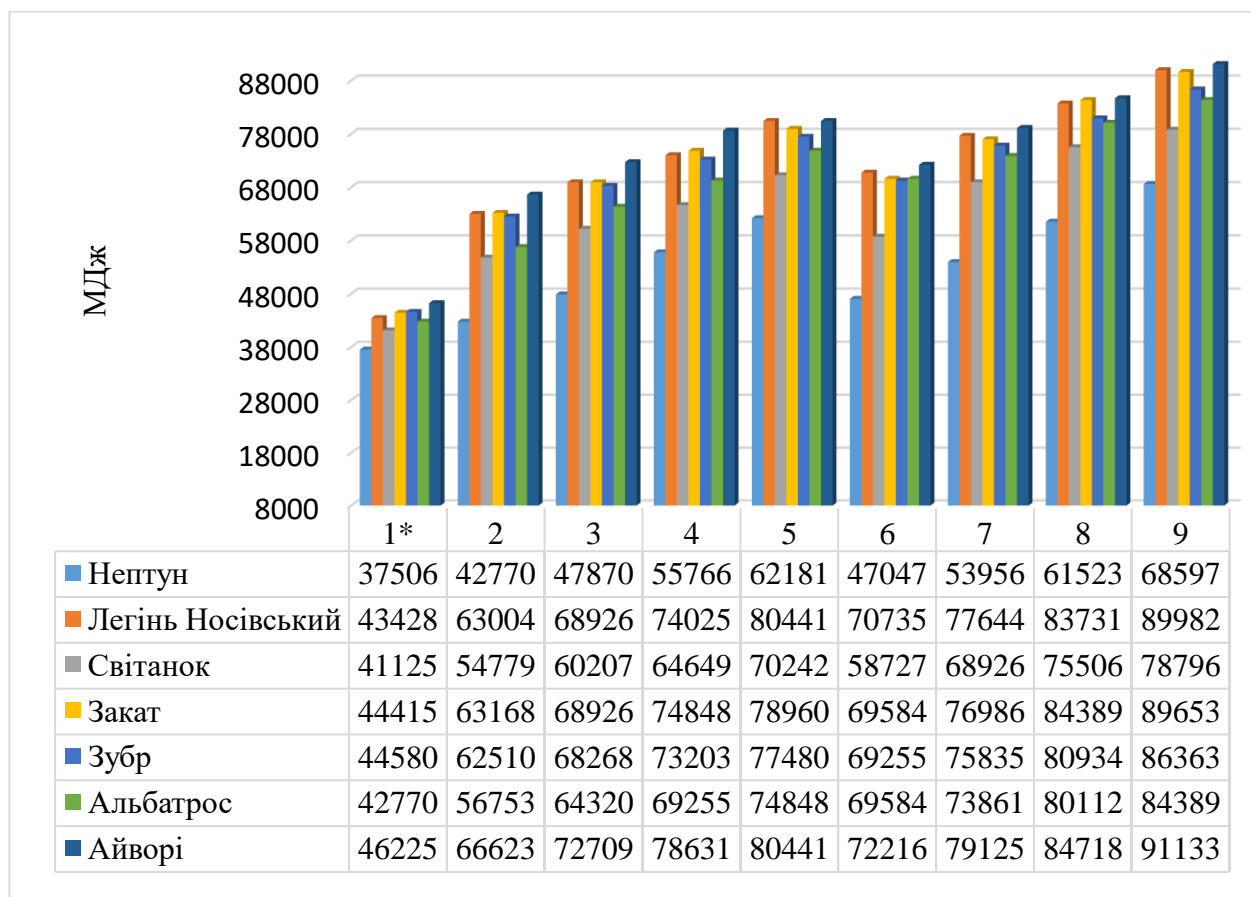


Рис.7.2. Вихід енергії з урожаєм сортів вівса залежно від удобрення (середнє за 2021–2023 рр.)

Примітка *. 1. Без обробки – контроль; 2. $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$; 3. $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$; 4. $N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}$; 5. $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$; 6. $N_{30}P_{30}K_{30}S_{11,25} + N_{30}$; 7. $N_{60}P_{60}K_{60} S_{22,5} + N_{30}$; 8. $N_{90}P_{90}K_{90}S_{33,75} + N_{30}$; 9. $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$.

Одним із основних критеріїв енергетичної оцінки вирощування вівса є коефіцієнт енергетичної ефективності (К_{еє}). Енергетична ефективність вирощування сортів вівса визначалась шляхом співвідношення витрат енергії на вирощування вівса на площі 1 га і енергоємності врожаю – це коефіцієнт енергетичної ефективності. Розрахунками встановлено, що в роки досліджень (2021–2023 рр.) вирощування вівса було досить результативним (рис.7.3.).

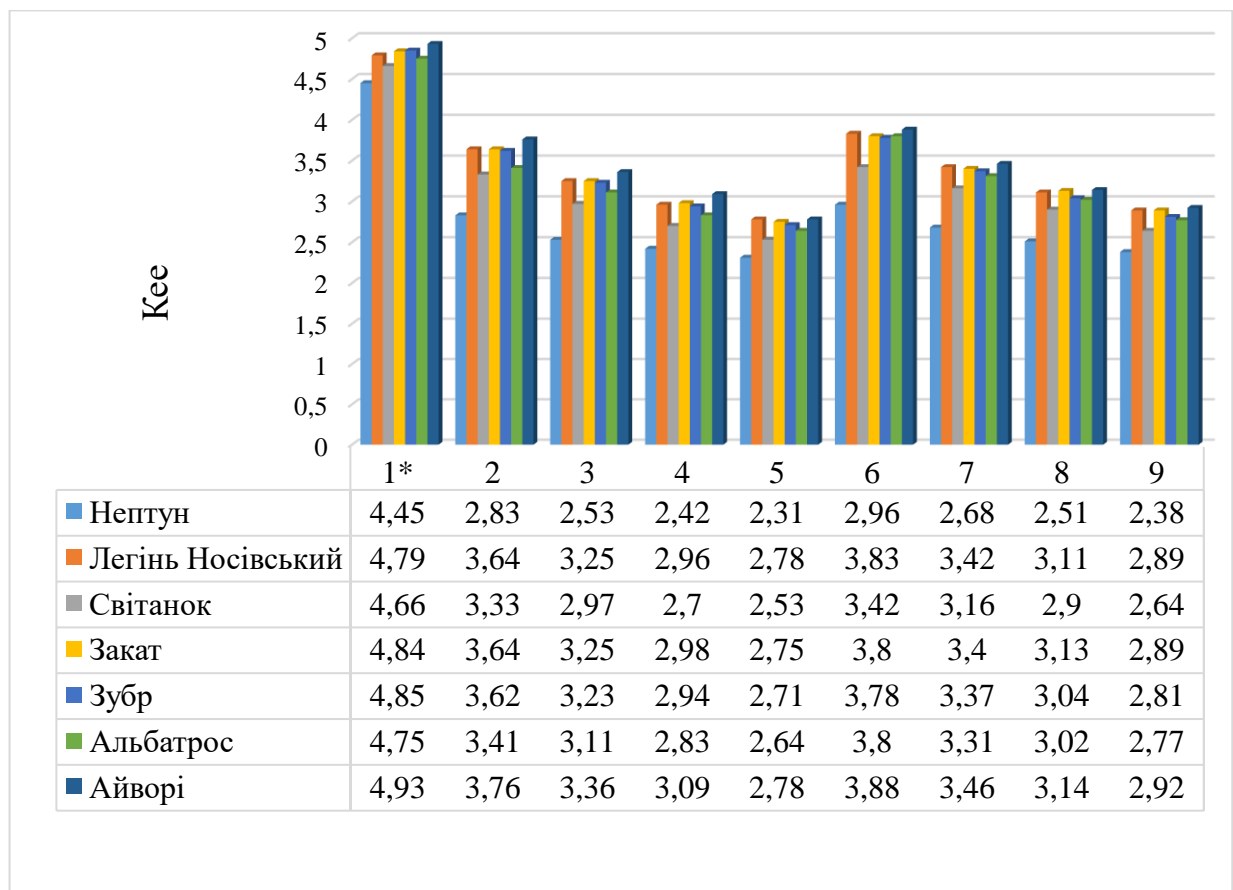


Рис.7.3. Коефіцієнт енергетичної ефективності технології вирощування вівса залежно від удобрення, (середнє за 2021–2023 рр.)

Примітка *. 1. Без обробки – контроль; 2. $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$; 3. $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$; 4. $N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}$; 5. $N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$; 6. $N_{30}P_{30}K_{30}S_{11,25} + N_{30}$; 7. $N_{60}P_{60}K_{60} S_{22,5} + N_{30}$; 8. $N_{90}P_{90}K_{90}S_{33,75} + N_{30}$; 9. $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$.

За цим показником нами встановлено залежність між збільшенням витрат на 1 т продукції та зменшенням коефіцієнта енергетичної ефективності.

Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) зафіксовано в контрольному варіанті: варіював від 4,45 до 4,93 залежно від сорту. Зауважимо, що не було суттєвої різниці між сортами.

Мінеральні добрива по-різному впливали на K_{ee} . Так, їх внесення у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}+N_{30}$; $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}$ сприяло зниженню K_{ee} по всіх сортах. А більшим він був у 'Айворі' – 3,36-3,76; 'Закат' – 3,64-3,25 та 'Зубр' – 3,62-3,23.

Загалом сорти вівса позитивно реагували на зростаючі норми внесення макроелементів із додаванням сірки. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30}+N_{30}+S_{11,25}$ коефіцієнт енергетичної ефективності вівса різнився незначно і складав 2,96-3,88; $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}+S_{22,5} - 2,68-3,46$; $N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}+S_{33,75} - 2,51-3,14$. Внесення добрив у дозі $N_{120}P_{120}K_{120}+N_{30}+S_{45,0}$ сприяло зниженню K_{ee} по досліджуваних сортах і він відповідно склав 2,64 та 2,92. Аналізуючи коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) за сортами та варіантами удобрення, найнижчий показник властивий 'Нептуну' а найвищий – 'Айворі'.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 7

Проведений аналіз економічної та енергетичної ефективності вирощування вівса дозволив встановити певні закономірності, особливості структури технологічних витрат та вартості отриманої продукції залежно від урожайності та якості зерна.

Зростання економічної ефективності вирощування вівса обумовлено урожайністю та якістю зерна, які залежать не лише від норм добрив, але й від сорту. Нами підтверджено, що завдяки культивуванню нових сортів вівса

значно зростає економічна та енергетична ефективність їх вирощування, за рівнозначних технологічних витрат.

Загальні технологічні витрати за вирощування вівса складають від 7436–7766 грн /га (в контрольному варіанті) та до 33961–34347 грн/га за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}+N_{30}$.

Основна частка технологічних витрат припадає на добрива і залежно від норми внесення складає 43,7–74,2.

Вартість валової продукції становить 13680–44320 грн/га. Оцінювання вартості отриманої продукції проводили зважаючи на якість зерна. Звідси і отримання більшого прибутку з одиниці площі, попри більші витрати.

Найбільший прибуток отримано при вирощуванні вівса сорту ‘Айворі’ за технологією, що передбачала внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30} S_{11,25}+ N_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60} S_{22,5}+ N_{30}$ - 16852 та 14454 грн/га, за рахунок вищої закупівельної ціни на зерно II класу якості.

Досліджені нами сорти вівса відмінно реагували на зростаючі норми внесення макроелементів із сіркою. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30}+N_{30}+S_{11,25}$ коефіцієнт енергетичної ефективності технології вирощування складав 2,96-3,88; $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}+S_{22,5} - 2,68-3,46$; $N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}+S_{33,75} - 2,51-3,14$; $N_{120}P_{120}K_{120}+N_{30}+S_{45,0} - 2,64-2,92$. Найнижчий коефіцієнт енергетичної ефективності по сортах та варіантах удобрення характерний сорту ‘Нептун’, а найвищий – ‘Айворі’.

ВИСНОВКИ

1. Сорти вівса характеризуються специфічною реакцією, але всі позитивно реагують на зростаючі норми добрив та введення в систему живлення сірки, яка підвищує стійкість вівса до вилягання та підвищує рівень використання азоту. Комбіноване внесення з макроелементами сірки забезпечує суттєве зростання урожайності, що обумовлено більш ефективним використанням рослинами азоту. Оптимізація азотно – сірчаного живлення забезпечує підвищення ефективності мінеральних добрив.

2. Сорти вівса різняться між собою щодо адаптивності, що обумовлено генетичними особливостями та екологічними й технологічними чинниками вирощування. Адаптивність сортів чітко ідентифікується через їх пластичність та стабільність.

3. Обґрунтованим для характеристики екологічних чинників (тепловий режим та режим забезпечення вологою) вирощування вівса є використання для розрахунку показників теплових одиниць, сум активних і ефективних температур, ГТК біологічно активний мінімум на рівні $+5^{\circ}\text{C}$. Роки різнилися за екологічними параметрами, що суттєво впливало на ріст і розвиток рослин і сприяло визначенню адаптивності сортів.

4. Встановлено тісний позитивний кореляційним зв'язком ($r = 0,98-0,99$) між урожайністю сортів вівса вітчизняної та іноземної селекції та нормами мінеральних добрив. Середня врожайність сортів вівса за 2021 – 2023 роки коливалася від 2,28 т/га (контрольний варіант, сорт Нептун) до 5,54 т/га ($\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120}\text{S}_{45+} \text{N}_{30}$, сорт Айворі). Середня врожайність в контрольному варіанті була наступною: ‘Нептун’ – 2,28 т/га; ‘Легінь Носівський’ – 2,64; ‘Світанок’ – 2,50; ‘Закат’ – 2,70; ‘Зубр’ – 2,71; ‘Альбатрос’ – 2,60; ‘Айворі’ – 2,81 т/га. А її усереднений приріст від використання добрив, на які позитивно реагують усі сорти, становив 0,32–2,83 т/га; максимальний – 1,24–2,73 т/га в ‘Айворі’ за збільшення доз добрив. Додаткові прирости врожайності від внесення сірки для сорту ‘Нептун’ –

0,26–0,39 т/га; ‘Легінь Носівський’ – 0,47–0,49; ‘Світанок’ – 0,23–0,66; ‘Закат’ – 0,39–0,64; ‘Зубр’ – 0,41–0,54; ‘Альбатрос’ – 0,58–0,78; ‘Айворі’ – 0,34–0,66 т на гектар. Прирости урожайності залежно від добрив коливалися від 0,32 до 2,83 т/га.

5. Встановлена сортова специфічна реакція на норми добрив, макроелементи та сірку. Найбільш продуктивним виявився сорт Айворі – урожайність впродовж років дослідження і залежно від системи удобрення коливалася від 2,38 т/га в контрольному варіанті в 2022 році до 5,98 т/га за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$ в 2023 році. Сорт позитивно реагує на зростаючі норми добрив, на введення в систему живлення сірки, яка підвищує стійкість вівса до вилягання та підвищує рівень використання азоту. Приріст урожайності в середньому за 2021 – 2023 роки за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$ склала 2,73 т/га порівняно з контролем і 0,66 т/га порівняно з варіантом де була внесена еквівалентна кількість макроелементів $N_{120}P_{120}K_{120}+N_{30}$, але не вносились сірка. Позитивна реакція на зростаючі норми внесення елементів живлення була встановлена також для сортів Легінь Носівський, Закат, Зубр, Альбатрос.

6. Пластичність сортів зростає за підвищених норм внесення макроелементів, особливо за комбінації з сіркою. Високо пластичними та стабільними є сорти Айворі, Зубр, Легінь Носівський – коефіцієнт пластичності дорівнює або перевищує 1 за всіх систем удобрення. Сорт Айворі є високо пластичним та стабільним і позитивно реагує на покращення умов живлення: коефіцієнт пластичності складає 1,00 – 1,32, коефіцієнт стабільності 0,00 – 0,037. Низькопластичним та нестабільним є сорт Нептун за внесення майже всіх норм добрив, окрім комбінацій з сіркою. Для сорту Світанок чітко встановлено реакцію на внесення підвищених норм внесення макроелементів в комбінації з сіркою – коефіцієнт пластичності зростав від 0,65, коефіцієнт стабільності від 0,015 в контрольному варіанті до 1,70 та 0,018, відповідно, за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$. Подібна реакція

була також у сорту Закат – коефіцієнт пластичності зростав від 0,86 в контрольному варіанті до 1,44 за внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45+} N_{30}$.

7. Комбінована обробка насіння і вегетуючих рослин або лише обробка вегетуючих рослин йодовмісними препаратами сприяють закладці більшої кількості генеративних органів та зниженню їх редуції, що в подальшому обумовлює зростання маси зерна з рослини та урожайності в цілому. За диференційованого застосуванням йодовмісних препаратів отримано суттєві прирости урожайності, навіть за умов сильної повітряної та ґрунтової посухи, що свідчить про підвищення стійкості рослин до абіотичних чинників та антистресову дію препарату.

8. Встановлена достовірна ефективність йодовмісних препаратів для захисту рослин від ураження хворобами. Ураження рослин вівса септоріозом (*Septoria avenae*) в контрольному варіанті склало – 8,74–14,8%: за внесення фонові норми добрив – 5,61–15,8%; за передпосівної обробки насіння протруйником рівень ураження зменшувався до 0,41–2,42%. Обробка насіння препаратом з біологічно активним йодом забезпечувала захист рослин від септоріозу на рівні протруйника і рівень ураження склав 0,45 – 3,52%.

9. Сорти вівса позитивно реагують на зростаючі норми макроелементів, а додаткове введення в систему живлення сірки або йоду сприяє підвищенню вмісту білків в зерні, що пов'язано з більш ефективним використанням азоту за достатнього забезпечення сіркою, так і безпосереднім впливом мезоелементів. Вміст білка в зерні контрольного варіанту змінювався від 9,4% у сорту 'Закат' до 10,5 % у сорту 'Айворі'. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}BVCN32$ вміст білка в зерні сортів вівса різнився незначно і складав 10,2 – 10,8 %. За внесення $N_{120}P_{120}K_{120}+N_{30} BVCN32$ різниця щодо вмісту білку в зерні стала більш суттєвою – в зерні сорту Нептун – 11,4%, а в зерні сорту Айворі – 12,4 %.

10. Фракційний склад білка зерна в більшій мірі змінюється залежно від системи удобрення ніж від сорту. Встановлено зростання вмісту фракцій

запасних білків за зростаючих норм добрив та за внесення додатково сірки. Аналіз фракційного складу білків зерна сортів вівса вирощених без добрив показав, що вміст біологічно цінних фракцій – альбумінів та глобулінів був найвищим, порівняно з усіма іншими варіантами, де вносилися добрива: альбуміни - 17,0–19,3; глобуліни – 20,1 – 21,6%. За внесення $N_{120}P_{120}K_{120}S_{45}+N_{30}$ суттєво зростає вміст запасних білків – проламінів та глютелінів – 28,4 – 30,2% та 34,8 – 36,2% відповідно, суттєво перевищуючи їх вміст в зерні контрольного варіанту.

11. Аналізування економічної та енергетичної ефективності технологій вирощування вівса проведене з врахуванням загальних витрат на технологію, урожайності та якості зерна, засвідчило, що найвищий прибуток було отримано при вирощуванні сорту ‘Айворі’ за внесення добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30} S_{11,25}+ N_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60} S_{22,5}+ N_{30}$ - 16852 грн/га та 14454 грн /га відповідно, за II класу якості зерна. В структурі витрат переважаюча частка пов’язана з добривами і складає 43,7–74,2%

12. Коефіцієнт енергетичної ефективності є самим високим в контрольному варіанті і суттєво не різниться між сортами - 4,45 - 4,93. При внесенні $N_{30}P_{30}K_{30}+N_{30}$; $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{30}$ коефіцієнт знижувався: ‘Айворі’ – 3,36-3,76; ‘Закат’ – 3,64-3,25 та ‘Зубр’ - 3,62- 3,23. Сорти вівса позитивно реагують на зростаючі норми макроелементів з додаванням сірки. За внесення $N_{30}P_{30}K_{30}+N_{30}+S_{11,25}$ коефіцієнт енергетичної ефективності вівса різнився незначно і складав 2,96 - 3,88; $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}+S_{22,5}$ – 2,68 -3,46; $N_{90}P_{90}K_{90} +N_{30}+S_{33,75}$ – 2,51-3,14; $N_{120}P_{120}K_{120}+N_{30}+S_{45,0}$ – 2,64-2,92.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для забезпечення стабільного та економічно зваженого виробництва зерна вівса в умовах Правобережного Лісостепу України доцільно першочергово визначити функціональне призначення зерна, що дозволить диференціювати удобрення та підбір сортів вівса. Для отримання 4,5 – 5,0 т/га урожайності вівса на зерна 1-2 класу класу якості рекомендуємо вирощувати сорти ‘Айворі’, ‘Легінь Носівський’, ‘Закат’, ‘Альбатрос’ та вносити $N_{60}P_{60}K_{60} S_{22,5}$ в основне удобрення та підживлювати азотними добривами в нормі N_{30} за проходження рослинами мікростадії ВВСН 32. Для отримання зерна 3 класу доцільно вносити в основне удобрення $N_{30}P_{30}K_{30} S_{11,25}$. Для досягнення високого рівня реалізації біологічного потенціалу сорту, формування зерна першого класу та урожайністю вище 5,5 т/га рекомендуємо вирощувати сорт ‘Айворі’ на фоні $N_{90}P_{90}K_{00} S_{33,75}$ з проведенням підживлення азотом в нормі N_{30} за проходження рослинами мікростадії ВВСН 32.

ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ДЖЕРЕЛ

1. Acar., O., Izydorczyk, M. S., Kletke J., Yazici, A., Imamoglu, A., Cakmak, I., Koksel, H. (2020). Comparison of short and long milling flows on yield and physicochemical properties of brans from biofortified and nonbiofortified hull-less oats. *Cereal Chem* 97(4). 859–867. DOI: 10.1002/cche.10308
2. Ahmad, A. H., Wahid A., Fiaz N., Zamir M. (2011). Impact of organic and inorganic sources of nitrogen and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of forage oat (*Avena sativa* L.). *Cercetari Agronomice in Moldova*. 44. 39–49. DOI: 10.2478/v10298-012-0040-7
3. Alexandratos N. and Bruinsma J. World agriculture towards 2030/2050. The 2012 Revision. ESA Working Paper. № 12-03 June 2012. Global Perspective Studies Team. <http://www.fao.org/economic/esa>. URL: <https://www.fao.org/3/ap106e/ap106e.pdf>
4. Allison, R. (2022). Trial sees 9.7t/ha yield from zero-input bean-oat bicrop. *Farmers weekly*. URL: <https://www.fwi.co.uk/arable/trial-sees-9-7t-ha-yield-from-zero-input-bean-oat-bicrop>
5. Amanullah, J., Stewart, B. A. (2013). Dry matter partitioning, growth analysis and water use efficiency response of oats (*Avena sativa* L.) to excessive nitrogen and phosphorus application. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 15:479-489. URL: <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=302977>
6. Aparicio-García et al., N. Aparicio-García, C. Martínez-Villaluenga, J. Frias, E. Peñas (2021). Sprouted Oat as a potential gluten-free ingredient with enhanced nutritional and bioactive properties. *Food Chem.*, 338 (2021), Article 127972.
7. Armstrong, K., Ruitter, J. M., Bezar, H. (2004) Fodder oats in New Zealand and Australia – history, production and potential.
8. Batsmanova L., Taran N., Konotop Y., Kalenska S., Novytska N. Use of a colloidal solution of metal and metal oxide-containing nanoparticles as

- fertilizer for increasing soybean productivity. *Journal of Central European Agriculture*. 2020. Vol. 21, № 2. P. 311–319. DOI: 10.5513/JCEA01/21.2.2414
9. Bootsma, A., Brown, D. M. (1995). Risk analyses of crop heat units available for corn and other warm-season crops in Ontario. *Agric. & Agri-Food Canada*, Research Branch, Centre for Land and Biological Resources Research, Ottawa, Tech. Bull.1995-1E. 83 pp. (CLBRR Contrib. No. 94-01).
 10. Bootsma, A., Gameda, S. and Mc Kenney, D.W. (2001). Adaptation of agricultural production to climate change in Atlantic Canada. Final Report for Climate Change Action Fund Project A214. *Agriculture and Agri-Food Canada*, Eastern Cereal and Oilseed Research Centre, Ottawa. 30.
 11. Bootsma, A. Crop Heat Units (CHU) for Canada for Land Suitability Rating System (LSRS) and impacts of climate change. Final Report for Agriculture and Agri-Food Canada Contract #3000321992. Assessment of climate change impacts on canadian agricultural landsuitability: Modeling Corn & Canola Crops. January, 2008. CHU. Report_v4_rev. <https://sites.google.com/site/andybootsma/home/crop-heat-unit-reports>
 12. Bootsma, A., Tremblay, G., Filion, P. (1999). Risk analyses of heat units available for corn and soybean production in Quebec. *Agriculture and Agri-Food Canada*, Research Branch, Eastern Cereal and Oilseed Research Centre, Ottawa, Technical Bulletin, ECORC Contrib. No. 991396. 127.
 13. Brown, P. H., Zhao, F. J., and Dobermann, A. (2021). What is a plant nutrient? Changing definitions to advance science and innovation in plant nutrition. *X-MOL* [preprint]. DOI: 10.1007/s11104-021-05171-w
 14. Brunava, L., Alsina, I., Zute, S, Sterna, V., Vicupe, Z. (2014). Some chemical, yield and quality properties of domestic oat cultivars. In: *Proceedings of the 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for Consumer Well-being” FOODBALT*. pp. 72–76. http://llufb.llu.lv/conference/foodbalt/2014/FoodBalt_Proceedings_2014.pdf

15. Buerstmayr, H., Krenn, N., Stephan, U., Grausgruber, H., & Zechner, E. (2007). Agronomic performance and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin produced under Central European growing conditions. *Field Crops Research*, 101, 343–351. DOI: 10.1016/j.fcr.2006.12.011
16. Bukan, M., Maricevic, M., Ikic, I., Mlinar, R., Lovric, A., Gunjaca, J., Sarcivic, H. (2015). Effect of nitrogen fertilization on grain yield and quality of hulled and hullless spring oats. *Poljoprivreda*. 21(1):15–21.
17. Cakmak, I., Marzorati, M., Van den Abbeele, P., Hora, K., Holwerda, H. T., Yazici, M. A., ... & Du Laing, G. (2020). Fate and bioaccessibility of iodine in food prepared from agronomically biofortified wheat and rice and impact of cofertilization with zinc and selenium. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(6), 1525–1535.
18. Cheng, M., Li, Y, .Luo, X., Chen,Z., Wang,R., Wang,T., Feng ,W., Zhang, H., He, J., Cheng Li, C. (2022). Effect of dynamic high–pressure microfluidization on physicochemical, structural, and functional properties of oat protein isolate. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. p. 103204. DOI: 10.1016/j.ifset.2022.103204
19. Coffman, F. A. 1977: Origin and history. In *Oats and Oat improvement* Coffman F. A. ed. American Society of Agronomy, Madison. 15-40.
20. Commoditi Outlook 2022. URL: https://wrr-food.wri.org/sites/default/files/2019-07/WRR_Food_Full_Report_0.pdf
21. Crop production and natural resource use. URL: <https://www.fao.org/3/y4252e/y4252e06.htm>
22. De Francisco, A., Federizzi, L. C., & Setti, T. (2019). Development of Oat Production in Brazil: Interaction between Agriculture, Academia, and Industry. *Cereal Foods World*, 64, 1–3.
23. Đekić V., Milovanović M., Popović V., Milivojević J., Staletić M., Jelić M., Perišić V. (2014). Effects of fertilization on yield and grain quality in winter triticales. *Romanian Agricultural Research* 31:175–183. URL:

- <http://www.incda-fundulea.ro/rar/nr31/rar31.22.pdf>
24. Đekić, V., Jelić, M., Popović, V., Đurić, N., Grčak, D., & Grčak, M. (2018). Parameters of grain yield and quality of spring oats. *Proceedings of the Journal of PKB Agroekonomik Institute*, 24(1–2), 81–86.
 25. Đekić, V., Staletić, M., Milivojević, J., Popović, V., Jelić, M. (2012). Nutritive value and yield of oat grain (*Avena sativa* L.). *Agrozanje* 13(2):217-224. URL: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133205381>
 26. Demydov, R., Blyzniuk, A., Pirykh, T., Yurchenko, H., Kovalyshyna, H. Drought resistance of soft spring wheat varieties of different ecological and geographical origins in the Forest Steppe of Ukraine. *Plant and Soil Science*, 14(3), 2023, 84-96.
[10.31548/plant3.2023.84](https://doi.org/10.31548/plant3.2023.84) <https://doi.org/10.31548/plant3.2023.84>
 27. Devi, U., Panghaal, D., Kumar, P., Sewhag, M., Kumar, P. (2019). Effect of nitrogen fertilizers on yield and quality of oats: A Review. *International Journal of Chemical Studies* 7(2):1999–2005. <http://www.chemijournal.com/archives/2019/vol7issue2/PartAH/7-2-440-976.pdf>. DOI: 10.18047/poljo.21.1.3
 28. Dijk, V. M., Meijerink, G. W. (2014). A review of food security scenario studies: Gaps and ways forward. In: Achterbosch T. J., Dorp M., van Driel W. F., van Groot J. J., Lee J., van der Verhagen A., Bezlepkina I., editors. *The Food Puzzle: Pathways to Securing Food for All*. Wageningen UR; Wageningen, The Netherlands: 30–32. DOI: 10.1177/0170840607076007
 29. Donald, C. M., Hamblin, J. (1976). The Biological Yield and Harvest Index of Cereals as Agronomic and Plant Breeding Criteria. *Advances in Agronomy*. Vol. 28.
 30. Duda, M., Tritean, N., Racz, I., Kadar, R., Russu, F., Fitiu, A., & Muntean, E. (2021). Yield Performance of Spring Oats Varieties as a Response to

- Fertilization and Sowing Distance. *Agronomy*, 11(5), Article 815. DOI: 10.3390/agronomy11050815
31. Dumlupinar, Z., Güngör, H., Dokuyucu, T., Herek, S., Tekin, A., Akkaya, A. (2019). Agronomical screening of OGLE1040/TAM O-301 oat genetic mapping population. *Sains Malaysiana*. 48(5):975–981.
 32. Dumlupinar Z., Kara R., Dokuyucu T., Akkaya A. (2012). Correlation and path analysis of grain yield and yield components of some Turkish oat genotypes. *Pakistan Journal of Botany* 44(1):321–325. <https://www.researchgate.net/publication/237826720>
 33. Dumlupinar Z., Maral H., Kara R., Dokuyucu T., Akkaya A. (2011). Evaluation of Turkish oat landraces bases on grain yield, yield components and some quality traits. *Turkish Journal of Field Crops*. 16:190–196. URL: <https://www.researchgate.net/publication/257930629>
 34. Eberhart, S. A., Russel, W. G. Yield and stability for a 10–line diallel of single cross and double cross maize hybrids. *Crop Sci*. 1969. N 9/3. P. 357–361.
 35. Eberhart, S. A., Russel, W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci*. 1966. V. 6, № 1. P. 34–40.
 36. Elsgaarda, L., C. D. Børgesen, J. E. Olesen, S. Siebert, F. Ewert, P. Peltonen-Sainio, R. P. Rötter and A.O. Skjelvaag. Shifts in comparative advantages for maize, oat and wheat cropping under climate change in Europe *Food Additives & Contaminants: Part A*. Vol. 29, No. 10, October 2012, 1514–1526.
 37. FAO (2020), The State of Agricultural Commodity Markets 2020. Agricultural markets and sustainable development: Global value chains, smallholder farmers and digital innovation, Rome, FAO, DOI: 10.4060/cb0665en
 38. FAOSTAT. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
 39. Farkas, A., Szabó, E., Horváth, A., Edina Jaksics, E., Tömösközi, S. (2023). Development and application of a laboratory baking test for the

- characterisation of wholemeal oat flours. *Journal of cereal science*. Vol.114.
40. Fetch, J. (2002). Oat Breeding at Cereal Research Centre of Agriculture & Agri–food Canada. *Oat Newsletter*. V. 47 URL: <http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/oatnewsletter/v47>.
 41. Finlay, K. W., Wilkinson, G. N. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. Journ. Agric. Res.* 1963. N 14. P. 742–754.
 42. Finnan, J. M., Hyland, L., & Burke, B. (2018). The effect of seeding rate on radiation interception, grain yield and grain quality of autumn sown oats. *European Journal of Agronomy*, 101, 239–247. DOI:10.1016/j.eja.2018.09.008
 43. Gao, K.; Yu, Y. F.; Xia, Z. T.; Yang, G.; Xing, Z. L.; Qi, L. T.; Ling, L. Z. (2019). Response of height, dry matter accumulation and partitioning of oat (*Avena sativa* L.) to planting density and nitrogen in Horqin Sandy Land. *Sci. Rep.* 9, 7961.
 44. GenStat Release 16.2 (PC/Windows 7) (2013). GenStat Procedure Library. Release PL24.2. VSN International Ltd.
 45. Global grain production has shown resilience to economic shocks. URL: <https://www.statista.com/markets/421/topic/495/farming/#statistic1>
 46. Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S., Toulmin, C. (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*. Vol. 327, Issue 5967: 812-818. DOI: 10.1126/ science.1185383
 47. Golob, A., Novak, T., Maršič, N. K., Šircelj, H., Stibilj, V., Jerše, A., et al. (2020). Biofortification with selenium and iodine changes morphological properties of *Brassica oleracea* L. var. *gongylodes*) and increases their contents in tubers. *Plant Physiol. Biochem.* 150, 234–243. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.02.044> .
 48. Gonzali, S., Kiferle, C., and Perata, P. (2017). Iodine biofortification of crops: agronomic biofortification, metabolic engineering and iodine bioavailability. *Curr. Opin. Biotechnol.* 44, 16–26.

- DOI: 10.1016/j.copbio.2016.10.00
49. Grzanka, M., Smoleń, S., Skoczylas, L. and Grzanka D. (2022). Synthesis of Organic Iodine Compounds in Sweetcorn under the Influence of Exogenous Foliar Application of Iodine and Vanadium. *Molecules* 27, №. 6: 1822. <https://doi.org/10.3390/molecules27061822>.
50. Grzanka, M., Smoleń, S., Skoczylas, L. and Grzanka D. (2021). Biofortification of Sweetcorn with Iodine: Interaction of Organic and Inorganic Forms of Iodine Combined with Vanadium. *Agronomy*. 11, № 9: 1720. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091720>
51. Gugava, E., Korokhashvili, A. (2018). Technologies for obtaining nitrogen fertilizers prolonged effect in wheat. *Annals of Agrarian Science*. V.16, Issue 1, 22–26. DOI: 10.1016/j.aasci.2017.12.003
52. Haider Rezaq Leiby Mhmood T. Al-Jayashi Mohammed Radwan Mahmoud (2021). Effect Agricultural Sulfur and Nitrogen on Growth and Yield tressed Oat (*Avena sativa* L.). *Annals of R.S.C.B.*, 25(1), 6073–6079.
53. Hanhur V., Marenych M., Korotkova I., Gamayunova V., Oleksandr L., Marinich L., Olepir R. Dynamics of nutrients in the soil and spring barley yield depending on the rates of mineral fertilizers. *International Journal of Botany Studies*. Volume 6, Issue 5. India, 2021. 1298-1306
54. Hatfield, J. L., Prueger, J. H. (2018). Temperature extremes: effect on plant growth and development. *Weather Clim. Extrem.*, 10 (2015), pp. 4–10.
55. Hausherr Lüder, R.-M., Qin, R., Richner, W., Stamp, P., & Noulas, C. (2018). Spatial variability of selected soil properties and its impact on the grain yield of oats (*Avena sativa* L.) in small fields. *Journal of Plant Nutrition*, 41, 2446–2469. DOI: 10.1080/01904167.2018.1527935
56. Hejzman, V., Berková, M., Kunzová, E. (2013). Effect of long-term fertilizer application on yield and concentrations of elements (N, P, K, Ca, Mg, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) in grain of spring barley. *Plant, soil an Environment*. 59 (7):329–334. DOI: 10.17221/159/2013-PSE

57. Hisir, Y., Kara, R., & Dokuyucu, T. (2012). Evaluation of oat (*Avena sativa* L.) genotypes for grain yield and physiological traits. *Žemdirbystė – Agriculture*, 99(1), 55–60.
58. Hoffmann, M. R., et al. (1995) Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chemical Reviews*, 95, 69-96. DOI: 10.1021/cr00033a004
59. Hou, X., Yan, X., and Chai, C. (2000). Chemical species of iodine in some seaweeds II. Iodine-bound biological macromolecules. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 245, 461–467. <https://doi.org/10.1023/A:1006728420096>
60. Hrytsiuk, N., Bakalova, A., Ribitska, G., Denysiuk, Ya., Liubakivskiy, O. The efficiency of seed treatment in oats cultivation in conditions of the Ukrainian forest. *Scientific Horizons*, 2020, (8), 133–140. doi:10.33249/2663–2144–2020–93–8–133–140. DOI: 10.17576/jsm–2019–4805–05
61. Hüttner, E. K., Bello, F. D., Zannini, E., Titze, J., Beuch, S., Elke K. Arendt E. K. (2011). Physicochemical properties of oat varieties and their potential for breadmaking, *Cereal Chemistry*, № 88, p. 602 DOI: 10.1094/CCHEM–11–10–0163
62. Huza, R., Duda, M., Kadar, R., & Racz, I. (2016). Results regarding the influence of technological factors on spring oat yields. *Research Journal of Agricultural Science*, 48, 57–62.
63. Huza, R.; Duda, M.; Kadar, R.; Racz, I.; Ceclan, A. (2017). The influence of technological factors on yield and quality of spring oats at ARDS Turda. *Research Journal of Agricultural Science*. 49, 80–84.
64. Impact of lime and NPK fertilizers on yield and quality of oats on pseudogley soil and their valorisation. URL: https://www.researchgate.net/publication/347919503_Impact_of_lime_and_NPK_fertilizers_on_yield_and_quality_of_oats_on_pseudogley_soil_and_their_valorisation
65. Jelic, M., Dugalić, G., Milivojević, J., Đekić, V. (2013). Effect of liming

- and fertilization on yield and quality of oat (*Avenasativa* L.) on an acid luvisol soil. *Romanian Agricultural Research*. 30. 249–258.
66. Jelic., M., Milivojevic, J. (2015). Gvožđe, mangan, cink i alumijim u kiselim zemljištima Centralne Srbije./Iron, manganese, zinc and aluminium at acid soils of Central Serbia. University of Priština, Faculty of Agriculture, Lešak, Serbia.
67. Jordanovska, S., Jovović, Z., Dolijanović, Ž., Dragičević, V., Branković, G., Đekić, V. (2018). Nutritional properties of Macedonian landraces of small grain cereals as a source of new genetic variability. *Genetika* 50(3):863–883. DOI: 10.2298/GENSR1803863J
68. Jovanović, Lj., Mihailović, A. (2020). Environmental protection: right and obligation. Gea International Conference 2020, Podgorica, Montenegro, 190–199.
69. Kalenska, S., Garbar, L., Novytska, N., Fediv, R., Kalenskyi, V., Suhina, D. (2022). Challenges to crop production and ways to solve them. Book of abstracts of 2nd Central European ISTRO Conference (CESTRO) and 8th International Conference of the Czech ISTRO branch. Trends and challenges in soil-crop management. 6–8 September, 2022, Brno, Czech Republic.
70. Kalenska, S., Kashtanova, O., Kalenskyi V., Hovenko, R., Antal, T. (2022). Economic and Energy Efficiency of Technologies for Growing Corn Hybrids Depending on the Type and Methods of Applying Fertilizers. *Plant and soil science*. № 1. 1–13.
71. Kalenska, S., Yeremenko, O., Novictska, N., Yunyk, A., Honchar, L., Cherniy, V., Stolayrchuk, T., Kalenskyi, V., Scherbakova, O., Rigenko, A. (2019). Enrichment of field crops biodiversity in conditions of climate changing. *Ukrainian Journal of Ecology*. № 9 (1). 19–24.
72. Kalenska, S. (2022). Food security and innovation solutions in crop production. *Plant and Soil Science*. 13(2). 2022. 14–26. DOI: 10.31548/agr
73. Kalenska, S., Ryzhenko, A., Novytska, N., Garbar, L. Stolyarchuk, T., Kalenskyi, V., Shytiy, O. (2020). Morphological features of plants and yield

- of sunflower hybrids cultivated in the Northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *American journal of Plant Science*. V. 11. No. 8. DOI: 10.4236/ajps.2020.118095
74. Kalenska, S., Falko, G., Antal, T., Hordyna, O., Fediv, R. (2022). Iodine-containing preparations in grain growing technologies. *Plant and soil science*. V.14. №2. 33–45. DOI: 10.315.48/plant2.2023.33
75. Katherine Klink, Jochum J. Wiersma, Christopher J. Crawford, Deon D. Stuthman. (2013). Impacts of temperature and precipitation variability in the Northern Plains of the United States and Canada on the productivity of spring barley and oat. *International Journal of Climatilogy*. Retrieved from DOI: 10.1002/joc.3877
76. Kaur, G.; Goyal, M. (2017). Effect of growth stages and fertility levels on growth, yield and quality of fodder oats (*Avena sativa* L.). *J. Appl. Nat. Sci.* 9, 1287–1296.
77. Kaziu I, Kashta F, Celami A (2019). Estimation of grain yield, grain components and correlations between them in some oat cultivars. *Albanian Journal of Agricultural Sciences* 18(1):13–19. URL: <https://search.proquest.com/openview/7901a13c9734a558e941015262a19977/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1316365>
78. Khan, A., Anjum, M. H., Rehman, M. K. U., Zaman, Q., Ullah, R. (2014). Comparative study on quantitative and qualitative characters of different oat (*Avena sativa* L.) genotypes under agro-climatic conditions of Sargodha, Pakistan. *American Journal of Plant Sciences* 5:3097–3103. DOI: 10.4236/ajps.2014.520326
79. Kiferle, C., Martinelli, M., Salzano, A.M., Gonzali S., Beltrami S., Salvadori P.A, Hora K, Holwerda H.T., Scaloni A. and Perata P. (2021). Evidences for a Nutritional Role of Iodine in Plants. *Frontiers in Plant Science* 12:616868. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.616868>
80. Kirchmann, H., Börjesson, G., Bolinde, M., Katterer, T., Djodjic, F. (2020). Soil properties currently limiting crop yields in Swedish agriculture – An

- analysis of 90 yield survey districts and 10 long-term field experiments. *European Journal of Agronomy*. V. 120: 126–132. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126132
81. Krishna. A., Ahmed. S., Pandey, H. C., Kumar, V. (2014). Correlation, path and diversity analysis of oat (*Avena sativa* L.) geno-types for grain and fodder yield. *Journal of Plant Science & Research* 2:1–9. URL: https://www.researchgate.net/profile/Shahid_Ahmed27/publication/
82. Kutlu, İ., Gülmezoğlu N., Smolen S. (2023). Comparison of Biologically Active Iodine and Potassium Iodide Treatments in Increasing Grain Iodine Content and Quality of Oats. *Journal of plant growth regulation*, Vol. 42, (5). 2776–2786.
83. Lanning, S. P., Kephart, K., Carlson, G. R., Eckhoff, J. E., Stougaard, R. N., Wichman, D. M., Martin, J. M., Talbert, L. E. (2010). Climatic change and agronomic performance of hard red spring wheat from 1950 to 2007. *Crop. Sci.* Vol. 50. 835–841. URL: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci.2009.06.0314>
84. Lehr, J. J., Wybenga, J. M., and Rosanow, M. (1958). Iodine as a micronutrient for tomatoes. *Plant Physiol.* 33, 421–427. <https://doi.org/10.1104/pp.33.6.421>
85. Li, P., Mo, F., Li, D., Ma, B.-L., Yan, W., & Xiong, Y. (2018). Exploring Agronomic Strategies to Improve Oat Productivity and Control Weeds: Leaf Type, Row Spacing, and Planting Density. *Canadian Journal of Plant Science*, 98(5), 1084–1093. DOI: 10.1139/cjps-2017-0354
86. Li, R., Zhang, Z., Tang, W., Huang, Y., Coulter, J. A., & Nan, Z. (2020). Common vetch cultivars improve yield of oat row intercropping on the Qinghai-Tibetan plateau by optimizing photosynthetic performance. *European Journal of Agronomy*, 117, Article 126088. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126088
87. Li, Z., Fan, C. Zhao, Y. et al., (2023). Remote sensing of quality traits in cereal and arable production systems: A review, *The Crop Journal*, DOI:

- 10.1016/j.cj.2023.10.005
88. Mahadevana, M., Calderini, D. F., Zwera, P. K., Sadras, V. O. (2016). The critical period for yield determination in oat (*Avena sativa* L.). *Field Crops Research*. 199:109–116. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.09.021
89. Mahmoud, R. M., Rezaq, H. L., Mhmood T., Al–Jayashi (2021). Effect Agricultural Sulfur and Nitrogen on Growth and Yield Stressed Oat (*Avena sativa* L.). *Annals of R.S.C.B.* Vol. 25, Issue 1, 2021, 6073–6079.
90. Mäkinen, O. E., Sözer, N., Ercili–Cura, D., & Poutanen, K. (2016). Protein From Oat: Structure, Processes, Functionality, and Nutrition. In S. R. Nadathur, J. P. D. Wanasundra, & L. Scanlin (Eds.), *Sustainable Protein Sources* (pp. 105–119). Academic Press. DOI: 10.1016/B978-0-12-802778-3.00006-8
91. Mao, H., Wang, J., Wang, Z., Zan, Y., Lyons, G., and Zou, C. (2014). Using agronomic biofortification to boost zinc, selenium, and iodine concentrations of food crops grown on the loess plateau in China. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 14, 459–470. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162014005000036>.
92. Marenych M.M., Kaminsky V.F, Bulygin C.Y, Hanhur V.V, Korotkova I.V, Yurchenko S.O, Bahan A.V, Taranenko S.V, Liashenko V.V. Optimization of factors of managing productive processes of winter wheat in the Forest-steppe. *Agricultural Science and Practice* 7 (2), 44-54
93. Medrano–Macías, J., Leija–Martínez, P., González–Morales, S., Juárez–Maldonado, A., and Benavides–Mendoza, A. (2016). Use of iodine to biofortify and promote growth and stress tolerance in crops. *Front. Plant Sci.* 7:1–20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01146>
94. Maral, H., Dumlupinar, Z., Dokuyucu, T., Akkaya, A. (2012). Impact of genotype and nitrogen fertilizer rate on yield and nitrogen use by oat (*Avena sativa* L.) in Turkey. *Turkish Journal of Field Crops* 17(2):177–184. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/158684>
95. Maral, H., Dumlupinar, Z., Dokuyucu, T., Akkaya, A. (2013). Response of

- six oat (*Avena sativa* L.) cultivars to nitrogen fertilization for agronomical traits. *Turkish Journal of Field Crops*. 18(2):254–259. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/158649>
96. Marcinkowski, P. Piniewski, M. Effect of climate change on sowing and harvest dates of spring barley and maize in Poland. *International Agrophys.* 2018. Vol. 32. No 2. 265–271. URL: https://www.researchgate.net/publication/324751900_Effect_of_climate_change_on_sowing_and_harvest_dates_of_spring_barley_and_maize_in_Poland
97. Marshall, H. G. (1992). Breeding for resistance to environmental stress; Oat Science and Technology: Agronomy 33. D. M. Wesenburg, L. W. Briggles, D. H. Smith., Germplasm Collection, Preservation, and Utilization. Oat Science and Technology: Agronomy 33.
98. Marshall, H. G.; Sorrells, M. E. (1992): Oat Science and Technology, Agronomy 33. Madison, Wisconsin, US. 846 p.
99. May, W., Mohr, R. M., Guy, P., Lafond, G. P., Johnston, A. M., Stevenson, C. F. (2015). Effect of nitrogen, seeding date and cultivar on oat quality and yield in the eastern Canadian prairies. *Canadian Journal of Plant Science*. 84(4):1025–1036. DOI: 10.4141/P04–044
100. Mel, R., Malalgoda, M. (2021). Oat protein as a novel protein ingredient: Structure, functionality, and factors impacting utilization. *Cereal chemistry*. № 1, p. 21–36. DOI: 10.1002/cche.10488
101. Mihailović, A., Jovanović, Lj., Rajičić, V. (2020). Climate change as a threat to global economy. *GEA International Conference 2020*, Podgorica, Montenegro, 190–199.
102. Mohammadi, M., John Finnan, J., Baker, C., Sterling, M. (2020). The Potential Impact of Climate Change on Oat Lodging in the UK and Republic of Ireland. *Advances in Meteorology*. Retrieved from DOI: 10.1155/2020/4138469
103. Monjezi-Zadeh, M., Roshanfekar, H., Hassibi, P., Sorkhi, B. (2018).

- Evaluation effect of macro and micro nutritional elements on quantitative and qualitative characteristics of oat crop (*Avena sativa* L.). *Journal of Crop Nutrition Science*. V.4 (1):33–46.
104. Moore, S., Spackman, D. H., Stein, W. H. Chromatography of Amino Acid on Sulphonated Polystyrene Resins. *Analytical Chemistry*. 1958. Vol. 30, Iss. 7. P. 1185–1190.
 105. Mut, Z., Akay, H., Köse, O. (2018). Grain yield, quality traits and grain yield stability of local oat cultivars. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 18(1):269–281. DOI: 10.4067/S0718–95162018005001001
 106. Mut, Z., Kose, Ö., Akay, H. (2017). Grain yield and some quality traits of different oat *Avena sativa* L. genotypes. *Journal of Agronomy and Agricultural Aspects*. 108.
 107. Mut, Z., Kose, Ö. D., Akay, H. (2016). Grain yield and some quality traits of different oat (*Avena sativa* L.) genotypes. *International Journal of Environmental & Agriculture Research* 2(12):83–88.
 108. Naeem, A., Muhammad A., Mumtaz A., Muhammad A., Mustafa A. Yazici, Ismail Cakmak, and Abdul Rashid. (2021). Biofortification of Diverse Basmati Rice Cultivars with Iodine, Selenium, and Zinc by Individual and Cocktail Spray of Micronutrients. *Agronomy* 12, №1: 49. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010049>
 109. Nawaz, M. Q. (2017). Effect of different sowing methods and nitrogen levels on fodder yield of oat in salt affected soil. *Pakistan Journal of Agricultural Research* 30(4):323–328. DOI: 10.17582/journal.pjar/2017/30.4.323.328
 110. OECD/FAO (2022), "Global cereal use", in *OECD–FAO Agricultural Outlook 2022–2031*: OECD Publishing, Paris. DOI: 10.1787/f9792736–en
 111. Olesen, J. E., Børgesen, C. D., Elsgaard, L., Palosuo, T., Rötter, R. P., Skjelvåg, A. O., Peltonen-Sainio, P., Börjesson, T., Trnka, M., Ewert, F. & Siebert, S. (2012). Changes in time of sowing, sowing and maturity of cereals in Europe under climate change. *Food Additives Contaminants, Part*

- A, 29(10), 1527-1542. URL:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19440049.2012.712060>
112. Panasiewicz, K., Koziara, W., Sulewska, H., Chrzanowski, R. (2017). Chemical composition and nutritive value of different oat forms as influenced by sprinkling irrigation and nitrogen fertilization. *Romanian Agricultural Research* 34:157–164. URL: <http://www.incdafundulea.ro/rar/nr34/rar34.19.pdf>
113. Pattanaik, A., Khan, S., & Goswami, T. (2007). Influence of iodine on nutritional, metabolic and immunological response of goats fed *Leucaena leucocephala* leaf meal diet. *The Journal of Agricultural Science*, 145(4), 395–405. <https://doi.org/10.1017/S0021859607007058> .
114. Paudel, A. et al (2021). Review of health–beneficial properties of oats, *Foods*, № 10, 1. DOI: 10.3390/foods10112591
115. Peltonen-Sainio, Jauhiainen, L., Hakala, K. & Ojanen, H. (2009). Climate change and prolongation of growing season: changes in regional potential for field crop production in Finland. *Agricultural and Food Science*, 18, 171–190. URL: <https://journal.fi/afs/article/view/5948>
116. Peltonen–Sainio, P. (1992). Description of a productive oat ideotype characterized by morpho–physiological traits associated with high grain yield. *Unknown*, 47 p.
117. Peltonen–Sainio, P., Peltonen, J. Igg. Improving grain yield and quality traits of oats in northern growing conditions. *Can. J. Plant Sci.* 73: 729–735.
118. Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Hakala, K. (2011). Crop responses to temperature and precipitation according to long-term multi-location trials at high-latitude conditions. *J. Agric. Sci.* Vol. 148. 49–62. URL: https://www.researchgate.net/publication/231928517_Crop_responses_to_temperature_and_precipitation_according_to_long-term_multi-location_trials_at_high-latitude_conditions
119. Popović, V., Stevanović, P., Vučković, S., Ikanović J., Rajičić V.,

- Bojović, R., Jakšić, S. (2019). Influence of CAN fertilizer and seed inoculation with NS Nitragin on Glycine max plant on pseudogley soil type. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 84(2):165–171. URL: <https://hrcak.srce.hr/221760>
120. Welch, R. W. (2012). *The Oat Crop: Production and Utilization*. Springer Science & Business Media.
121. Rafique, H., Dong, R., Wang, X., Alim, A., Aadil, R. M., Li, L., Zou, L., & Hu, X. (2022). Dietary–Nutraceutical Properties of Oat Protein and Peptides. *Frontiers in Nutrition*, 5(9), Article 950400. DOI: 10.3389/fnut.2022.950400
122. Rajičić, V., Milivojević, J., Popović, V., Branković, S., Đurić, N., Perišić, V., Terzić D. (2019). Winter wheat yield and quality depending on the level of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization. *Agriculture and Forestry* 65(2):79–88. DOI: 10.17707/AgricultForest.65.2.06
123. Rajičić, V. et al. (2020). Not Bot Horti Agrobi 48(4). 2134–21522151
124. Rajičić, V., Terzić, D., Popović, V., Babić, V., Branković, S. The effect of genotype and growing seasons on yield and quality of oats on pseudogley soil. Jan 2021.
125. Ren, Y., Kraut, R. and Kiesler, S. S. (2007). *Applying Common Identity and Bond Theory to Design of Online Communities* SAGE Publications. 28(03): 377–408. URL: <http://www.egosnet.org/os>
126. Rothamsted, U. K., Güngör, H., Dokuyucu, T., Dumlupinar, Z., Akkaya, A. (2017). Yulafta (*Avena* spp.) Tane Verimi ile Bazı Tarımsal Özellikler Arasındaki İlişkilerin Korelasyon ve Path Analizleriyle Saptanması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 14(01):61–68. URL: <http://acikerisim.nku.edu.tr:8080/xmlui/handle/20.500.11776/2136>
127. Sadras, V. O., Mahadevan, M., & Zwer, P. K. (2017). Oat phenotypes for drought adaptation and yield potential. *Field Crops Research*, 212, 135–144. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.07.014

128. Sanchez, Martín, J., Rubiales, D., Flores, F., Emeran, A.A., Shtaya, Y., M. J., Sillero, J. C., Allagui, M. B., Prats, E. (2014). Adaptation of oat (*Avena sativa*) cultivars to autumn sowings in Mediterranean environments. *Field Crops Research*, Vol. 156.111–122. DOI: 10.1016/j.fcr.2013.10.018
129. Schelling, K., Born, K., Weissteiner, C., Kühbauch, W. (2003). Relationships between yield and quality parameters of malting barley (*Hordeum vulgare* L.) and phenological and meteorological data. *J. Agron. Crop Sci.* Vol. 189. 113–122. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1439-037X.2003.00011.x>
130. Singh, R., De, S., Belkheir, A. (2013). *Avena sativa* (Oat), a potential nutraceutical and therapeutic agent: an overview. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 53 (2). 126–144.
131. Smoleń, S., Kowalska, I., Czernicka, M., Halka, M., Kêska, K., and Sady, W. (2016). Iodine and selenium biofortification with additional application of salicylic acid affects yield, selected molecular parameters and chemical composition of lettuce plants (*Lactuca sativa* L. var. capitata). *Front. Plant Sci.* 7:1553. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01553>.
132. Smoleń, S., Kowalska, I., Halka, M., Ledwozyw–Smoleń, I., Grzanka, M., and Skoczylas, Ł et al. (2020). Selected aspects of iodate and iodosalicylate metabolism in lettuce including the activity of vanadium dependent haloperoxidases as affected by exogenous vanadium. *Agronomy*. 10:10010001. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010001>
133. Smulders, M. J. M., van de Wiel, C. C. M., van den Broeck, H. C., van der Meer, I. M., Israel–Hoevelaken, T. P. M., Timmer, R. D., van Dinter, B.–J., Braun, S., & Gilissen, L. J. W. J. (2018). Oats in healthy gluten–free and regular diets: A perspective. *Food Research International*, 110, 3–10. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.11.031
134. Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B. L., Lassaletta, L., de Vries, W., Vermeulen, S. J., Herrero, M., Carlson,

- K. M., Jonell, M., Troell, M., De Clerck F., Gordon, L. J., Zurayk, R., Scarborough, P., Rayner, M., Loken, B., Fanzo, J., Godfray, H. C. J., Tilman, D., Rockström, J., Willett, W. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits, *Nature*, № 562 (7728), 519–525. DOI: 10.1038/s41586-018-0594-0
135. Sterna, V., Zute, S., & Brunava, L. (2016). Oat grain composition and its nutrition benefice. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, 252–256. DOI: 10.1016/j.aaspro.2016.02.100
136. Stevens, E. J.; Wright, S. C.; Pariyar, D.; Shrestha, K. K.; Munakarmi, P. B.; Mishra, C. K.; Muhammad, D.; Han, J. 2000: The importance of oats in resource-poor environments. Proceeding of the 6th International Oat Conference, Christchurch New Zealand, November 2000. 74 p.
137. Stevens, E. J., Armstrong, K. W., Bezar, H. J., Griffin, W. B., Hampton, J. G. (2004) Fodder oats: an overview. 10 p.
138. Sulaiman, Sami Ullah, Shah Saud, Ke Liu, Matthew Tom Harrison, Shah Hassan, Taufiq Nawaz, Muhammad Zeeshan, Jamal Nasar, Imran Khan, Haitao Liu, Muhammad Adnan, Sunjeet Kumarl, Muhammad Ishtiaq Ali, Asif Jamal, Mo Zhu, Naushad Ali, Sardar Ali, Khaled El-Kahtany, Shah Fahad (2023). Germination response of Oat (*Avena sativa* L.) to temperature and salinity using halothermal time model. *Plant Stress*.V. 10, 100263 DOI: 10.1016/j.stress.2023.100263
139. Sulek, A. Influence of sowing and harvest date on grain yield and protein content in grain of spring wheat cv. Nawra (in Polish). *Fragm. Agron.* 2009. Vol. 26. No 2. 138–14.
140. Suttie, J. M., Reynolds, S. G. *Fooder oats: a world overview*. Rome : FAO, 2004. 251. (Plant Production and Protection Series, ISSN 0259–2525; 33). ISBN 92–5–105243–3
141. Tang, S., Mao, G., Yuan, Y., Weng, Y., Zhu, R., Cai, C., Mao, J. (2020). Optimization of Oat seed steeping and germination temperatures to

- maximize nutrient content and antioxidant activity. *J. Food Process. Preserv.*, 44 (9). 14683 p.
142. Tomple, B. M.; Hwan, J. I. (2018). Enhancing Seed Productivity and Feed Value of Oats (*Avena sativa* L.) with Different Seeding Rate and Nitrogen Fertilizing Levels in Gyeongbuk Area. *J. Agric. Life Sci.* 52, 61–72.
143. Udachin, R. A., Golovochenko, A. P. (1990). Method of evaluation of ecological plasticity of wheat varieties. *Selection and seed production* 5. 2–6. URL: http://www.bionet.nsc.ru/vogis/?wpfb_dl=259
144. Wang, S. P., Wang, Y. F., Schnug, E., Haneklaus, S., Fleckenstein, J. (2002). Effects of Nitrogen and Sulphur Fertilization on Oats Yield and Quality and Digestibility, Nitrogen and Sulphur Metabolism by Sheep in the Inner Mongolia Steppes of China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.* 62, 95–202.
145. Wang, F. Yi, Z., C.C. Baskin, J. M. Baskin, R. Ye, H. Sun, Y. Zhang, X. Ye, G. Liu, X. Yang (2019). Seed germination responses to seasonal temperature and drought stress are species-specific but not related to seed size in a desert steppe: implications for effect of climate change on community structure. *Ecol. Evol.*, 9(4), 2149–2159.
146. Webster, F. H. (1986) Oats: Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minnesota, US. 433 p.
147. Welch, R. W. (2012). The Oat Crop: Production and Utilization. Springer Science & Business Media.
148. Williams, R. F. The shoot apex and leaf growth: a study in quantitative biology. London; New–York: Camb. Univ. Press, 1975. 256 p.
149. World Oat Production by country. URL: <https://www.atlasbig.com/en-us/countries-oat-production>
150. Zia, M. H., Watts, M. J., Gardner, A., and Chenery, S. R. (2015). Iodine status of soils, grain crops, and irrigation waters in Pakistan. *Environ.*

- Earth Science*. 73, 7995–8008. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3952-8>
- .
151. Zimmermann, M. B., Jooste, P. L., and Pandav, C. S. (2008). Iodine–deficiency disorders. *Lancet*. 372, 1251–1262. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)61005-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)61005-3)
 152. Voogt, W., Holwerda, H. T., and Khodabaks, R. (2010). Biofortification of lettuce (*Lactuca sativa* L.) with iodine: the effect of iodine form and concentration in the nutrient solution on growth, development and iodine uptake of lettuce grown in water culture. *J. Sci. Food Agric.* 90, 906–913. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3902>
 153. Yang, Z., Xie, C., Bao, Y., Liu, F., Wang, H., & Wang, Y. (2023). Oat: Current state and challenges in plant–based food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 134, 56–71. DOI: 10.1016/j.tifs.2023.02.017
 154. Yin, X. et al. A flexible sigmoid function of determinate growth. *Annals of Botany*. 2003. 91. 361–371.
 155. Адаменко Т. І., Кульбіда М. І., Прокопенко А. Л. Агрокліматичний довідник по території України. За ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіди, А. Л. Прокопенко. Житомир: “Полісся”, 2019. 82 с.
 156. Вакерич М. М. Аутоекологічні дослідження реакції *Avena Sativa* L. за дії сполук купруму : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.16. Чернів. нац. ун–т ім. Ю. Федьковича. Чернівці, 2010. 20 с.
 157. Баган А. В. та ін. Вплив сорту на вияв господарсько-цінних ознак вівса посівного. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 114. С. 13–19. DOI: 10.32851/2226-0099.2020.114.2
 158. Буняк О. І. Адаптивність голозерних сортів вівса Носівської селекції за основними цінними господарськими ознаками. *Миронівський вісник*. 2019. Вип. 9. С. 5–10. DOI: 10.31073/mvis201909-01.
 159. Вакерич М. М. Дослідження росту та розвитку вівса посівного

- (avena sativa L.) сорту “Чернігівський 27” при передпосівній обробці насіння іонами CU_{2+} . *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*. Вип. 24. 2008. С. 139–143.
160. Витрати палива і норми продуктивності для сільськогосподарської техніки, яка використовується для проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин у філіях Українського інституту експертизи сортів рослин : наук.-метод. реком. Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства; Український інститут експертизи сортів рослин. Вінниця: ТОВ “Твори”.
161. Ворона А. Л. Ефективність способів обробітку дерново–підзолистого супіщаного ґрунту під овес в умовах Полісся України: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.01. Ін-т землеробства УААН. К., 1999. 16 с.
162. Гамаюнова В.В., Панфілова А.В., Бакланова Т.В., Кувшинова А.О., Касаткіна Т.О., Нагірний В.В. Збільшення зерновиробництва в зоні Степу України за рахунок вирощування ячменю та оптимізації його живлення. *Наукові горизонти*. №5(90)
163. Гангур В. В. (2023). Урожайність вівса (*Avena sativa L.*) залежно від рівня мінерального живлення посівів в умовах Лівобережного Лісостепу України : матеріали Міжнар. наук.-практ. інт.-конф. “Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування”, присвяч. 90-річчю з дня народження професора Г. П. Жемели (30 вересня 2023 р.). Полтава: ПДУ. С. 39–41.
164. Гирка А. Д. та ін. (2012). Вплив системи мінерального живлення на продуктивність рослин вівса і ячменю ярого в північному Степу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. №3. С. 28–33.
165. Дацько А. О. Характеристика колекційних зразків вівса різного еколого-географічного походження в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 62. С.

- 40–53.
166. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості. К.: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
167. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур: Сортові та посівні якості. К. : Держстандарт України, 1994. 74 с.
168. ДСТУ 2949-94. Насіння сільськогосподарських культур: Терміни та визначення. К. : Держстандарт України, 1995. 49 с.
169. ДСТУ 4963:2008. Овес. Технічні умови . Чинний від 2010–07–01. К. : Держспоживстандарт України, 2010. III, 10 с.
170. Ермантраут Е. Р., Гопцій Т. І., Каленська С. М., Криворученко Р. В., Тупчинова Н. П., Присяжнюк О. І. Методика селекційного експерименту (у рослинництві) / Харків: Видавництво Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. 2014. 229 с.
171. Ільїна А. О. (2020). Морфологічні особливості формування пагону вівса посівного (*avena sativa* L.) в умовах півдня України. *Ukrainian hydrometeorological journal*. 25, 74–80 DOI: 10.31481/uhmj.25.2020.07
172. Каленська С. М., Гарбар Л. А., Федів Р. В., Каштанова О. Г. Рослинництво у вирішенні сучасних викликів щодо продовольчої та енергетичної безпеки : proceedings of the international scientific-practical conference “Innovation and investment development of the agricultural sector is the key to the country's food security”, Mykolayiv, May 26, 2022. 39–41.
173. Каленська С. М., Фалько Г. Л., Пилипенко В. С., Гордина О. Ю., Федів Р. В. Ефективність передпосівної обробки насіння йодовмісними препаратами : зб. матер. Всеукр. наук.-практ. онл.-конф. “Проблеми і перспективи фітоімунітету в селекції рослин”, присвяч. 125-річчю з дня народження видатного вченого фітопатолога та селекціонера-імунолога Шевченка Василя Миколайовича. м. Київ, 10 лист. 2022 р. С. 32–33.

174. Каленська С. М., Федів Р. В. (2024). Адаптивність вівса за змінних екологічних та технологічних чинників. *Наукові доповіді НУБІП України. №1.*
175. Каленська С. М., Федів Р. В.^A (2023). Сортова та трофічна мінливість урожайності та якості зерна вівса посівного (*Avena sativa L.*) *Plant Varieties Studying and Protection. Vol. 19. №4.*
176. Каленська С. М., Федів Р. В.^B (2023). Продуктивність сортів вівса посівного (*Avena sativa L.*) залежно від удобрення. *Новітні агротехнології.* Том 11. №3. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.11.3.2023.288679>
177. Качанова Т. В. (2014). Резерви підвищення якості зерна вівса у степовій зоні України. *Вісник Сумського національного аграрного університету.* Вип. 3 (27). С. 154–157.
178. Качанова Т. В. (2010). Урожайність та якість зерна сортів вівса залежно від обробітку ґрунту, мінеральних добрив на чорноземах південних Степу України : дис. ... канд. с.–г. наук : 06.01.09. ДВНЗ “Миколаївський ДАУ”. Миколаїв. 167 с.
179. Качанова Т. В. (2015). Удосконалена ефективність вирощування вівса та її вплив на основні показники продуктивності культури. *Наукові праці. Екологія.* Т. 256. №244. С. 70–73.
180. Козар С. Ф. Біологічні елементи технології вирощування озимої пшениці, ярого ячменю і вівса в умовах Полісся України : автореф. дис. ... канд. с.–г. наук : 06.01.09 / Інститут землеробства УААН. К., 2000. 16 с.
181. Кравченко А. І., Характеристика колекційних зразків вівса голозерного у східній частині Лівобережного Лісостепу України (2023). *Подільський вісник: Сільське господарство, техніка, економіка.* DOI: 10.37406/2706-9052-2023-1.11
182. Кравченко А. І. (2022). Мінливість елементів продуктивності та врожайність вівса голозерного в умовах Лісостепу України.

- Таврійський науковий вісник*. №126. С. 60–67. DOI: 10.32851/2226–0099.2022.126.9
183. Логвінов К. Т., Дмитренко В. П., Грушка І. Г. Короткий агрокліматичний довідник України : посібник по використанню гідрометеорологічної інформації в сільськогосподарському виробництві. Київ : Укр. НДІ гідрометеорології, 1976. 256 с.
184. Лук'янчик Ю. І., Карпенко О. О., Краєвський А. М., Забайрачній М. С. Оцінка сортів і селекційного матеріалу вівса в умовах східної частини Степу України. *Науковий вісник Луганського національного аграрного університету*. № 25. 2011. С. 78–81.
185. Масик І., Карабут А., Недельніцина Д., Пилипенко Ю. & Устименко В. (2021). Вологість ґрунту в залежності від елементів технології вирощування вівса в умовах лівобережного лісостепу України. *Збірник наукових праць ЛОГОΣ*. DOI: 10.36074/logos-12.11.2021.v1.26
186. Масик І., Рогіз О., Коваль Ю., Литвиненко С. & Луцик Р. (2021). Зміна структурно-агрегатного стану ґрунту під впливом способів основного обробітку при вирощуванні вівса в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць ЛОГОΣ*. DOI: 10.36074/logos-15.10.2021.14
187. Маслак О. (2012). Сучасні тенденції вирощування вівса та гороху. *Агробізнес сьогодні*. № 8. С. 22–23.
188. Марухняк А. Я., Дацько А. О., Лісова Ю. А., Марухняк Г. І., (2016). Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. Вип. 60.
189. Мукоїд Р. М., Ємельянова Н. О., Українець А. І., Свидинюк І. М. Амінокислотний склад білків зерна різних сортів вівса. *Харчова промисловість*. 2009. № 8. С. 14–16.
190. Мусатов А. Г. (1997). Оптимізація технології вирощування ярого ячменю і вівса в північній підзоні Степу України: автореф. дис... д–ра с.–г. наук : 06.00.09 / УААН, Інститут зернового господарства.

Дніпропетровськ. 40 с.

191. Нечипоренко Л. П., Орлов С. Д. Селекційна цінність ліній і сортозразків вівса посівного (*Avena Sativa L.*). *Зернові культури*. 2019. № 3 (1). С. 18–25. DOI: 10.31867/2523-4544/0055
192. Орлов С. Д., Нечипоренко Л. П., Войтовська В. І. (2022). Створення вихідного селекційного матеріалу вівса посівного (*Avena sativa L.*) з використанням ембріокультури. *Біоенергетика*. № 1–2. С. 32–35.
193. Павленко Т. В. Урожай та якість зерна вівса залежно від умов мінерального живлення. *Наукові праці: Науково методичний журнал*. Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2008. Вип. 68. С. 47–49.
194. Панчишин В. З., Кашпур С. Р. Формування урожайності зерна вівса посівного в умовах Полісся. *Наукові горизонти*. 2019. № 1 (74). С. 46–51. DOI: 10.332491/2663-2144-2019-74-1-46-51
195. Поліщук В. О., Журавель С. В. (2018). Формування продуктивності вівса залежно від біологічних препаратів та систем удобрення. *Агропромислове виробництво Полісся*. Вип. 11. С. 45–48.
196. Польовий А. М., Ільїна А. О. Вплив змін клімату на продуктивність вівса в степовій зоні України. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. Вип. 34. 2020. С. 40–49. DOI: 10.26565/1992-4224-2020-34-04
197. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії. Книга перша : Теоретичні аспекти дослідної справи. Харків : Майдан, 2016. 300 с.
198. Рожков А. О., Каленська С. М., Пузік Л. М., Музафаров Н. М. Дослідна справа в агрономії. Книга друга : Статистична обробка результатів агрономічних досліджень. Харків : Майдан, 2016. 298 с.
199. Семяшкіна А. О. (2012). Оптимізація прийомів технології вирощування вівса в північному Степу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Ін-т с.-г. господарства степової зони.

- Дніпропетровськ, 2012. 18 с.
200. Семяшкіна А. О. (2008). Строки сівби, врожайність та адаптивна здатність сортів вівса в умовах Північного Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. № 4. С. 148–153.
201. Солодушко В. П. Результати і перспективи селекції голозерних сортів вівса в умовах Північного Степу України. *Зернові культури*. 2021. Т. 5. № 1. С. 5–12. DOI: 10.31867/2523-4544/0152.
202. Соц, С. М., Кустов, І. О. (2015). Особливості технологічних властивостей та хімічний склад голозерного вівса сорту Саломон. *Технологія та безпека продуктів харчування*. № 2 (31). С. 103–108.
203. Стариченко, В. М., Голик, Л. М., Ткачова, Н.А., Литус. М. В. (2014). Оцінка адаптивної здатності та стабільності сортів і ліній в селекції пшениці озимої. *Селекція і насінництво*. Вип. 105. С. 77–84.
204. Степаненко С. М., Польовий А. М. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату : монографія / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса: “ТЕС”, 2018. 548 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/337656542_Klimaticni_riziki_funkcionuvanna_galuzej_ekonomiki_Ukraini_v_umovah_zmini_klimatu
205. Сторожук В. В. (2011). Урожайність та якість зерна вівса залежно від системи удобрення в умовах Полісся. *Корми і кормовиробництво*. Вип. 68. С. 28–32.
206. Єгорова Т. В. Ефективність поєднання діалельних схрещувань та методу генетичного маркування для гібридологічного аналізу вівса посівного (*Avena sativa* L.) : автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.15. НАН України, Ін-т клітин. біології та генет. інженерії. К., 2003. 19 с.
207. Троценко В. І., Ільченко Г. О., Жатова В. А. (2014). Сортіві особливості вирощування вівса в умовах північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2014. Вип. 3 (27). С. 115–119.

208. Хусаїнов Б. М. (1993). Продуктивність сортів вівса залежно від комплексного впливу систем удобрення й захисту рослин в умовах північного Лісостепу України : дис...канд. с.-г. наук : 06.01.09. УААН, Інститут землеробства. К. 184 с.
209. Холод С. М., Іллічов Ю. Г. (2017). Результати вивчення інтродукованих зразків вівса. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку* : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 15-річчю створення УІЕСР (м. Київ, 7 червня 2017 р.). С. 86–88.
210. Федів Р. В. (2023). Стан та перспективи виробництва вівса : матеріали Міжнар. конф., присвяч. 125-річчю НУБіП України (травень 2023 р., м. Київ).
211. Федів Р. В. (2023). Управління формуванням продуктивності вівса : матеріали Міжнар. конф. “Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБіП України”, м. Київ, 25–27 жовт. 2023 р. С. 211–212.
212. Цехмейструк М. Г. (2001). Урожай і якість зерна вівса залежно від технології вирощування в умовах північного Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Інститут землеробства УААН. К. 18 с.
213. Черчель В. Ю., Федоренко Е. М., Алдошин А. В., Солодушко В. П., Ляшенко Н. О. (2014). Овес – стан та ефективність виробництва, нові сорти і можливості. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 106. 183 с.
214. Черчель В. Ю., Федоренко Е. М., Алдошин А. В. Ячмінь ярий чи овес: виробництво, сорти, переваги. URL: <http://www.agro-business.com.ua>
- 215.

ДОДАТКИ

Додаток А

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті у наукових виданнях,
включених до Переліку наукових фахових видань України*

1. Kalenska S., Falko G., Antal T., Hordyna O., **Fediv R.** Iodine-containing preparations in grain growing technologies. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 14. № 2. P. 33–45. (*Kalenska S. здійснено наукове керівництво проєктом щодо встановлення ефективності препарату з біологічно активним йодом, проведено аналіз літературних джерел, визначено якість зерна. Falko G. належить наукова ідея та авторство препарату з біологічно активним йодом. Antal T. здійснено методичний супровід закладки та проведення польових досліджень з вівсом та пшеницею озимою. Hordyna O. брала участь у закладці та проведенні польових досліджень з пшеницею озимою, здійснювала аналіз структури та урожайності пшениці озимої. Fediv R. брав участь у закладці та проведенні польових досліджень з вівсом, проводив фенологічні спостереження, аналіз структуру урожайності, брав участь в аналізі наукової літератури*).

2. Каленська С. М., **Федів Р. В.** Сортова та трофічна мінливість урожайності та якості зерна вівса посівного (*Avena sativa* L.). *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Т. 19. № 4. С. 239–246. (*Каленською С. М. здійснено часткове опрацювання наукових джерел, методичний супровід проведення досліджень. Федівим Р. В. проаналізовано літературні джерела, проведено польові та лабораторні дослідження, оформлено статтю*).

3. Каленська С. М., **Федів Р. В.** Продуктивність сортів вівса посівного (*Avena sativa* L.) залежно від удобрення. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11. № 3. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/288679> (*Каленською С. М.*

здійснено науковий та методичний супровід досліджень. Федівим Р. В. проведено польові дослідження, здійснено аналіз експериментальних даних, наукових публікацій, підготовлено до друку статтю).

4. Каленська С. М., **Федів Р. В.** Адаптивність вівса за змінних екологічних та технологічних чинників. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2024. № 1 (107). URL:<https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/48703/15657> (Каленською С. М. здійснено науковий та методичний супровід досліджень. Федівим Р. В. проведено аналіз результатів польових дослідів, зроблено огляд наукової літератури, оформлено статтю).

Тези наукових доповідей

5. Каленська С. М., Гарбар Л. А., **Федів Р. В.**, Каштанова О. Г. Рослинництво у вирішенні сучасних викликів щодо продовольчої та енергетичної безпеки. Innovation and investment development of the agricultural sector is the key to the country's food security: Міжнародна науково-практична конференція, м. Миколаїв, 26 травня 2022 року: тези доповіді. Миколаїв, 2022. С. 39–41. (Каленською С. М. здійснено науковий супровід, підготовку тез до публікації. Гарбар Л. А. проведено статистичну обробку даних. Федівим Р. В. проведено аналіз даних. Каштановою О. Г. проведено аналіз економічної ефективності).

6. Kalenska S., Garbar L., Novytska N., **Fediv R.**, Kalenskyi V., Suhina D. Challenges to crop production and ways to solve them. Trends and challenges in soil-crop management: 2nd Central European ISTRO Conference (CESTRO) and 8th International Conference of the Czech ISTRO branch, м. Брно, Чеська Республіка, 6–8 серпня 2022 року: тези доповіді. Брно, Чеська Республіка, 2022. (Kalenska S. здійснено узагальнення даних, проведено аналіз даних щодо біорізноманіття культур. Garbar L. здійснено методичний супровід проведення досліджень. Novytska N. підготовлено тези. Fediv R. V. проведено аналіз наукових джерел з СЗ типом фотосинтезу. Kalenskyi V. здійснено

наукову комунікацію. *Suhina D.* проведено аналіз наукових джерел щодо рослин з C4 типом фотосинтезу).

7. Каленська С. М., Фалько Г. Л., Пилипенко В. С., Гордина О. Ю., **Федів Р. В.** Ефективність передпосівної обробки насіння йодовмісними препаратами. Проблеми і перспективи фітоімунітету в селекції рослин: Всеукраїнська науково-практична online-конференція, присвячена 125-річчю з дня народження видатного вченого фітопатолога та селекціонера-імунолога Шевченка Василя Миколайовича, м. Київ, 10 листопада 2022 року: тези доповіді. Київ, 2022. С. 32–33. (*Каленською С. М.* здійснено наукове керівництво проектом щодо встановлення ефективності препарату з біологічно активним йодом, визначено якість зерна. *Фалько Г. Л.* належить наукова ідея та авторство препарату з біологічно активним йодом. *Пилипенко В. С.* здійснено методичний супровід закладки та проведення польових досліджень з вівсом та пшеницею озимою. *Гординою О. Ю.* взято участь у закладці та проведенні польових досліджень з пшеницею озимою, проведено аналіз структури та рівня ураження хворобами пшениці озимої. *Федівим Р. В.* взято участь у закладці та проведенні польових досліджень з вівсом, проведено фенологічні спостереження та дослідження рівню ураження хворобами вівса).

8. Федів Р. В. Стан та перспективи виробництва вівса. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу. Секція 2 «Післявоєнне відновлення рослинних ресурсів та екологічна безпека країни»: Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 125-річчю Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ, 25–26 травня 2023 року: тези доповіді. Київ, 2023. С. 207–209.

9. Федів Р. В. Управління формуванням продуктивності вівса. Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика: V Міжнародна науково-практична онлайн конференція, присвячена 125-річчю кафедри рослинництва Національного університету біоресурсів і

природокористування України, м. Київ, 25–27 жовтня 2023 року: тези доповіді. Київ, 2023. С. 211–212.

Додаток В

ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТІВ ВІВСА

Сорт ‘Нептун’. Виведений на Носівській селекційно-дослідній станції Чернігівського інституту АПП УААН. Із 2005 року зареєстрований в державному переліку сортів рослин. Сорт отримано добором елітних рослин, виведених схрещуванням сортів Райдужний та Деснянський. Різновидність – мутіка. Нептун–середнього строку дозрівання, фуражний сорт. Середньостиглий (88-100 днів). Кущ прямостоячий, стебло середньої товщини довжиною 87–110 см. Сорт стійкий до вилягання, висипання і до засухи. Характеристика сорту: колосок напівстиснутий, довжиною 18–24 см; маса 1000 зерен - 33–38 г.; плівчастість - середня – 24–25%; вміст білку в зерні -13,7–14,7%; урожайність: 6,5 т/га. Стійкий до захворювання сажкою, стеблевою і корончатою іржею. Шведською мухою вражається слабо. Норма висіву 4,5–5млн. схожих насінин на гектар. Раннього строку сівби для регіону. Для вирощування рекомендовані зони Лісостепу і Полісся. Стійкий до: посухи, вилягання, осипання; ураження стеблевою і корончатою іржею, сажкою, шведською мухою

Сорт ‘Легінь Носівський’. Внесений в державний реєстр в 2018 році. Усереднена урожайність сорту за п'ять попередніх років склала 22,0–35,5 ц/га. Потенціал сорту за урожайністю - 31,9–41,5 ц/га. Висота рослини – 89,6–94,2см. Тривалість періоду вегетації складає 90 – 95 діб. Стійкість до вилягання 6,0 - 9,0 балів. Стійкість до обсіпання 7,0–9,0 балів. Стійкість до посухи 9,0 балів. Стійкість проти борошнистої роси 8,3– 9,0 балів; корончастої іржі -7,8–9,0 балів; твердої сажки - 6,3–8,7 балів; проти

внутрішньостеблових шкідників -7,0 – 9,0 балів. Вміст білка в зерні-12,7–13,5%.

Сорт 'Світанок' внесений в державний реєстр в 2016 році. Тривалість періоду вегетації складає 85 - 98 діб. Висота рослини - 74 - 99см. Стійкість до вилягання 6,0 - 9,0 балів. Стійкість до обсипання 7,0 - 8,3 балів. Стійкість до посухи 6,0 - 7,7 балів. Стійкість до борошнистої роси 7,9 - 9,0 балів. Стійкість до корончастої іржі 8,2 - 9,0 балів. Стійкість до кам'яної сажки 8,7 - 9,0 балів. Стійкість до внутрішньостеблових шкідників 8,8 - 9,0 балів. Вміст білка - 12,6 - 14,1%.

Сорт 'Закарпат'. Сорт середньостиглий - вегетаційний період 95-105 днів, характеризується тривалою фазою розвитку від трубкування до викидання волоті. Висота рослин - 90-140 см, проте за рахунок щільної соломини стійкий до вилягання. Зернівка велика - маса 1000 до 44 г, плівчастість 24-25%. Високий вміст білка - 11,7-12%. У конкурсному сортовипробуванні врожайність сорту становила 60-70 ц / га, а зеленої маси 550-600 ц / га. За якістю зерна сорт відповідає вимогам цінних сортів.

Сорт 'Зубр'. Сорт півчастого вівса виведений селекціонерами Носівської селекційно–дослідної станції Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла НААН України. Сорт отримано методом індивідуального добору з польського сорту Zух. Входить до Держреєстру сортів з 2018 року. Вирощується на зерно та корм.

Характеристики півчастого вівса Зубр: дозрівання: середньостиглий (90-95 діб); висота рослини: 80-100 см; маса 1000 зерен: 30-35 г; плівчастість: 27,3%; білок: 11,4%; урожайність: 5,9 т/га. Стійкий до: стеблової і корончастої іржі. Плівчатість зерна-25,5–26,6%.

Сорт ‘Альбатрос (KWS). Внесений в державний реєстр в 2019 році. Усереднена урожайність сорту за п'ять попередніх років склала 35,2 ц/га. Урожайність сорту 30,4 – 36,1 ц/га. Тривалість періоду вегетації складає 86 – 87 діб. Висота рослини – 61,8 – 74,1 см. Стійкість до вилягання 7 – 9 балів. Стійкість до обсипання 9 балів. Стійкість до посухи 7 балів. Стійкість проти борошнистої роси 9 балів. Стійкість проти корончастої іржі 9 балів. Стійкість проти твердої сажки 9 балів. Стійкість проти внутрішньостеблових шкідників 9 балів. Вміст білка – 11,7 – 12,7%. Має плівковість 25,8 – 27,0%

Сорт ‘Айворі’ (Ivory), Заатен-Уніон ГмбХ, Німеччина. Зареєстрований в Україні в 2011 році. Напрямок використання: зерновий, фуражний. Рекомендований для вирощування в зоні Лісостепу. Сорт створений методом самозапилення. Середньостиглий (ранньостиглий), висока стійкість до посухи (8 балів) та вилягання (5 балів), середньостійкий до осипання. Рослина за габітусом напівпряма, за довжиною дуже коротка, рідко зустрічаються рослини із закрученими прапорцевими листками, час викидання волоті – середній. На найнижчих листках опушеність листкової пластинки відсутня або дуже слабка. Опушеність на найвищому вузлі стебла помірна. Волоть: **дуже коротка**, орієнтація гілочок стисла, положення гілочок напівпряме, положення вторинних колосків поникле. Колоскові луски середньої довжини та відсутньою або дуже слабкою сіруватістю. Первинне зерно: відсутня помірна сіруватість нижньої квіткової луски, тенденція до остистості відсутня або дуже слабка. Колір нижньої квіткової луски – білий.

Різновидність мутіка. Рослини за висотою 83,1 см. Маса 1000 насінин 36,3 г. Зернівка жовта. Добре виповнена. За роки випробування отримали середній урожай 3,94 т/га. Потенційна можливість сорту 5,5 т/га. Вирівняність зерна 95%, плівчастість 27%, білка має 12,7%. Стійкий проти летючої сажки, слабо уражується бактеріальним опіком. Шведською мухою пошкоджується нарівні стандартів.

<i>Додаток С</i>	
<i>Стадії розвитку вівса</i>	
МАКРОСТАДІЯ 0: ПРОРОСТАННЯ	
00	Суха насінина
01	Початок набубнявіння насіння
03	Кінець набубнявіння насіння
05	Поява кінчика зародкового коріння
06	Зародковий корінець розтягується, кореневі волоски і/або видні бокові корені
07	Поява кінчика зародка піхви (колиоптиле) (у водного рису це стадія з'являється до стадії 05)
09	Сходи: «неповний лист» виходить із кінчика колеоптиля
МАКРОСТАДІЯ 1 : РОЗВИТОК ЛИСТКІВ ^{1,2}	
10	«Неповний лист» розвернутий; Показався списик 1-го листка
11	Стадія 1-го листка. Перший листок розвернутий
12	Стадія 2-го листка. Другий листок розвернутий.
13	Стадія 3-го листка. Третій листок розвернутий.
1...	Стадії, продовжуються до...
19	9 і більше листків розвернуті
МАКРОСТАДІЯ 2: КУЩЕННЯ³	
21	Початок кущення: поява першого пагону кущення
22	Поява другого пагону кущення
23	Поява третього пагону кущення
2...	Стадії продовжуються до...
29	Кінець кущення: максимальне число пагонів кущення досягнуто
МАКРОСТАДІЯ 3: ВИХІД В ТРУБКУ	
30	Початок формування волоті: стадія зеленого кільця. Хлорофіл акумулюється в тканинах стебла і утворює зелене кільце.
32	Утворення волоті: довжина зачатку, волоть досягає 1 ...2 мм
34	Вихід в трубку: меживузля розтягується; волоть довше 2мм (залежить від сорту)
37	Поява останнього (флагового) листка, ще скрученого
39	Стадія флагового листка: флаговий листок розвернутий (pre-boot-stage)
МАКРОСТАДІЯ 4: ФОРМУВАННЯ ВОЛОТІ	
41	Early boot stage: Листова піхва флагового листка на 5см над передостанньою піхвою
43	Mid boot stage: Листова піхва флагового листка 5...10 см над передостанньою піхвою
45	Late boot stage: Листова піхва флагового листка набухла, листова піхва флагових листків на 10см над передостанньою піхвою
47	Листова піхва флагового листка відкривається
49	Листова піхва флагового листка відкрита

	МАКРОСТАДІЯ 5: ФОРМУВАННЯ ПОЧАТОК ЦВІТІННЯ; ПОЯВА ВОЛОТІ⁴
51	Початок появи волоті: верхня частина, волоть помітно
52	Поява 20% волоті
53	Поява 30% волоті
54	Поява 40% волоті
55	Поява половини волоті: вузол волоті (neck node) ще в листовій піхві
56	Поява 60% волоті
57	Поява 70% волоті
58	Поява 80% волоті
59	Кінець появи волоті: вузол волоті на рівні вушок флагового листка. тичинки ще помітні
	МАКРОСТАДІЯ 6: ЦВІТІННЯ
61	Початок цвітіння: тичинки з'являються на поверхні волоті
65	Середина цвітіння: тичинки з'являються на більшості колосків
69	Кінець цвітіння: Всі колоски відцвіли. Поодинокі висушли тичинки ще помітні
	МАКРОСТАДІЯ 7: УТВОРЕННЯ ПЛОДІВ
71	Перші зерна досягли половини свого кінцевого розміру. Вміст зерен водянисте.
73	Рання молочна стиглість
75	Середня молочна стиглість. Всі зерна досягли свого кінцевого розміру. Вміст зерен молочний
77	Пізня молочна стиглість
	МАКРОСТАДІЯ 8: ДОЗРІВАННЯ ЗЕРЕН
83	Рання воскова стиглість
85	М'яка воскова стиглість. Вміст зерен ще м'який, але сухий. Вм'ятини від нігтя випрямляється
87	Тверда воскова стиглість. Вм'ятини від нігтя випрямляється
89	Рання повна стиглість. Зерно тверде, тільки насилу розколюється нігтем великого пальця.
	МАКРОСТАДІЯ 9: ВІДМИРАННЯ
92	Пізня повна стиглість. Зерно тверде, не ламається нігтем
97	Рослина повністю відмерла. Солома ламається.
99	Зібраний врожай зерна.

Додаток D

Сумарна фізична маса добрив по варіантам, кг/ га/ Для розрахунку економічної ефективності вирощування вівса

№ варіанту	Норма добрив ¹ <i>фактор В</i> <i>кг/га в діючій речовині</i>	Аміачна селітра, (34,4% азоту) кг/га , фізична вага добрива	Поліфоска 8 (8:24:24+9S) кг/га, фізична вага добрива	Нітроамофоска 16:16:16 кг/га, фізична вага добрива
1.	Контроль	-	-	-
2.	$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$	87		187,5
3.	$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$	87		375
4.	$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}$	87		562,5
5.	$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$	87		750
6.	$N_{30}P_{30}K_{30}S_{11,25} + N_{30}$	$58,1+87=145,1$	125	
7.	$N_{60}P_{60}K_{60} S_{22,5} + N_{30}$	$116,2+87=203,2$	250	
8.	$N_{90}P_{90}K_{90}S_{33,75} + N_{30}$	$174,3+87=261,3$	375	
9.	$N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$	$232,4+87=319,4$	500	

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕПАРАТУ ЛАМАРДОР ПРО

Діюча речовина. Характеризується збалансованим поєднанням трьох системних високоактивних діючих речовин: протіокназол, 100 г/л + тебуконазол, 60 г/л + флуопірам, 20 г/л (концентрат).

Фунгіцидний протруйник насіння зернових для захисту від збудників хвороб. Захист від комплексу корневих гнилей, сажкових хвороб, контролює гелмінтоспориозні кореневі гнилі, збудники плямистостей листя. Препарат має підвищену ефективність проти *Pinicilium*, *Alternarium*, *Ramularium* та *Helminthosporium*.

Механізм дії. Сучасна діюча речовина флуопірам належить до нового хімічного класу піридилетиламідів і має надзвичайно широкий спектр активності. Флуопірам високоефективний проти широкого спектру вищих грибів із класів аскоміцети та дейтроміцети. За принципом дії флуопірам блокує в мітохондріях патогену ферментативний ланцюжок, що відповідає за процес дихання й утворення АТФ - головного біоенергетичного джерела клітин.

**Сумарна фізична маса добрив по варіантам, кг/ га/ Для розрахунку
економічної ефективності вирощування вівса**

№ варіанту	Норма добрив ¹ <i>фактор В</i> <i>кг/га в діючій</i> <i>речовині</i>	Аміачна селітра, (34,4% азоту) кг/га, фізична вага добрива	Поліфоска 8 (8:24:24+9S) кг/га, фізична вага добрива	Нітроаммофоска 16:16:16 кг/га, фізична вага добрива
10.	Контроль	-	-	-
11.	$N_{30}P_{30}K_{30} + N_{30}$	87		187,5
12.	$N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$	87		375
13.	$N_{90}P_{90}K_{90} + N_{30}$	87		562,5
14.	$N_{120}P_{120}K_{120} + N_{30}$	87		750
15.	$N_{30}P_{30}K_{30}S_{11,25} + N_{30}$	$58,1+87=145,1$	125	
16.	$N_{60}P_{60}K_{60} S_{22,5} + N_{30}$	$116,2+87=203,2$	250	
17.	$N_{90}P_{90}K_{90}S_{33,75} + N_{30}$	$174,3+87=261,3$	375	
18.	$N_{120}P_{120}K_{120}S_{45} + N_{30}$	$232,4+87=319,4$	500	

Додаток Г

Загальні технологічні витрати за вирощування вівса, грн./га

Норма добрив фактор В	Сорт фактор А						
	‘Нептун’	‘Легінь Носівський’	‘Світанок’	‘Закат’	‘Зубр’	‘Альбатрос’	‘Айворі’
Контроль	7436	7660	7573	7698	7704	7636	7766
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N ₃₀	15485	16250	15939	16256	16232	16014	16387
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₃₀	21490	22287	21957	22287	22262	22112	22430
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + N ₃₀	27601	28292	27937	28323	28261	28112	28466
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + N ₃₀	33657	34347	33961	34291	34235	34136	34347
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ S _{11,25} + N ₃₀	15121	16017	15563	15974	15961	15974	16073
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ S _{22,5} + N ₃₀	20670	21565	21236	21540	21497	21422	21621
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ S _{33,75} + N ₃₀	26243	27082	26771	27107	26977	26946	27120
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ S ₄₅ + N ₃₀	31797	32606	32183	32593	32469	32394	32649

