

УДК 633.11:631.84

Ю.В. Попов*, С.В. Авраменко

Вплив осіннього підживлення азотом на урожайність озимої пшениці після різних попередників

Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, Харків, Україна

*E-mail: yurii.ppp8@gmail.com

UDC 633.11:631.84

Yu.V. Popov*, S.V. Avramenko

Effect of Autumn Nitrogen Fertilization on The Yield of Winter Wheat Sown After Different Predecessors

Yuriev Plant Production Institute of NAAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

*E-mail: yurii.ppp8@gmail.com

Реферат: Пшениця озима є однією з найбільш урожайних і цінних продовольчих культур, але може давати високі врожаї зерна доброї якості лише на родючих ґрунтах і за внесення достатньої кількості добрив. Особливо важливим є азотне підживлення посівів, яке повинно бути помірним з осені та достатнім у період кушіння й формування елементів структури врожайності. Незважаючи на велику кількість досліджень з азотними добривами, єдиної думки стосовно ефективності осіннього підживлення досі немає. Метою досліджень було визначення урожайності пшениці м'якої озимої після різних попередників – соняшнику, гороху та чорного пару – залежно від різних доз аміачної селітри за осіннього внесення. Польовий дослід включав 15 варіантів з використанням аміачної селітри в перерахунку на діючу речовину у дозах N30, N60, N90, N120. Осіннє внесення добрив на посівах озимої пшениці забезпечувало істотні приростки врожайності, особливо після попередника соняшник. Після попередників горох та чорний пар найбільша врожайність була отримана за дози N30, а після соняшнику – за N60. Подальше збільшення дози азоту не мало переваг порівняно з меншими дозами осіннього підживлення аміачною селітрою незалежно від попередника.

Ключові слова: озима пшениця, азотні добрива, аміачна селітра, осіннє підживлення, урожайність, попередник соняшник, попередник горох, попередник чорний пар.

Abstract: Winter wheat is one of the most productive and valuable food crops, but it can yield a lot of good-quality grain on fertile soils only or provided application of sufficient amounts of fertilizers. Nitrogen fertilization of crops is especially important; it should be moderate in autumn and sufficient during the tillering phase and yield formation. Despite numerous studies with nitrogen fertilizers, there is still no consensus on the effectiveness of autumn fertilization. The purpose of this study was to determine the yield of winter bread wheat sown after different predecessors (sunflower, pea and black fallow) depending on various doses of ammonium nitrate applied in autumn. The field experiment included 15 variants of ammonium nitrate application at doses of the active substance calculated as N30, N60, N90, and N120. Autumn fertilization of winter wheat significantly increased its yield, especially when wheat was sown after sunflower. After pea and black fallow, the highest yield was harvested at N30 dose; while N60 was required to achieve the highest yield from post-sunflower-sown wheat. A further increase in the nitrogen dose had no advantage over lower doses of autumn fertilization with ammonium nitrate, regardless of the predecessor.

Key words: winter wheat, nitrogen fertilizer, ammonium nitrate, autumn fertilization, yield, sunflower predecessor, pea predecessor, black steam.

Пшениця завжди була і залишається основним продуктом харчування. Збільшення виробництва зерна в Україні традиційно вважалося ключовою проблемою. Однак в останні роки, в період переходу країни до ринкових суспільних відносин за дефіциту техногенних ресурсів і

Wheat has always been and remains the main food. Increasing the grain production in Ukraine has traditionally been considered a key issue. However, recently, during the transition of the country to market relations, with a shortage of man-made resources and a

низького рівня технологічного процесу відзначається спад рівня й стабільності виробництва зерна, погіршення його якості і зниження рентабельності виробництва. В комплексі технологічних прийомів при вирощуванні пшениці важливе місце належить вибору попередника та правильному застосуванню добрив [1]. Зокрема, актуальним стає зміщення термінів до більш пізнього проведення основного та припосівного внесення добрив, а також прикореневого та позакореневого підживлень [2]. Разом з тим, за умов дефіциту вологи збільшення обсягів застосування азотних добрив не завжди гарантує позитивні результати навіть за вирощування пшениці озимої після чорного пару та гороху [3, 4]. Повідомляється, що дія азотних добрив за одноразового та роздільного внесення, як правило, однаковою мірою впливає на формування врожайності, а дво- та триразове внесення азоту інколи буває менш ефективним, ніж одноразове застосування всієї дози з осені [5].

За останні десятиріччя в Україні відзначаються зміни у кліматі в сторону більш континентального, через що частота прояву несприятливих явищ погоди для сільськогосподарських культур, зокрема озимих, зростає, що також істотно вплинуло на врожайність та валові збори зерна [6]. Важливим фактором формування високої врожайності є підбір попередника, який впливає на запаси продуктивної вологи, вміст поживних речовин та повітря у ґрунті; сприяє своєчасному отриманню сходів та значною мірою визначає подальший стан посівів культури [2]. Пшениця озима є найбільш чутливою до попередників [7].

Доведено, що науково обґрунтоване чергування культур є основою землеробства, запорукою його стабільності, оскільки істотно впливає на водний, поживний, біологічний режими ґрунту. Для умов недостатнього зволоження України відзначено позитивну дію чорного пару на водний режим ґрунту у сівозмінах. Пари вважаються ефективними засобами підвищення родючості ґрунту, накопичення у ньому вологи та необхідних поживних речовин [8]. Серед непарових попередників озимих зернових культур одним з найкращих прийнято вважати горох, оскільки ця культура рано звільняє поле та має незначну вегетативну масу. Також, як і усі бобові культури, горох здатний накопичувати азот у ґрунті, який засвоюється наступними культурами [9].

Натомість за останні роки в рослинництві відбулися значні зміни. Замість традиційних 10-пільних сівозмін з'явилися короткочотайні 4-5-

low level of technological processes, there has been a decline in the level and stability of the grain production, deterioration in grain quality and decrease in the production profitability. In the complex of technological methods for wheat growing, the choice of predecessors and adequate application of fertilizers are important factors [1]. In particular, it is becoming feasible to shift basic, post-sowing, root, and leaf fertilizations to later timeframes [2]. At the same time, under water deficit, increased amounts of nitrogen fertilizers do not always guarantee positive results, even when winter wheat is grown after black fallow or pea [3, 4]. It was reported that single and fragmented fertilizations with nitrogen, in most cases, had very similar effects on the yield and double or triple application of nitrogen was sometimes less effective than single application of the entire dose of nitrogen in autumn [5].

Over the last decades, the climate in Ukraine has been turning more continental and the weather has been becoming unfavorable for agricultural crops, in particular winter crops, more frequently; it also significantly affects the grain yield and croppage [6]. The choice of predecessors is an important factor in achieving high yields, since predecessors influence available water reserves, nutrient contents and air volume in soil, contributing to timely emergence and largely determining further condition of crops [2]. Winter wheat is the most predecessor-sensitive crop [7].

Scientifically justified crop rotations were proven to be a basis of agriculture and a guarantee of its stability, as they significantly affect the water, nutrient, and biological profiles of soils. Upon insufficient precipitation in Ukraine, a positive effect of black fallow on the water profile of soil during crop rotations was noted. Fallows are considered an effective approach to enhance soil fertility as well as to accumulate water and necessary nutrients in soil [8]. Among non-fallow predecessors of winter cereals, pea is considered to be one of the best, as this crop vacates the field early and has a small vegetative mass. In addition, like all legumes, pea is able to accumulate nitrogen in soil and the accumulated nitrogen assimilated by subsequent crops [9].

However, significant changes have occurred in crop production in recent years. Instead of traditional, 10-field crop rotations,

пільні, у яких першочерговий пріоритет надається культурам, які щороку забезпечують високий прибуток. Більшість сільськогосподарських підприємств відмовилися від застосування системи парів, натомість частку посівів соняшнику з рекомендованих 10–12 % збільшили до 20–25 %, а в окремих господарствах – до 50 % від загальної структури посівних площ. Утім, на сьогоднішній день існує небагато відомостей щодо підбору технології вирощування озимих зернових після незадовільних попередників [10]. Отже, для подальшого підвищення ефективності та стабілізації виробництва зерна озимих колосових культур необхідне оновлення технології їх вирощування як після традиційних, так і після нових попередників з урахуванням сортових особливостей [2].

Чисельними дослідженнями встановлено, що близько половини приросту врожаю зернових культур досягається за рахунок збалансованого мінерального живлення рослин нових сортів [11]. Зміна клімату вносить свої корективи в технології вирощування сільськогосподарських культур як у світі в цілому, так і в Україні зокрема. Таким чином, у багатьох господарствах озимі зернові культури почали висівати пізніше рекомендованих строків: у жовтні, а інколи у листопаді. За таких змін у вирощуванні озимих культур нагальним постає питання адаптації системи удобрення до пізніх строків сівби. Зокрема, актуальним стає зміщення термінів проведення основного та припосівного внесення добрив, а також прикореневого та позакореневого підживлень. У деяких господарствах, де озимі культури вирощують за пізніх строків, дози основного удобрення стали зменшувати удвічі, натомість збільшили дози припосівного внесення добрив та наступних підживлень, які нерідко проводять в осінній період [2].

З метою підвищення та стабілізації виробництва зерна озимих культур після пізніх попередників рекомендовано застосовувати внесення мінеральних добрив як під основний обробіток ґрунту так і під час сівби у рядки та у підживлення [12]. Серед видів добрив, які застосовуються у весняне підживлення, більшість аграріїв переважно традиційно віддають аміачній селітрі, натомість застосування цього виду добрив в осіннє підживлення ще мало вивчене [12].

Внесенням добрив восени у підживлення можна певною мірою впливати на ріст та загартовування рослин, від чого залежить зимостійкість пшениці [1]. У першу чергу необхідно підживлювати посіви пізніх строків сівби та після гірших попередників, зокрема

short, 4-5-field crop rotations have been evolved; in such crop rotations, top priority is given to crops that provide high profits every year. Most of agrarian enterprises do use fallows any longer; instead, the share of sunflower has been raised from the recommended 10–12% to 20–25%, and in some farms to 50% of the total acreage. However, to date, there is little information on the choice of technologies for growing winter cereals after unsatisfactory predecessors [10]. Therefore, in order to further improve the efficiency and stability of the winter spiked cereal grain production, it is necessary to update the technology of their cultivation after both traditional and new predecessors, with due account for varietal characteristics [2].

In numerous studies, it was demonstrated that about half of the gain in the cereal yields was attributed to balanced mineral nutrition of new varieties [11]. Climatic changes make agrarians modify crop cultivation technologies both worldwide and in Ukraine. Thus, many farms began to sow winter cereals later than the recommended time: in October, and sometimes in November. With such changes in the cultivation of winter crops, the issue of adapting fertilization regimens to late sowing becomes urgent. In particular, it is becoming feasible to shift basic, post-sowing, root, and leaf fertilizations to later timeframes. Some farms, where winter crops are sown late, started to halve basic fertilizer doses and, instead, to increase doses of post-sowing and subsequent fertilizations, which are often carried out in autumn [2].

To boost and stabilize the grain production of winter crops sown after late predecessors, it is recommended to apply mineral fertilizers before basic tillage, in rows during sowing and later, as additional fertilizations [12]. Of fertilizers applied in spring, most farmers traditionally prefer ammonium nitrate; however, the use of this fertilizer in autumn is still poorly studied [12].

Autumn additional fertilization can to some extent influence the growth and hardening of plants, affecting winter hardiness of wheat [1]. First of all, it is necessary to fertilize late-sown fields and crops sown after worse predecessors, in particular cereals, when their residues were left in the field. During the mineralization of plant residues, bacteria use soil nitrogen, which becomes unavailable to plants. Intensive absorption of nutrients from

зернових, залишаючи соломку на полі. Під час мінералізації рослинних решток бактерії використовують азот із ґрунту, який стає недоступним для рослин. Інтенсивне використання поживних речовин з ґрунту призводить до мінерального голодування, що може призвести до значного випадіння посівів [1]. Внаслідок дії високих осінніх температур (понад 10 °С) продовжується вегетація озимих культур, інтенсивно наростає надземна маса рослин, у той час як коренева система залишається слаборозвинутою і не росте. Ось чому у цей період важливим є проведення підживлення рослин [1]. За багаторічними даними, осіннє підживлення підвищує врожайність пшениці озимої в середньому на 0,3–0,5 т/га. Втім, найбільш доцільно його проводити на посівах пізніх строків сівби. Найвищий рівень приросту урожайності пшениці озимої забезпечує осіннє підживлення у фазі кушення дозою N30 – 0,65–0,75 т/га та близький за значенням – за триразового підживлення загальною нормою N60 (N15 – по таломерзлому ґрунту + N30 – трубкування + N15 – колосіння) – 0,70–0,80 т/га [13].

Отже, в умовах змін клімату питання осіннього азотного підживлення пшениці м'якої озимої, особливо після різних попередників, вивчене недостатньо.

Метою дослідження було визначення урожайності пшениці м'якої озимої після різних попередників залежно від доз аміачної селітри за осіннього підживлення.

Методика

Дослідження проводили в польовій зерно-паро-просапній сівозміні Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України у 2020–2022 рр. та у 2023/2024 рр. Об'єкт дослідження – сорт пшениці озимої Здобна. Сіяли пшеницю після попередників горох та чорний пар у другій–третьій декадах вересня, після соняшнику – другій–третьій декадах жовтня. Досліди передбачали п'ять варіантів осіннього підживлення аміачною селітрою після попередників: соняшник, горох та чорний пар: 1 – контроль (без добрив); 2 – N30; 3 – N60; 4 – N90; 5 – N120. Загальна кількість – 15 варіантів після трьох попередників.

Варіанти розміщували методом розщеплених ділянок за багатофакторною схемою. Площа облікової ділянки 25 м², повторність 4-разова. Ґрунт дослідної ділянки –

soil leads to mineral starvation, which can result in significant crop failure [1]. Because of elevated autumn temperatures (above 10 °C), the vegetation of winter crops continues, the above-ground mass of plants increases intensively, while their roots remain poorly developed and do not grow. Hence, it is vital to fertilize plants during this period [1]. According to long-term data, autumn fertilization increases the winter wheat yield on average by 0.3–0.5 t/ha. However, it is most expedient to carry it out on late-sown crops. The greatest gain in the winter wheat yield (0.65–0.75 t/ha) was achieved due to autumn fertilization in the tillering phase at a dose of N30 and a similar result (0.70–0.80 t/ha) was obtained upon triple fertilization at the total dose of N60 (N15 on shallowly thawed soil + N30 during stem elongation + N15 in the earing phase) [13].

Therefore, under climatic changes, the issue of autumn nitrogen fertilization of winter bread wheat, especially sown after different predecessors, has not been studied enough.

The purpose of this study was to determine the yield of winter bread wheat sown after different predecessors depending on various doses of ammonium nitrate applied in autumn.

Methods

The study was carried out in the grain-fallow-row crop rotation of the Yuriev Plant Production Institute of NAAS of Ukraine in 2020–2022 and 2023–2024. Winter wheat variety 'Zdobna' was tested. Wheat was sown after pea or black fallow within the second-third 10 days of September, or after sunflower within the second-third 10 days of October. The experiment included five variants of autumn fertilization with ammonium nitrate after such predecessors as sunflower, pea and black fallow: 1 – control (without fertilizers); 2 – N30; 3 – N60; 4 – N90; 5 – N120. The total number of variants is 15 after three predecessors.

The variants were arranged in split plot design according to a multivariate scheme in 4 replications. The record plot area was 25 m². The soil in the experimental site is a typical deep

чорнозем типовий потужний середньогумусний. Після збирання попередників проводили дискування агрегатом БДТ-7 у два сліди. Перед сівбою проводили культивуацію за допомогою КПС-4 на глибину 5–6 см. Насіння протруювали препаратом Паскаль (1 л/т), висівали сівалкою СН-16М з нормою 4,5 млн схожих насінин на 1 гектар. Після сівби поле прикочували кільчасто-шпоровими котками.

Азотними добривами сходи у фазі 3 листків – початку кущення підживлювали розкидним способом за допомогою сівалки СН-16М зі знятими сошниками. Схема захисту у 2021 р. та у 2024 р. передбачала обприскування гербіцидом Агент (2,4-Д 2-етилгексилловий ефір, 452 г/л + флорасулам, 6,25 г/л) – 0,5 л/га + Мастак (клопіралід, 300 г/л) – 0,3 л/га, у фазі кущіння. Для захисту посівів від хвороб застосовували фунгіцид Дезарал Екстра (карбендазим, 250 г/л + флутриафол, 125 і шкідників відповідно г/л), від шкідників – інсектицид Антикolorад Макс (імідаклопрід, 300 г/л + лямбда-цигалотрин, 100 г/л).

Через інтенсивні бойові дії в зоні проведення досліджень навесні 2022 р. засоби захисту рослин не застосовували, що призвело до суттєвого зниження врожайності пшениці озимої порівняно з 2021 р. Зниження врожайності у 2022 р. зумовлювалося насамперед наявністю піренофорозу у пізні фази росту й розвитку рослин [21].

Урожай збирали прямим способом комбайном «Сампо-130». Під час проведення досліджень використовували загальноприйняті методики і рекомендації [16].

Погодні умови за роки проведення досліджень різнилися. Осінь 2020 р. була теплою і посушливою. Так, у серпні опадів випало на 40 мм менше від норми, а дощі пройшли лише у другій декаді жовтня (30,4 мм). Середньодобова температура повітря у вересні і жовтні була вищою за багаторічні показники відповідно на 4,3 °С та 5,2 °С. Осіння вегетація озимих припинилася у першій декаді листопада. У 2021 р. її відновлення відбулося у першій декаді квітня. Весна і літо були помірно теплими, на рівні багаторічних показників. Травень та червень були вологими, а липень та серпень аномально посушливими. Осінній період 2021 р. був менш зволеним порівняно з

medium-humus chernozem. After harvesting the forecrops, double disking was carried out with a BDT-7 disc harrow. Before sowing, cultivation was carried out using a KPS-4 cultivator to a depth of 5–6 cm. The seeds were treated with Pascal (1 L/t), sown with a SN-16M planter at a rate of 4.5 million germinable seeds per hectare. After sowing, the field was rolled with star-wheel rakes.

Seedlings in the phase of 3 leaves, i.e. tillering onset, were fertilized with nitrogen by spreading with a SN-16M planter with the coulters removed. The protection regimen in 2021 and in 2024 included spraying with the herbicide Agent (2,4-D 2-ethylhexyl ether, 452 g/L + florasulam, 6.25 g/L) 0.5 L/ha + Mastak (clopyralid, 300 g/L) 0.3 L/ha in the tillering phase. To protect the fields against diseases and pests, the fungicide Desaral Extra (carbendazim, 250 g/L + flutriafol, 125 g/L) and the insecticide Antikolorad Max (imidacloprid, 300 g/L + lambda-cyhalothrin, 100 g/L) were used, respectively.

Because of intense hostilities in the research location in the 2022 spring, no plant protectants were used, which led to a significant decrease in the winter wheat yield compared to 2021. The yield reduction in 2022 was attributed primarily to tan spot in the late phases of plant growth and development [21].

The yield was harvested by direct combining with a Sampo-130 harvester. The study was conducted by traditional methods in compliance with conventional recommendations [16].

The weather in the study years varied. The 2020 autumn was warm and dry. In August, the precipitation amount was 40 mm less than the multi-year average and it only rained during the second 10 days of October (30.4 mm). The mean daily air temperature in September and October was higher than the multi-year average by 4.3 °C and 5.2 °C, respectively. The autumn vegetation of winter crops stopped within the first 10 days of November. In 2021, it resumed within the first 10 days of April. The spring and summer were moderately warm, close to the multi-year average values. May and June were wet, while July and August were abnormally dry. The 2021 autumn was less humid compared to the multi-

багаторічними даними, температурний режим – на рівні багаторічних показників. Припинилася осіння вегетація рослин у першій декаді листопада. Перезимівля посівів відбувалася за сприятливих гідротермічних умов. Відновлення їхньої вегетації розпочалось у першій декаді квітня. Весна і літо були теплі, на рівні багаторічних показників та дуже зволожені [14]. Осінь 2023 р. загалом була тепла та волога, недостатня кількість опадів у вересні (66% від норми) компенсувалася вологим жовтнем та листопадом (289% та 141% відповідно). Осіння вегетація припинилася у другій декаді листопада. Відновлення вегетації навесні 2024 р. було аномально раннім, у другій декаді березня. Весною березень та квітень були посушливими та теплими, а у травні стався приморозок до -5°C на рівні ґрунту, що спричинило значні пошкодження рослин пшениці у фазі виходу в трубку. Літо було сухим та спекотним, що також негативно вплинуло на формування врожайності. У середньому за 3 роки сходи з'являлися на 8–9-й день. Отже умови при вирощуванні пшениці озимої за роками були дуже різними, що дало змогу одержати об'єктивні результати та всебічно оцінити їх.

Результати та обговорення

Досліди показали, що, пшениця озима порізно реагувала на підживлення аміачною селітрою після різних попередників. У середньому за 2021, 2022 та 2024 рр. після попередників соняшник, горох і чорний пар максимальний рівень урожайності зерна становив 4,57 т/га (N60); 5,77 т/га (N30) і 5,45 т/га (N30) відповідно (табл. 1-3).

Після попередника соняшник в середньому за роки досліджень за осіннього підживлення аміачною селітрою найбільша врожайність була отримана при застосуванні дози N60 – 4,57 т/га, при цьому прибавка врожайності у порівнянні з контролем (без добрив) становила 1,48 т/га (48%). Також ефективним було внесення аміачної селітри у дозі N30, де середня врожайність становила 4,07 т/га, з прибавкою до контролю 0,98 т/га (32%). Подальше збільшення дози добрива за осіннього підживлення до N90 та до N120 було не ефективним, прибавки на цих варіантах були на 1–4% меншими порівняно з дозою N60 (табл. 1).

year average data and the temperature was close to the multi-year average. The autumn vegetation of plants stopped within the first 10 days of November. Plants overwintered under favorable hydrothermal conditions. They resumed vegetation within the first 10 days of April. Spring and summer were warm, close to the multi-year average, and very humid [14]. The 2023 autumn, in general, it was warm and humid; insufficient precipitation in September (66% of the multi-year average) was compensated by wet October and November (289% and 141%, respectively). The autumn vegetation stopped within the second 10 days of November. In the 2024 spring, it resumed abnormally early, within the second 10 days of March. March and April were dry and warm, but there was a ground frost down to -5°C in May, which inflicted a significant damage to wheat plants during stem elongation. The summer was dry and hot, which also had a negative impact on yield formation. On average across the 3 years, seedlings emerged on day 8-9. Therefore, the conditions for winter wheat growing differed greatly from year to year, allowing us to obtain objective results and evaluate them comprehensively.

Results and Discussion

The experiment showed that winter wheat sown after different predecessors responded differently to fertilization with ammonium nitrate. On average for 2021, 2022 and 2024, the maximum grain yield was 4.57 t/ha (N60), 5.77 t/ha (N30) and 5.45 t/ha (N30) after sunflower, pea and black fallow, respectively (Tables 1-3).

After sunflower, the maximum mean yield of 4.57 t/ha across the study years was harvested upon autumn fertilization with ammonium nitrate at N60 and the gain in the yield compared to the control (without fertilizers) was 1.48 t/ha (48 %). The application of ammonium nitrate at N30 was also effective: the mean yield was 4.07 t/ha and the gain related to the control amounted to 0.98 t/ha (32%). A further increase in the autumn fertilization dose to N90 and N120 was ineffective: the gain in these variants was 1–4% lower compared to the N60 application (Table 1).

Таблиця 1. Урожайність пшениці озимої залежно від дози осіннього підживлення та року вирощування після соняшника, т/га, 2021, 2022, 2024 рр.

Table 1. Post-sunflower-sown winter wheat yield depending on autumn fertilization dose in 2021, 2022 and 2024, t/ha

Доза (A) / Dose (A)	Рік (B) / Year (B)				Середня прибавка до контролю / Mean gain related to the control	
	2021	2022	2024	Середня / Mean	т/Га / t/ha	%
контроль / Control	4.97	1.92	2.39	3.09	–	–
N ₃₀	6.50	2.73	2.99	4.07	0.98	32
N ₆₀	6.71	3.58	3.43	4.57	1.48	48
N ₉₀	6.56	3.23	3.53	4.44	1.35	44
N ₁₂₀	6.91	3.05	3.66	4.54	1.45	47
Середня / Mean	6.67	3.15	3.40	4.41	1.32	43
HP ₀₅ / LSD ₀₅ : A – 0.18; B – 0.25; AB – 0.49						

За осіннього підживлення озимої пшениці після попередника горох найбільша середня врожайність та прибавка до контролю (без добрив) були отримані за дози N₃₀ – 5,77 т/га та 0,47 т/га (9%) відповідно. Збільшення дози аміачної селітри при осінньому підживленні до N₆₀, N₉₀ та N₁₂₀ істотної прибавки не додало, у порівнянні із дозою N₃₀ прибавка була на 3–6% меншою (табл. 2).

Upon autumn fertilization of winter wheat sown after pea, the highest mean yield and greatest gain compared to the control (without fertilizers) were achieved at N₃₀: 5.77 t/ha and 0.47 t/ha (9%), respectively. Increasing the ammonium nitrate dose for autumn fertilization to N₆₀, N₉₀ and N₁₂₀ did not add significantly to the yield harvested at N₃₀; in fact, the gain was 3–6% lower (Table 2).

Таблиця 2. Урожайність пшениці озимої залежно від дози осіннього підживлення та року вирощування після гороху, т/га, 2021, 2022, 2024 рр.

Table 2. Post-pea-sown winter wheat yield depending on autumn fertilization dose in 2021, 2022 and 2024, t/ha

Доза (A) / Dose (A)	Рік (B) / Year (B)				Середня прибавка до контролю / Mean gain related to the control	
	2021	2022	2024	Середня / Mean	т/Га / t/ha	%
контроль / Control	7.34	5.04	3.52	5.30	–	–
N ₃₀	7.79	5.76	3.75	5.77	0.47	9
N ₆₀	7.59	5.52	3.78	5.63	0.33	6
N ₉₀	7.65	5.13	3.97	5.58	0.28	5
N ₁₂₀	7.66	4.98	3.76	5.46	0.16	3
Середня / Mean	7.67	5.35	3.81	5.61	0.31	6
HP ₀₅ / LSD ₀₅ : A – 0.23; B – 0.31; AB – 0.59						

За осіннього підживлення аміачною селітрою після попередника чорний пар, найбільша врожайність була отримана за дози N₃₀ (5,45 т/га), де прибавка до контролю (без добрив) становила 0,38 т/га (7%). Майже таку ж врожайність, з неістотною різницею, було одержано при підживленні дозою N₆₀, проте підвищення дози азоту було економічно

Upon autumn fertilization of winter wheat sown after black fallow, the maximum yield of 5.45 t/ha was harvested at N₃₀ and the gain compared to the control (without fertilizers) amounted to 0.38 t/ha (7%). Almost the same yield, with an insignificant difference, was obtained upon fertilization at N₆₀, but increasing the nitrogen dose was not economically feasible.

недоцільним. При збільшенні доз аміачної селітри до N90 та N120 прибавка до контролю була на 0–5% меншою (табл. 3).

When the ammonium nitrate dose was increased to N90 and N120, the gain compared to the control was 0–5% lower (Table 3).

Таблиця 3. Урожайність пшениці озимої залежно від дози осіннього підживлення та року вирощування після чорного пару, т/га, 2021,2022, 2024 рр.

Table 3. Post-black fallow-sown winter wheat yield depending on autumn fertilization dose in 2021, 2022 and 2024, t/ha

Доза (A) / Dose (A)	Рік (B) / Year (B)				Середня прибавка до контролю / Mean gain related to the control	
	2021	2022	2024	Середня / Mean	т/Га / t/ha	%
контроль / Control	7.69	4.22	3.31	5.07	–	–
N ₃₀	8.13	4.89	3.32	5.45	0.38	7
N ₆₀	7.96	4.80	3.52	5.43	0.36	7
N ₉₀	7.81	4.15	3.54	5.17	0.10	2
N ₁₂₀	7.90	4.03	3.35	5.09	0.02	0
Середня / Mean	7.95	4.47	3.43	5.28	0.21	4
HP ₀₅ / LSD ₀₅ : A – 0.20; B – 0.28; AB – 0.51						

Таким чином, за роки досліджень осіннє підживлення аміачною селітрою забезпечувало істотні прибавки врожайності у порівнянні до контролю незалежно від попередника. Натомість серед усіх досліджуваних попередників найбільшу середню прибавку було одержано після соняшнику – 1,32 т/га (43%), найменшу – після чорного пару – 0,21 т/га (4%) (табл. 1–3).

Отже, на фоні мінімальних доз основного добрива осіннє підживлення слабо розвинених озимих зернових культур забезпечує значний резерв збільшення валового збору зерна та є економічно доцільним. Цей прийом виконується в менш напружений період року, а ефективність вища, ніж при проведенні підживлення в інші строки [2].

Висновки

Встановлено, що у період досліджень 2020 – 2022 рр. та 2023/2024 рр. пшениця озима по різному реагувала на підживлення аміачною селітрою після різних попередників. Після попередників горох та чорний пар найбільшу врожайність в середньому було отримано при підживленні дозою N30 – 5,77 та 5,45 т/га відповідно, з прибавками до контролю (без добрив) – відповідно 0,47 т/га (9%) та 0,38 т/га (7%). Після попередника соняшник максимальну врожайність та прибавку було отримано за дози внесення N60 – 4,57 т/га та 1,48 т/га (48%)

Thus, in the study years, autumn fertilization with ammonium nitrate significantly increased the yield compared to the control, regardless of the predecessors. Of all tested predecessors, the greatest mean gain of 1.32 t/ha (43%) was achieved after sunflower; the smallest gain of 0.21 t/ha (4%) - after black fallow (Tables 1-3).

Therefore, autumn fertilization of poorly developed winter cereals at minimum doses of basic fertilizer is economically expedient, ensuring a considerable reserve for increasing the croppage. This technique is performed in a less stressful period of the year and its efficiency is higher than that of fertilization in other periods [2].

Conclusions

It was found that in the study period (2020-2022 and 2023-2024) winter wheat sown after different predecessors responded differently to fertilization with ammonium nitrate. After pea and black fallow, the maximum mean yield was harvested upon fertilization at N30: 5.77 and 5.45 t/ha, respectively, where the gain related to the control (without fertilizers) amounted to 0.47 t/ha (9%) and 0.38 t/ha (7%), respectively. After sunflower, the maximum yield and gain were achieved at N60: 4.57 t/ha and 1.48 t/ha (48%), respectively. The N30 application also gave a

відповідно. Також істотною прибавкою до контролю охарактеризувалася доза N30, де врожайність становила 4,07 т/га, а прибавка – 0,98 т/га (32%). Подальше збільшення дози азоту при підживленні до N60, N90 і N120 після попередників горох і соняшник та до N90 і N120 після соняшника було неефективним.

Таким чином, застосування осіннього азотного підживлення після попередника соняшник було більш виправданим ніж після попередників чорний пар та горох.

significant gain related to the control: the yield was 4.07 t/ha and the gain was 0.98 t/ha (32%). A further increase in the nitrogen dose to N60, N90 and N120 on post-pea- and post-black fallow-sown wheat and to N90 and N120 on post-sunflower-sown wheat was ineffective.

Thus, autumn nitrogen fertilization of winter wheat sown after sunflower was more justified than that of post-pea- or post-black fallow-sown wheat.

References

1. Popov S. I. Agroecological aspects of the winter and spring wheat yield and grain quality formation in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine [thesis for the Academic Degree of Doctor of Agricultural Sciences]. Kharkiv: Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS, 2009. [in Ukrainian]
2. Avramenko S. I. Agrotechnological principles of the winter cereal production management in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine [thesis for the Academic Degree of Doctor of Agricultural Sciences]. Kharkiv: Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS, 2018. [in Ukrainian]
3. Cherenkov A.V., Nesterets V.G., Solodushko M.M., Hasanova I.I. Winter wheat in the steppe zone, climatic changes and growing technologies. *Nova Ideolohiia*. 2015. P. 342–343. [in Ukrainian]
4. Dogan R., Bilgili U. Effects of previous crop and N-fertilization on seed yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under rain-fed Mediterranean conditions. *Bulgaria J. Agr. Sci.* 2010. 16/6: 733–739.
5. Cherenkov A.V., Solodushko M.M., Zheliazkov O.I., Khorishko S.A. State-of-the-art technologies for winter wheat growing in the steppe zone. 2014; 115 p. [in Ukrainian]
6. Drizhiruk V. V. Global climate warming and world agriculture. *Ahrovisnyk Ukraina*. 2008; 10: 37–39. [in Russian]
7. Popov S. I., Avramenko S. V. A method of increasing the winter wheat yield sown after perennial grasses. Utility model patent No. 79380, 04/25/2013. [in Ukrainian]
8. Manko K. M., Tsehmeistruk M. H. Winter cereals sown unconventional predecessors. *AhroPerspektyva*. 2010; 3(122): 27–29. [in Ukrainian]
9. Popov S. I., Avramenko S. V. Stabilization of the yield of winter wheat varieties depending on tillage methods in the crop rotation after black fallow and pea. *Visnyk Tsentru Naukovoho Zabezpechennia APV of Kharkivskoi Oblasti*. 2016; No. 21. P. 79–86. [in Ukrainian]
10. Zinchenko O. I., Salatenko V. N., Bilonozko M. A. Plant production. Kyiv: Ahrarna Osvita; 2001. 591 p. [in Ukrainian]
11. Popov S. I., Streltsova I. B., Polesko Yu. A. et al. Effect of long-term application of fertilizers on nutrient contents in soil and their use by new winter wheat varieties. *Ahrokhimiia i Gruntoznavstvo*. 2007. Vol. 67. P. 108–113. [in Ukrainian]
12. Popov S. I., Avramenko S. V. Winter wheat yield and grain quality depending on doses and methods of fertilization in the Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk KkNAU*. 2009. 7: 172–179. [in Ukrainian]
13. Yevtushenko M. D., Budionnyi Yu. V., Popov S. I. et al. Technological maps and costs for the cultivation of cereals and row crops in the eastern region of Ukraine. Kharkiv. 2006. 493 p. [in Ukrainian]
14. Popov Yu. V., Avramenko S.V. Effect of autumn application of different doses and types of nitrogen fertilizers on post-sunflower-sown winter wheat yield. *Plant Breeding and Seed Production*. 2024. 125. P. 94-101.

Надійшла до редакції 16.11.2024 р.
Received 16.11.2024