

УДК 635.655:631.53.04:631.811.98

А.О. Рожков, О.О. Лошак, Є.М. Огурцов, В.Г. Міхеєв\*

## Продуктивність сортів сої залежно від строків сівби і регуляторів росту

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

\*E-mail: [mixeev.valentin@outlook.com](mailto:mixeev.valentin@outlook.com)

UDC 635.655:631.53.04:631.811.98

A. Rozhkov, O. Loshak, Ye. Ohurtsov, V. Mikheiev\*

## Performance of Soybean Cultivars Depends on Sowing Time and Growth Regulators

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

\*E-mail: [mixeev.valentin@outlook.com](mailto:mixeev.valentin@outlook.com)

**Реферат:** Висвітлено результати досліджень з вивчення впливу строків сівби та передпосівної обробки насіння на індивідуальну продуктивність рослин сої (*Glycine hispida*) і урожайність сортів різного морфобіотипу. Дослідження проводили методом розщеплених ділянок у чотирьох повтореннях за загальноприйнятою методикою. Ділянками першого порядку були сорти сої – Аннушка, Кобза і Мальвіна; другого порядку — ділянки з різними строками сівби (ранній (6–8°C), середній (10–12°C), пізній (14–16°C)), третього порядку — ділянки з варіантами оброблення насіння сої перед сівбою гумісолом, адаптофітом, рост-концентратом, фундазолом. В усі роки дослідження найкращі показники індивідуальної продуктивності рослин сої формувалися посівами сої сорту Мальвіна у варіантах середнього строку сівби і передпосівної обробки насіння Адаптофітом. Вища врожайність насіння сої у середньому за роками досліджень (2,34 т/га) формувалася у сорту Мальвіна у варіанті середнього строку сівби за умови обробки насіння Адаптофітом. Сорт сої Аннушка суттєво поступався за рівнем урожайності сортам Кобза та Мальвіна – різниця становила 0,31 та 0,43 т/га. Значною мірою врожайність зерна зростала за обробки насіння перед сівбою досліджуваними препаратами (прибавка в межах 0,10–0,38 т/га). Вплив строків сівби на рівень урожайності був найменшим. Таким чином, встановлено можливість отримання стабільних врожаїв сої в умовах Східного Лісостепу України за рахунок правильного підбору сортів, дотримання оптимальних строків сівби із застосуванням регуляторів росту.

**Ключові слова:** соя (*Glycine hispida*), сорт, строки сівби, регулятори росту, продуктивність, урожайність.

**Abstract:** The effects of sowing time and pre-sowing seed treatment on the individual performance of soybean (*Glycine hispida*) plants and the yield of morphologically different cultivars are covered. The study had a split plot design in four replications in accordance with conventional methods. The first order plots were soybean cultivars: ‘Annushka’, ‘Kobza’ and ‘Malvina’; the second order plots were sown within various timeframes (early (6–8°C), medium (10–12°C), or late (14–16°C)); the third order plots were pre-sowing treatments of soybean seeds with Humisol, Adaptophyte, Rost-concentrate, and Fundazol. In all study years, the best individual performance of soybean plants was shown by cv. ‘Malvina’ treated with Adaptophyt before sowing and sown within the medium timeframe. The greatest mean yield of soybean seeds from cv. ‘Malvina’ (the mean yield across the study years was 2.34 t/ha) was harvested when the cultivar’s seeds were treated with Adaptophyt and planted within the medium timeframe. Soybean cv. ‘Annushka’ was significantly inferior to cvs. ‘Kobza’ and ‘Malvina’ in terms of performance: the difference was 0.31 and 0.43 t/ha, respectively. The seed yield increased to a large extent, when seeds were treated with the tested agents before sowing (the gain ranged from 0.10 to 0.38 t/ha). The effect of sowing time on the performance was the smallest. Thus, it was demonstrated that it was possible to achieve stable soybean yields in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine due to adequate selection of cultivars, adherence to optimal sowing timeframes and application of growth regulators.

**Key words:** soybean (*Glycine hispida*), cultivar, sowing time, growth regulators, performance, yield.

У мобілізації потенціалу продуктивності нових сортів сої важливим є застосування специфічних для них особливостей вирощування з урахуванням їх біологічних потреб. Серед факторів, що визначають рівень урожайності сої, важливе місце належить посівній агротехніці, зокрема, оптимальним строкам сівби з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов і сортових особливостей, які сприяють кращому росту, розвитку та формуванню максимальної продуктивності. Оброблення насіння перед сівбою регуляторами росту підвищує стійкість сходів до несприятливих чинників зовнішнього середовища, що дозволяє висівати сою раніше рекомендованих строків [2, 3, 13]. Для таких цілей в останні роки використовуються: ріст-концентрат – комплексне органо-мінеральне рідке добриво, основою якого є гумат калію та комплекс макро- і мікроелементів у високій концентрації; адаптофіт – комплексний регулятор росту рослин до складу якого входять фізіологічно активні речовини природного походження (фітогормони з ауксиною, цитокініною та гіберелиною активністю, амінокислоти, низькомолекулярні водорозчинні білки, вуглеводи, жирні кислоти та їх ефіри); гумісол – рідкий препарат гумінової природи, вироблений на основі вермікомпосту – продукту переробки гною великої рогатої худоби червоними каліфорнійськими черв'яками *Eisenia fetida*.

При встановленні строків сівби, на думку науковців [3, 15], потрібно враховувати режим прогрівання ґрунту та тривалість світлового дня, що значно впливає на продуктивність рослин сої. Відомо, що строки сівби залежать від ґрунтово-кліматичної зони, особливостей сорту, тривалості дня, прогрівання посівного шару ґрунту до 10–12°C, що в наших умовах (зоні східного Лісостепу) припадає на період кінця квітня початок травня. Для сої строки сівби мають вирішальне значення, оскільки від них залежить час і можливість її досягання, а отже величина врожаю і якість насіння. Визначити оптимальні строки сівби сої можна лише для конкретного регіону і сорту, на підставі польових досліджень. Однак дотепер немає єдиної думки вчених стосовно оптимальних строків сівби сої. Одні вчені [5] вважають, що оптимальний строк сівби сої збігається із прогріванням ґрунту до 12–14°C на глибині загортання насіння. На думку інших науковців [3, 15], забезпечення дружних сходів насіння сої можливе за температури ґрунту 10–12°C на глибині 10 см.

To fully use the performance potential of new soybean cultivars, it is important to take into account specific features of their cultivation and their biological needs. Among the factors that determine soybean yield, sowing techniques, in particular, optimal sowing time in given pedo-climatic conditions and varietal characteristics that contribute to better growth, development and maximum performance are of great importance. Pre-sowing treatment of seeds with growth regulators increases the resistance of seedlings to adverse factors of the environment, allowing farmers to sow soybeans earlier than the recommended timeframes [2, 3, 13]. For such purposes, the following approaches have been used recently: Rost-concentrate, a complex organic-mineral liquid fertilizer containing potassium humate and macro- and micronutrients in high concentrations; Adaptophyte, a complex plant growth regulator containing natural physiologically active substances (phytohormones with auxin, cytokinin and gibberellin activities, amino acids, low-molecular water-soluble proteins, carbohydrates, fatty acids and their esters); Humicol, a liquid humic agent produced made from vermicompost (a product of cattle manure processing by the red Californian worm *Eisenia fetida*).

Scientists think [3, 15] that, when deciding on sowing timeframes, it is necessary to take into account the soil temperature profile and photoperiod significantly affecting the performance of soybean plants. It is known that the timing of sowing depends on pedo-climatic zones, cultivars' characteristics, photoperiod, and heating of the seeding soil layer to 10–12°C, which means late April or early May in our conditions (Eastern Forest-Steppe). For soybeans, the timing of sowing is of crucial importance, since it affects the possibility and length of their ripening, and therefore the yield amount and seed quality. To choose the optimal time of sowing soybeans is only possible for a specific region and cultivar and the decision should be based on field data. However, until now there is no unanimous opinion of scientists regarding the optimal timeframes of soybean sowing. Some researchers [5] believe that the optimal time for sowing soybeans is when the soil is warmed to 12–14°C at the seed burying depth. According to other scientists [3, 15], soybean seedlings emerge evenly when the soil temperature at a 10 cm depth is 10–12°C.

Дослідженнями, проведеними в зоні східного Лісостепу, встановлено, що строки сівби найбільш суттєво впливали на польову схожість насіння, а саме: при сівбі 18–20 квітня вона становила 63,7 %, 28–30 квітня – 69,7 %, 8–10 травня – 80,4 %, 18–20 травня – 79% і 28–30 травня – 70,1 % [3].

Результати досліджень засвідчили [7], що в умовах Лісостепу України найвища урожайність сорту Медея (1,9 т/га) була отримана за сівби під час прогрівання ґрунту на глибині 10 см до 15–16оС. [15]. Запізнення із сівбою на 5 днів порівняно з оптимальними строками призводило до зниження урожайності насіння на 0,15–0,38 т/га. Іншими дослідженнями в цьому регіоні було встановлено, що сівба сої при прогріванні ґрунту до 12оС на глибині 10 см забезпечила максимальну урожайність насіння сої сорту Київська 27 (2,81 т/га), сорту Нива (1,87 т/га) з отриманням найвищої кількості білка та олії [24]. В умовах північного Степу України найбільший урожай був отриманий у сої сорту Валюта (1,54 т/га) за сівби при прогріванні ґрунту до 10–12 оС на глибині 10 см [3]. Інші вчені вважають [5, 15], що початок сівби в ранній строк забезпечує досягнення максимально можливої урожайності сої.

Отже, на сьогодні відсутні єдині рекомендації щодо оптимального строку сівби сої. За даними однієї групи вчених, при встановленні оптимального строку сівби необхідно керуватися календарним строком сівби і сіяти сою за прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння (4–5 см) до 12–14°С [1]. Друга група вчених вважає, що оптимальний строк сівби необхідно встановлювати за показником рівня температурного режиму на глибині 10 і навіть 20 см [4]. Третя група вчених рекомендує визначати оптимальні строки сівби сої з урахуванням характеру весни [5]. Більшість вчених сходяться на думці, що до встановлення строків сівби сої необхідно підходити диференційовано, в першу чергу, залежно від ґрунтово-кліматичної зони [15, 19].

За останні десятиріччя зросла потреба пошуку нових шляхів підвищення продуктивності сої. Результати досліджень показали [10, 18, 20, 21], що важливим компонентом сучасних технологій вирощування рослин стають сучасні регулятори росту рослин. Серед них популярними стали ріст-концентрат та адаптафіт [4, 11].

В останні роки в Україні зменшилися площі вигідних попередників під озиму пшеницю, зокрема, гороху, однорічних і багаторічних трав,

In a study conducted in the eastern forest-steppe, it was shown that the sowing time most significantly affected the field germination of seeds: when sowing on April 18–20, it was 63.7%, on April 28–30 – 69.7%, on May 8–10 – 80.4%, on May 18–20 – 79%, and on May 28–30 – 70.1% [3].

It was proven [7] that, in the Forest-Steppe of Ukraine, the highest yield from cv. ‘Medeia’ (1.9 t/ha) was harvested provided the cultivar was sown when the soil at a 10 cm depth was warmed to 15–16°C. [15]. A 5-day delay in sowing compared to the optimal time led to a decrease in the seed yield by 0.15–0.38 t/ha. Other studies in this region demonstrated that sowing soybeans when the soil was heated to 12oC at a 10 cm depth ensured the maximum yield of high-protein, high-oil seeds from soybean cvs. ‘Kyivska 27’ (2.81 t/ha) and ‘Niva’ (1.87 t/ha) [24]. In the Northern Steppe of Ukraine, the greatest yield was harvested from soybean cv. ‘Valiuta’ (1.54 t/ha) sown when the soil was warmed to 10–12 °C at a 10 cm depth [3]. Other authors believe [5, 15] that early start of sowing guarantees the maximum possible yield of soybeans.

Therefore, today there are no harmonized recommendations regarding the optimal periods for soybean sowing. There is an opinion that the optimal sowing period should be determined from the sowing calendar and soybeans should be sown when the soil at the seed burying depth (4–5 cm) is warmed to 12–14 °C [1]. According to another opinion, the optimal sowing time should be set based on the temperature at a 10 cm or even 20 cm depth [4]. The third team of researchers recommends determining the optimal time for sowing soybeans, taking into account the spring weather [5]. The majority of scientists agree that it is necessary to choose the soybean sowing time in a differentiated manner, primarily depending on pedo-climatic conditions [15, 19].

Over the past decades, the need for new ways to increase soybean performance has become more acute. A study showed [10, 18, 20, 21] that modern plant growth regulators were important components of state-of-the-art plant growing technologies. Of them, Rost-concentrate and Adaptaphyt have gained popularity [4, 11].

In recent years, the acreage of profitable forecrops for winter wheat, in particular, pea, annual and perennial grasses, silage and green fodder corn, have been diminished in Ukraine. Due to the development of early-ripening

кукурудзи на силос і зелений корм. З появою в зоні Східного Лісостепу ранньостиглих сортів сої з'явилась можливість використовувати її як корисний попередник озимої пшениці. Але навіть ранньостиглі сорти мають досить тривалий період вегетації, тому для прискорення їх дозрівання застосовують десикацію або сеникацію посівів перед збиранням врожаю. В зв'язку з цим, особливого значення набуває раціональне використання ресурсів тепла в зоні Східного Лісостепу у ранньовесняний період за рахунок ранніх строків сівби сої та застосування стимуляторів росту і фунгіцидів для захисту сходів від несприятливих умов зовнішнього середовища та бактеріальних хвороб.

Нашими дослідженнями передбачено встановлення можливо ранніх строків сівби сої в зоні Східного Лісостепу. Для цього було необхідно виявити зв'язки між абіотичними факторами та реалізацією потенціалу сортів сої залежно від строків сівби та дії стимуляторів росту. Тому метою досліджень були пошуки шляхів підвищення рівня реалізації генетичного потенціалу різних за морфобіотипом сортів сої за рахунок оптимізації строків сівби і визначення оптимальних варіантів передпосівної обробки насіння, які створюють кращі умови для росту та розвитку рослин.

## Методика

Дослідження проводили у 2018, 2019 та 2021 рр. в умовах Дослідного поля ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, розташованого в південно-східній частині Харкова на четвертій терасі р. Уди з найвищою точкою над рівнем моря 177,5 м. Ґрунт у сівозміні, на якій закладали польові дослідні ділянки – чорнозем типовий змитий малогумусований важко-суглинковий на карбонатному лесі. Рельєф полів, де розташовували дослідні ділянки, має рівне водорозділове плато із слабо пологим схилом [22].

Дослідні ділянки закладали методом розщеплених ділянок у чотирьох повтореннях за загальноприйнятою методикою [17]. Ділянками першого порядку були три сорти сої (*Glycine hispida*) з різним морфобіотипом (чинник А) – Аннушка ультраранній (період вегетації 75–85 днів), Кобза ранньостиглий (період вегетації 94–98 днів) і Мальвіна середньостиглий (період вегетації 110–115 днів) (<http://sort.sops.gov.ua/search/search>). Ділянками другого порядку були варіанти строків сівби

soybean cultivars in the eastern forest-steppe, it became possible to use them as a useful forecrop for winter wheat. However, even early-ripening cultivars vegetate for rather long periods; therefore, pre-harvest desiccation or senescence of crops is used to accelerate their ripening. In this regard, the rational use of heat resources in the eastern forest-steppe in early spring due to early sowing of soybeans and application of growth stimulators and fungicides to protect seedlings against adverse environmental conditions and bacterial diseases is of particular importance.

Our studies demonstrated that it was possible to sow soybeans early in the eastern forest-steppe. For this, it was necessary to identify relationships between abiotic factors and fulfilment of the soybean cultivars' potentials depending on sowing time and effects of growth stimulators. Therefore, the purpose of this study was to find ways to enhance the fulfilment of the genetic potentials of morphologically different soybean cultivars by optimizing sowing timeframes and determining optimal variants of pre-sowing seed treatment to create better conditions for plant growth and development.

## Methods

The study was conducted in the experimental fields of the VV Dokuchaev KhNAU (located in the south-eastern part of Kharkiv, on the fourth terrace of the Udy, with the highest point above sea level of 177.5 m) in 2018, 2019 and 2021. The soil in the crop rotation, where the field experiments were carried out, is a typical truncated, low-humus, heavy loamy chernozem on carbonate loess. The topography of the fields where the experimental plots were located is a flat watershed plateau with a slightly smooth slope [22].

The experiments were arranged in a split plot design in four replications in accordance with traditional methods [17]. The first order plots were three morphologically different soybean (*Glycine hispida*) cultivars (factor A): ultra-early cv. 'Annushka' (vegetation period = 75–85 days), early-ripening cv. 'Kobza' (vegetation period = 94–98 days) and medium-ripening cv. 'Malvina' (vegetation period = 110–115 days)

(чинник В): (ранній (6–8°C), середній (10–12°C) і пізній (14–16°C). Ділянки третього порядку представлені варіантами з оброблення насіння сої перед сівбою бактеріальним препаратом гумісолом, регуляторами росту (адаптофітом і рост-концентратом), а також фунгіцидом фундазолом. Площа посівної ділянки – 20 м<sup>2</sup>, облікової – 16 м<sup>2</sup>. Основні елементи структури врожайності визначали за методикою Державного сорто випробування сільськогосподарських культур [9]. Статистичний аналіз результатів досліджень проводили дисперсійним методом з використанням пакета ліцензійних комп'ютерних програм Microsoft Office Excel [16].

Технологія вирощування сої в досліді, за винятком досліджуваних факторів (строк сівби, оброблення насіння перед сівбою) була загальноприйнятою для Східного Лісостепу України [23].

### Результати та обговорення

Гідротермічні умови в роки досліджень істотно відрізнялися від середніх багаторічних показників, що дозволило більш об'єктивно визначити вплив досліджуваних факторів. У 2018 р. період сівба-сходи проходив з достатнім запасом вологи в ґрунті за рахунок березневих опадів. В подальшому галушення та бутонізація рослин сої відбувалися в сухих умовах з варіюванням гідротермічного коефіцієнта (ГТК) від 0,0 до 0,30. Періоди цвітіння та утворення бобів проходили за сухих та посушливих умов (ГТК в межах 0,13–0,84). Проходження наливу насіння відбувалося також за посушливих умов, що спричиняло абортівність насіння і бобів. У цілому гідротермічні ресурси вегетаційного періоду сої в 2018 р. дорівнювали 0,34, що визначало умови вегетації, як сухі ( $0,5 < \text{ГТК}$ ).

У 2019 р. весна була сприятливою для початкового росту і розвитку досліджуваних сортів сої – у квітні випало 44,5 мм опадів (127,1% від норми), у травні – 43,4 мм (88,6% від норми), що сприяло задовільному проходженню фази бутонізації, але пізніше в червні випало лише 15,2 мм (25,8% від норми), у липні – 38,8 мм (54,6% від норми). Така кількість опадів була недостатньою і призводила до абортівності квіток на рослинах сої усіх строків сівби. В подальшому погодні умови ще більше погіршилися. В серпні температура повітря вдень досягала 33,8°C, разом з відсутністю

(<http://sort.sops.gov.ua/search/search>). The second order plots were various sowing timeframes (factor B): early (6–8°C), medium (10–12°C) and late (14–16°C). The third order plots were pre-sowing treatments of soybean seeds with the bacterial agent Humisol, growth regulators (Adaptophyte and Rost-concentrate) and the fungicide Fundazol. The plot area was 20 m<sup>2</sup>; the record area was 16 m<sup>2</sup>. Major constituents of yield were measured in compliance with methods of the State Variety Trials of Agricultural Crops [9]. Data were statistically processed by ANOVA in Microsoft Office Excel [16].

The farming technique of soybean growing in the experiments, except for the studied factors (sowing period, pre-sowing treatment of seeds), was traditional for the Eastern Forest-Steppe of Ukraine [23].

### Results and Discussion

The hydrothermal conditions in the study years significantly differed from the long-term average values, allowing us to more objectively evaluate the influence of the studied factors. In 2018, the “sowing-emergence” period had enough water in the soil due to March precipitation. Later, during the tillering and budding of soybean plants, it was dry and the hydrothermal coefficient (HTC) varied from 0.0 to 0.30. The anthesis and pod formation occurred under dry and arid conditions (HTC = 0.13–0.84). The seed filling also occurred under dry conditions, which caused seed and pod aborts. In general, the HTC of the soybean growing period in 2018 was 0.34, meaning that the vegetation conditions were dry (HTC < 0.5).

In 2019, the spring was favorable for the initial growth and development of the soybean varieties under investigation: there was 44.5 mm of precipitation (127.1% of the long-term average) in April and 43.4 mm (88.6% of the long-term average) in May, which made the budding phase satisfactory but later, in June and July, there was only 15.2 mm and 38.8 mm, respectively (25.8% and 54.6% of the long-term average). This amount of precipitation was insufficient and led to flower aborts on soybean plants sown in any timeframe. Further, the weather worsened even more. In August, the daytime air temperature reached 33.8°C and there was no precipitation; these were critical conditions for the pod formation and

опадів це призводило до критичних умов для формування бобів і до їх абортівності. Все це спричинило різке зменшення врожайності зерна сої, особливо в посівах ранніх строків сівби. Гідротермічні ресурси вегетаційного періоду сої в 2019 року дорівнювали 0,52, що визначало умови вегетації, як посушливі ( $0,5 < ГТК < 0,9$ ).

2021 рік на початку вегетації характеризувався як оптимальний ( $1 < ГТК < 1,3$ ), що сприяло отриманню найбільшої польової схожості насіння. Середньодобова температура повітря в червні становила  $20,8^{\circ}\text{C}$ , опадів випало 81,9 мм (138,8% від норми). Але в наступний період спекотне літо негативно вплинуло на ріст і розвиток рослин сої ( $0,5 < ГТК < 0,9$ ). Середньодобова температура повітря в липні становила  $26,4^{\circ}\text{C}$ , кількість опадів склала лише 16,2 мм (22,8% від норми). Несприятливі подальші умови періоду вегетації та порівняно більша густина сходів спричиняли конкуренцію між рослинами сої, що призвело до зниження їх виживаності. Така кількість опадів була недостатньою для формування бобів. У цілому гідротермічні ресурси вегетаційного періоду сої в 2021 році дорівнювали 1,03, що визначало умови вегетації, як достатньо зволожені (1,0–1,3).

За результатами аналізу біометричних показників було встановлено, що в середньому за три роки найбільшу кількість бобів було сформовано на рослинах сорту Мальвіна 18,6 шт., дещо менше у сорту Кобза (15,7 шт.) і найменше у сорту Аннушка (13,2 шт.), різниця становила 5,4 шт. або 41,0 % (табл. 1). За ранньої сівби при температурі ґрунту  $6-8^{\circ}\text{C}$  на рослинах сорту Аннушка було сформовано в середньому 11,6 бобів, сорту Кобза – 14,3, сорту Мальвіна – 17,8 бобів. Найбільшу кількість бобів (в середньому за три роки та за варіантами обробки насіння): 14,3; 16,6; 19,3 відповідно до сортів було отримано за сівби в прогрітий ґрунт до температури  $14-16^{\circ}\text{C}$ , що підтверджується іншими авторами [8, 12, 14]. У середньому за роками кількість бобів залежно від варіантів дослідження варіювала в межах від 14,1 до 17,4 шт. За оброблення насіння гумісолом їх кількість збільшувалася на 1,6 шт., адаптофітом – на 3,3 шт. або на 23,3 %, рост-концентрат – на 2,8 шт. або на 19,5 %, а оброблення фундазолом забезпечувало найменшу прибавку – 0,9 шт. або на 6,1 % порівняно з контрольним варіантом.

resulted in pod abortions. All this caused a sharp decrease in the yield of the soybean cultivars, especially early sown. The HTC of the 2019 soybean growing was 0.52, which meaning that the vegetation occurred under dry conditions ( $0.5 < HTC < 0.9$ ).

In 2021, the beginning of the growing period was optimal ( $1 < HTC < 1.3$ ), which contributed to the highest germinability of seeds in the field. The mean daily air temperature in June was  $20.8^{\circ}\text{C}$ ; the precipitation amount was 81.9 mm (138.8% of the long-term average). However, later the hot summer negatively affected the growth and development of soybean plants ( $0.5 < HTC < 0.9$ ). The mean daily air temperature in July was  $26.4^{\circ}\text{C}$ ; the precipitation amount was only 16.2 mm (22.8% of the long-term average). Subsequently, the unfavorable conditions during the vegetation period and relatively high seedling density caused competition between soybean plants, reducing their survival. This amount of precipitation was not enough for the pod formation. In general, the HTC of the soybean growing period in 2021 was 1.03, meaning that the vegetation occurred under sufficiently wet conditions (1.0–1.3).

Analysis of biometric parameters showed that, on average across the three years, cv. 'Malvina' had the largest number of pods per plant (18.6); cv. 'Kobza' had somewhat fewer pods per plant (15.7); and cv. 'Annushka' had the fewest pods per plant (13.2). The difference was 5.4 pods or 41.0% (Table 1). When the cultivars were sown early, at a soil temperature of  $6-8^{\circ}\text{C}$ , the mean number of pods per plant was 11.6, 14.3 and 17.8 in cvs. 'Annushka', 'Kobza' and 'Malvina', respectively. The mean largest number of pods (averaged across the three years and seed treatments) was 14.3, 16.6 and 19.3, respectively, when the cultivars were sown in the soil warmed to  $14-16^{\circ}\text{C}$ , which is confirmed by other authors [8, 12, 14]. On average across the study years, the number of pods per plant varied from 14.1 to 17.4, depending on the experimental variant. When seeds were treated with Humisol, there were 1.6 pods more per plant; Adaptophyt increased the number of pods per plant by 3.3 pods or 23.3%; Rost-concentrate - by 2.8 pods or 19.5%; and Fundazol treatment resulted in the smallest increase of 0.9 pods or 6.1% compared to the control.

**Таблиця 1.** Продуктивність рослин сої залежно від сорту, строків сівби та передпосівного оброблення насіння (середнє за 2018, 2019, 2021 рр.)

**Table 1.** Soybean plant performance in different cultivars depending on sowing timeframes and pre-sowing seed treatments (mean for 2018, 2019 and 2021)

Сорти (A)/ Cultivar (A)	Строки сівби (B) / Sowing timeframe (B)	Препарати (C) / Agent (C)	Кількість на одній рослині, шт. / Number per plant		Маса насіння з однієї рослини, г / Seed weight per plant, g	Маса 1000 шт. насінин, г / Thousand seed weight, g
			бобів / pods	насіння / seeds		
Аннушка / Annushka	ранній / Early (6–8°C)	без оброблення / No treatment	10.9	23.6	2.9	115.3
		гумісол / Humisol	11.4	27.8	3.4	120.3
		адаптофіт / Adaptophyt	12.4	30.2	3.7	122.1
		рост-концентрат / Rost-concentrate	12.0	29.3	3.6	121.3
		фундазол / Fundazol	11.2	27.2	3.3	119.8
	Середній / Medium (10–12°C)	без оброблення / No treatment	12.3	27.6	3.5	117.5
		гумісол / Humisol	13.8	31.0	3.9	121.7
		адаптофіт / Adaptophyt	15.0	33.7	4.3	128.4
		рост-концентрат / Rost-concentrate	14.6	32.7	4.1	124.1
		фундазол / Fundazol	13.0	29.3	3.7	121.4
	пізній / Late (14–16°C)	без оброблення / No treatment	12.7	29.0	3.8	114.2
		гумісол / Humisol	14.3	32.7	4.3	119.3
		адаптофіт / Adaptophyt	15.9	36.3	4.8	121.3
		рост-концентрат / Rost-concentrate	14.9	34.1	4.5	121.0
		фундазол / Fundazol	13.7	31.2	4.1	119.0
Кобза / Kobza	ранній / Early (6–8°C)	без оброблення / No treatment	12.7	29.0	3.8	124.0
		гумісол / Humisol	14.3	32.7	4.3	127.0
		адаптофіт / Adaptophyt	15.9	36.3	4.8	130.3
		рост-концентрат / Rost-concentrate	15.4	35.2	4.6	128.1
		фундазол / Fundazol	13.3	30.5	4.0	126.2
	Середній / Medium (10–12°C)	без оброблення / No treatment	14.5	30.5	4.0	126.7
		гумісол / Humisol	16.1	33.8	4.4	130.0
		адаптофіт / Adaptophyt	17.7	37.2	4.9	134.7
		рост-концентрат / Rost-concentrate	17.2	36.1	4.7	133.9
		фундазол / Fundazol	15.2	32.0	4.2	128.2
	пізній / Late (14–16°C)	без оброблення / No treatment	14.8	31.8	4.3	125.5
		гумісол / Humisol	16.3	35.0	4.8	129.4
		адаптофіт / Adaptophyt	18.5	39.8	5.4	131.7
		рост-концентрат / Rost-concentrate	18.1	39.0	5.2	130.2
		фундазол / Fundazol	15.4	33.0	4.5	127.9
Мальвіна / Malvina	ранній / Early (6–8°C)	без оброблення / No treatment	15.7	34.1	4.5	126.7
		гумісол / Humisol	18.0	39.2	5.2	129.7
		адаптофіт / Adaptophyt	19.4	42.1	5.6	132.4
		рост-концентрат / Rost-concentrate	19.0	41.2	5.4	131.7
		фундазол / Fundazol	17.0	37.0	4.9	128.2
	Середній / Medium (10–12°C)	без оброблення / No treatment	16.6	35.8	4.8	129.6
		гумісол / Humisol	18.7	40.2	5.4	132.4
		адаптофіт / Adaptophyt	20.8	44.7	6.0	136.9
		рост-концентрат / Rost-concentrate	20.2	43.4	5.8	133.3
		фундазол / Fundazol	17.7	38.0	5.2	131.2
	пізній / Late (14–16°C)	без оброблення / No treatment	17.0	37.6	5.0	128.4
		гумісол / Humisol	19.1	42.2	5.7	130.2
		адаптофіт / Adaptophyt	21.2	46.9	6.3	133.9
		рост-концентрат / Rost-concentrate	20.6	45.6	6.1	132.9
		фундазол / Fundazol	18.4	40.9	5.5	129.2

Подібна тенденція спостерігалася і за показником кількості насіння на одній рослині. За роки досліджень найбільшу кількість насіння було сформовано сортом Мальвіна (40,6 шт.), дещо меншу у сорту Кобза (34,1 шт.) і найменшу — у сорту Аннушка (30,4 шт.). Найменше насіння на кожній рослині формувалося в усіх сортів сої за сівби в перший строк (у сорту Аннушка – 27,6, у сорту Кобза – 32,7, у сорту Мальвіна – 38,7 шт.). За сівби у третій строк при температурі ґрунту 14–16°C кількість насіння на кожній рослині збільшилася відповідно до сортів на 5,1, 3,0 і 3,9 шт. За сівби в другий строк спостерігалася зменшення числа насіння на одній рослині порівняно із посівами в третій строк – у сорту Аннушка – на 3,3, у сорту Кобза – на 1,2, у сорту Мальвіна – на 1,7 шт.

У середньому за роками кількість насіння на рослині залежно від варіантів була в межах від 31,0 до 38,6 шт. За оброблення насіння гумісолом його кількість збільшувалася на 4,0 шт. (або на 12,8 %), адаптофітом — на 7,6 шт. (або на 24,4 %), за обробки рост-концентратом кількість бобів зростала на 6,4 шт. (або на 20,6 %), а обробка фундазолом забезпечувала найменшу прибавку – на 2,2 шт. (або на 7,2 %) порівняно з контрольним варіантом.

Найбільшу масу насіння було сформовано у варіантах сівби сої сорту Мальвіна 5,4 г, дещо меншу у сорту Кобза – 4,5 г і найменшу у сорту Аннушка – 3,9 г. Маса насіння з однієї рослини в середньому за роки досліджень та варіантами оброблення насіння в посівах третього строку становила у сорту Аннушка 4,3 г, у сорту Кобза – 4,8, у сорту Мальвіна – 5,7 г, або була більшою порівняно з першим строк. У середньому за роками, сортами та строками сівби маса насіння на рослині залежно від варіанта оброблення насіння варіювала від 4,1 до 5,1 г. Оброблення насіння гумісолом збільшувало масу насіння на 0,5 г (або на 13,1 %), адаптофітом – на 1,0 г (25,1%), рост-концентратом – на 0,8 г (20,2%), а обробка фундазолом забезпечувала найменшу прибавку – 0,3 г (або на 7,7%) порівняно з контрольним варіантом.

За роки дослідження найбільша маса 1000 насіння спостерігалася у варіантах сої сорту Мальвіна 131,1 г, дещо менше у сорту Кобза (128,9 г) і найменше у сорту Аннушка –

There was a similar trend in the number of seeds per plant. Across the study years, the mean greatest number of seeds was recorded for cv. 'Malvina' (40.6); cv. 'Kobza' formed slightly fewer seeds per plant (34.1); and cv. 'Annushka' had the fewest seeds per plant (30.4). The fewest seeds on per plant were noted in all soybean cultivars sown within the first timeframe (cv. 'Annushka' - 27.6; cv. 'Kobza' - 32.7; and cv. 'Malvina' - 38.7). Upon sowing within the third timeframe, at a soil temperature of 14–16°C, the number of seeds per plant increased by 5.1, 3.0, and 3.9 seeds, respectively. Upon sowing within the second timeframe, a decrease in the number of seeds per plant was observed compared to the third timeframe: by 3.3 seeds in cv. 'Annushka', by 1.2 seeds in cv. 'Kobza' and by 1.7 seeds in cv. 'Malvina'.

On average across the study years, the number of seeds per plant ranged from 31.0 to 38.6 seeds in different experimental variants. Upon Humisol treatment of seeds, there were 4.0 seeds more per plant (or 12.8% more); Adaptophyt increased the number of seeds per plant by 7.6 seeds (or by 24.4%); Rost-concentrate increased the number of seeds per plant by 6.4 seeds (or by 20.6%), and Fundazol treatment resulted in the smallest increase of 2.2 seeds (or 7.2%) compared to the control.

The largest weight of seeds per plant of 5.4 g was recorded for soybean cv. 'Malvina' sown within any timeframe; in cv. 'Kobza', this parameter was slightly lower (4.5 g); and in cv. 'Annushka', the smallest weight of seeds per plant of 3.9 g was observed. In cv. 'Annushka' sown within the third timeframe, the weight of seeds per plant averaged across the study years and seed treatments was 4.3 g variety; in cv. 'Kobza' sown within the third timeframe, it was 4.8 g; and in cv. 'Malvina' sown within the third timeframe, it was 5.7 g: these values were higher than the corresponding ones in the cultivars sown within the first timeframe. On average across the study years, cultivars and sowing periods, the weight of seeds per plant varied from 4.1 to 5.1 g, depending on seed treatment. Treatment of seeds with Humisol increased the weight of seeds per plant by 0.5 g (or by 13.1%); Adaptophyt treatment - by 1.0 g (25.1%); Rost-concentrate treatment - by 0.8 g (20.2%); and Fundazol treatment resulted in the smallest increase of 0.3 g (or 7.7 %) compared to the control.



120,4 г. Найбільша маса 1000 насінин була у рослин, вирощених в посівах другого строку сівби і становила у сорту Аннушка 122,6 г, у сорту Кобза 130,7, у сорту Мальвіна – 132,7 г, або була більшою за першого і третього строку, що в цілому підтверджується іншими авторами [12, 14]. У середньому за роками, сортами та строками сівби маса 1000 насінин залежно від варіанту оброблення насіння коливалася в межах від 123,1 до 130,2 г. Оброблення насіння гумісолом збільшувало масу 1000 насінин на 3,6 г (або на 2,9 %), адаптофітом – на 7,1 г (5,8 %), рост-концентратом – на 5,4 г (4,4 %), а оброблення фундазолом забезпечувало найменшу прибавку – 2,6 г (2,1 %) порівняно з контролем. Ці результати узгоджуються з даними іншого автора [25]. За результатами застосування адаптофіту в посівах ячменю ярого маса 1000 насінин збільшувалося на 0,9–2,2 г і досягала найбільшої величини у сорту Патрицій після обробки адаптофітом – 45,8 г.

Нашими дослідженнями встановлено, що урожайність зерна сої в Східному Лісостепу України залежить не тільки від строків сівби і характеру весни, а й від погодних умов літа (табл. 2).

У середньому за роками дослідження найвища врожайність зерна в досліді (2,48 т/га) формувалася у сорту Кобза у варіанті з середнім строком сівби за температури ґрунту 10–12°C і за умови оброблення насіння рост-концентратом. Якщо проаналізувати за роками, то у 2018 та 2021 рр. врожайність була найбільшою у варіантах середнього строку сівби у сорту Мальвіна за умови оброблення насіння адаптофітом (2,24 та 2,69 т/га), у 2019 р. – у варіанті середнього строку сівби у сорту Кобза за умови оброблення насіння рост-концентратом – 2,91 т/га.

У середньому за роками дослідження, найвища різниця за врожайністю зерна сої була за фактором сорт, а саме сорт Аннушка суттєво поступався сортам Кобза та Мальвіна і ця різниця становила 0,31 та 0,43 т/га. Різниця між сортами Кобза та Мальвіна становила – 0,12 т/га і була в межах похибки досліді (при  $НІР_{05}$  за фактором А – 0,15 т/га).

Across the study years, the greatest thousand seed weight of 131.1 g was observed in soybean cv. 'Malvina'; in cv. 'Kobza', this parameter was slightly lower (128.9 g); and cv. 'Annushka' showed the lowest thousand seed weight of 120.4 g. The greatest thousand seed weight was recorded for plants sown within the second timeframe: was 122.6 g in cv. 'Annushka', 130.7 g in cv. 'Kobza' and 132.7 g in cv. 'Malvina'; these values were higher than the corresponding ones for the first and third timeframes, which generally is in agreement with other researchers' data [12, 14]. On average across the years, cultivars and sowing periods, the thousand seed weight varied from 123.1 to 130.2 g, depending on seed treatment. Treatment of seeds with Humisol increased the thousand seed weight by 3.6 g (or by 2.9%); Adaptophyt treatment - by 7.1 g (5.8%); Rost-concentrate treatment - by 5.4 g (4.4%); and Fundazol treatment resulted in the smallest increase of 2.6 g (2.1 %) compared to the control. These results are consistent with another author's data [25]. Application of Adaptophyt on spring barley increased the thousand seed weight by 0.9–2.2 g, with the highest value of 45.8 g in cv. 'Patriysii'.

We found that the yield of soybeans in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine depended not only on sowing time and spring weather but also on summer weather (Table 2).

On average across the study years, the greatest seed yield in the experiment (2.48 t/ha) was harvested from cv. 'Kobza' treated with Rost-concentrate and sown within the medium timeframe at a soil temperature of 10–12°C. If we analyze by year, in 2018 and 2021, the maximum yield was harvested from Adaptophyt-treated and sown within the medium timeframe cv. 'Malvina' (2.24 and 2.69 t/ha); in 2019, Rost-concentrate-treated and sown within the medium timeframe cv. 'Kobza' produced the maximum yield of 2.91 t/ha.

On average across the study years, the greatest difference in the soybean seed yield was due to the cultivar factor, specifically cv. 'Annushka' was significantly inferior to cvs. 'Kobza' and 'Malvina' and this difference amounted to 0.31 and 0.43 t/ha, respectively. The difference between cv. 'Kobza' and cv. 'Malvina' was 0.12 t/ha and was within the error of the experiment ( $LSD_{05}$  for factor A – 0.15 t/ha).

**Таблиця 2.** Забарвлення зерна гібридних рослин F<sub>1</sub>

**Table 2.** Soybean seed yield depending on cultivar, sowing timeframe and pre-sowing seed treatment, t/ha (mean for 2018, 2019 and 2021)

Сорти (A)/ Cultivar (A)	Строки сівби (B) / Sowing timeframe (B)	Препарати (C) / Agent (C)	Роки / Year			Середнє за роками / Average across the years	Середнє за факторами / Average of factors		
			2018	2019	2021		A	B	C
Аннушка / Annushka	ранній / Early (6–8°C)	без оброблення / No treatment	1.39	0.90	1.53	1.27	1.48	1.48	1.38
		гумісол / Humisol	1.58	1.15	1.77	1.50			1.55
		адаптофіт / Adaptophyt	1.63	1.31	1.93	1.62			1.73
		рост-концентрат / Rost-concentrate	1.60	1.25	1.87	1.57			1.66
		фундазол / Fundazol	1.53	1.21	1.63	1.46			1.51
	Середній / Medium (10–12°C)	без оброблення / No treatment	1.51	1.29	1.73	1.51	1.57	1.68	
		гумісол / Humisol	1.68	1.45	1.97	1.60			
		адаптофіт / Adaptophyt	1.83	1.67	2.13	1.88			
		рост-концентрат / Rost-concentrate	1.78	1.60	2.07	1.82			
	пізній / Late (14–16°C)	без оброблення / No treatment	1.37	1.23	1.51	1.37	1.54	1.54	
		гумісол / Humisol	1.50	1.38	1.74	1.54			
		адаптофіт / Adaptophyt	1.69	1.43	1.98	1.70			
		рост-концентрат / Rost-concentrate	1.58	1.35	1.87	1.60			
		фундазол / Fundazol	1.48	1.26	1.68	1.47			
	Кобза / Kobza	ранній / Early (6–8°C)	без оброблення / No treatment	1.48	1.37	1.83	1.56	1.77	1.77
гумісол / Humisol			1.68	1.55	2.07	1.77	1.86		
адаптофіт / Adaptophyt			1.83	1.71	2.33	1.96	2.06		
рост-концентрат / Rost-concentrate			1.78	1.65	2.27	1.90	2.01		
фундазол / Fundazol			1.53	1.41	2.00	1.65	1.74		
Середній / Medium (10–12°C)		без оброблення / No treatment	1.77	1.62	2.04	1.81	1.87	2.02	
		гумісол / Humisol	1.93	1.77	2.35	2.02			
		адаптофіт / Adaptophyt	2.11	1.97	2.54	2.21			
		рост-концентрат / Rost-concentrate	2.05	2.91	2.49	2.15			
пізній / Late (14–16°C)		без оброблення / No treatment	1.56	1.45	1.83	1.61	1.81	1.81	
		гумісол / Humisol	1.71	1.53	2.11	1.78			
		адаптофіт / Adaptophyt	1.95	1.77	2.35	2.02			
		рост-концентрат / Rost-concentrate	1.88	1.75	2.27	1.97			
		фундазол / Fundazol	1.58	1.46	1.98	1.67			
Мальвіна / Malvina		ранній / Early (6–8°C)	без оброблення / No treatment	1.66	1.54	1.94	1.71	1.94	1.94
	гумісол / Humisol		1.83	1.77	2.25	1.95	2.01		
	адаптофіт / Adaptophyt		2.09	1.82	2.40	2.10	2.19		
	рост-концентрат / Rost-concentrate		2.08	1.75	2.37	2.07	2.16		
	фундазол / Fundazol		1.73	1.70	2.13	1.85	1.88		
	Середній / Medium (10–12°C)	без оброблення / No treatment	1.86	1.75	2.20	1.94	2.01	2.14	
		гумісол / Humisol	2.01	1.95	2.44	2.13			
		адаптофіт / Adaptophyt	2.24	1.98	2.69	2.34			
		рост-концентрат / Rost-concentrate	2.21	2.05	2.64	2.27			
	пізній / Late (14–16°C)	без оброблення / No treatment	1.69	1.57	1.99	1.75	1.95	1.95	
		гумісол / Humisol	1.83	1.77	2.25	1.95			
		адаптофіт / Adaptophyt	2.09	1.90	2.40	2.13			
		рост-концентрат / Rost-concentrate	2.08	1.80	2.47	2.12			
		фундазол / Fundazol	1.67	1.65	2.07	1.80			

HIP<sub>05</sub> за факторами LSD<sub>05</sub> for factors: A – 0.15; B – 0.03; C – 0.01; ABC – 0.2

Також, слід зазначити, що значною мірою врожайність зерна зростала за умови оброблення насіння перед сівбою досліджуваними препаратами, прибавка була суттєвою, в межах 0,10–0,38 т/га (при НР0.05 за фактором С – 0,01 т/га). Найвища прибавка врожайності зерна сої порівняно з контрольним варіантом (в середньому за роками, сортами та строками сівби) спостерігалася на варіантах з обробленням насіння адаптофітом – 0,38 т/га і рост-концентратом – 0,37 т/га. Такі дані і цілому збігаються з результатах інших досліджень. Наприклад, зафіксовано підвищення під впливом адаптофіту урожайності ячменю ярого [25], соняшнику [26], картоплі [27], .

Вплив строків сівби на зернову продуктивність сої був найменшим, зокрема, середній строк сівби за температури ґрунту 10–12°C забезпечив прибавку 0,24 т/га, сівба (за температури ґрунту 14–16°C) забезпечувала вже не суттєву прибавку (0,04 т/га), порівняно з раннім строком сівби за температури ґрунту 6–8°C (при НР0.05 за фактором В – 0,03 т/га).

За екстремальних погодних умов, які склалися у 2019 р., найбільшу врожайність було отримано у сорту Мальвіна – 1,79 т/га, дещо меншу – 1,71 т/га у сорту Кобза і 1,33 т/га – у сорту Аннушка.

Встановлено, що досліджувані сорти сої не однаково реагували на строки сівби і погодні умови років дослідження. У 2018 р. найбільша врожайність досліджуваних сортів була за другого строку сівби – 1,41–1,66 т/га, а найменшою – за пізнього строку сівби – 1,37–1,55 т/га. У 2019 р., навпаки, найбільшою врожайність була за пізнього строку сівби – 1,23–1,37 т/га. Отримані результати узгоджуються із результатами інших авторів [6, 8, 12].

## Висновки

Результатами спостережень доведено високий вплив варіантів дослідження на формування індивідуальної продуктивності рослин сої та показники урожайності. В усі роки дослідження найкращі показники індивідуальної продуктивності рослин сої формувалися посівами сої сорту Мальвіна у варіантах з середнім строком сівби (температура ґрунту –10–12°C) і передпосівної обробки насіння Адаптофітом.

У середньому за роки дослідження вищу врожайність насіння сої отримали у сорту Мальвіна у варіантах з середнім строком сівби (температура ґрунту – 10–12°C) і передпосівної обробки насіння Адаптофітом. У цьому варіанті урожайність становила 2,34 т/га.

In addition, it should be noted that the grain yield increased to a large extent after pre-sowing treatment of seeds with the studied agents; the increase was significant, ranging 0.10 to 0.38 t/ha (at LSD0.05 for factor C 0.01 t/ha). The greatest gain in the soybean grain yield compared to the control (on average across years, cultivars and sowing periods) was recorded for Adaptophyt (0.38 t/ha) and Rost-concentrate (0.37 t/ha) treatment. Such data generally are in agreement with results of other studies. For example, there was an increase in the yields of spring barley [25], sunflower [26] and potato [27] attributed to Adaptophyt.

The effect of sowing time on the soybean grain yield was the smallest, in particular, sowing within the medium time frame at a soil temperature of 10–12°C resulted in an increase of 0.24 t/ha and sowing at a soil temperature of 14–16°C gave no significant increase (0.04 t/ha) compared to the early sowing period at a soil temperature of 6–8°C (at LSD0.05 for factor B 0.03 t/ha).

Under the extreme weather conditions in 2019, the maximum yield of 1.79 t/ha was harvested from cv. ‘Malvina’ variety; cv. ‘Kobza’ yielded slightly less (1.71 t/ha); and cv. ‘Annushka’ yielded 1.33 t/ha.

The investigated soybean cultivars were found to respond differently to sowing time and weather in the study years. In 2018, the greatest yield (1.41–1.66 t/ha) from the studied cultivars was harvested when they were sown within the second period and the smallest yield (1.37–1.55 t/ha) was harvested when they were sown late. In 2019, on the contrary, the maximum yield of 1.23–1.37 t/ha was obtained from the late-sown cultivars. These results are consistent with other authors’ findings [6, 8, 12].

## Conclusions

We proved the strong impact of the factors under investigation on the individual performance and yield of soybean plants. In all study years, cv. ‘Malvina’ showed the best individual performance when it was treated with Adaptophyt before sowing and planted within the medium timeframe (soil temperature –10–12 °C).

On average across the study years, the maximum yield of soybean seeds amounting to 2.34 t/ha was harvested from cv. ‘Malvina’ when it was treated with Adaptophyt before sowing and planted within the medium timeframe (soil temperature –10–12 °C).

## References

1. Anishyn, L.A. (1998) Agroclimatic reserves for stabilizing corn and soybean production in Ukraine. ZNP Ukr.DNDPTI "Ahroresursy". 181-192. [in Ukrainian]
2. Artemenko, S.F. (2011) The impact of agrotechnical measures and sowing dates under different weather conditions on soybean yield. Biul. In-tu Zern. Hosp-va. 40, 40–45. [in Ukrainian]
3. Babych, A.O. (1993) Modern production and use of soybeans. K.: Urozhai. 432 p. [in Ukrainian]
4. Babych, A.O. (1995) Feed and protein resources of the world. K., Ahrarna Nauka. 298 p. [in Ukrainian]
5. Bakhmat, O.M. (2012) Modeling adaptive soybean cultivation technology. Kamianets-Podilskyi, 2012. 436 p. [in Ukrainian]
6. Coffel, E.D., Lesk, C., Winter, J.M., Osterberg, E.C., Mankin, J.S. (2022) Crop-climate feedbacks boost US maize and soy yields. *Environmental Research Letters*, 17 (2), doi: 10.1088/1748-9326/ac4aa0
7. Hryhorieva, O.M., Hryhoriev, M.I. (2001) The productivity of the Medea soybean variety depending on growing conditions. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*. 47, 114-115. [in Ukrainian]
8. Książak, J., & Bojarszczuk, J. (2022). The seed yield of soybean cultivars and their quantity depending on sowing term. *Agronomy*, 12(5), 1066. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051066>
9. Methods of examination of cereal, groat crop and legume varieties for suitability for dissemination in Ukraine. Kyiv. 2016. 81 p. [in Ukrainian]
10. Mikheiev, V.H. (2006) Treatment of seeds with bacterial preparations is an important element of soybean cultivation technology. *Innovative Directions of Scientific Activities of Young Scientists in Plant Production: Abstracts of the 3rd International Scientific Conference*. Kharkiv, IR im. V.V. Yurieva. Kh. 168-169. [in Ukrainian]
11. Mikheiev, V.H. (2012) The influence of growth regulators and seed inoculation on the productivity of photosynthesis of soybean crops. *Bulletin of the Center for Science Provision of Agribusiness in the Kharkiv Region*. 13, 172-179. [in Ukrainian]
12. Moldovan, V., Moldovan, Z., & Sobchuk, S. (2021). Sowing terms as a way to increase yield of soybean varieties with different vegetation period. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, (91), 71-81. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202191-06> [in Ukrainian]
13. Mykhailov V.H., Sherbyna O.Z., Romaniuk L.S. (2001) Reaction of varieties and selection numbers of soybeans to changes in growing conditions. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*. 47, 27–29. [in Ukrainian]
14. Nahorni, V. I. (2010). Influence of sowing terms and methods on the productivity of soybean varieties. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*, (66), 96-102. [in Ukrainian]
15. Ohurtsov, Ye.M. (2008). Soybeans in the Eastern Forest Steppe of Ukraine: monograph. Kharkiv. 270 p. [in Ukrainian]
16. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M. et al. (2016). Experimentation in agronomy: manual in 2 books. Book 2. Kharkiv: Mайдan. 324 p. [in Ukrainian]
17. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M. et al. (2016). Experimentation in agronomy: manual in 2 books. Book 1. Theoretical aspect of experimentation. Kharkiv: Mайдan, 316 p. [in Ukrainian]
18. Shepilova, T.P. (2019) The influence of growth regulators on soybean productivity in the conditions of the northern steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 3, 80–84. doi: 10.31210/visnyk2019.03.10 [in Ukrainian]
19. Shepilova, T.P., Petrenko, D.I., Leshchenko, S.M. & Artemenko, D.Y. (2021). Formation of soybean productivity depending on sowing time and plant growth regulators. *Scientific Progress & Innovations*, 4, 30–35. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.03> [in Ukrainian]
20. Shevnikov, M.Ya., Koblai O.O. (2015) Application of biological, chemical, and physical methods in soybean and corn cultivation technologies. Poltava, 258 p. [in Ukrainian]
21. Siedokur, L.K., Retman S.V., Dzhamb O.V., Horbachova N.P. (2000) Effective fungicide Alto Super – for the protection of winter wheat and spring barley from a complex of diseases. *Zakhyst Roslyn*. 3, 5–6. [in Ukrainian]
22. Tikhonenko, D.P., Dehtyaryov, Yu.V. (2016) Soil cover of the research field of "Rohan Stationary" V.V. Dokuchaev KhNAU. *Visn. KhNAU im. V.V. Dokuchaieva. Series "Soil Science, Agrochemistry, Agriculture, Forestry, Soil Ecology"*. 2, 5–13. [in Ukrainian]
23. Tyshchenko, L.M., Korniienko, S.I., Dubrovin, V.A. et al (2015), Flow charts of crop cultivation: monograph / ed. by LM Tyshchenko / Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University. Kharkiv: Generous Manor Plus, 273 p. [in Ukrainian]

24. Venediktov, O.M. (2003) Ways to increase soybean productivity in the conditions of Central Forest-Steppe of Ukraine. *Kormy i Kormovyrobnytstvo*. 50, 65-69. [in Ukrainian]
25. Bahan A. V., Yarmosh D. I. (2021) Effects of the growth regulator Adaptophyt on the performance of spring barley cultivars. *Current Aspects and Technologies in Plant Protection: Proceedings of the International Scientific-Practical Internet Conference*. November 26, 2021. Poltava: PDAA. 32-35. [in Ukrainian]
26. Yermko L.S., Sydorenko A.V., Olepir R.V., Ahafanova S.O. (2009) Performance of some agricultural crops treated with plant growth regulators. *Visnyk Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii*. 1, 43–45. [in Ukrainian]
27. Iskakova O. Sh. Performance of summer-sown potato cultivars on drip irrigation in the South of Ukraine. Thesis for the Academic degree of Candidate of Agricultural Sciences: 06.01.09 Plant Production. Mykolaiv, 2016. 170 p. [in Ukrainian]

Надійшла до редакції 20.11.2024 р.  
Received 20.11.2024