

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**ТЕТЕРЮК Роман Сергійович**

УДК [633.179+633.15]:631.95:631.5:662.767.2(043.3/.5)

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**АГРОЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ**  
**ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСА ГІГАНТСЬКОГО І КУКУРУДЗИ ЗА**  
**ВИКОРИСТАННЯ НА БІОПАЛИВО**  
**В УМОВАХ НЕСТІЙКОГО ЗВОЛОЖЕННЯ**

201 – Агрономія

20 – Аграрні науки і продовольство

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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

  
\_\_\_\_\_ Р. С. Тетерюк

Науковий керівник: **Кулик Максим Іванович**  
доктор сільськогосподарських наук, професор

Полтава 2026

## АНОТАЦІЯ

*Тетерюк Р. С.* Агроекологічне обґрунтування технології вирощування міскантуса гігантського і кукурудзи за використання на біопаливо в умовах нестійкого зволоження. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агронімія (галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство). – Полтавський державний аграрний університет Міністерства освіти і науки України. Полтава, 2026.

У дисертаційній роботі обґрунтовано шляхи пошуку збільшення врожайності біомаси міскантусу гігантського, що є основою вирішення актуального наукового завдання за підбору адаптованих та продуктивних сортів, з урахуванням погодних умов та удосконалення елементів агротехнології вирощування в бінарних посівах з люпином багаторічним (підживлення мінеральним добривом Карбамід) та у смугових насадженнях із кукурудзою та бобовим компонентом й застосування підживлення хелатним препаратом Крісталон та біопрепаратом Мікофренд С (біологізація технології вирощування) задля отримання якісної сировини для біопалива.

*За встановлення впливу екологічних чинників, сортових властивостей на формування врожайності міскантусу гігантського* визначені параметри адаптивності рослин за їх стійкістю до абіотичних чинників, що притаманна сортименту міскантусу гігантського: Гулівер, Верум та Осінній зорецвіт. Нижча адаптивність була у сорту Універсальний. Даним сортам властивий найбільш тривалий вегетаційний період (на рівні або більше 200 діб). За біометричними (кількісними) показниками рослин виділено сорти міскантусу гігантського Осінній зорецвіт і Гулівер, що формують найбільшу висоту й густоту стеблостою, облиствленість та забезпечують найбільшу площу листової поверхні. Сорти міскантусу гігантського Гулівер, Осінній зорецвіт та Верум формують найвищі показники за врожайністю та обсягом сухої біомаси. Відповідно сортів ці показники були на рівні 13,1 та 39,3 т/га, 12,5 і 36,5 та 12,2 і 35,8 т/га за НІР<sub>05</sub> (урожай) 0,39 т/га та НІР<sub>05</sub> (обсяг біомаси)

1,62 т/га, а у інших сортів ці показники були на нижчому рівні. Визначено сильний кореляційний зв'язок між висотою, густотою стеблостою і площею листкової поверхні ( $r > 0,71$ ) та врожайністю як за вологою, так і сухою біомасою, що притаманно усім сортам міскантусу гігантського. Середньою мірою на врожайність сухої біомаси мають вплив кількість та лінійні параметри листкової пластинки ( $r < 0,71$ ).

*За вивчення впливу способу вирощування й підживлення насаджень на формування врожайності біомаси міскантусу гігантського експериментальним шляхом доведено, що біометричні показники істотно залежать від способів культивування та системи підживлення. Істотно вища висота стеблостою формується у рослин міскантусу в бінарних насадженнях з бобовим компонентом при застосуванні підживлення азотом на рівні або більше 60 кг/га, а одновидових – 90-120 кг/га. Відмічено зростання густоти стеблостою при збільшенні доз застосування азоту в підживленні ( $N_{60-120}$ ): у одновидових насадженнях – від 9,7 до 13,7 шт./рослину, а у бінарних, на цих же варіантах, суттєво більше – від 11,0 до 15,7 шт./рослину. Площа фотосинтетичної поверхні листка міскантусу була у межах – від 60,7 до 71,0 см<sup>2</sup> у одновидових насадженнях, та – від 64,0 до 74,7 см<sup>2</sup> – у бінарних.*

Визначено, що спосіб вирощування міскантусу гігантського у бінарних посівах з люпином багаторічним істотно збільшує врожайність за сухою біомасою. При цьому прибавка врожаю міскантусу гігантського на варіантах бінарного вирощування виявилась найбільш суттєвою і становила за роки 1,2 т/га, при урожайності 20,8 т/га на противагу одновидовим насадженням – де цей показник варіював у межах 19,1–19,9 т/га (середня 19,6 т/га). Обґрунтовано, що застосування весняного підживлення насаджень збільшує врожайність біомаси міскантусу гігантського: у бінарних насадженнях до 21,0–21,2 т/га при застосуванні  $N_{30-60}$  порівняно з контролем (20,5 т/га); істотно нижчим цей показник був у одновидових – на рівні 19,5–19,9 т/га за внесення збільшених доз азоту  $N_{60-90}$ , що на 0,4–0,8 т/га нижче порівняно з контролем (19,1 т/га). Показники якості біомаси міскантусу гігантського за вмістом

целюлози, геміцелюлози та лігніну у біомасі зростають при збільшенні дози азоту ( $N_{60}$  і більше) як у моно-, так і бінарних насадженнях.

*За розробки елементів біологізації технології вирощування міскантусу гігантського обґрунтовано, що у середньому за три роки найбільш істотний вплив на зростання кількісних показників рослин міскантусу гігантського: довжину стебла, кількість стебел та площі листової поверхні листків має застосування підживлення Крісталоном 50 % сумісно з біопрепаратом, або ж 100 % дозою як у одновидових, так і смугових насадженнях.*

Встановлено, що врожайність біомаси міскантусу за варіантами підживлення Крісталоном (повна доза 100 %, що відповідає дозі 3 кг/га з нормою внесення робочого розчину 200 л/га) у одновидових насадженнях була найбільшою (19,9 т/га), а у смугових – зменшена норма внесення препарату Крісталон сумісно з біопрепаратом Мікофренд С (50 % доза), що істотно збільшувала врожайності до 22,18 т/га. У середньому за роки дослідження найбільшу врожайність біомаси кукурудзи (7,3 т/га) забезпечили варіанти сумісного підживлення хелатним препаратом Крісталон (доза застосування 1,5 кг/га з нормою внесення робочого розчину 100 л/га) та біопрепаратом Мікофренд С – дозою 0,25 л/га з нормою внесення робочого розчину 50 л/га, що відповідає 50 % від рекомендованої для кожного препарату. У загальному, на цих варіантах підживлення у смугових насадженнях обсяг рослинної біомаси міскантусу й кукурудзи становив 29,5 т/га. На цих варіантах дослідів визначено і високі показники якості біомаси: вміст целюлози, лігніну та геміцелюлози.

*При розрахунках ефективності вирощування сортів, оптимізованої (удосконаленої) технології вирощування міскантусу гігантського для отримання біомаси доведена висока економічна та енергетична результативність виробництва біомаси сорту міскантусу гігантського Гулівер, а також за вирощування міскантусу гігантського у бінарних посівах з люпином за щорічного весняного підживлення насаджень дозою азоту  $N_{30-60}$ , або ж у*

смугових насадженнях енергокультури з кукурудзою та люпином за внесення 50 % доза препарату Крісталон + біопрепарат Мікофренд С.

Для розширення сортового різноманіття та отримання високої врожайності якісної біомаси міскантусу гігантського в умовах нестійкого зволоження центральної частини лівобережного Лісостепу України рекомендовано:

- вирощувати сорти міскантусу гігантського української селекції Гулівер, Осінній зорецвіт та Верум, що виокремлено за високими адаптивними властивостями, кількісними показниками рослин, врожайністю біомаси та виходом енергії з неї;

- для удосконалення елементів технології вирощування, міскантус гігантський розміщувати у бінарних посівах з люпином багаторічним із застосуванням щорічного весняного підживлення дозою азоту  $N_{30-60}$ , що істотно збільшує врожайність за сухою біомасою до 20,8-21,2 т/га;

- для збільшення врожайності біомаси (до 22,2 т/га) та ефективності її виробництва за коефіцієнтом енергетичної ефективності ( $K_{ee} > 3,0$ ) застосовувати біологізацію технології вирощування міскантусу за розміщення його у смугових посівах з кукурудзою та люпином багаторічним із застосуванням сумісного підживлення хелатним препаратом Крісталон та біопрепаратом Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), що дозволить отримувати збільшений вихід біомаси (до 29,5 т/га) із урахуванням обсягу біомаси супутнього компонента – кукурудзи звичайної (7,3 т/га).

- для отримання збільшеного вмісту геміцелюлози у біомасі на одновидових насадженнях застосовувати у весняному підживленні азотні добрива дозою  $N_{60-90}$ , а для бінарних насаджень –  $N_{60-120}$ ; у смугових насадженнях якість біомаси поліпшується за підживлення препаратами Крісталон і Мікофренд С (50 % доза кожного препарату)

Встановлено, що в агрологістиці менеджменту вирощування міскантусу гігантського вагомим є дотримання ланцюга виробництва біомаси: від закладки енергоплантації, укорінення рослин (1-2 роки), до збирання біомаси

з третього року вегетації (осіннє / весняне), проведення агрозаходів (щорічне весняне підживлення за рахунок мінерального азоту та споживання рослинами азоту, що накопичила бобова культура), збирання й постачання біомаси на переробку та отримання енергії.

*Ключові слова:* міскантус гігантський, сорт, кукурудза звичайна, люпин багаторічний, умови вирощування, агрофітоценози, технологія вирощування, кількісні показники, врожайність, біомаса.

## ABSTRACT

*Teteriuk R. S.* Agroecological substantiation of the technology of growing miscanthus giant and corn for use as biofuel in conditions of unstable moisture. – Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 Agronomy (branch of knowledge 20 Agrarian Sciences and Food). – Poltava State Agrarian University of the Ministry of Education and Science of Ukraine. Poltava, 2026.

The dissertation presents a solution to an important scientific problem - finding ways to increase the biomass yield of *Miscanthus giganteus* by selecting adapted and productive varieties, taking into account weather conditions and improving the elements of agrotechnology of cultivation in binary crops with perennial lupine (fertilization with mineral fertilizer Urea) and in strip plantings with corn and a legume component and the use of fertilizing with the chelate preparation Kristalon and the biological preparation Mycofriend S (biologization of cultivation technology) to obtain raw materials for biofuel.

In order to establish the influence of environmental factors, varietal properties on the formation of the yield of *Miscanthus giganteus*, the greatest complex resistance of plants to growing conditions (resistance to lodging, drought and cold resistance) was determined for the varieties of *Miscanthus giganteus*: ‘Gulliver’, ‘Verum’ and Osinniy Zoretsvit’, and the lowest – for the variety ‘Universal’. These same varieties had the longest growing season (at or above 200 days). According to

biometric (quantitative) indicators of plants, the following varieties of giant miscanthus were distinguished: 'Autumn Dawn' and 'Gulliver', which form the greatest height and density of the stem, foliage and provide the largest area of the leaf surface. According to the yield and volume of dry biomass, the varieties of giant miscanthus 'Gulliver' were distinguished (respectively, indicators 13.1 and 39.3 t/ha), lower, but at a high level, these indicators were in the varieties 'Autumn Dawn' and 'Verum' (12.5 and 36.5 and 12.2 and 35.8 t/ha, respectively with  $LSD_{05}$  0.39 and  $LSD_{05}$  1.62), in other varieties they were significantly lower. A strong correlation was determined between the height, stem density and leaf surface area ( $r > 0.71$ ) and the yield of both wet and dry biomass, which is inherent in all varieties of *Miscanthus giganteus*. The yield of dry biomass is influenced by the number and linear parameters of the calyx plate ( $r < 0.71$ ).

When studying the influence of the method of growing and fertilizing plantations on the formation of biomass yield of *Miscanthus giganteus*, it was experimentally proven that biometric indicators significantly depend on the method of growing and fertilizing plantations. It is proven that a greater stem height is formed in *Miscanthus* plants in binary plantations with a legume component when applying nitrogen fertilization at or above 60 kg/ha, and in single-species ones – 90-120 kg/ha. An increase in stem density was noted with increasing doses of nitrogen application in top dressing ( $N_{60-120}$ ): in single-species plantings – from 9.7 to 13.7 pcs./plant, and in binary, in the same variants, significantly more – from 11.0 to 15.7 pcs./plant. The photosynthetic surface area of the *Miscanthus* leaf was within the limits – from 60.7 to 71.0 cm<sup>2</sup> in single-species plantings, and - from 64.0 to 74.7 cm<sup>2</sup> – in binary.

It was determined that the method of growing giant miscanthus in binary crops with perennial lupine significantly increases the yield in terms of dry biomass. The increase in the yield of *Miscanthus giganteus* in binary cultivation with lupine was the largest and amounted to 1.2 t/ha over the years, with an average yield of 20.8 t/ha, in contrast to single-species plantings - where this indicator varied within 19.1–19.9 t/ha (average 19.6 t/ha). It is substantiated that the use of spring fertilization of

plantings increases the yield of *Miscanthus giganteus* biomass: in binary plantings to 21.0–21.2 t/ha when applying  $N_{30-60}$  compared to the control (20.5 t/ha); this indicator was significantly lower in single-species - at the level of 19.5–19.9 t/ha when applying increased doses of nitrogen  $N_{60-90}$ , which is 0.4–0.8 t/ha lower compared to the control (19.1 t/ha). The quality indicators of *Miscanthus* giant biomass in terms of cellulose, hemicellulose and lignin content in biomass increase with increasing nitrogen dose ( $N_{60}$  and more) in both mono- and binary plantings.

When developing elements of biologization of agrotechnology for growing *Miscanthus* giant, it was substantiated that on average over three years, the most significant impact on the growth of quantitative indicators of *Miscanthus* giant plants: stem length, number of stems and leaf surface area of leaves is the use of Kristalon 50% in combination with a biopreparation, or 100% dose in both single-species and strip plantings.

It was found that the biomass yield of miscanthus according to the options for feeding with Kristalon (full dose 100 %, which corresponds to a dose of 3 kg/ha with a working solution application rate of 200 l/ha) in single-species plantings was the highest (19.9 t/ha), and in strip plantings – a reduced rate of application of the drug Kristalon in combination with the biological preparation Mikofred S (50 % dose), which significantly increased yields to 22.18 t/ha. On average over the years, the highest biomass yield of corn (7.3 t/ha) was provided by the options for combined feeding with the chelate preparation Kristalon (application dose 1.5 kg/ha with a working solution application rate of 100 l/ha) and the biological preparation Mikofred C – at a dose of 0.25 l/ha with a working solution application rate of 25 l/ha, which corresponds to 50 % of the recommended for each preparation. In general, with these feeding options in strip plantings, the volume of plant biomass of miscanthus and corn was 29.5 t/ha. These experimental variants also determined high biomass quality indicators: the content of cellulose, lignin, and hemicellulose.

When calculating the efficiency of growing varieties, optimized (improved) technology for growing *Miscanthus* giant for biomass production, high economic and energy efficiency of biomass production of *Miscanthus* giant variety ‘Gulliver’

was proven, as well as for growing *Miscanthus* giant in binary crops with lupine with annual spring fertilization of plantings with a dose of nitrogen  $N_{30-60}$ , or in strip plantings of energy crops with corn and lupine with the application of a 50 % dose of the drug Kristalon + biological preparation Mikofred S.

To expand varietal diversity and obtain high yields of high-quality biomass of *Miscanthus* giant in conditions of unstable moisture in the central part of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine, it is recommended:

- to grow *Miscanthus* giant varieties of Ukrainian selection 'Gulliver', 'Osinniy Zoretsvit' and 'Verum', which are distinguished by high adaptive properties, quantitative indicators of plants, biomass yield and energy output from it;

- to improve the elements of cultivation technology, *Miscanthus* giant should be placed in binary crops with perennial lupine using annual spring fertilization of plantings with a dose of nitrogen  $N_{30-60}$ , which significantly increases the yield in terms of dry biomass to 20.8–21.2 t/ha;

- to increase biomass yield (up to 22.2 t/ha) and the efficiency of its production by the energy efficiency coefficient ( $K_{ee} > 3.0$ ), apply biologization of agrotechnology to grow miscanthus by placing it in strip crops with corn and perennial lupine with the use of combined top dressing with the chelate preparation Kristalon and the biological preparation Mikofred C (50 % dose of each preparation), which will allow to obtain an increased biomass yield (up to 29.5 t/ha) taking into account the volume of biomass of the accompanying component – common corn (7.3 t/ha).

- to obtain an increased content of hemicellulose in biomass on single-species plantations, apply nitrogen fertilizer in the spring top dressing at a dose of  $N_{60-90}$ , and for binary plantations –  $N_{60-120}$ ; in strip plantations, the quality of biomass improves with top dressing with Kristalon and Mikofred C (50% dose of each drug).

It has been established that in agrologistics of production it is important to observe the production chain of *Miscanthus giganteus* biomass: laying of energy plantation, rooting of plants (1–2 years), harvesting biomass from the third year of

vegetation (autumn / spring), carrying out agricultural activities (annual spring top dressing with mineral nitrogen and the use of nitrogen accumulated by the legume crop), harvesting and supplying biomass for processing and obtaining energy.

*Keywords:* Miscanthus giganteus, variety, corn, lupine, growing conditions, agrophytocenoses, growing technology, quantitative indicators, yield, biomass.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### I. Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації:

#### Публікації виданнях НМБ Scopus:

Taranenko Anna, Taranenko Serhiy, Kulyk Maksym, Rytchenko Andriy, Teteriuk Roman (2025). Assessment of the soil microbial community under energy crops (*Panicum Virgatum L. and Miscanthus x Giganteus*): a case study in Ukraine. *Soil Science Annual*. 2025, 76 (1): 199764  
[DOI: https://doi.org/10.37501/soilsa/199764](https://doi.org/10.37501/soilsa/199764) (40 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

#### Публікації у фахових виданнях України:

1. Тетерюк Р. С., Кулик М. І. Аналіз сортів міскантусу за адаптивністю, врожайністю та енергопродуктивністю біомаси в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Вип. 27 (3). С. 31–37. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.05> (80 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

2. Тетерюк Р. С., Сахно Т. В., Корінний С. М., Семенов А. О. Бібліометричний аналіз біогазової продуктивності міскантусу. *Міжнародний науковий журнал «Грааль науки»*. 2024. Вип. № 42, С 299–307. DOI 10.36074/grail-of-science.02.08.2024.040 (60 % авторства, проведення англійського обґрунтування та узагальнення, написання статті).

3. Тетерюк Р. С., Кулик М. І. Урожайність міскантусу гігантського залежно від способу вирощування та підживлення насаджень в агрологістиці

виробництва біомаси. *Аграрні інновації*. 2025. Вип. № 29. С. 145–155. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.24> (80 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

4. Тетерюк Р. С., Кулик М. І. Виробництво садивного матеріалу міскантусу гігантського: вихід та якість залежно від агротехнологічних умов вирощування. *Новітні агротехнології*. 2025. Т. 13, Вип. № 1. <https://doi.org/10.47414/na.13.1.2025.331569> (80 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

5. Тетерюк Р.С., Кулик М.І. Удосконалена технологія вирощування міскантусу гігантського у смугових насадженнях: вплив на елементи продуктивності, врожайність та якість біомаси. *Новітні агротехнології*. 2025. Т.13, № 2. <https://doi.org/10.47414/na.13.2.2025.339605> (80 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

6. Кулик М. І. Калініченко О. В., Рожко І.І., Тетерюк Р.С. Ефективність виробництва біомаси міскантусу гігантського залежно від способу вирощування та підживлення насаджень *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Том 28 (4). С. 87–93. DOI: [10.31210/spi2025.28.04.12](https://doi.org/10.31210/spi2025.28.04.12) (40 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення, написання статті).

## **II. Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

### ***Тези доповідей на конференціях (семінарах, круглих столах):***

7. Тараненко С. В., Тетерюк Р. С. Перспективний напрямок вирощування міскантусу гігантського, як засобу відновлення біологічної складової ґрунту, для ефективного використання деградованих земель. *Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної інтернет конференції*. м. Полтава, 30 вересня 2023 р. Полтава, 2023. С. 111–113.

8. Сахно Т. В., Семенов А. О., Тетерюк Р. С. Біогазова продуктивність міскантусу гігантського та кукурудзи. *Збірник матеріалів VIII міжнародної науково-практичної конференції «Global science: prospects and innovations»*. Liverpool, United Kingdom, 28-30 березня 2024 р. Ліверпуль, 2024. С. 30–34.

9. Тетерюк Р. С., Кулик М. І. Адаптивність та врожайність сортів міскантусу. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції (8 жовтня 2024 р., м. Київ) / М-во аграр. політики та прод. України, Укр. ін-т експертизи сортів рослин*. С. 73-74. <http://confer.udiesr.sops.gov.ua/miron2019/paper/view/17602>

10. Тетерюк Роман, Кулик Максим. Виробництво садивного матеріалу міскантусу гігантського. *Актуальні проблеми сучасної науки: теоретичні та практичні дослідження молодих учених: Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції*. м.Полтава, 14-15 квітня 2025 р. С. 91–93.

11. Тетерюк Р. С., Кулик М. І. Якісні параметри та врожайність біомаси міскантусу гігантського залежно від способу вирощування. *Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Роль бавовнику та інших технічних культур для сільськогосподарського виробництва в умовах зміни клімату»*, м. Одеса, Україна, 15 жовтня 2025 року. Одеса: ІКОСГ НААН, 2025. С. 64–66.

#### **Патент на корисну модель:**

12. Кулик М. І., Рожко І. І., Тетерюк Р. С., Каланіченко О. В., Падалка В. В., Іванов О. М. Спосіб виробництва садивного матеріалу – ризом міскантусу гігантського: патент на корисну модель №UA160273, МПК (2025.01), А01Н 4/00. 20.08.2025, Бюл. № 34. (40 % авторства, проведення досліджень, отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення).

## ЗМІСТ

<b>СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ</b>	15
<b>ВСТУП</b>	16
<b>РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ, ВПЛИВ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ Й ЯКОСТІ БІОМАСИ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО (Огляд літератури)</b>	22
1.1. Біологічні особливості міскантусу	23
1.2. Особливості росту й розвитку рослин та рівень врожайності міскантусу залежно від сорту та умов вирощування	29
1.3. Вплив агротехнічних заходів на врожайність та якість біомаси міскантусу гігантського	33
1.4. Рослинна біомаса, як сировина для виробництва біопалив	39
Висновки до розділу 1	46
<b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	47
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови	47
2.2. Програма та схеми досліджень	52
2.3. Методика проведення досліджень	57
2.4. Характеристика добрива та препаратів	59
2.5. Характеристика сортів міскантусу гігантського	61
Висновки до розділу 2	62
<b>РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНІ, СОРТОВІ ТА АДАПТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ РОСЛИН І ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО</b>	63
3.1. Ґрунтово-біотичний комплекс під насадженнями міскантусу гігантського	63
3.2. Адаптивність рослин та тривалість вегетаційного періоду міскантусу гігантського залежно від сорту	69
3.3. Вплив сорту на формування біометричних (кількісних) показників рослин міскантусу гігантського	71
3.4. Врожайність біомаси міскантусу гігантського залежно від сортових властивостей	77
3.5. Кореляційні залежності між кількісними показниками рослин та врожайністю біомаси сортів міскантусу гігантського	81
Висновки до розділу 3	86

<b>РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ СПОСОБУ ВИРОЩУВАННЯ Й ПІДЖИВЛЕННЯ НАСАДЖЕНЬ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ БІОМАСИ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО</b>	87
4.1. Вплив способу вирощування та підживлення насаджень на елементи продуктивності міскантусу	87
4.2. Урожайність біомаси залежно від способу вирощування та підживлення насаджень міскантусу	96
4.3. Вплив способу вирощування та підживлення насадження на показники якості біомаси міскантусу гігантського	101
Висновки до розділу 4	104
<b>РОЗДІЛ 5. ВПЛИВ БІОЛОГІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ БІОМАСИ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО ТА КУКУРУДЗИ</b>	105
5.1. Вплив смугового способу вирощування та підживлення на мінливість кількісних показників міскантусу та кукурудзи	105
5.2. Вплив удосконалених елементів технології вирощування на врожайність біомаси міскантусу гігантського та кукурудзи	111
5.3. Кореляційні залежності між кількісними показниками рослин та врожайністю біомаси міскантусу та кукурудзи	113
5.4. Показники якості біомаси міскантусу й кукурудзи залежно від способу вирощування та підживлення насадження	115
Висновки до розділу 5	118
<b>РОЗДІЛ 6. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ, ОПТИМІЗОВАНОЇ (УДОСКОНАЛЕНОЇ) ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО</b>	120
6.1. Економічна та енергетична результативність вирощування сортів міскантусу гігантського	120
6.2. Економічна та енергетична результативність оптимізованої (удосконаленої) технології вирощування міскантусу гігантського	124
Висновки до розділу 6	131
<b>ВИСНОВКИ</b>	133
<b>ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ</b>	137
<b>Список використаних літературних джерел</b>	138
<b>Додатки</b>	163

**СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

- ГДж/га – гігаджоуль на один гектар
- ГТК – гідро-термічний коефіцієнт
- ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота
- ДСС – дослідно-селекційна станція
- ДСТУ – державний стандарт України
- ІБКіЦБ – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
- МДж/кг – мегаджоулів на один кілограм
- МОН – Міністерство освіти і науки України
- МТН – маса 1000 насінин
- НААН – Національна академія аграрних наук України
- НАН – Національна академія наук України
- ПЕК – паливно-енергетичний комплекс
- ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю

## ВСТУП

**Обґрунтування теми дослідження.** Міскантус гігантський, лат. *Miscanthus x giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoiz – рослина гібридного походження, що утворилася за природного перезапилення міскантусу китайського та цукроквіткового. Міскантус відноситься до родини тонконогові, має високі адаптивні властивості до умов вирощування та здатність продукувати значний обсяг біомаси при багаторічній вегетації культури. Головне призначення рослинної біомаси – сировина для отримання біопалив. На сьогодні, на фоні виснаження непоновлюваних енергоресурсів та їх удорожчання, постає питання більш ширшого використання альтернат. джерел енергії. Зважаючи на біопаливний напрям використання міскантусу гігантського постає актуальна проблема вивчення впливу сортових властивостей, з урахуванням умов вирощування, удосконалення елементів агротехнології, та їх комплексний вплив на врожайність цієї культури. Водночас, новий спосіб вирощування міскантусу гігантського в бінарних і смугових насадженнях сумісно з іншими сільськогосподарськими культурами дозволить оптимізувати структуру агрофітоценозу та збільшити обсяги надходження біомаси до споживача. Також, біологізація елементів технології вирощування дозволить екологізувати агротехнологію даної культури, що має важливе значення в плані збереження навколишнього середовища.

**Актуальність теми досліджень.** В нашій країні, в реаліях сьогодення нагальним питанням, що потребує вирішення є застосування поновлюваних енергоресурсів для часткового заміщення непоновлюваних – природного газу й кам'яного вугілля. Найбільш доступним та щорічно поновлюваним рослинним енергоресурсом є фітомаса енергетичних культур. При цьому, вивченню адаптивних властивостей таких рослин, удосконалення елементів їх агротехнології вирощування та переробляння біомаси присвячена значна кількість наукових праць. В даній площині працюють цілий ряд дослідників України: В. В. Курило, В. М. Роїк, В. А. Доронін, В. М. Сінченко,

О. І. Присяжнюк, О. М. Ганженко, М. Я. Гументик, Я. Д. Фучило, В. В. Іваніна, Л. І. Сторожик, Л. А. Правда, В. В. Дрига, С. М. Мандровська, М. І. Кулик та багато інших. Саме тому, обрана тема наших досліджень була обумовлена необхідністю впровадження альтернативних джерел енергії на фоні виснаження та удорожчання непоновлюваного енергоресурсу. При цьому, біомаса енергетичних культур є відмінною рослинною сировиною для виробництва біопалив з урахуванням біологічних особливостей рослин, адже, енергетичні культури завдяки своєму багаторічному циклу формують значну врожайність біомаси, її використання в якості сировини для виготовлення біопалив. Використання біопалив для енергоконверсії сприятиме зниженню енергетичної залежності та підвищення добробуту населення територіальних громад. Тому, в перспективі за більш глобального впровадження рослинного енергоресурсу енергокультур в нашій країні дозволить зменшити залежність від зовнішніх непередбачуваних викликів та сприяти розвитку власного виробництва біопалив. Таким чином, виокремлення найбільш продуктивних сортів міскантусу гігантського, біологізація та удосконалення елементів технології їх вирощування є актуальним питанням. Це в перспективі дозволить збільшити обсяг якісного рослинної сировини міскантусу гігантського, як поновлюваного джерела енергії, що значно підвищить енергетичну незалежності нашої країни.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження за темою дисертаційної роботи виконані відповідно наукової тематики, що зареєстрована в УкрІНТЕІ: «Мінливість елементів продуктивності та врожайності міскантусу гігантського залежно від агротехнічних заходів вирощування в умовах центрального Лісостепу України», номер державної реєстрації 0120U102044 (2020–2025 рр.).

**Мета дослідження** – встановити мінливість біометричних показників рослин, врожайності та якості біомаси міскантусу гігантського у взаємозв'язку з сортовими властивостями, умова вирощування за удосконалених елементів технології вирощування.

Для досягнення зазначеної мети вирішували наступні *завдання*:

- визначити екологічні, сортові та адаптивні властивості рослин досліджуваних сортів міскантусу гігантського;
- встановити вплив сортових властивостей на формування біометричних (кількісних) показників рослин та врожайність біомаси міскантусу гігантського;
- визначити кореляції між біометричними показниками рослин і врожайністю міскантусу гігантського;
- визначити вплив способу вирощування й підживлення енергоплантацій на елементи продуктивності та рівень врожайності й якості біомаси міскантусу міскантусу гігантського у одновидових та бінарних насадженнях;
- обґрунтувати вплив біологізації технології вирощування на кількісні показники рослин, урожайність та показники якості біомаси у смугових насадженнях міскантусу з кукурудзою та бобовим компонентом;
- встановити кореляції між кількісними показниками рослин і врожайністю міскантусу гігантського й кукурудзи;
- розрахувати економічну та енергетичну ефективність виробництва біомаси залежно від сорту, елементів удосконаленої технології вирощування міскантусу гігантського.

*Об'єкт дослідження*: українські сорти міскантусу гігантського: Біотех, Верум, Гулівер, Універсальний, Осінній зорецвіт, кукурудза звичайна, елементи технології вирощування культур, добрива, препарати, біомаса.

*Предмет дослідження*: агроценози, процеси росту й розвитку рослин, елементи продуктивності, урожайність та якість біомаси міскантусу гігантського й кукурудзи залежно від сорту, умов вирощування та елементів агротехнології.

*Методи дослідження*. Під час проведення досліджень застосовувались різні методи досліджень. Це і *загальнонаукові методи*: узагальнення, порівняння, діалектики, аналізу і синтезу, тощо, так і *спеціальні методи*:

польовий, що доповнений лабораторними аналізами та спостереженнями, вимірально-ваговий – визначення біометричних показників рослин та врожайності біомаси міскантусу гігантського; хімічний – визначення агрохімічних показників ґрунту та якості фітомаси; розрахунково-порівняльний – оцінка економічної та енергетичної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського; методи математичної статистики: дисперсійний, кореляційно-регресійний аналізи.

*Наукова новизна результатів за проведеними дослідженнями:*

– *вперше в умовах центральної частини лівобережного Лісостепу України: визначено адаптивні властивості сортів міскантусу гігантського та закономірності формування біометричних показників рослин у взаємозв'язку з врожайністю біомаси; обґрунтовано шляхи збільшення врожайності біомаси міскантусу гігантського третього–п'ятого років вегетації залежно від весняного підживлення рослин азотом та біопрепаратом на фоні різних способів вирощування культури (одновидовий, бінарний з люпином багаторічним та смуговий з кукурудзою звичайною); встановлено шляхи підвищення енергетичної ефективності елементів удосконаленої технології вирощування міскантусу гігантського.*

*удосконалено:* елементи технології вирощування міскантусу гігантського для отримання збільшеного обсягу якісної біомаси на основі вирощування культури у бінарних посівах з люпином багаторічним із застосуванням щорічного весняного кореневого підживлення насаджень дозою азоту  $N_{30-60}$ ; технологію вирощування міскантусу гігантського для отримання збільшеного обсягу якісної біомаси на основі біологізації елементів: культуру розміщувати у смугових насадженнях із кукурудзою звичайною та люпином багаторічним із застосуванням щорічного весняного позакореневого підживлення насаджень хелатним препаратом Крісталон особливий і біопрепаратом Мікофренд С (50 % доза кожного препарату).

*набуло подальшого розвитку: наукові положення щодо особливостей формування урожайності біомаси залежно від сортових особливостей та погодних умов вегетації міскантусу гігантського.*

**Практичне значення отриманих результатів.** Виокремлені сорти міскантусу гігантського за біометричними показниками рослин та врожайністю біомаси використовуються у наукових дослідженнях Веселоподільської дослідно-селекційної станції ІБКіЦБ НААН (Полтавська обл., Кременчуцький р-н.). Розроблені удосконалені елементи технології вирощування міскантусу гігантського у смугових насадженнях з кукурудзою звичайною та люпином багаторічним за оптимізованої системи підживлення впроваджені у 2025 році у виробництво.

Наукові результати наших досліджень застосовуються в освітньому процесі: при підготовці здобувачів вищої освіти в Полтавському державному аграрному університеті МОН за вивчення навчальних дисциплін ОПП 201 Агрономія: «Енергетичні культури» і «Рослинний сировинні та енергетичні ресурси» та Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (освітній компонент за ОНП Н1 Агрономія «Наукові основи вирощування рослин для переробляння на біоенергетичні цілі»).

**Особистий внесок здобувача.** Здобувачем особисто здійснено аналіз літературних джерел, що відповідають темі дисертації – за результатами оформлено розділ 1 «Огляд літератури». Також самостійно розроблені: наукова програму експерименту, схеми польових дослідів, підібрано методика для закладки та проведення досліджень (розділ 2 «Програма, методика та умови проведення досліджень»). Здобувачем було узагальнено та проаналізовано власноруч отриманий цифровий матеріал з польових дослідів (розділи 3-5), а також визначено економічну та енергетичну ефективність застосовуваних елементів удосконаленої технології вирощування сортів міскантусу гігантського (розділ 6). Наприкінці рукопису дисертації здобувач сформулював змістовні висновки й рекомендації агровиробництву. За результатами проведених досліджень підготовлено та опубліковано

публікації, здійснено апробацію, забезпечено впровадження і науковий супровід результатів досліджень у виробництво та освітній процес. Частка авторства у спільних наукових публікаціях становить 40,0-80,0 %.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень щорічно доповідались та обговорювались на засідання кафедри селекції, насінництва і генетики, вченій раді ННІ агротехнологій, селекції та екології, та наукових конференціях: міжнародна науково-практичній інтернет конференції. м. Полтава, 30 вересня 2023 р.; VIII міжнародна науково-практичній конференції «Global science: prospects and innovations». Liverpool, United Kingdom, 28-30 березня 2024 р.; VI Міжнародної науково-практичної конференції. м. Київ, 8 жовтня 2024 р.; III Всеукраїнської науково-практичної конференції. м. Полтава, 14–15 квітня 2025 р.; Міжнародній науково-практичної конференції «Роль бавовнику та інших технічних культур для сільськогосподарського виробництва в умовах зміни клімату», м. Одеса, Україна, 15 жовтня 2025 р.

**Публікації.** За результатами досліджень відповідно дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць: одна публікація надрукована у журналі, який внесений до міжнародних науко-метричних баз *Scopus/WOS*, шість статей у наукових фахових виданнях України, п'ять тез доповідей в матеріалах наукових конференцій, один патент на корисну модель.

**Обсяг та структура роботи.** Рукопис дисертації розміщено на 134 сторінках основного тексту, що містить: анотацію, зміст, вступ, шість розділів, висновки та рекомендації виробництву. В дисертації наявні 41 таблиці, та 40 рисунків. Список використаної літератури налічує 193 джерела, з них 84 латиницею. У додатках подано матеріал, що не ввійшов в основну частину дисертації: таблиці за роками досліджень, розрахунки НІР, а також акти та довідки, що підтверджують впровадження результатів наукових досліджень у виробництво, освітній та науковий процеси.

**РОЗДІЛ 1**  
**БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ, ВПЛИВ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ НА**  
**ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ Й ЯКОСТІ БІОМАСИ**  
**МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО**  
**(Огляд літератури)**

На сьогодні, на фоні виснаження й удорожчання паливних ресурсів постає потреба у залученні та використанні більш доступних енергоресурсів. Нині, ця потреба переважно забезпечується за рахунок використання непоновлюваних ресурсів, таких як нафта, вугілля та природний газ. Проте їх запаси обмежені, що зумовлює необхідність переходу до альтернативних – поновлюваних джерел енергії (ПДЕ). Водночас, необхідно прагнути до збереження навколишнього природного середовища, мінімізації впливу на нього за гармонійного розвитку суспільства [1–4].

В Україні за зростання використання ПДЕ є реальною можливістю знизити енергозалежність від традиційних викопних ресурсів, що особливо актуально у реаліях сьогодення [5].

На сьогодні, попит на енергію з відновлюваних джерел постійно збільшується, а питання пошуку ефективних альтернативних ресурсів стає актуальним питанням. Одним із перспективних джерел є надземна вегетативна маса рослин, яка накопичує енергію сонця. Це здійснюється через процес фотосинтезу у вегетативних органах рослин, що робить її придатною сировиною для перетворення на біопаливо. Міжнародний й український досвід свідчить про те, що енергетичні культури є перспективною сировиною для виробництва біопалива. З-поміж яких саме міскантус гігантський має високі адаптивні властивості до умов вирощування та здатність формувати значний обсяг біомаси за багаторічного циклу використання енергоплантації [6–9].

### 1.1. Біологічні особливості міскантусу

В зв'язку з вимогами реалій сучасності та розвитку суспільства зростає інтерес науковців до трав'янистих енергетичних рослин, таких як міскантус [10], просо прутоподібне [11], сорго багаторічне [12], кукурудза [13–16] та інших. З-поміж широкого кола біорізноманіття енергокультур найбільш продуктивний за виходом біомаси є міскантус гігантський – лат. *Miscanthus x giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoiz [17] (рис.1).

Науковці відмічають високу адаптивність рослин міскантусу, швидкий приріст фітомаси та можливість її щорічного збору – задля отримання рослинної сировини для виробництва біопалив. Також міскантус гігантський вирізняється високою урожайністю біомаси, стійкістю до несприятливих погодних умов. Окрім цього, фітоценози цієї рослини мають здатність накопичувати значну кількість надземної вегетативної маси за вегетаційний період. Це робить його однією з найперспективніших енергокультур для виробництва біопалива [17].

Визначено, що вибір найбільш ефективної рослинної сировини залежить від ґрунтово-кліматичних умов вирощування та адаптивних реакцій рослин. Саме тому, вивчення адаптації енергокультур, таких як міскантус, до різних регіонів України має важливе значення [18]. Рослина демонструє високу продуктивність та екологічну ефективність, що робить її ключовим об'єктом для досліджень у галузі біоенергетики [19, 20].

Міскантус – це багаторічна трав'яниста рослина з роду *Miscanthus* родини Злакові (*Poaceae*) [21]. З-поміж інших енергокультур вирізняється високим біологічним потенціалом та адаптивними можливостями [22, 23, 24]. Походить з Азії і представлена кількома видами, серед яких найбільш дослідженими в Україні є *Miscanthus x giganteus*, природний гібрид *Miscanthus sinensis* і *Miscanthus sacchariflorus* [25, 26, 27].

Рослина *Miscanthus* різниться за морфологічними частинами. Підземна частина рослин представлена кореневищами та корінням, тоді як надземна біомаса формується стеблами та лисками. Листя міскантусу, зазвичай, довге,

вузьке, волокнисте з лінійним жилкуванням, та має характерне розташування вздовж стебла. Близько 30 % від загальної маси рослини припадає на листову частину [28, 29]

Міскантус формує густий трав'янистий кущ із прямостоячими стеблами. Вони можуть досягати висоти від 2 до 4 метрів. Це залежить від виду та умов вирощування. Коренева система – потужна, глибоко проникаюча в ґрунтовий профіль. Це сприяє посухостійкості рослин. Культура утворює кореневища, які забезпечують багаторічність і вегетативне розмноження рослин [31–33] (рис. 1.1).



а



1



2

б

**Рис. 1.1. Міскантус гігантський: а – трьохрічна рослина, б- садивний матеріал: 1 – маточне кореневище, 2 – ризома.**

Рослина за відношенням до температури повітря – теплолюбна. Розпочинає активний ріст навесні, коли температура ґрунту досягає 10–12 °С. *Miscanthus* має високу швидкість росту, особливо влітку. Вже на 2–3 рік після висаджування міскантус дає значний обсяг біомаси, яку можна використовувати для біопаливних цілей. У фазі цвітіння деякі генотипи

утворюють волоть. Проте у стерильних форм, таких як *Miscanthus x giganteus*, насіння не утворюється, що мінімізує ризик інвазії [34].

Міскантус характеризується високою стійкістю до несприятливих умов навколишнього середовища. Його фітоценози успішно вегетують на різних ґрунтах, в т.ч. маргінальних – так званих деградаційних. Рослини здатні переносити як посуху, так і тимчасове затоплення. Завдяки C4-фотосинтетичному механізму рослина ефективно використовує сонячне світло, воду та поживні речовини, забезпечуючи високу продуктивність навіть за мінімального внесення добрив [35, 36, 37].

Урожайність біомаси міскантусу може досягати 10–30 тон сухої маси з гектара залежно від умов вирощування [38–41]. Біомаса має низький вміст вологи після збору, що полегшує її зберігання і використання. Її склад включає значну частку целюлози та геміцелюлози, що робить міскантус ідеальною сировиною для виробництва біоетанолу, твердого біопалива та біогазу [42].

Зазвичай вегетаційний період культури в Україні починається в квітні-травні і закінчується восени [43]. Проте слід зазначити, що втрати вегетативної маси можуть варіюватися від кінця жовтня до кінця листопада. У цей час поживні речовини і цукри переміщуються в кореневище. Протягом осені та зими відбувається залежні від генотипу явища: втрата листя та засихання стебел, йде вилугування хімічних речовин із фітомаси. Залежно від вітру та снігових умов може також статися деяке вилягання стебел [44, 45].

За тривалістю життя – міскантус багаторічна рослина, на одному місці може вегетувати до 20-25 років. У квітні, за сприятливого температурного режиму відмічається відростання пагонів, потім настає фаза кушіння, а виокремлення стебла припадає на червень. Фенологічну фазу виходу у трубку фіксують у серпні. Закінчення вегетації рослин міскантусу відмічають у жовтні-листопаді. В наступні роки – фенологічні фази росту і розвитку рослин міскантусу повторюється. Таким чином, життєвий цикл рослин міскантусу – багаторічний, у зв'язку з чим терміни проходження фенологічних фаз протягом року наступні (рис. 1.2).

Фенофаза	Місяць							
	4	5	6	7	8	9	10	11
Відновлення вегетації								
Виокремлення стебла								
Інтенсивний ріст рослин								
Закінчення вегетації								

**Рис. 1.2. Терміни проходження фенологічних фаз росту й розвитку рослин міскантусу гігантського**

Урожай біомаси міскантусу збирають взимку або на початку весни. Зібрана біомаса з допомогою певних устаткувань перетворюється на паливні брикети або пелети (паливні гранули).

Визначено, що багаторічне вирощування міскантусу сприяє зменшенню ерозії ґрунтів, підвищує вміст органічної речовини завдяки щорічного відмирання частини кореневищ і залишків стебел. Мульчуючий шар, у поєднанні з вологою ґрунту та температурами повітря й ґрунту – підвищує мікробіологічну діяльність під енергонасадженнями. Міскантус також поглинає значні обсяги вуглекислого газу з атмосфери, що сприяє зниженню рівня парникових газів [46, 47].

Окрім біоенергетики, дослідники відмічають застосування міскантусу як технічної культури для виробництва паперу, будівельних матеріалів, кормів і мульчі. Його висока декоративна цінність дозволяє використовувати рослину для озеленення та ландшафтного дизайну [48–52].

За даними N. Brosse, A. Dufour, X. Meng, Q. Sun, A. Ragauskas, які досліджували хімічний склад міскантуса у біомасі визначили [53], що в ній міститься 40–60 % целюлози, 20–40 % геміцелюлози та 10–30 % лігніну. Однак за дослідженнями M. Bergs та інших, дані показники біомаси піддаються численним впливам, серед яких є генотипові варіації [54], погодні умови періоду росту, якість місцевого ґрунту, агрономічні методи удобрення та час збирання [55].

Дослідженнями У.І. Недільської проведеними протягом 2017–2019 років встановлено, що маса ризомів є ключовим фактором, який впливає на рівень урожайності міскантусу гігантського. Експериментально встановлено, що оптимальна маса ризом для максимальної продуктивності рослин становить 41–70 г, що обумовлено підвищеним пагоноутворенням і кращим засвоєнням ґрунтових елементів. Оптимальна густота садіння складає 15 тис. шт./га. Авторка стверджує, що таким чином забезпечується баланс між кількістю рослин і їхнім розвитком у просторі. Дослідниця рекомендує дану густоту стеблостою культури для сільгоспвиробників Лісостепу, які планують вирощувати міскантус як енергетичну культуру [56].

Група зарубіжних дослідників на чолі з А. Mangold вивчали оптимальні умови для вирощування міскантусу як енергетичної культури. Так, вчені досліджували, коли найкраще збирати врожай міскантусу, щоб отримати сировину з найвищою якістю для подальшого виробництва біогазу. Для цього дослідники аналізували різні генотипи міскантусу, збираючи їх у різний час осені. У результаті дослідження було встановлено, що силосування міскантусу перед виробництвом біогазу дозволяє отримати більшу кількість метану та покращує якість силосу. Найкращі результати науковців були досягнуті при зборі врожаю в середині жовтня. Також ними було виявлено, що різні генотипи міскантусу по-різному реагують на силосування, причому найбільш придатним для цієї мети виявився генотип *Miscanthus x giganteus* [57].

Дефіцит води є одним з найсерйозніших обмежень для вирощування сільськогосподарських культур, в т.ч. й енергетичних. Посуха може спричинити значні втрати врожаю та погіршити якість біомаси, що є критичним фактором для виробництва біопалив [58].

Міскантус гігантський за тривалістю життя – багаторічна культура. Це обумовлює його цінність в плані сировини для виготовлення біопалива та здешевлення виробництв. Рослини міскантусу формують значну продуктивність у фітоценозах й здатні більш раціонально використовувати воду й поживні речовини. Однак, як і інші рослини, міскантус вразливий до

посухи. Зміна клімату посилює проблему дефіциту вологи, тому селекція на посухостійкість є одним з пріоритетних напрямів у дослідженнях міскантусу.

У дослідженнях Tim van der Weijde та співавторів [59] встановлено, що різні генетичні лінії міскантусу по-різному реагують на посуху. Деякі з досліджуваних сортів виявили значно більшу стійкість до дефіциту вологи, зберігаючи високу врожайність навіть в умовах сильного водного стресу. Даний фактор свідчить про значний генетичний потенціал для створення сортів міскантусу, які можуть успішно вирощуватися в умовах дефіциту води.

Посуха не тільки знижує врожайність, але й впливає на якість біомаси. Зміни в структурі клітинної стінки, спричинені стресом, можуть ускладнювати переробку біомаси на біопалива. Водночас, навіть за умов посухи, деякі генотипи міскантусу формують високу якість біомаси.

Результати досліджень Qianlai Zhuang, Zhangcai Qin та інших [60, 61] підтверджують, що міскантус має значно більший потенціал для виробництва біопалив, ніж кукурудза. При цьому міскантус має більш ніж удвічі більшу потужність з виробництва біопалива порівняно з кукурудзою, а просо прутіподібне є найменш продуктивним з трьох потенційних джерел етанолу. Заміна кукурудзи на міскантус як основної культури для виробництва біопалива дозволить скоротити навантаження на природні ресурси та сприяти досягненню цілей сталого розвитку.

Таким чином, міскантус гігантський, як перспективна енергетична культура для України – має значний потенціал для зниження залежності від викопних видів палива й сприяння переходу до сталої енергетики.

Своїми високими показниками врожайності, невибагливістю до умов вирощування та здатністю рости на землях, непридатних для інших культур, міскантус демонструє значні переваги. Розмноження за допомогою кореневищ забезпечує швидке відновлення плантацій та стабільність врожаю. Тому, інвестування в розвиток виробництва міскантусу є вигідним як з економічної, так і з екологічної точки зору [62, 63].

## 1.2. Особливості росту й розвитку рослин та рівень врожайності міскантусу залежно від сорту та умов вирощування

Високий потенціал продуктивності міскантусу та його здатність адаптуватися до різних умов вирощування зумовлені його унікальними біологічними особливостями [64]. Швидкий ріст, розвинена коренева система та чітко виражені фенологічні фази – проростання, активний ріст та розвиток надземної частини рослини, цвітіння (у деяких сортів) та період спокою – формують його життєвий цикл [65]. Варто зазначити, що не всі сорти міскантусу цвітуть, а вегетативний період може варіювати залежно від кліматичних умов та агротехніки. Саме розуміння цих особливостей дозволяє оптимізувати вирощування культури задля отримання максимальної врожайності [66].

У більшості культур, і міскантус не є винятком, оптимальна дата посіву та формування врожайності залежить від вихідного матеріалу [67]. Насіннєве розмноження міскантусу має свої особливості. Проростання насіння починається при досягненні температури ґрунту 10–12 °С, а оптимальна глибина загортання становить 1–2 см [68]. Швидкість проростання безпосередньо залежить від сорту, температури ґрунту, вологості тощо [69]. Проте, слід зазначити, що насіннєве розмноження використовується рідше порівняно з вегетативним (поділом куща або використанням кореневищ), оскільки воно є більш тривалим і менш ефективним процесом [70].

Вегетативне розмноження міскантусу дозволяє швидше отримати повноцінні рослини та забезпечує збереження сортових ознак [71]. При цьому, молоді паростки, отримані вегетативним способом, зазвичай розвиваються швидше, ніж рослини, вирощені з насіння.

Однак, у перші роки після посадки, як при насіннєвому, так і при вегетативному розмноженні, молоді рослини зосереджують свої сили на формуванні кореневої системи, що забезпечує їх водою і поживними речовинами протягом усього вегетаційного періоду. Тому, завдячуючи розвиненій кореневій системі, що є однією з ключових особливостей

міскантусу, дозволяє йому успішно конкурувати з іншими рослинами і ефективно використовувати ресурси ґрунту [72].

Формування кореневої системи, що постачає в рослини воду та поживні речовини, а також слугує для закріплення її в ґрунті. У перші роки життя рослина активно нарощує кореневу систему, закладаючи основу для подальшого росту й розвитку. Потужна коренева система дозволяє міскантусу успішно конкурувати з іншими рослинами за ресурси, особливо в умовах посухи [73].

Вегетативний ріст міскантусу характеризується швидкими темпами. Влітку, за оптимальних умов (достатня кількість тепла та вологи), стебла рослини можуть досягати значної висоти – до 3–4 метрів і більше. Протягом вегетаційного періоду з бруньок на кореневищі формуються нові пагони, що забезпечує постійне оновлення рослини. Листя міскантусу, завдяки великій площі листової пластини, активно фотосинтезують, забезпечуючи рослину органічними речовинами, необхідними для росту й розвитку [74].

Цвітіння – це природний процес для більшості рослин, включаючи міскантус. Однак, не всі види міскантусу цвітуть. Наприклад, стерильний гібрид *Miscanthus* × *giganteus*, широко використовуваний в енергетиці, зазвичай не утворює насіння та розмножуються лише вегетативно [75].

Вплив цвітіння на продуктивність може бути різним. Адже, цвітіння – це необхідний етап для утворення насіння і розмноження. Водночас, цей процес вимагає значних витрат енергії, що може негативно вплинути на накопичення біомаси. У деяких випадках цвітіння може призвести до зниження врожайності, так як рослина спрямовує свої ресурси на формування суцвіть і насіння замість нарощування вегетативної маси [76].

Для підвищення врожайності біомаси досить часто використовують стерильні гібриди міскантусу, які не утворюють насіння. Це дозволяє рослині зосередити всі свої ресурси на вегетативному рості [77].

Підготовка до зими є наступним етапом у життєвому циклі міскантусу. Восени надземна частина рослини відмирає, а поживні речовини

переміщуються в кореневище для відновлення наступного сезону. Рослина входить у стан спокою. Така адаптація дозволяє міскантусу успішно переносити несприятливі умови зими і відновлюватися наступної весни.

Факторами, які можуть впливати на вегетаційний період культури є: клімат, ґрунти, рельєф, добрива, зрошення, сорт тощо. До прикладу, температура, вологість, освітленість, тривалість дня впливають на ріст і розвиток міскантусу. Тип ґрунту, родючість, кислотність, вологість визначають доступність поживних речовин для рослини. Аерація та густина посадки впливають на мікроклімат і умови зволоження [78].

Науковцями підтверджено, що внесення добрив може стимулювати ріст і збільшити врожайність міскантусу. Варто відмітити важливість регулярного зрошення, що необхідний для забезпечення оптимального зволоження ґрунту, особливо в посушливі періоди. Взаємодія сорту та умов вирощування є ключовим фактором, що визначає урожайність міскантусу. Оптимальні умови вирощування для одного сорту можуть бути не найкращими для іншого. Тому, для отримання високих і стабільних врожаїв необхідно підбирати сорти міскантусу, які найбільш адаптовані до конкретних кліматичних і ґрунтових умов [79, 80].

Визначено, що генетично обумовлені особливості сорту й умови вирощування мають суттєвий вплив на рівень врожайності міскантусу. Оптимізація цих факторів є запорукою отримання високих і стабільних врожаїв. Різні сорти міскантусу відрізняються за своїми біологічними особливостями, що безпосередньо впливає на їхню продуктивність [81].

*Miscanthus x giganteus* є найбільш популярним і продуктивним гібридом. Більшість агрономічних досліджень міскантусу зосереджено на ньому. Він має високий потенціал врожайності до 20–30 тон сухої біомаси з гектара. Характеризується стерильністю, тому розмножується вегетативно через кореневища. Virізняється швидким ростом, стійкістю до посухи та низьких температур [82].

Серед інших видів міскантусу, найбільш адаптованим до ширшого діапазону кліматичних умов є *Miscanthus sinensis*. Проте у нього порівняно нижча врожайність (10–20 тон сухої маси з гектара) [83]. Водночас, *Miscanthus sacchariflorus* демонструє високу стійкість до затоплення та підвищену врожайність на вологих ґрунтах. Врожайність даного виду коливається близько 10–25 тон сухої біомаси з гектара [84] (табл.1.1).

Таблиця 1.1

### Порівняльна характеристика видів міскантусу

Вид	Врожайність сухої маси, т/га	Стійкість до посухи	Стійкість до затоплення	Адаптивність до різних умов
<i>Miscanthus × giganteus</i>	20-30	Висока	Середня	Середня
<i>Miscanthus sinensis</i>	10-20	Середня	Середня	Висока
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	10-25	Середня	Висока	Середня

Таблиця створена автором за даними [84].

Окрім сорту, на врожайність міскантусу значно впливають умови вирощування. Зокрема оптимальний ріст міскантусу спостерігається в теплих регіонах з достатнім рівнем опадів. Рослина досить посухостійка завдяки розвиненій кореневій системі, але для досягнення максимальної врожайності необхідне регулярне зволоження. Може рости на різних типах ґрунтів, але найкращі результати демонструє на родючих, добре дренованих ґрунтах [85].

Для досягнення високих показників врожайності важливими аспекти технології вирощування є підготовка ґрунту, посадка та догляд. Тому перед посадкою кореневищ міскантусу важливо провести якісну обробку ґрунту, забезпечуючи його розпушення та усунення бур'янів [86]. Зазвичай кореневища висаджують на глибину 5–10 см за щільності 10–20 тисяч рослин на гектар. На початкових етапах росту рослин потрібен контроль бур'янів, оскільки міскантус розвивається повільно. На пізніх стадіях культура формує густий покрив, що пригнічує ріст бур'янів [87]. Хоча міскантус невибагливий до внесення добрив, для оптимальної врожайності рекомендується помірне

внесення азотних, фосфорних і калійних добрив [88]. У посушливих регіонах науковці рекомендують [89] додатковий полив у перші роки вирощування. Вони стверджують, що це істотно покращить врожайність культури.

Урожайність міскантусу також різниться залежно від регіону та умов [90–93]. У сприятливих кліматичних умовах, таких як Полісся чи Лісостеп України, врожайність *Miscanthus x giganteus* може досягати 25–30 тон сухої біомаси з гектара [94]. На маргінальних ґрунтах урожайність знижується до 10–15 тон, але рослина все одно залишається економічно вигідною завдяки мінімальним витратам на догляд [95].

Отже, врожайність міскантусу – це результат взаємодії генетичного потенціалу сорту та умов вирощування. Таким чином, більш оптимальні умови для одного сорту можуть бути не оптимальними для іншого. Наприклад, *Miscanthus x giganteus* добре адаптується до різних умов, тоді як *Miscanthus sacchariflorus* вимагає більш вологих ґрунтів. Тому правильний вибір сорту та створення оптимальних умов дозволить отримати високі і стабільні врожаї біомаси, що є важливим для розвитку біоенергетики в цілому.

### **1.3. Вплив агротехнічних заходів на врожайність та якість біомаси міскантусу гігантського**

Науковцями доведено, що окрім генетичних та екологічних факторів, значний вплив на продуктивність міскантусу мають також агротехнічні заходи. Вони спрямовані на створення оптимальних умов для росту, розвитку рослин та є ключовими для досягнення високої врожайності та якості біомаси міскантусу гігантського [96, 97].

Для максимального розкриття потенціалу культури, необхідно дотримуватись переліку агрозаходів вирощування, які мають впливають на рівень урожайності й якість біомаси міскантусу. До найбільш вивчених агротехнічних заходів в Україні щодо цієї культури належать: підготовка ґрунту, способи садіння, система удобрення, особливості збирання врожаю.

Окрім цього на сьогодні актуальними питаннями для вивчення є первинна обробка та зберігання біомаси тощо [98 – 107]

Ретельна підготовка ґрунту під міскантус є необхідною умовою для забезпечення оптимальної приживаності рослин, оптимізації подальших агротехнічних заходів та отримання високих і стабільних врожаїв. Враховуючи багаторічний цикл росту та розвитку культури, етап закладки плантації є критично важливим для запобігання майбутнім проблемам.

Аналіз літературних джерел свідчить, що у випадку, коли попередником є багаторічні трави, першим етапом підготовки ґрунту перед посадкою міскантусу є обприскування гербіцидом широкого спектру дії, наприклад, гліфосатом, для контролю багаторічних бур'янів [108].

Науковець В. Л. Курило, разом з співавторами рекомендують навесні, в період з березня по квітень, ділянку міскантусу обробляти фрезою або ротаційною бороною безпосередньо перед посадкою. Дослідники стверджують, що даний агрозахід не тільки покращує приживаність рослин, аерацію ґрунту, але й підвищує ефективність ґрунтових гербіцидів, внесених після посадки [109–110]. Вказаний комплекс заходів в подальшому сприяє створенню оптимальних умов для розвитку рослин міскантусу, забезпечуючи покращення структури ґрунту, знищення бур'янів, оптимізацію вологості ґрунту та підвищення ефективності гербіцидів. Оскільки міскантус є багаторічною культурою, тому якісна підготовка ґрунту на початковому етапі забезпечує довгострокову продуктивність плантації. Варто враховувати, що вибір способу обробки ґрунту залежить від типу ґрунту, попередника та наявної техніки.

Окрім підготовки ґрунту, важливим є використання якісного посадкового матеріалу. Існує два основних методи розмноження міскантусу: поділ кореневищ та мікроклональне розмноження. Поділ кореневищ є найбільш поширеним, оскільки він економічно вигідніший та, як правило, забезпечує отримання більш сильних рослин [111, 112].

Аналіз літературних джерел свідчить [113, 114], що розміри кореневищ можуть варіюватися. Важливо підтримувати їх оптимальну вологість з моменту виймання з ґрунту. Під час збору кореневищ не слід залишати їх на поверхні ґрунту без захисту протягом трьох годин або більше, оскільки це може призвести до дегідратації та зниження життєздатності.

Рекомендована норма висаджування міскантусу становить 16000 ризом на 1 га, що забезпечує 10–15 тис. рослин/га. Ця норма враховує можливі втрати при приживанні, але водночас забезпечує достатню щільність рослин для досягнення оптимальних врожаїв. З третього року вирощування міскантус забезпечує ефективне пригнічення бур'янів завдяки конкуренції. Тобто, створення умов близьких до оптимальних, сприяє формуванню потужної вегетативної маси росли і розвиненої кореневої системи, та забезпечує стійкість рослинного організму до посухи та низьких температур [115–118].

В Україні сьогодні, на жаль, відсутні серійно вироблені спеціалізовані машини для садіння міскантусу. Тому виробники адаптують наявну сільськогосподарську техніку або розробляють власні модифікації. Найчастіше використовуються картоплесаджалки, модифіковані для садіння кореневищ міскантусу. Це пов'язано з тим, що картоплесаджалки мають схожий принцип роботи та можуть бути відносно легко адаптовані для роботи з кореневищами.

Процес садіння кореневищ міскантусу є більш складним, ніж садіння бульб картоплі, через їхню схильність до заплутування та різноманітність розмірів. Тому розробка спеціалізованої техніки є актуальним завданням. Вітчизняними дослідниками ведуться роботи з розробки садильної техніки для міскантусу. До прикладу, науковці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН розробили пристрій для садіння ризомів, що підтверджено патентом на корисну модель 75541 [119]. Цей пристрій є прикладом українських розробок, спрямованих на механізацію процесу садіння міскантусу. Окрім картоплесаджалок, для садіння міскантусу можуть

використовуватись: саджалки для саджанців, машини для висадки живців верби, саморобні машини тощо [120–122].

Результати досліджень, проведених в Україні, підтверджують важливість оптимізації елементів технології вирощування міскантусу. Зокрема, досліджено вплив кліматичних умов, строків та глибини садіння ризом на врожайність біомаси [123], вплив варіювання глибини їх садіння на проростання [104], оптимізацію елементів технології вирощування в умовах західного Лісостепу [124], а також вплив строків садіння та глибини загортання ризом на польову схожість [125]. Ці дослідження підкреслюють необхідність адаптації технології вирощування міскантусу до конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

Отже, вирощування міскантусу – це комплексний процес, який починається з ретельної підготовки ґрунту й застосуванні якісного посадкового матеріалу та правильної посадки.

Після досягнення рослин біологічної стиглості настає етап збирання врожаю міскантусу. Успішне збирання є результатом належного виконання усіх попередніх агротехнічних заходів, спрямованих на створення оптимальних умов для росту та розвитку рослин.

Збирання врожаю міскантусу здійснюють щорічно у пізньо-осінній або ранньо-весняний періоди, зазвичай, за допомогою стандартної сільськогосподарської техніки. Після завершення активної вегетації в літній період, ріст міскантусу припиняється восени. Листя опадає, а стебла висихають протягом зими, досягаючи рівня вологості близько 30 % до весни. Збирання біомаси з нижчим вмістом води полегшує її зберігання та підвищує теплотворну здатність. Раннє збирання може призвести до отримання продукту з високим вмістом води та листя, що обмежує його використання. Пізнє збирання може пошкодити нові пагони [126–128].

Збирання міскантусу здійснюють шляхом скошування та пресування в тюки або зрізання та подрібнення за допомогою кормозбирального комбайна з жаткою. Міскантус характеризується високою міцністю стебел порівняно з

кукурудзою, що необхідно враховувати для запобігання підвищеному зносу сільськогосподарської техніки.

За умови сприятливих погодних умов, вміст вологи в скошеній масі може бути значно знижений при її сушінні у валках протягом кількох днів. Використання барабанних або дискових косарок не рекомендується через можливі труднощі з підбиранням матеріалу прес-підбирачем. Існують різні типи прес-підбирачів, що формують тюки різної форми (прямокутні, круглі, рулонні), придатні для використання в енергетичних цілях різного масштабу [129].

Зібрані тюки міскантусу рекомендується зберігати в сухих, провітрюваних приміщеннях або на відкритому повітрі під захисним укриттям. Зберігання в закритих приміщеннях сприяє подальшому зниженню вологості, тоді як зберігання на відкритому повітрі без укриття може призвести до погіршення якості біомаси, особливо в умовах підвищеної вологості [130].

Визначено, що якісні параметри біомаси міскантусу можливо поліпшити при збиранні за оптимальної вологості та забезпечити належні умови зберігання. Не рекомендується збирати шар опалого листя, що накопичується на поверхні ґрунту під посівами міскантусу протягом зимового періоду. Цей матеріал, як правило, має підвищену вологість, може містити плісняву, продукти розкладання, ґрунт, дрібні камені та інші забруднення. Включення цього матеріалу до зібраної біомаси призводить до збільшення вмісту вологи, золи та хлору, що є небажаним для подальшого використання, зокрема, в процесах спалювання. Крім того, поживні речовини, що містяться в опалому листі, є важливими для живлення наступних культур [131].

Отже, під час збирання міскантусу необхідно регулювати висоту скошування (10-15 см) та особливості роботи прес-підбирача таким чином, щоб запобігти потраплянню опалого листя до зібраної маси. Також не рекомендується згрібати скошені валки, оскільки це може сприятиме

потраплянню до них розкладеного листового матеріалу, що опав з рослин протягом вегетаційного періоду та взимку під час сушіння.

Врожайність міскантусу залежить від вегетаційного року рослин, ґрунтово-кліматичних умов та інших екологічних факторів, характерних для конкретної ділянки. Для досягнення стабільної врожайності міскантусу зазвичай потрібно три-чотири роки (до п'яти років на ділянках з низькою родючістю). Після цього періоду міскантус залишається продуктивним не менше 15 років [132].

Врожайність міскантусу змінюється в процесі росту та розвитку рослин. Протягом першого року вегетації врожайність міскантусу є низькою (1–2 т/га) і збирання в цей період, як правило, не проводиться. Стебла можна залишити на полі до наступного сезону. З другого року вирощування міскантус збирають щорічно. Врожайність на другий рік може коливатися в межах 4–10 т/га, а на третій рік – 10–13 т/га або більше при вологості 20 %. Стабілізація врожайності зазвичай досягається на 3–4 рік вирощування. Варіації у тривалості періоду нарощування врожайності та рівні стабільної врожайності залежать від густоти посадки, типу ґрунту та кліматичних умов. На ділянках з обмеженим зволоженням або несприятливими умовами вирощування період нарощування врожайності може бути довшим [124].

Якість біомаси міскантусу гігантського (вміст лігніну, геміцелюлози й целюлози) забезпечується обґрунтованою системою підживлення насаджень та залежить від способу вирощування його у фітоценозі. Також строки й способи збирання біомаси мають вплив як на мінливість цих показників, такі на врожайність [133].

Отже, кожен з наведених вище аспектів має важливу роль у формуванні продуктивності, рівня врожаю та якості біомаси міскантусу. Точне застосування агротехнічних заходів дозволяє не лише збільшити кількість зібраної біомаси, але й покращити її якісні характеристики: вміст целюлози, лігніну та інших компонентів, що є критично важливим для її використання в енергетичних цілях.

#### 1.4. Рослинна біомаса, як сировина для виробництва біопалив

Порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами, трав'янисті енергетичні культури характеризуються нижчими потребами в мінеральних добривах, пестицидах. Науковцями доведена здатність енергокультур до зростання на маргінальних землях, їх позитивний вплив на структуру ґрунту [133, 134 ], його якість [135] та біорізноманіття [136]. Важливим аспектом є те, що вирощування енергетичних культур не конкурує з традиційним сільським господарством, оскільки вони можуть культивуватися на маргінальних або деградованих землях, де інтенсивне сільськогосподарське виробництво завдає шкоди екосистемі та не забезпечує стабільну економічну віддачу для виробників.

У рамках розвитку біоекономіки, значна увага українських дослідників приділяється ідентифікації оптимальних біоенергетичних культур для конкретних екологічних умов [137]. Критеріями вибору є наявність специфічних характеристик для цільового використання, висока продуктивність, здатність до культивування на деградованих землях та конкурентоспроможність відносно продовольчих і кормових культур.

З-поміж трав'янистих рослин, які використовуються для виробництва біомаси в Україні, за аналізом літературних джерел, бажані характеристики біоенергетичних культур в умовах України притаманні міскантусу (*Miscanthus*) [138], просу прутоподібному (*Panicum virgatum L.*) [139], сорго цукровому (*Sorghum saccharatum (L.) Moench*) [140], щавнату (*Rumex patientia L x Rumex tianshanicus A. Los.*) та іншим трав'янистим культурам [141].

Біомаса – це біологічно розкладний органічний матеріал, що походить від рослин, тварин та мікроорганізмів. Якщо зосередитися на біомасі, що походить від рослин, то це будь-який органічний матеріал, утворений будь-якою рослиною безпосередньо через фотосинтетичне перетворення сонячної енергії, води та вуглекислого газу для виробництва вуглеводів і, отже, хімічної енергії. Процес перетворення, що використовується для отримання певного біопалива, залежить від складу та фізико-хімічних властивостей біомаси.

Сільськогосподарські відходи становлять значну частину загального обсягу біомаси, що робить їх важливим джерелом енергії для побутових та промислових потреб. Хоча значна частина сільськогосподарських відходів використовується як сировина для палива, значний обсяг залишається невикористаним, зокрема, спалюється на полях.

Наприклад, кукурудзяні стержні, за результатами досліджень зарубіжних науковців, є потенційною сировиною для виробництва біоетанолу [142]. Лушпиння, стержні та обгортки качанів кукурудзи також можуть бути використані як сировина для біомаси. Стебла та солома часто залишаються на полях або використовуються як корм для тварин [143].

Останнім часом мікро- та макроводорості також привертають увагу як потенційне джерело ліпідів та «зелених» хімічних речовин. Вони можуть використовуватися для виробництва різноманітних видів біопалива, таких як біодизель, біоетанол та біогаз. У цьому контексті майбутнє сировини для біопалива виглядає перспективним, хоча обсяги можуть варіюватися залежно від регіону [144].

Недостатній розвиток систем роздільного збору та переробки призводить до того, що значна частина міських відходів, таких як харчові відходи, папір, пластик та інші, утилізується шляхом захоронення на полігонах, що спричиняє забруднення ґрунтових вод та ґрунтів. Спалювання відходів призводить до викидів шкідливих речовин, які негативно впливають на якість повітря та здоров'я людей. Великі обсяги промислових стоків, зокрема, стічні води підприємств харчової, хімічної та целюлозно-паперової промисловості, можуть бути використані для виробництва біогазу за допомогою технологій анаеробного зброджування [145].

Географічне розташування України, що охоплює зони Степу, Лісостепу та Полісся, характеризується різноманітними ґрунтово-кліматичними умовами, які суттєво впливають на агротехнічні заходи та вибір сільськогосподарських культур. У зоні Степу, що характеризується посушливим кліматом та переважанням чорноземів, вирощування

енергетичних культур має бути орієнтоване на посухостійкі види, такі як просо прутоподібне (*Panicum virgatum L.*) та сорго цукрове (*Sorghum saccharatum (L.) Moench*). У зоні Лісостепу, з більш помірним кліматом та сірими лісовими ґрунтами, можна вирощувати міскантус (*Miscanthus*) та інші багаторічні трави. У зоні Полісся, з вологим кліматом та дерново-підзолистими ґрунтами, перспективними є вирощування верби (*Salix spp.*) та інших вологолюбних культур [147, 148].

Різна кількість та розподіл опадів, а також різна тривалість вегетаційного періоду, що коливається від 150–160 діб у Поліссі до 180–200 діб у Степу, вимагають адаптації сільськогосподарських культур до конкретних регіональних умов. Тому для ефективного використання біомаси в Україні необхідно враховувати ці різноманітні умови та вибирати культури, які найкраще їм відповідають [149].

Для успішного вирощування енергетичних культур в різних ґрунтово-кліматичних зонах України, вони повинні відповідати ряду вимог. Найкраща енергетична культура для виробництва біомаси має характеризуватися: високою врожайністю біомаси, стійкістю до шкідників та хвороб, високою конкурентоспроможністю до бур'янів особливо на початкових етапах органогенезу. Стійкість рослин до абіотичних стресів, таких як посуха, екстремальні температури, вологозабезпечення в ґрунті є важливими для обрання найкращого претендента для закладки енергопосівів. Іншими складовими ефективності виробництва біомаси для обраної енергокультури є низькою вартістю вирощування за відповідної технології. Врахування цих факторів дозволить оптимізувати вибір енергетичних культур для кожної зони України та забезпечити стабільне виробництво біомаси для потреб біоенергетики.

Інтродукція нових енергетичних культур, включаючи місцеві види трав і дерев, а також селекційно створені високоврожайні сорти, є перспективним напрямком для виробництва біопалива. Українські дослідники неодноразово наголошували на потенціалі проса прутоподібного як однієї з перспективних

енергетичних культур. Ця культура характеризується стабільно високою врожайністю, невибагливістю до ґрунтів і можливістю вирощування на маргінальних землях, що робить її особливо цінною для використання в умовах обмежених ресурсів. Крім того, просо прутоподібне відносно легко вирощується з насіння, що знижує витрати на створення плантацій. Водночас, міскантус, особливо гігантський, компенсує затрати на закладку енергоплантації завдяки високій врожайності біомаси, яку можна збирати вже після другого року вегетації. Результати досліджень, проведених у наукових установах, підтверджують високу продуктивність як проса прутоподібного, так і міскантусу та їх позитивний вплив на навколишнє середовище [150]. Таким чином, вищеописані енергетичні культури є перспективними для виробництва біопалива в умовах нашої країни.

Поряд з цим, науковці на чолі з М. Б. Грабовським встановили високу ефективність вирощування сорго цукрового та кукурудзи в сумісних та змішаних посівах, які за продуктивністю та якістю зеленої і сухої маси не поступаються одновидовим посівам цих культур і навіть перевищують їх. Так, авторами визначено, що застосування мінеральних добрив впливає на істотне збільшення біометричних показників рослин сорго цукрового і кукурудзи (висоти рослин, площі листової поверхні, діаметру стебла, маси однієї рослини). Дана тенденція прослідковується як в одно видових, так і в сумісних посівах порівняно з варіантами без внесення добрив. Також встановлено, що на варіантах із внесенням мінеральних добрив спостережалося зменшення коефіцієнту водоспоживання на 18,8–33,4% порівняно з ділянками без добрив. Максимальні значення біометричних та фотосинтетичних показників рослин сорго цукрового і кукурудзи були за їх сумісної сівби на фоні внесення (NPK)<sub>120</sub> [151].

Міскантус (*Miscanthus spp.*) – це високоросла, багаторічна культура, що має вищу урожайність біомаси в порівнянні з іншими енергокультурами. Науковими дослідженнями встановлено, що біомаса міскантусу також може використовуватися як тверде паливо, у будівельних матеріалах (пресовані

деревостружкові плити) та як джерело целюлози. Існує значна кількість різновидів цієї культури, проте для енергетичних цілей зазвичай використовують *Miscanthus giganteus*. Оскільки він демонструє значно вищу врожайність біомаси порівняно з іншими видами міскантусу. Це робить його економічно вигідним для великомасштабного виробництва біопалива. До недоліків його вирощування науковці відносять відносно високі витрати на створення плантації та низьку морозостійкість, що обмежує його поширення в північних регіонах України [152].

Описані вище культури є інтродукованими та перебувають на стадії активного вивчення. Сортові особливості, агротехнічні методи вирощування та логістика післязбиральної обробки потребують подальшого дослідження та адаптації до українських умов для досягнення максимальної врожайності та якості біомаси.

Окрім кількісних показників виходу біомаси, її якісний склад має вирішальне значення. Встановлено, що хімічний склад біомаси *Miscanthus*, вирощеного в різних зонах, на різних ґрунтах і з урахуванням кліматичних умов, при різному рівні азотного живлення та в різні фази онтогенезу в умовах Лісостепу, демонструє значну мінливість [153].

Фенологічні фази розвитку рослин, ступінь зрілості насаджень та застосовувані агротехнічні заходи впливають на хімічний склад біомаси. Зокрема, дослідження S. L. Cosentino та співавторів показали, що збільшення обсягів зрошення призводить до зниження вмісту золи, концентрації вуглецю, водню та азоту, а також до зменшення нижчої теплотворної здатності [154].

Міскантус, згідно з дослідженням E. M. Hodgson із співавторами реагує на азотні добрива інакше, ніж просо прутоподібне, оскільки вміст клітинної стінки у нього зменшується при збільшенні внесення азоту. Ці відмінності у реакції на азотні добрива підкреслюють важливість врахування видових особливостей рослин при оптимізації агротехнічних заходів для їх вирощування задля отримання біомаси [155].

Однак, окрім впливу азотних добрив, важливо враховувати й інші фактори, які впливають на якість біомаси, зокрема час збирання врожаю. Час збору врожаю впливає на склад клітинної стінки та вміст золи. Наприклад, за дослідженнями зарубіжних вчених, на півночі Італії вміст вологи в рослинах проса прутоподібного знизився з 57 % до 37 % при збиранні врожаю з осені до зими. На півдні Італії вміст вологи в зимуючій біомасі очерету гігантського та міскантусу змінився: очерет гігантський підтримував стабільний вміст вологи (близько 54 %), тоді як міскантус сильно зменшив вміст вологи взимку, з 52 % до 13 %. Зимовий збір врожаю також спричинив збільшення вмісту геміцелюлози та целюлози, тоді як вміст розчинних сполук клітинної стінки рослин та золи зменшився. Вміст лігніну не залежав від терміну збирання врожаю як у міскантусу, так і в очерету гігантського [156].

Ці зміни у складі біомаси, пов'язані з часом збору врожаю, можна пояснити фізіологічними процесами, що відбуваються в рослинах протягом року. З наближенням холодного сезону рослини зменшують вміст вологи, щоб уникнути пошкодження клітин кристалами льоду. Одночасно, вони накопичують структурні компоненти клітинної стінки, такі як геміцелюлоза та целюлоза, для забезпечення механічної стійкості. Зменшення вмісту розчинних сполук та золи може бути пов'язане з ремобілізацією поживних речовин у кореневища.

Фенологічна фаза та зрілість насаджень також впливають на склад біомаси. Багаторічні трави з кореневищами мають природну здатність мобілізувати та накопичувати поживні речовини в кореневищах протягом холодного сезону, а потім ремобілізувати їх у надземні частини під час подальшого весняного відростання [157–159].

Таким чином, занадто ранній збір врожаю передбачає сировину з вищим вмістом золи та мінералів, що негативно впливає на процеси термохімічної конверсії. Високий вміст золи може призвести до утворення шлаків, зниження ефективності згоряння та пошкодження обладнання. Крім того, мінерали,

особливо лужні, можуть спричинити корозію обладнання та викиди шкідливих речовин.

У зв'язку з цим Е. Jensen разом із співавторами показали, як після зимові збори врожаю покращують критерії якості біомаси для теплової конверсії та стійкість врожаю завдяки ремобілізації поживних речовин у кореневище [160].

Ремобілізація поживних речовин, таких як: азот, фосфор та калій, з надземних частин рослин у кореневища зменшує вміст цих елементів у біомасі, що збирається. Це не лише покращує якість згоряння, але й зменшує втрати поживних речовин з ґрунту, забезпечуючи стійкість врожаю. Автори досліджували 16 генотипів міскантусу (включаючи комерційний гібрид *M. × giganteus*, *M. sinensis* та *Miscanthus sacchariflorus*), які демонстрували різний час цвітіння та старіння, на предмет варіацій вмісту N, P, K, вологи, золи, Cl та Si. Цвітіння та старіння призвели до загального покращення якості згоряння, де квітучі генотипи мали тенденцію до нижчого вмісту P, K, Cl та вологи; незначно менший або подібний вміст N, Si та золи; та подібну вищу теплотворну здатність порівняно з тими генотипами міскантусу, які не цвіли.

Старіння має першорядне значення не лише для низхідного транспорту поживних речовин, і, отже, для довговічності насаджень, але й тому, що співвідношення листя до стебла має тенденцію до зменшення. Листя набагато багатше на золу, мінерали та луги, ніж стебла, тому сировина з меншою часткою листя під час збору врожаю підвищує її якість для термохімічної конверсії. Вік насаджень також впливає на склад клітинної стінки в межах одного генотипу [161].

Отже, для оптимізації використання біомаси міскантусу гігантського для термохімічної конверсії необхідно враховувати не лише час збору врожаю, але й фенологічні фази росту й розвитку рослин та вік насаджень. Ці фактори впливають на якість біомаси, що, в свою чергу, визначає її придатність для виробництва біопалив.

### **Висновки до розділу 1:**

1. Відповідно біологічним особливостям рослини міскантусу відносяться до родини тонконогові, що обумовлює їх морфологічну будову. Ця культура є багаторічною, з тривалістю життя 20-25 років. Адаптивні властивості рослин до зовнішніх чинників – високі, а ґрунтово-кліматичні умови України відповідають біології культури: міскантус можливо вирощувати на усій території нашої країни.

2. Під час свого росту й розвитку рослини міскантусу проходять відповідні фенологічні періоди, тривалість яких залежить від погодних умов вегетаційного року. Що в кінцевому результаті впливає на обсяг врожаю, який залежить від розвитку надземної вегетативної маси (густоти й висоти стеблостою та його облиственості) На початку, або в середині листопада рослини припиняють вегетацію, з її поновленням навесні – при переході середньоденної температури ґрунту  $+7...10^{\circ}\text{C}$ . Сортові властивості також впливають на врожайність біомаси.

3. Вибір місця для вирощування міскантусу має важливе значення, адже рельєф ділянки, вміст гумусу в ґрунтах, їх структурний склад впливатимуть на ріст рослин на їх початкових етапах органогенезу. Окрім цього на врожайність міскантусу суттєвий вплив мають обробітки ґрунту, строки й способи висаджування, допосадкова підготовка ризом (садивного матеріалу) та застосування підживлення насаджень. Що у комплексі обумовлюватиме врожайність та якість біомаси даної культури.

*Публікації до розділу [133, 162–165].*

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Ґрунтово-кліматичні умови

Польові дослідження відповідно теми дисертації проведені протягом 2020–2024 років в умовах Полтавської області (ґрунтово-кліматична зона центрального Лісостепу нашої країни). Означена територія належить до центральної частини України, зони Лісостепу. Із півночі на південь територія Лісостепу сягає 213,5 км, із заходу на схід – 245 км. За площею усієї території вона посідає 7 місце в Україні, в якій с/г угіддя сягають 75,3 % від усієї площі. За виробництвом валової продукції сільського господарства Полтавська область займає третє місце, за виробництвом зернових культур – друге [166].

#### *Ґрунтові умови місця проведення досліджень.*

В реаліях сьогодення у Полтавській області наявно близько 50 видів різних ґрунтів. З-поміж яких найбільш поширеніші 12 агропромислових груп. Це такі як: чорноземи, лучно-чорноземні, дерново-підзолисті, опідзолені, лучні, лучно-болотні, болоті, торфино-болотні, торфовища, дернові, солонці та солоді. Дані ґрунти вирізняються потужним гумусованим профілем (80–120 см). В Полтавській обл. найчастіше зустрічаються чорноземи – 64 %. Механічний склад ґрунтів змінюється із заходу до північного сходу – з легкосуглинкових до важко-суглинкових, решта території – середньосуглинкові. Середньогумусні відмінності чорноземів поширені на схід від р. Ворскли. Малогумусні ґрунти – на захід від р. Ворскла. На Полтавщині зустрічається близько 8 типів ґрунтів. Ґрунтовий покрив області залежить від існуючого рельєфу. Окрім того, Лісостепова зона Полтавської обл. вирізняється від інших великою розораністю. В ній наявні близько третини площ земель, що піддаються обробітці для сільськогосподарських агропромислових, наявні засолені ґрунти. Такі солонці найбільш зустрічаються на півдні області, що свідчить про близьке залягання ґрунтових вод. Більшість

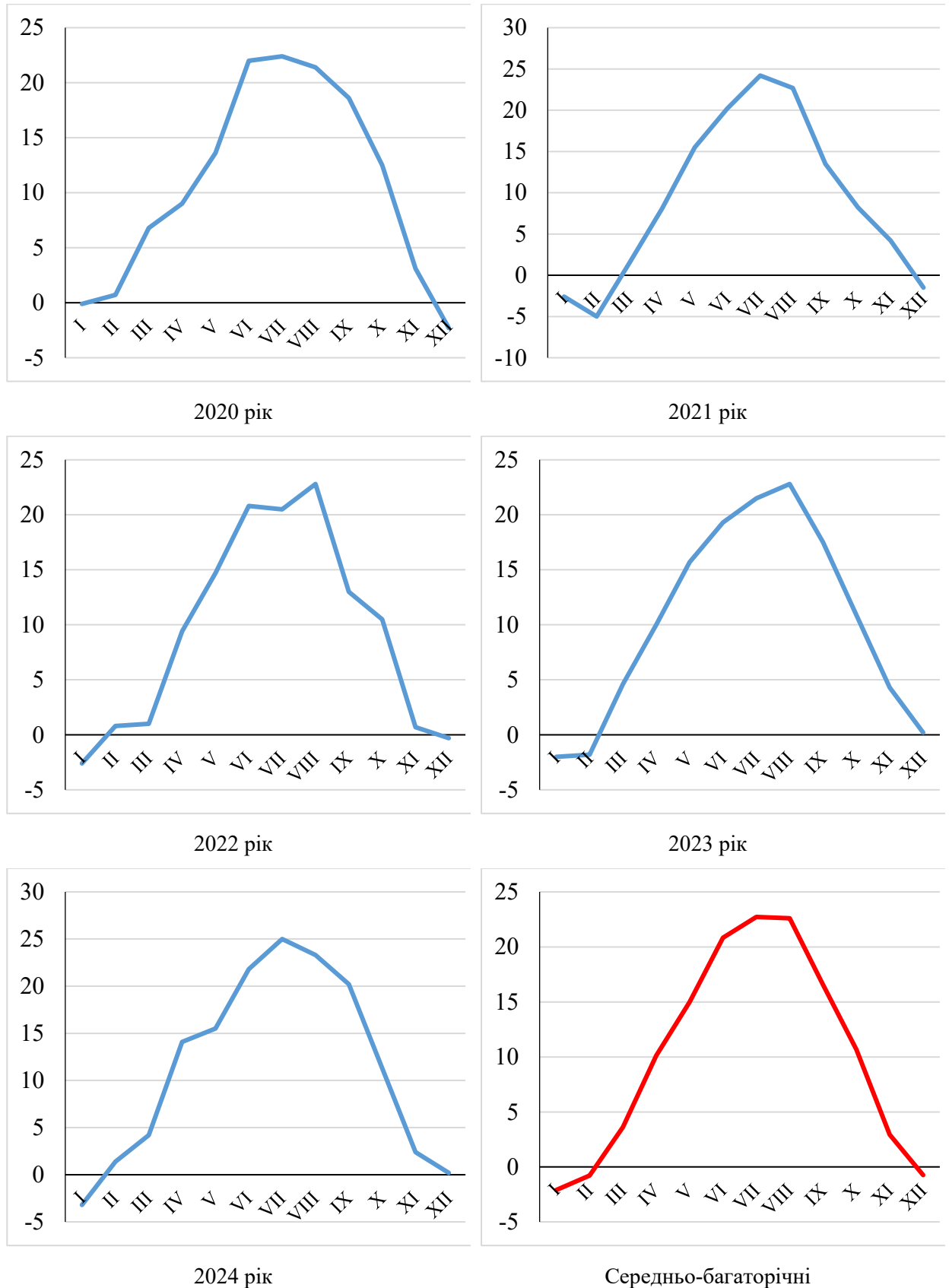
ґрунтів області достатньо забезпечені поживними речовинами. До них відносять: гумус та основні мінеральні елементи (азот, фосфор, калій). Ґрунти Полтавської області (близько 49,2 %) мають середній вміст гумусу, з них – значний відсоток (37,5 %) – підвищений. Середньо- та високородючі ґрунти з усієї площі становлять від 0,7 до 10,5 % територій, середнє значення за даним показником досягає 3,33 %. Кількість мікроелементів у ґрунтах Полтавщини – достатня. Вони мають дефіцит у цинку, середньозабезпечені міддю та марганцем та достатньо забезпечені бором [167].

Водночас, в Полтавській області відмічаються негативні ґрунтові процеси: засолення, зниження гумусу, процеси деградації земель: антропогенна та природня. Вони впливають на родючість та структурованість ґрунтів, зменшуючи ці показники щорічно. Встановлено, що 749 тис. га сільськогосподарських угідь області піддаються водній та вітровій ерозій. За сучасної класифікації – це деградаційні ґрунти (відповідно європейських вимог – це так зв. «маргінальні землі»), що малоприсадибні до вирощування с/г культур. Водночас, такі ґрунти – присадибні до вирощування енергетичних культур за їх багаторічного циклу, що сприяє накопиченню органічної речовини в ґрунті та активації мікробіологічних процесів у ньому [168].

Досліди, що закладено і проведено в умовах центрального Лісостепу територіально розташовані на чорноземних ґрунтах. Ґрунтоутворююча порода – польовий карбонатний лесовидний суглинок. Характеристика ґрунту – лучно-чорноземний намитий середньо-осолоділі ґрунти (западинний). Агрохімічна характеристика ґрантів: вміст гумусу – низький – до 2,5 %, лужно-гідролізованого азоту – 120,1 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 86,5 мг/кг ґрунту, обмінного калію 113,2 мг/кг ґрунту, рН становить 6,2.

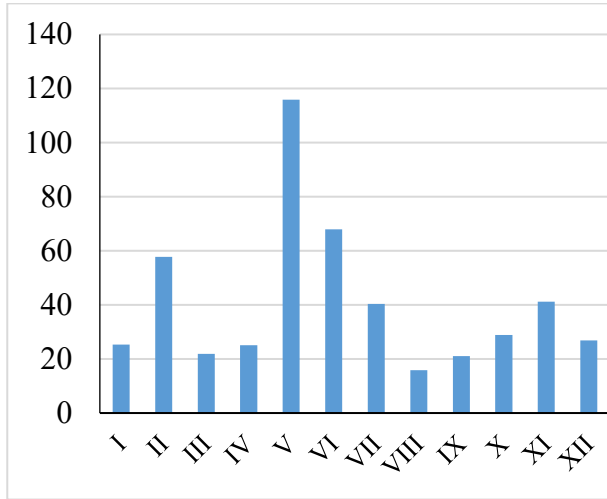
### ***Кліматичні умови Лісостепу за роки проведення досліджень.***

Клімат місця проведення досліджень – помірно-континентальний з недостатнім зволоженням, холодною зимою (з відлигами) і жарким, а, в деяких роках, сухим літом. Середньомісячна температура за період проведення досліджень наведена на рис. 2.1, а кількість опадів – на рис. 2.2.

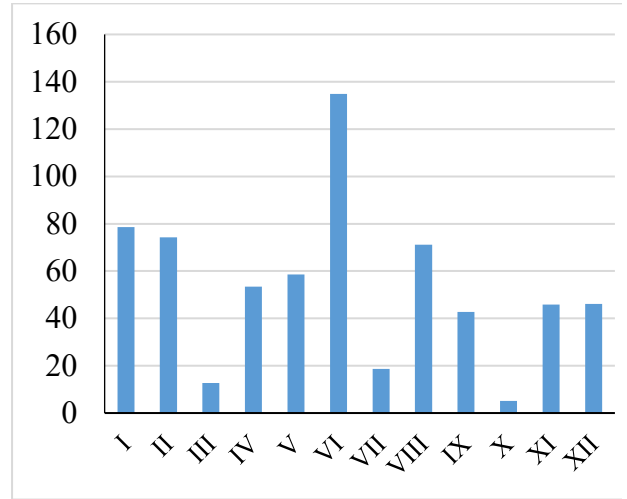


**Рис. 2.1. Середньомісячна температура за 2020-2024 рр.**

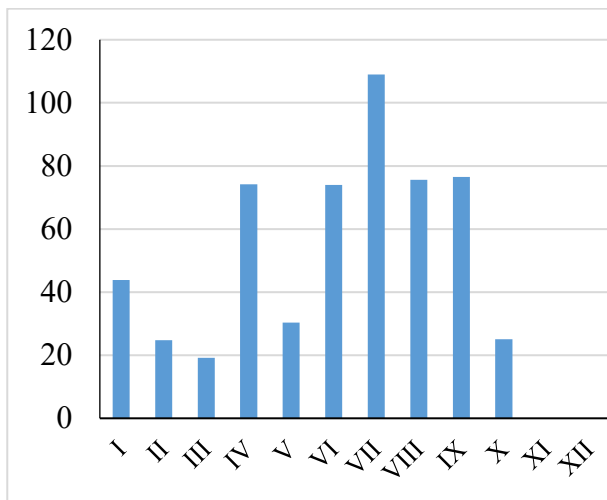
В умовах Лісостепу упродовж 2020-2024 років спостерігалось відхилення кількості опадів від середніх б/р показників (рис. 2.2.).



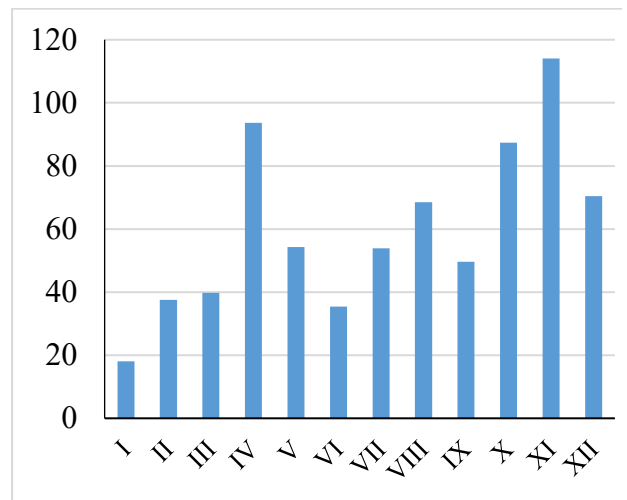
2020 рік



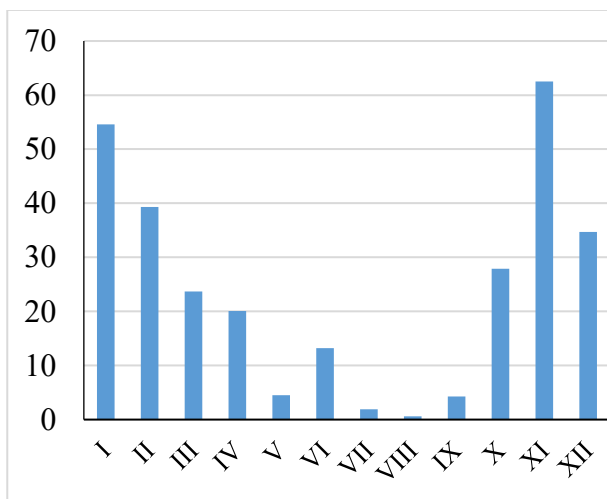
2021 рік



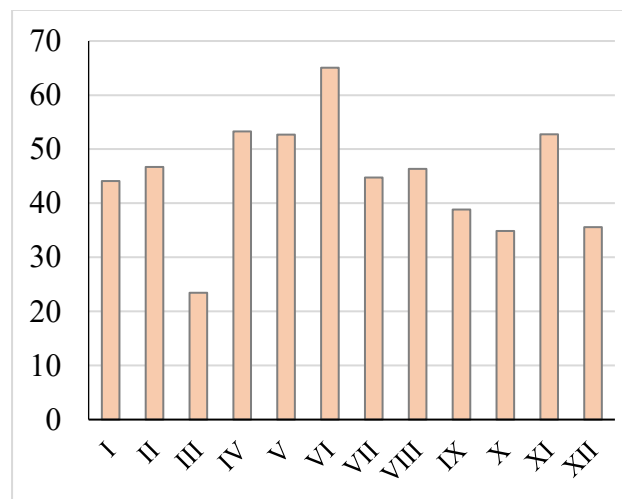
2022 рік



2023 рік



2024 рік



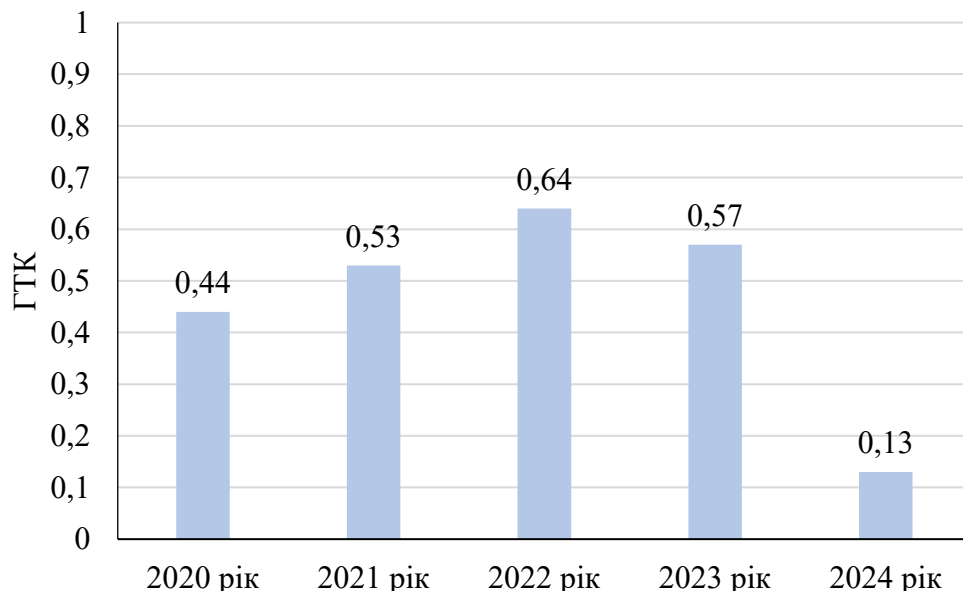
Середньо-багаторічні

Рис. 2.2. Середньомісячна кількість опадів за 2020-2024 рр.

Відхилення за кількістю опадів у бік збільшення, порівняно із середніми фіксували у наступні періоди: березні та червні 2020 року, липні 2021 року, та літніх місяців 2022-2023 років та 2024 р.

Протягом 2020-2024 років в умовах місця проведення досліджень під час весняно-осінньої вегетації міскантусу відмічали відхилення середньомісячної кількості опадів від середньо-багаторічних показників. Надмірна кількість опадів зафіксована у квітні та червні 2020 року. Надмірне зволоження було у квітні та червні 2021 року, а також у квітні, червні, серпні та вересні 2022 року. Збільшення опадів порівняно із середніми даними відмічали також у квітні, серпні, жовтні-листопаді 2023 року. Відсутність опадів у травні-липні відмічали у 2024 році. Протягом періоду вегетації міскантусу, що вирощували в умовах Лісостепу спостерігали й окремі посушливі періоди, що припадали частково на весняні й літні місяці 2022 і 2024 рік, нестачу опадів також відмічали у літні місяці 2022 та 2023 року.

Кількість опадів і середні температури повітря за вегетаційні періоди міскантусу досліджуваних років змінювалися в досить широких межах, що найбільш об'єктивно відображає гідротермічний коефіцієнт – ГТК (рис. 2.3).



**Рис. 2.3. Гідро-термічний коефіцієнт весняно-літньої вегетації міскантусу гігантського, 2020–2024 рр.**

Визначено, що протягом періоду вегетації міскантусу гігантського у 2024 році відмічена дуже сильна посуха ( $\text{ГТК} < 0,4$ ), окремі роки (2020–2021 рр.) характеризувалися сильною посухою ( $\text{ГТК} = 0,4–0,5$ ), а 2022 і 2023 роки – середньою посухою ( $\text{ГТК} = 0,6–0,7$ ). Це дало можливість оцінити реакцію рослин досліджуваних культур (як міскантусу гігантського, так і кукурудзи звичайної) на погодні умови їх періоду вегетації.

Встановлено, що за роки проведення досліджень погодний чинник, як за температурою повітря, так і за кількістю опадів – був дуже мінливим, що пов'язуємо як із глобальним потеплінням, так і локальними умовами місця проведення наших дослідів.

Таким чином, місце проведення досліджень має розташовування на території із сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами. Земельні ресурси мають агрохімічні показники близькі до середніх або високих. Це зумовлює можливість вирощувати в таких умовах різні сільськогосподарські культури, в т.ч. і енергетичну – міскантус гігантський.

## **2.2. Програма та схеми досліджень**

Програма досліджень відповідно теми дисертаційної роботи поєднувала виконання наступних трьох польових дослідів, які проведено протягом 2020–2024 років в умовах агрогосподарства с. Савинці Полтавського району.

***Дослід 1. Вивчення впливу сортових властивостей на адаптивність рослин та формування врожайності міскантусу гігантського.***

Дослід проводився за однофакторною схемою впродовж 2020–2024 рр.

Загальна площа ділянки становила  $12 \text{ м}^2$ , облікової –  $10 \text{ м}^2$ . Загальна площа дослідів становила  $240 \text{ м}^2$ . Повторюваність дослідів – чотириразова. Дослід закладався за методом систематичних повторювань: в кожному повторенні варіанти дослідів розміщуються на ділянках рендомізовано.

Схему дослідів № 1 наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

**Схема досліду № 1: Вплив сортових властивостей на адаптивність рослин та формування врожайності міскантусу гігантського**

Вегетаційний рік	Варіант (сорт)
2020-2022 (перший)	вар. 1 – сорт Біотех (контр.)
	вар. 2 – сорт Верум
2021-2023 (другий)	вар. 3 – сорт Гулівер
2022-2024 (третій)	вар. 4 – сорт Універсальний
	вар. 5 – сорт Осінній зорецвіт

За проведення досліджень використовували зареєстровані сорти міскантусу гігантського, що рекомендовані до вирощування в умовах Лісостепу України: Біотех, Верум, Гулівер, Універсальний та Осінній зорецвіт (рис. 2.4).

Повторення			
I	II	III	IV
вар. 2	вар. 4	вар. 3	вар. 5
вар. 3	вар. 2	вар. 1	вар. 2
вар. 1	вар. 5	вар. 2	вар. 3
вар. 5	вар. 1	вар. 4	вар. 4
вар. 4	вар. 3	вар. 5	вар. 1

*Примітка:* вар. 1 – сорт Біотех (контр.), вар. 2 – сорт Верум, вар. 3 – сорт Гулівер, вар. 4 – сорт Універсальний, вар. 5 – сорт Осінній зорецвіт,

**Рис. 2.4. Схема розміщення варіантів у досліді № 1**

**Дослід 2. Визначення впливу способу вирощування й підживлення насаджень на формування врожайності біомаси міскантусу гігантського.**

Дослід проводився за трифакторною схемою впродовж 2020–2024 рр.

Загальна площа ділянки становила 60 м<sup>2</sup>, облікової – 50 м<sup>2</sup>, варіанти. Загальна площа досліду – 960 м<sup>2</sup>. Повторюваність дослідів – чотириразова. Дослід закладався за методом систематичних повторювань: в кожному повторенні варіанти досліду розміщуються на ділянках рендомізовано.

Схему досліду № 2 наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

**Схема досліду № 2: Вплив способу вирощування й підживлення насаджень на формування врожайності біомаси міскантусу гігантського**

Вегетаційний рік	Вид насадження	Варіант підживлення
2020-2022 (перший) 2021-2023 (другий) 2022-2024 (третій)	одновидові	варіант 1 – без підживлення (контроль N <sub>0</sub> )
		варіант 2 – весняне підживлення N <sub>30</sub>
		варіант 3 – весняне підживлення N <sub>60</sub>
		варіант 4 – весняне підживлення N <sub>90</sub>
		варіант 5 – весняне підживлення N <sub>120</sub>
2020-2022 (перший) 2021-2023 (другий) 2022-2024 (третій)	бінарні з люпином багаторічним	варіант 1 – без підживлення (контроль N <sub>0</sub> )
		варіант 2 – весняне підживлення N <sub>30</sub>
		варіант 3 – весняне підживлення N <sub>60</sub>
		варіант 4 – весняне підживлення N <sub>90</sub>
		варіант 5 – весняне підживлення N <sub>120</sub>

За проведення досліджень використовували зареєстрований сорт міскантусу гігантського Гулівер, який вирощували в мононасадженні (одновидові) та у сумісних насадженнях з люпином багаторічним (бінарні), який висівали у міжрядді 70 см з відстанню від рядка міскантусу 10 см в обидві сторони, при цьому використовували для весняного підживлення різні дози мінерального добрива «Карбамід» відповідно схеми експерименту (рис. 2.5).

Вид насадження							
Одновидові насадження міскантусу				Бінарні посіви: міскантус + люпин			
вар. 4	вар. 1	вар. 3	вар. 3	вар. 3	вар. 1	вар. 5	вар. 5
вар. 1	вар. 3	вар. 1	вар. 1	вар. 1	вар. 3	вар. 4	вар. 1
вар. 2	вар. 2	вар. 2	вар. 2	вар. 4	вар. 2	вар. 3	вар. 2
вар. 3	вар. 4	вар. 5	вар. 4	вар. 5	вар. 4	вар. 1	вар. 3
вар. 5	вар. 5	вар. 4	вар. 5	вар. 2	вар. 5	вар. 3	вар. 4
<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>
<b>Повторення</b>				<b>Повторення</b>			

*Примітка:* варіант 1 – без підживлення (контроль N<sub>0</sub>), варіант 2 – весняне підживлення N<sub>30</sub>, варіант 3 – весняне підживлення N<sub>60</sub>, варіант 4 – весняне підживлення N<sub>90</sub>, варіант 5 – весняне підживлення N<sub>120</sub>.

**Рис. 2.5. Схема розміщення варіантів у досліді № 2**

**Дослід 3. Вплив біологізації технології за смугового вирощування на формування врожайності біомаси міскантусу гігантського та кукурудзи**

Дослід проводився за трифакторною схемою впродовж 2020–2024 рр. Загальна площа ділянки становила 60 м<sup>2</sup>, облікової – 50 м<sup>2</sup>. Загальна площа досліджу – 960 м<sup>2</sup>. Повторюваність дослідів – чотириразова. Дослід закладався за методом систематичних повторювань: в кожному повторенні варіанти досліджу розміщуються на ділянках рендомізовано (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

**Схема досліджу № 3: Вплив біологізації агротехнології за смугового вирощування на формування врожайності біомаси міскантусу гігантського та кукурудзи**

Вегетаційний рік	Вид насадження	Варіант підживлення
2020-2022 (перший) 2021-2023 (другий) 2022-2024 (третій)	одновидові	вар. 1 – без підживлення (контроль),
		вар. 2 – підживлення Крісталон + Біопрепарат Мікофренд С (25 % доза кожного препарату)
		вар. 3 – підживлення Крісталон + Біопрепарат Мікофренд С (50 % доза кожного препарату)
		вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %)
		вар. 5 – підживлення Біопрепарат Мікофренд С (повна доза 100 %)
2020-2022 (перший) 2021-2023 (другий) 2022-2024 (третій)	смугові з люпином багаторічним та кукурудзою звичайною	вар. 1 – без підживлення (контроль),
		вар. 2 – підживлення Крісталон + Біопрепарат Мікофренд С (25 % доза кожного препарату)
		вар. 3 – підживлення Крісталон + Біопрепарат Мікофренд С (50 % доза кожного препарату)
		вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %)
		вар. 5 – підживлення Біопрепарат Мікофренд С (повна доза 100 %)

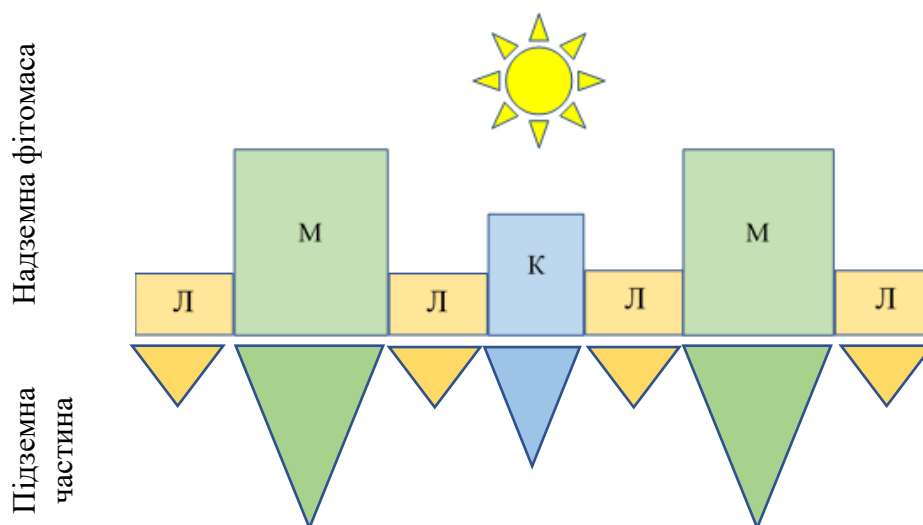
За проведення досліджень використовували зареєстрований сорт міскантусу гігантського Гулівер, який вирощували в мононасадженні (одновидові) та у смугових насадженнях з люпином багаторічним та кукурудзою звичайною, які по площі чергували смугами на ширину захвату сівалки (рис. 2.6).

Одновидові насадження			
I	II	III	IV
вар. 2	вар. 3	вар. 3	вар. 1
вар. 3	вар. 2	вар. 1	вар. 2
вар. 1	вар. 1	вар. 2	вар. 3
вар. 4	вар. 5	вар. 4	вар. 5
вар. 5	вар. 4	вар. 5	вар. 4
Смугову насадження міскантусу в бінарних посівах кукурудзи та люпин			
I	II	III	IV
вар. 3	вар. 2	вар. 1	вар. 2
вар. 1	вар. 3	вар. 2	вар. 3
вар. 2	вар. 1	вар. 4	вар. 4
вар. 5	вар. 3	вар. 5	вар. 5
вар. 4	вар. 5	вар. 3	вар. 1

*Примітка:* вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Мікофренд С (повна доза 100 %).

**Рис. 2.6. Схема розміщення варіантів в досліді № 3**

В даному експерименті застосовували різну концентрацію хелатного препарату «Крісталон особливий» (повна доза 3 кг/га з витратою робочого розчину 200 л/га) та біопрепарату «Мікофренд-С» (повна доза 0,5 л/га з нормою внесення робочого розчину 100 л/га), які використовували у різних концентраціях відповідно схеми досліді № 3 для позакореневого весняного підживлення насаджень міскантусу гігантського як в одновидових, так і смугових насаджень (рис. 2.7).



*Примітка:* М – міскантус гігантський, Л – люпин жовтий, К – кукурудза звичайна.

**Рис. 2.7. Фронтальний вигляд смугового посіву міскантусу гігантського з супутніми рослинними компонентами**

### *Агротехнологічні заходи за вирощування рослин в дослідях.*

Технологія вирощування міскантусу гігантського (та кукурудзи – у бінарних та смугових насадженнях) на дослідних ділянках здійснено відповідно наукових рекомендацій, окрім тих чинників, що були поставлені на вивчення відповідно виокремлених завдань [169].

Осінь підготовка ділянок проводилася заздалегідь, так званий «нульовий рік» й складалася з комплексу заходів основного обробітку ґрунту, послідуєчого осіннього культивування у міру з'явлення бур'янів. Весняний обробіток ґрунту проводили при настанні фізичної стиглості його: здійснювали закриття вологи та три культивації, остання – передсадильна.

Висаджування ризом проводили навесні з шириною міжрядь 45 або 70 см на глибину 10 см (за температури ґрунту +5...7 °С), з послідуєчим коткуванням посівів.

Міжрядний обробіток проводився просапним культиватором навесні тільки на перший і другий рік вегетації в одновидових насадженнях. Під час закладки дослідів мінеральні добрива не застосовували в основне внесення, окрім мінерального підживлення азотом відповідно схеми дослідів № 2. Також на окремих варіантах (згідно відповідної схеми дослідів № 3) застосовували весняне підживлення, шляхом вносення різних концентрацій (відповідно варіантів дослідів) у позакореневе підживлення хелатного препарату Кристалон особливий та біопрепарату Мікофренд С.

### **2.3. Методика проведення досліджень**

За проведення багаторічних досліджень застосовувались як загальнонаукові методи, так і спеціальні методи.

Закладка дослідних ділянок здійснено відповідно методики дослідної справи в агрономії [170, 171]. Використовували схеми одно-, дво- або трьохфакторного експериментів, з урахуванням рекомендацій щодо вирощування енергетичних культур та кукурудзи [172, 173].

Показники погодних умов за середньодобовою температурою повітря і щомісячні кількості опадів фіксували впродовж кожного досліджуваного року для порівняння з середньобагаторічними показниками (див. рис. 2.1–2.2).

Обліки та спостереження за рослинами проводили згідно затверджених методик:

- стійкість рослин до умов навколишнього середовища та до вилягання посівів здійснювали відповідно до методик [174];

- фенологічні спостереження проводили з фіксуванням основних фаз: сходи; утворення трьох справжніх листків; кущення; вихід в трубку; стеблуння; інтенсивний ріст рослин та закінчення вегетації [175];

- густоту стояння рослин визначали перед збиранням врожаю шляхом підрахунку кількості рослин на метрі погонному. Для цього на закріплених ділянках (площею 1 м<sup>2</sup>) по діагоналі кожного варіанту у чотириразовій повторності проводили обліки [176];

- висоту рослин відмічали на час закінчення їх вегетації шляхом вимірювання довжини стебла мірною стрічкою у вибірці рослин обсягом 50 шт.;

- показники якості біомаси: вміст сухих речовин у стеблах, вміст целюлози, геміцелюлози й визначали відповідно методик [177-179];

- облік врожаю біомаси проводили поділяючно в кожному повторенні шляхом скошування біомаси та її зважування на полі. Після висушування визначали вміст сухої речовини в біомасі [180].

Лабораторні дослідження проводились в сертифікованій науковій лабораторії агроекологічного моніторингу Полтавського державного аграрного університету.

Економічну ефективність визначали відповідно авторської методики [181]. Енергетичну ефективність виробництва біомаси з урахуванням її енергоємності та енергопродуктивності насаджень розраховували відповідно методик [182, 183].

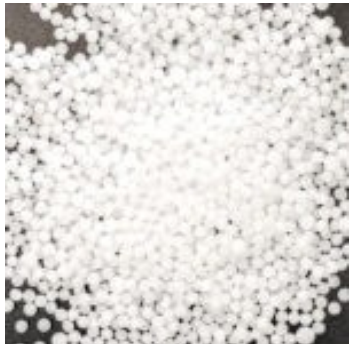
Статистичний обрахунок даних дослідів здійснювали відповідно аналізу агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0 [184]. При цьому визначали НІР при 5,0 % рівні значущості – для оцінки істотних відмінностей між варіантами. Також проводили кореляційно-регресійний аналіз з метою встановлення напрямку та сили зв'язку між досліджуваними показниками.

#### 2.4. Характеристика добрива та препаратів

Наводимо детальний опис добрива та препаратів, що застосовували у дослідженнях (досліди № 2 і № 3): мінеральне азотне добриво «Карбамід», хелатний препарат «Крісталон особливий» та біопрепарат «Мікофренд-С» (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

#### Особливості мінерального добрива Карбамід, препарату Крісталон особливий та біопрепарату Мікофренд С [185]

Препарат	Зовнішній вигляд	Опис
Карбамід (мінеральне добриво)		Мінеральне добриво – найбільш концентроване водорозчинне, повільно діюче безнітратне азотне добриво з вмістом азоту не менше 46,6 %, який необхідний для росту і розвитку рослин, зокрема, для збільшення вегетативної маси та підвищення вмісту білка в зернових культурах. Використовується на всіх типах ґрунтів для основного внесення восени або восени або навесні, чи передпосівного – під культивуацію, а також для весняного підживлення сільськогосподарських культур. Крім того, це найкраще добриво для позакореневого підживлення озимих і ярих зернових культур. Дози внесення мінерального добрива – відповідно схеми експерименту.

Препарат	Зовнішній вигляд	Опис
Крісталон особливий (хелатний препарат)		<p>Призначене для листового підживлення культур протягом вегетації. Містить сечовину для швидкого і безпечного поглинання азоту через поверхню листків. Крісталон SPECIAL виготовлений з ретельно відібраної сировини. Як результат, добриво:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- повністю розчинне у воді;</li> <li>- має високий і збалансований вміст макро- і мікроелементів;</li> <li>- вільний від нерозчинних та фітотоксичних сполук;</li> <li>- має дуже низький вміст натрію і хлоридів;</li> <li>- має низьке значення ЕС.</li> </ul> <p>Дози внесення перапарату – відповідно схеми екперименту.</p>
Мікофренд С (біопрепарат)		<p>Мікофренд-С – комплексний мікоризоутворюючий біопрепарат. Мікориза забезпечує рослини вітамінами, мінералами, ферментами та гормонами. Завдяки міцелію – коренева система рослин збільшує площу поглинання корисних елементів, таких як фосфор, калій та інших. Діючою речовиною біопрепарату Мікофренд-С – є суміш ефективних мікроорганізмів-мікоризоутворювачів – гриби: <i>Glomus</i>, <i>Trichoderma harzianum</i>, мікроорганізми, що покращують утворення мікоризи; фосфатмобілізуючі бактерії з фунгіцидними та бактерицидними властивостями: <i>Pseudomonas fluorescens</i>, <i>Streptomyces sp.</i>, <i>Bacillus subtilis</i>, <i>Bacillus megaterium var. phosphaticum</i>, <i>Bacillus muciliginosus</i>, <i>Enterobacter sp.</i>;</p> <p>Загальна кількість життєздатних клітин 0,5x10<sup>9</sup> КУО/г.</p> <p>Дози внесення перапарату – відповідно схеми екперименту.</p>

Отже, препарати, що застосовувані у дослідях – зареєстровані та цілком безпечні для навколишнього природного середовища і можуть застосовуватись на рослинах з родини тонконогові, в т.ч. і міскантусу гігантського.

## 2.5. Характеристика сортів міскантусу гігантського

Коротка характеристики зареєстрованих сортів міскантусу гігантського, з вказанням року реєстрації, що використовувалися в даній роботі наведено в табл. 2.5 [186].

Таблиця 2.5

### Характеристика сортів міскантусу гігантського

Сорт	Рік	Зона вирощування	Плоїдність	Урожайність, т/га	Вихід сухої речовини, т/га	Вихід енергії, ГДж/га	Теплоємність пального, Мдж/кг	Зольність, %
Біотех	2017	СЛП	3-п	25,0	20,0	380,0	19,0	2,0
Верум	2014	СЛП	3-п	60,0	22,0	350,0	17,5	2,7
Гулівер	2015	ЛП	3-п	87,0	25,0	410,0	18,0	4,5
Універсальний	2012	ЛП	3-п	15,0	13,3	240,0	18,0	0,45
Осінній зорецвіт	2015	ЛП	3-п	25,0	20,0	360,0	18,0	0,45

Таким чином, сорти міскантусу гігантського які застосовані в досліді – внесені в різні роки до Реєстру сортів рослин придатних до вирощування на території України. Ці культивари рекомендовані до вирощування в умовах Лісостепової ґрунтово-кліматичної зони. Сортимент міскантусу має різний потенціал урожайності біомаси: як за умовно вологою масою, так і за сухим залишком. Сорти міскантусу гігантського також різняться за теплоємністю пального та його зольністю – показниками, що обумовлюють вихід енергії з біомаси на 1 га.

## Висновки до розділу 2:

1. Протягом періоду проведення досліджень спостерігалась мінливість показників погодних умов протягом 2020–2024 років. Відмічені окремі відхилення від середніх багаторічних показників за температурою й опадами протягом весняно-літніх періодів вегетації міскантуса. У сукупності це дозволило провести комплексну оцінку адаптивності до умов вирощування рослин міскантусу гігантського.

2. Наукові методики та рекомендації, що застосовувані під час проведення досліджень з рослинами міскантусу гігантського – затверджені та апробовані в Україні.

3. Програма, схеми закладки й проведення польових і лабораторних досліджень відповідає методиці дослідної справи в агрономії. Результати досліджень проаналізовані методами математичної статистики, достовірність отриманих даних підтверджується 5%-им рівнем значущості, істотні різниці між варіантами – ( $HP_{0,05}$ ). Визначення взаємозалежності між кількісними показниками проведено кореляційно-регресійним аналізом із визначенням коефіцієнтами апроксимації та детермінації, описані рівняннями регресії. Статистичну обробку отриманих результатів досліджень здійснено за допомогою описової статистики, дисперсійного, кореляційного та регресійного методів з використанням комп'ютерних програм Statistica та Excel.

4. Препарати хімічної та біологічної природи, що застосували у дослідях з міскантусом гігантським є зареєстрованими в Україні; не шкідливі для умов навколишнього середовища. Вони в своєму складі містять необхідні елементи живлення для росту й розвитку рослин з родини тонконогові.

5. Усі сорти міскантусу гігантського, що вивчалися є зареєстрованими й внесені до Реєстру сортів, наявні дати державної реєстрації майнового права інтелектуальної власності на їх поширення.

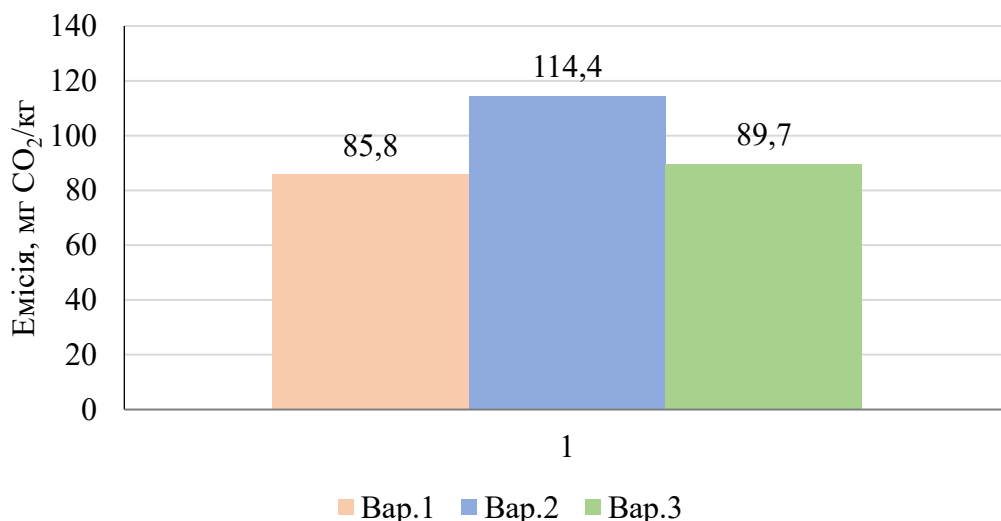
## РОЗДІЛ 3

## ЕКОЛОГІЧНІ, СОРТОВІ ТА АДАПТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ РОСЛИН І ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО

## 3.1. Ґрунтово-біотичний комплекс під насадженнями міскантусу гігантського

Ґрунт під насадженнями міскантусу гігантського характеризувався середніми значеннями чисельності екотрофних груп мікроорганізмів (крім амілолітичних бактерій) порівняно з ґрунтом під вирощуванням проса прутноподібного. Найбільша кількість амілолітичних бактерій спостерігалася для міскантусу –  $12,79 \pm 1,34 \times 10^6$  КУО на 1 грам сухого ґрунту з умістом ґрунтового органічного карбону на рівні  $4,82 \pm 0,07$  %.

Визначено, що найбільша біомаса мікроорганізмів характерна ґрунтам, де вирощувалося просо прутноподібне ( $1093,85 \pm 53,22$  мкг С/г ґрунту) та міскантус гігантський ( $520,15 \pm 14,43$  мкг С/г ґрунту). Виходячи з цього емісія  $\text{CO}_2$  різнилася за досліджуваними варіантами (рис. 3.1).



*Примітка:* вар. 1 – ґрунти під різнотрав'ям (контроль), вар. 2 – ґрунти під просом прутноподібним, вар. 3 – ґрунти під міскантусом гігантським.

**Рис. 3.1. Емісія  $\text{CO}_2$  за варіантами дослідження, середнє за 2020-2024 рр.**

Встановлено, що емісія CO<sub>2</sub> була найбільшою на варіантах вирощування проса прутоподібного (114,4 мг CO<sub>2</sub>/кг), міскантусу -89,7 мг CO<sub>2</sub>/кг, а на контрольних варіантах – на рівні 85,8 4 мг CO<sub>2</sub>/кг.

Для оцінки спрямованості ґрунтових мікробіологічних процесів та детальнішого аналізу можливих змін структури ґрунтово-біотичного комплексу під впливом енергетичних культур було розраховано коефіцієнт мінералізації та іммобілізації (Cm-i), коефіцієнт оліготрофії (Col) та коефіцієнт педотрофії (Cp) (табл. 3.1). Це дозволяє характеризувати рівень процесів мінералізації (Cm-i), забезпеченість ґрунту легкозасвоюваними поживними речовинами (Col) та функціональність структури мікробіоценозу (Cp).

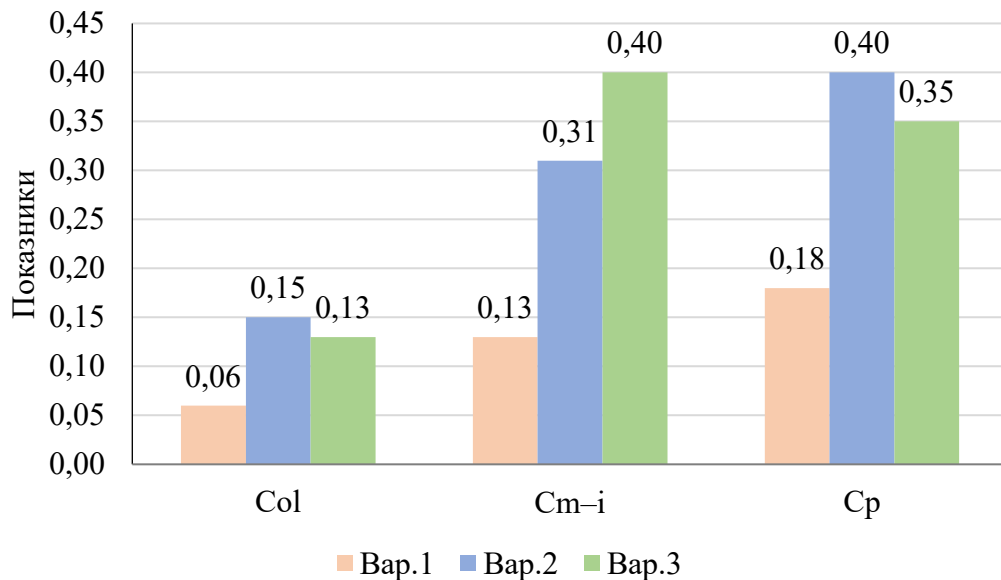
*Таблиця 3.1*

**Коефіцієнти спрямованості ґрунтових мікробіологічних процесів,  
2020-2024 рр.**

Варіанти	Коефіцієнт оліготрофності (Col)	Коефіцієнт мінералізації-іммобілізації азоту (Cm-i)	Коефіцієнт педотрофності (Cp)
Різнотрав'я (контроль)	0,06±0,03	0,13±0,06	0,18±0,03
Просо прутоподібне	0,15±0,04	0,31±0,05	0,40±0,05
Міскантус гігантський	0,13±0,04	0,40±0,09	0,35±0,06

У всіх досліджуваних варіантах кількість амілолітичних бактерій була вищою, ніж інших груп мікроорганізмів, відповідно коефіцієнти мінералізації-іммобілізації, що базуються на кількісному співвідношенні трофічних груп бактерій, були меншими ніж на контролі (0,13–0,40), див. рис. 3.1. Найнижчий показник Cm-i (0,13) спостерігався у ґрунті під посівами проса прутоподібного, що свідчить про перевагу цієї культури порівняно з міскантусом гігантським, та вищий рівень потенційної родючості ґрунту.

Коефіцієнти спрямованості ґрунтових мікробіологічних процесів у середньому за 2020-2024 роки наведено на рис. 3.2.



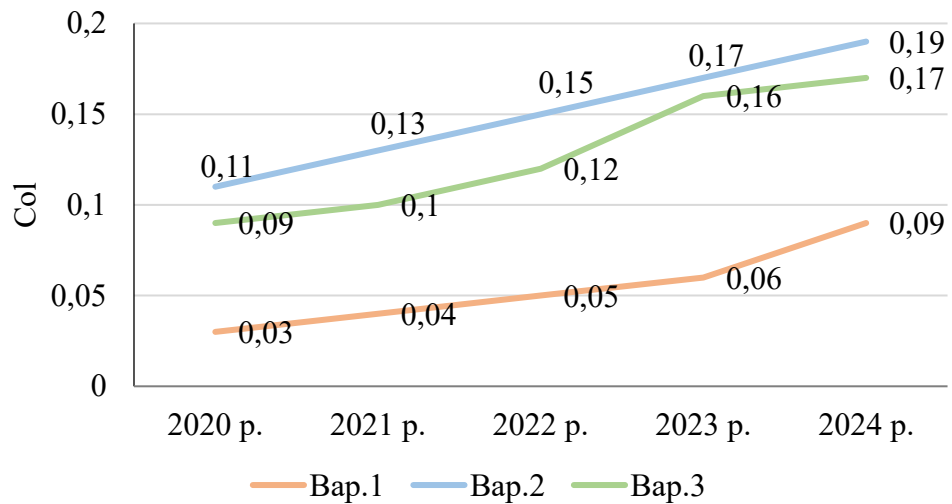
*Примітка:* вар. 1 – ґрунти під різнотрав'ям (контроль), вар. 2 – ґрунти під просом пруттоподібним, вар. 3 – ґрунти під міскантус гігантським.

**Рис. 3.2. Коефіцієнти спрямованості ґрунтових мікробіологічних процесів, середнє за 2020-2024 рр.**

У середньому за роки дослідження виокремлено за коефіцієнтом оліготрофності (показник, що демонструє забезпечення ґрунту легкозасвоюваними поживними речовинами) варіанти де вирощували просо пруттоподібне (0,15) на противагу міскантусу гігантського (0,13). Коефіцієнт мінералізації-іммобілізації азоту – показник інтенсивності процесів мінералізації та засвоювання азотних сполук у ґрунті був найбільшим під насадженнями міскантусу гігантського (0,40) порівняно з просом пруттоподібним (0,31).

Коефіцієнт педотрофності, що відображає функціональність структури мікробного ценозу ґрунту був найвищим в ґрунтах на яких вирощували просо пруттоподібне (0,40), дещо нижче – під міскантусом гігантським (0,35).

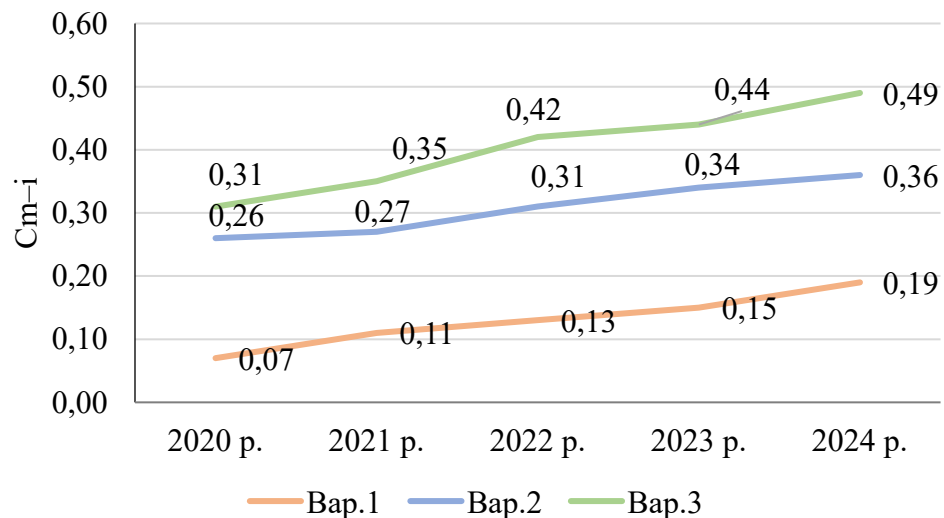
В динаміці років дослідження (2020-2024 рр.) зміна даних показників наведена на рис. 3.3-3.5.



*Примітка:* вар. 1 – ґрунти під різнотрав'ям (контроль), вар. 2 – ґрунти під просом прутноподібним, вар. 3 – ґрунти під міскантус гігантським.

**Рис. 3.3. Динаміка зміни коефіцієнтів спрямованості ґрунтових мікробіологічних процесів за коефіцієнтом оліготрофності (Col), 2020-2024 рр.**

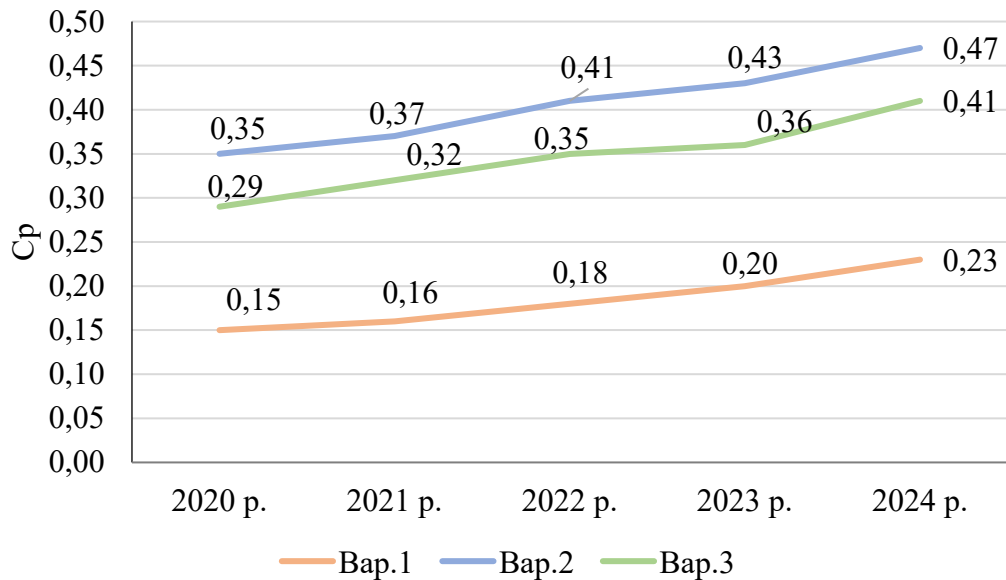
Визначено, що за роки дослідження динаміка коефіцієнту оліготрофності в ґрунтах під посівом проса прутноподібного варіювала у межах – від 0,11 до 0,19, а міскантусу – від 0,09 до 0,17, найнижчі показники були на різнотрав'ї, що слугував контролем – від 0,03 до 0,09.



*Примітка:* вар. 1 – ґрунти під різнотрав'ям (контроль), вар. 2 – ґрунти під просом прутноподібним, вар. 3 – ґрунти під міскантус гігантським.

**Рис. 3.4. Динаміка зміни коефіцієнтів спрямованості ґрунтових мікробіологічних процесів за коефіцієнтом мінералізації-імобілізації азоту, 2020-2024 рр.**

Встановлено, що в розрізі років динаміка коефіцієнту мінералізації-імобілізації азоту в ґрунтах під посівом міскантусу гігантського варіювала у межах – від 0,31 до 0,49, нижче – для проса прутоподібного – від 0,26 до 0,36, найнижчі показники були на різнотрав'ї, що слугував контролем – від 0,07 до 0,19.



*Примітка:* вар. 1 – ґрунти під різнотрав'ям (контроль), вар. 2 – ґрунти під просом прутоподібним, вар. 3 – ґрунти під міскантус гігантським.

**Рис. 3.5. Динаміка зміни коефіцієнтів спрямованості ґрунтових мікробіологічних процесів за коефіцієнтом педотрофності (Ср), 2020-2024 рр.**

Встановлено, що в розрізі років динаміка коефіцієнту педотрофності (Ср) в ґрунтах під посівом міскантусу гігантського варіювала у межах – від 0,35 до 0,47, суттєво нижчі ці показники були для проса прутоподібного – від 0,29 до 0,41, а найнижчі – на різнотрав'ї, що слугував контролем – від 0,15 до 0,23.

У загальному кількість оліготрофних бактерій становила близько 5 мільйонів КУО на 1 грам сухого ґрунту у всіх досліджуваних варіантах, що свідчить про наявність органічного субстрату в ґрунті в достатній кількості для мікроорганізмів. Коефіцієнти оліготрофії (табл. 3.1) були розраховані для досліджуваних варіантів у діапазоні від 0,06 до 0,15. Значення педотрофного фактора у досліджуваних ґрунтах коливалося від 0,18 до 0,40, що характеризує

ступінь засвоєння органічної речовини ґрунту мікробіотою. Найвищий рівень засвоєння органічної речовини був виявлений у ґрунтах під різнотрав'ям, що слугував контролем.

Коефіцієнти кореляції ( $r$ ) між досліджуваними параметрами ґрунту (коефіцієнтами ґрунтових мікробіологічних процесів та вмісту органічного вуглецю в ґрунті – SOC під насадженнями міскантусу) наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

**Коефіцієнти кореляції між показниками спрямованості ґрунтових мікробіологічних процесів та вмістом органічної речовини в ґрунті, 2020-2024 рр.**

Варіанти	Col : SOC	Cm-i : SOC	Cp : SOC
Різнотрав'я (контроль)	0,45	0,51	0,33
Просо прутоподібне	0,89	0,32	0,72
Міскантус гігантський	0,63	0,70	0,71

*Примітка:*  $r = 0,3-0,7$  – середній кореляційний зв'язок;  $r \geq 0,7$  – сильний кореляційний зв'язок.

Кореляція показує сильний зв'язок між параметрами вмісту органічного вуглецю в ґрунті та Cp і Cm-i ( $r > 0,7$ ); середній зв'язок між вмістом органічного вуглецю та Col ( $r = 0,63$ ) на варіантах вирощування міскантусу. Таким чином, аналіз результатів показав достовірний зв'язок між мікробіологічними параметрами ґрунту та вмістом органічного вуглецю в ґрунті під час вирощування енергетичних культур.

Проведені дослідження функціональної структури мікробіоценозу ґрунту показали, що землі під міскантусом гігантським характеризувались високим рівнем емісії CO<sub>2</sub>, біомаси ґрунту, високим вмістом основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, що свідчить про достатнє забезпечення ґрунтової мікробіоти поживними речовинами та високим рівнем засвоєння органічної речовини.

Статистичний аналіз показав кореляцію між мікробіологічними параметрами ґрунту та вмістом органічного вуглецю в ґрунті під час вирощування енергетичних культур.

### 3.2. Адаптивність рослин та тривалість вегетаційного періоду міскантусу гігантського залежно від сорту

При оцінці адаптивності рослин міскантусу до умов вирощування відповідно 10-бальної шкали визначали основні показники: стійкість рослин до вилягання, посухо- та холодостійкість (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

#### Адаптивність рослин міскантусу гігантського до умов вирощування, 2020-2024 рр.

Сорт	Рік вегетації									Середнє		
	2020-2022 (перший)			2021-2023 (другий)			2022-2024 (третій)					
	в	п	х	в	п	х	в	п	х	в	п	х
Верум (ум.ст.)	9,7	9,6	8,4	9,7	9,5	9,2	9,8	9,3	9,5	9,7	9,5	9,0
Осінній зорецвіт	9,8	9,9	9,0	9,7	9,8	9,2	9,5	9,8	9,4	9,7	9,8	9,2
Гулівер	9,5	9,6	9,2	9,5	9,5	9,4	9,4	9,3	9,5	9,5	9,5	9,4
Біотех	9,1	9,7	9,1	9,2	9,7	9,0	9,2	9,6	9,0	9,2	9,7	9,0
Універсальний	8,9	8,2	8,9	9,0	8,2	9,0	9,0	8,1	9,0	9,0	8,2	9,0
Середнє	9,4	9,4	8,9	9,4	9,3	9,2	9,4	9,2	9,3	9,4	9,3	9,1

Примітка: в – стійкість до вилягання, п – посухостійкість, х – холодостійкість.

Протягом першого-третього років вегетаційного періоду сорти міскантусу гігантського проявили високі адаптивні властивості, що в динаміці зростали з першого по третій період вирощування культури. В середньому за роки рослини міскантусу були стійкі до вилягання (9,0–9,7 балів), середньо- та посухостійкі (8,2–9,8 балів) та холодостійкі (9,0–9,4 балів).

Найбільшою комплексною стійкістю до умов вирощування володіють рослини міскантусу гігантського наступних сортів: Верум, Гулівер, та Осінній

зорецьвіт (9,4–9,6 балів), дещо нижча, але на високому рівні – наявна у сорту Біотех (на рівні 9,3 балів), та найнижча – відмічена у сорту «Універсальний» (8,7 балів).

Протягом періоду дослідження (впродовж 2020–2024 рр.) зафіксовано різну тривалість вегетаційного періоду сортів міскантусу гігантського, яка мала незначне варіювання в межах досліджуваного сортименту (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Тривалість вегетаційного періоду сортів міскантусу гігантського, 2020-2024 рр.**

Сорт	Рік вегетації			Середнє
	2020-2022 (перший)	2021-2023 (другий)	2022-2024 (третій)	
Верум (ум.ст.)	200,4	202,3	199,5	200,7
Осінній зорецьвіт	195,8	199,4	175,9	190,4
Гулівер	201,5	204,3	200,8	202,2
Біотех	199,1	202,4	189,6	197,0
Універсальний	198,2	200,4	197,2	198,6
Середнє	199,0	201,8	192,6	197,8

Протягом років дослідження спостерігалось зміну тривалості вегетаційного періоду сортів міскантусу – від 175,9 до 204,3 діб. Відмічено зниження цього показника для усіх сортів на третій рік та подовження – на перший та другий рік.

В середньому за роки дослідження з-поміж сортів, що вивчалися найбільш тривалим вегетаційним періодом відзначилися сорти: Осінній зорецьвіт, Гулівер, (більше 200 діб), дещо нижча – він був у сортів Верум та Біотех і найменш тривалим цей період був у сорту Універсальний (190,4 діб). Що вказує на те, що досліджувані сорти міскантусу мали різну реакцію на погодні умови вирощування й вегетували протягом неоднакового проміжку часу (190,4–202,2 діб).

### 3.3. Вплив сорту на формування біометричних (кількісних) показників рослин міскантусу гігантського

Біометричні показники рослин у сортів міскантусу були досить мінливі (табл. 3.5–3.7).

Таблиця 3.5

#### Довжина стебла у сортів міскантусу гігантського (см), 2020-2024 рр.

Сорт	Рік вегетації			Середнє
	2020-2022 (перший)	2021-2023 (другий)	2022-2024 (третій)	
Верум (ум.ст.)	98,2	142,4	149,5	130,0
Осінній зорецвіт	104,5	151,4	162,3	139,4
Гулівер	102,3	142,5	154,3	133,0
Біотех	97,3	137,4	148,2	127,6
Універсальний	96,2	134,5	144,1	124,9
Середнє	99,7	141,6	151,7	131,0
НІР <sub>05</sub> (сорт)	0,36	0,24	0,86	19,34
НІР <sub>05</sub> (рік)	-	-	-	3,50
НІР <sub>05</sub> (рік : сорт)	-	-	-	0,85

Висота стеблостою сортів міскантусу мала динаміку до збільшення в динаміці років проведення дослідження. У перший рік цей показник був у межах – від 96,2 до 104,5 см, на другий – від 134,5 до 151,4 см, на третій – від 144,1 до 162,3 см.

Як в динаміці років, так і в середньому за роки дослідження у сорту міскантусу гігантського Осінній зорецвіт зафіксовано найбільшу довжину стебла (139,4 см). Суттєво менше цей показник був у сорту Гулівер (133,0 см), а найнижчим – у сорту Універсальний (на рівні 124,5 см). У інших сортів міскантусу гігантського: Верум і Біотех цей показник був відповідно 130,0 та 127,6 см. Це свідчить про те, що сортові властивості, поряд з погодними умовами мають істотний вплив на формування висоти стеблостою міскантусу гігантського.

Густота стеблостою за кількістю стебел у кущі різних сортів міскантусу мала значне варіювання – від 2,1 до 11,3 шт. (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Кількість стебел на рослину у сортів міскантусу гігантського (шт.), 2020-2024 рр.**

Сорт	Рік вегетації			Середнє
	2020-2022 (перший)	2021-2023 (другий)	2022-2024 (третій)	
Верум (ум.ст.)	2,3	9,6	10,8	7,6
Осінній зорецвіт	2,4	9,8	11,3	7,8
Гулівер	2,5	10,0	11,1	7,9
Біотех	2,2	8,8	10,2	7,1
Універсальний	2,1	8,2	9,5	6,6
Середнє	2,3	9,3	10,6	7,4
НІР <sub>05</sub> (сорт)	0,078	0,112	0,120	3,13
НІР <sub>05</sub> (рік)	-	-	-	0,36
НІР <sub>05</sub> (рік : сорт)	-	-	-	0,10

3-поміж сортів міскантусу гігантського за кількістю стебел на одну рослину виокремлено сорти Осінній зорецвіт (в розрізі років – від 2,4 до 11,3 шт., що в середньому становило 7,8 шт. /рослину) та Гулівер (від 2,5 до 11,1 шт., в середньому 7,9 шт./рослину). У сорту Верум виявилось істотно менша густота стебел – від 2,3 до 10,8 шт., що в середньому становило 7,6 шт./рослину. У сорту Біотех даний показник за роками варіював – від 2,2 до 10,2 шт., в середньому 7,1 шт./рослину

Найменше значення за густотою стеблостою виявлено у сорту міскантусу гігантського Універсальний – від 2,1 до 9,5 шт., що в середньому становило 6,6 шт./рослину за НІР<sub>05</sub> 0,36.

У середньому за роки дослідження сорти міскантусу гігантського Осінній зорецвіт та Гулівер забезпечили найбільшу кількість стебел на одну рослину, відповідно 7,8 і 7,9 шт. Суттєво меншим цей показник був у інших

сортів міскантусу: Верум (7,6 шт.), Біотех (7,1 шт.) та Універсальний (6,6 шт./рослину).

Облиствленість фітоценозу міскантусу гігантського має важливе значення в плані проходження фотосинтезу та надходження пластичних речовин до рослини. Встановлено, що кількість листків на рослині у сортів міскантусу гігантського був мінливим показником як за роками, так і сортами, що були поставлені на вивчення (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

**Кількість листків на стеблі у сортів міскантусу гігантського (шт.),  
2020-2024 рр.**

Сорт	Рік вегетації			Середнє
	2020-2022 (перший)	2021-2023 (другий)	2022-2024 (третій)	
Верум (ум.ст.)	6,0	9,8	10,4	8,7
Осінній зорецвіт	6,2	10,4	11,0	9,2
Гулівер	6,1	10,2	10,8	9,0
Біотех	5,7	9,5	10,1	8,4
Універсальний	5,6	9,3	9,8	8,2
Середнє	5,9	9,8	10,4	8,7
НІР <sub>05</sub> (сорт)	0,11	0,12	0,12	1,71
НІР <sub>05</sub> (рік)	-	-	-	0,25
НІР <sub>05</sub> (рік : сорт)	-	-	-	0,11

Показник кількості листків на стеблі у сортів міскантусу гігантського варіював у значних межах: в перший вегетаційний рік від 5,6 до 6,2 шт., на другий – від 9,3 до 10,4 шт., а на третій – від 9,8 до 11,0 шт.

Визначено, що сорти міскантусу гігантського Осінній зорецвіт та Гулівер у середньому за роки дослідження формували найбільшу кількість листків на одне стебло, відповідно 9,2 і 9,0 шт. У сортів Верум і Біотех цей показник був відповідно на рівні 8,7 і 8,4 шт. Найменшу кількість рослин на стеблі як в розрізі років, так і в середньому за роки дослідження формували рослини сорту Універсальний (8,2 шт.). Що свідчить як про міжсорткову

різницю за даним показником, так і впливом на нього року вегетації за ступенем розвитку фітоценозу міскантусу. У однорічних посівів міскантусу гігантського облиствленість фітоценозу буде істотно нижчою, ніж у трьохрічних насаджень.

Поряд із кількістю листків на стеблі міскантусу гігантського, їх довжина має важливе значення для проходження процесу фотосинтезу. Адже відомо, що від лінійних параметрів листкової пластинки залежить площа фотосинтетичної поверхні усього фітоценозу та кількість пластичних речовин, що надійдуть до кожної рослини в ньому.

Визначено, що довжина листка у сортів міскантусу гігантського різнилася за роками вегетації культури. В перший рік цей показник за сортами був у межах від 38,5 до 45,4 см, на другий рік – від 65,0 до 68,3 см, та третій від 90,2 до 95,2 см (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

**Довжина листка у сортів міскантусу гігантського (см),  
2020-2024 рр.**

Сорт	Рік вегетації			Середнє
	2020-2022 (перший)	2021-2023 (другий)	2022-2024 (третій)	
Верум (ум.ст.)	44,1	67,5	94,3	68,6
Осінній зорецвіт	45,4	68,3	95,2	69,6
Гулівер	44,3	68,0	95,0	69,1
Біотех	42,1	65,4	90,4	66,0
Універсальний	38,5	65,0	90,2	64,6
Середнє	42,9	66,8	93,0	67,6
НІР <sub>05</sub> (сорт)	0,35	0,31	0,39	0,69
НІР <sub>05</sub> (рік)	-	-	-	1,35
НІР <sub>05</sub> (рік : сорт)	-	-	-	0,33

Тенденція зміни довжини листкової пластинки міскантусу гігантського сортів Осінній зорецвіт та Гулівер була майже на однаковому рівні (в розрізі років – від 44,3-45,4 см до 95,0-95,2 см), що у середньому за роки дослідження

відповідно становило 69,6 та 69,1 см. Суттєво нижчим цей показник був у сортів міскантусу гігантського Верум (від 44,1 до 94,3 см, в середньому 68,6 см) і Біотех (від 42,1 до 90,4 см, в середньому 66,0 см). Найменшу довжину листкової пластинки як в розрізі років, так і в середньому за роки дослідження формували рослини сорту міскантусу гігантського Універсальний (8,2 шт.) за НІР<sub>05</sub> 0,69.

Таким чином, можна зробити попередні висновки про те, що найбільша фотосинтетична поверхня фітоценозу, що обумовлювалася архітектонікою рослин за листковою масою формувалася у сортів міскантусу гігантського Осінній зорецвіт і Гулівер.

Відмінні біометричні параметри листкової пластинки обумовили й різну площу листкової поверхні у сортів міскантусу гігантського, що в розрізі років дослідження змінювалася й варіювала у широких межах – від 0,70 до 2,38 тис. см<sup>2</sup> (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

**Площа листкової поверхні у сортів міскантусу гігантського (тис. см<sup>2</sup>),  
2020-2024 рр.**

Сорт	Рік вегетації			Середнє
	2020-2022 (перший)	2021-2023 (другий)	2022-2024 (третій)	
Верум (ум.ст.)	0,72	1,20	2,11	1,34
Осінній зорецвіт	0,82	1,43	2,30	1,52
Гулівер	0,81	1,50	2,38	1,56
Біотех	0,70	1,10	2,07	1,29
Універсальний	0,71	1,04	1,92	1,22
Середнє	0,75	1,25	2,16	1,39
НІР <sub>05</sub> (сорт)	0,017	0,020	0,027	0,45
НІР <sub>05</sub> (рік)	-	-	-	0,10
НІР <sub>05</sub> (рік : сорт)	-	-	-	0,02

У міскантусу гігантського сортів Осінній зорецвіт та Гулівер площа листкової поверхні була майже на однаковому рівні (в розрізі років – від 0,81-

0,82 см до 2,30-2,38 тис. см<sup>2</sup>). Суттєво нижчим цей показник був у сортів міскантусу гігантського Верум (від 0,72 до 2,11 тис. см<sup>2</sup>) і Біотех (від 0,70 до 2,07 тис. см<sup>2</sup>), найменший – у сорту Універсальний (від 0,71 до 1,92 тис. см<sup>2</sup>),

У середньому за роки проведення експерименту у сортів міскантусу гігантського Осінній зорецвіт та Гулівер площа листкової поверхні була майже на однаковому рівні, відповідно – 1,52 та 1,56 тис. см<sup>2</sup>). Істотно нижчим цей показник був у сортів міскантусу гігантського Верум (1,34 тис. см<sup>2</sup>) і Біотех (1,29 тис. см<sup>2</sup>). Найменшу площу листкової пластинки як в розрізі років, так і в середньому за роки дослідження формували рослини сорту міскантусу гігантського Універсальний (1,22 тис. см<sup>2</sup>) за НІР<sub>05</sub> 0,045.

Таким чином, з-поміж сортів міскантусу гігантського найбільшу площу листкової поверхні формують сорти Осінній зорецвіт та Гулівер, що говорить про те, що дані сорти матимуть більшу фотосинтетичну спроможність та чиста продуктивність фотосинтезу для накопичення пластичних речовин в рослинах, формування більшої надземної вегетативної маси, що забезпечить високу врожайність біомаси.

Таким чином, з-поміж сортименту міскантусу гігантського за високими показниками біометрії рослин виокремлено сорти: Осінній зорецвіт, Гулівер. При цьому визначено значне варіювання середньої висоти рослин досліджуваних сортів (від 124,9 до 139,4 см), кількості стебел на одну рослину (від 6,6 до 6,9 шт.), кількості листків на стеблі (від 8,2 до 9,2 шт.) й довжини листкової пластинки (від 64,6 до 69,6 см).

Водночас, за роки дослідження зафіксована мінливість площі листкової поверхні сортів міскантусу гігантського: як в динаміці років дослідження так і в середньому за роки проведення експерименту (від 1,22 до 1,56 тис. см<sup>2</sup>). Це свідчить, що сортові властивості вносять суттєвий вклад у формування кількісних показників рослин, що і обумовлюють рівень врожайності надземної вегетативної маси міскантусу гігантського.

### 3.4. Врожайність біомаси міскантусу гігантського залежно від сортових властивостей

Після обліку врожайності біомаси міскантусу за умовно вологою та сухою біомасою визначено міжсорткову різницю за даними показниками (табл. 3.10-3.11).

Таблиця 3.10

#### Урожайність сортів міскантусу гігантського за умовно вологою біомасою (т/га), 2020-2024 рр.

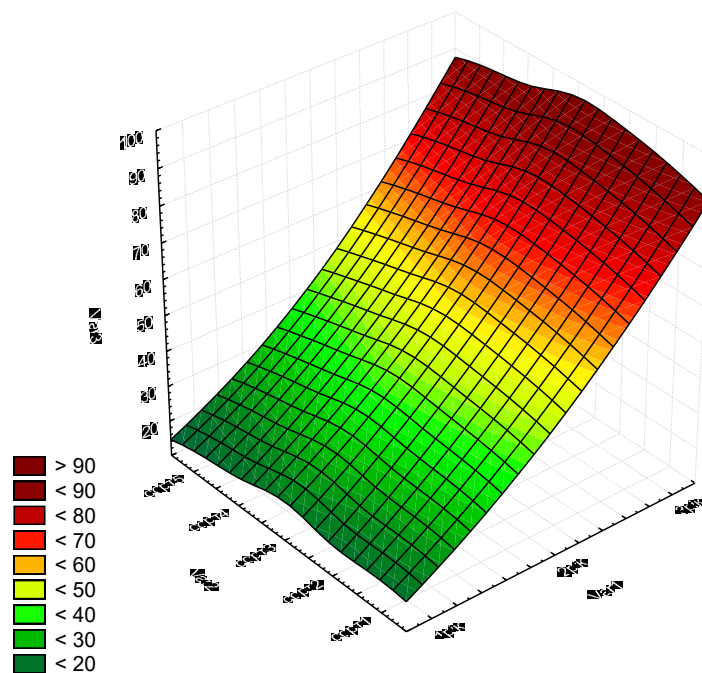
Сорт	Період, роки			Середнє за роки	+/- до умовного стандарту
	2020–2022 (перший)	2020–2022 (перший)	2020–2022 (перший)		
Верум (ум.ст.)	23,3	48,6	82,8	51,6	–
Осінній зорецвіт	22,4	50,6	86,0	53,0	1,4
Гулівер	26,1	52,1	88,2	55,5	3,9
Біотех	21,6	47,9	82,4	50,6	–1,0
Універсальний	20,0	44,0	81,0	48,3	–3,3
Середнє	22,7	48,6	84,1	51,8	0,2
НІР <sub>05</sub> (сорт)	0,38	0,24	0,28	1,62	-
НІР <sub>05</sub> (рік)	-	-	-	21,50	-
НІР <sub>05</sub> (рік : сорт)	-	-	-	0,29	-

За три періоди дослідження (три роки вегетації) урожайність умовно вологої біомаси міскантусу гігантського різнилася: у перший рік – від 20,0 до 26,1 т/га, на другий рік – від 44,0 до 52,1 т/га., на третій рік – від 81,0 до 88,2 т/га.

Встановлено, що з-поміж досліджуваних сортів міскантусу гігантського у середньому за роки найбільш врожайними за умовно вологою біомасою був сорт Гулівер (за урожайності 55,5 т/га, прибавка до умовного стандарту буда найбільшою 3,9 т/га) і Осінній зорецвіт (урожайність біомаси 53,0 т/га, прибавка сягала 1,4 т/га). Менш врожайним (урожайність 50,6 т/га, зниження даного показника до стандарту на 1,0 т/га) зафіксовано у сортів міскантусу гігантського Біотех та сорт Верум (51,6 т/га).

Найменш врожайними за умовно вологою біомасою був сорт міскантусу гігантського Універсальний (середня урожайність 48,3 т/га, що становить зменшення до умовного стандарту на 3,3 т/га) за НІР<sub>05</sub> 1,62.

З-поміж сортів міскантусу найбільш врожайним за умовно вологою біомасою виявився сорт Гулівер. Що підтверджено рівнянням регресії множинної кореляції ( $z = -2987,5033 + 30,6975 \times x - 0,8917 \times y$ ) при встановленні залежності урожайності сортів міскантусу гігантського в динаміці років дослідження (рис. 3.6).



*Примітка:* С 1 – сорт «Верум», С 2– сорт «Осінній зорецвіт», С 3 – сорт «Гулівер», С 4 – сорт «Біотех», С 5 – сорт «Універсальний».

**Рис. 3.6. Поверхня відгуку урожайності умовно вологої біомаси сортів міскантусу гігантського за роками вегетації, 2022–2024 рр.**

Аналіз даних рисунку дозволяє стверджувати, що з другого року вегетації суттєвого зростає врожайність умовно вологої біомаси за досліджуваними сортами міскантусу гігантського з піком продуктивності на третій рік вирощування. З-поміж досліджуваних сортів найбільш істотну врожайність формував сорт Гулівер.

Після висушування біомаси та доведення до базисної вологості ми визначили в ній вміст сухого залишку (урожайність за сухою біомасою) у сортів міскантусу гігантського, що були поставлені на вивчення.

За вивчення врожайності сортів міскантусу за сухою біомасою встановлено, що цей показник в динаміці років дослідження варіював у досить широких межах – від 4,9 до 19,5 т/га (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

**Урожайність сортів міскантусу за сухою біомасою (т/га), 2020–2024 рр.**

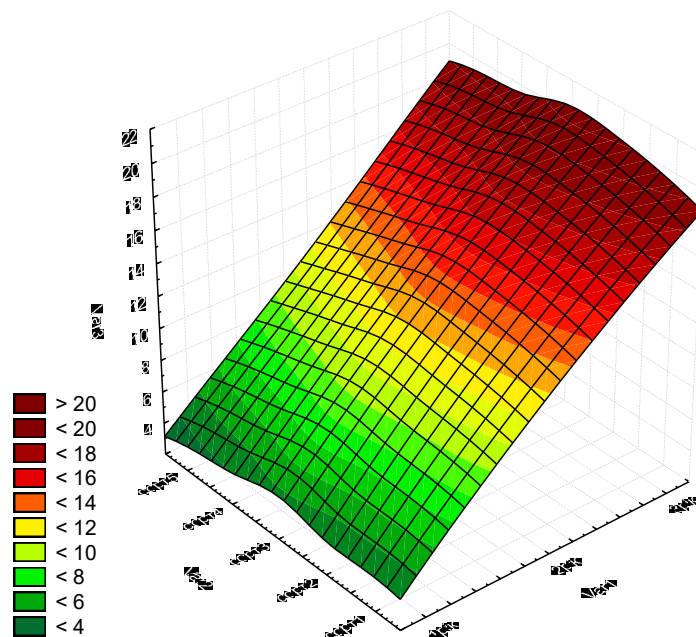
Сорт	Період, роки			Середнє за роки	+/- до умовного стандарту
	2020–2022 (перший)	2021–2023 (другий)	2022–2024 (третій)		
Верум (ум.ст.)	5,7	12,5	18,3	12,2	–
Осінній зорецвіт	5,5	13,0	19,0	12,5	0,3
Гулівер	6,4	13,4	19,5	13,1	0,9
Біотех	5,3	12,3	18,2	11,9	–0,3
Універсальний	4,9	11,3	17,9	11,4	–0,8
Середнє	5,6	12,5	18,6	12,2	0,0
НІР <sub>05</sub> (сорт)	0,13	0,14	0,16	0,39	-
НІР <sub>05</sub> (рік)	-	-	-	4,55	-
НІР <sub>05</sub> (рік : сорт)	-	-	-	0,14	-

З-поміж сортів міскантусу гігантського в розрізі років та в середньому за роки найбільш врожайними за сухою біомасою був сорт Гулівер (урожайність варіювала за роки від 6,4 до 19,5 т/га, в середньому становила 13,1 т/га, прибавка до умовного стандарту сягала 0,9 т/га) і Осінній зорецвіт (урожайність змінювалася від 5,5 до 19,0 т/га, в середньому становила 12,5 т/га, прибавка врожаю склала 0,3 т/га). Менш врожайним за сухою біомасою (в середньому 11,9 т/га, зменшення до умовного стандарту на 0,3 т/га) був сорт Біотех. Найменш врожайними був сорт Універсальний з середньою врожайністю сухою біомаси на рівні 11,4 т/га за НІР<sub>05</sub> 0,39.

З-поміж досліджуваного сортименту за врожайністю сухої біомаси виокремлено сорти міскантусу гігантського Гулівер (від 6,4 до 19,5 т/га, в

середньому за роки 13,1 т/га). На однаковому рівні (відповідно 12,5 та 12,2 т/га в середньому за роки) врожайність біомаси формувалася у сортів Осінній зорецьвіт та Верум, а у сорту Універсальний цей показник був суттєво нижчим (11,4 т/га).

Залежності урожайності сортів міскантусу гігантського в розрізі років дослідження описується рівнянням регресії множинної кореляції ( $z = -630,4342 + 6,51 \times x - 0,2075 \times y$ ) (рис. 3.7).



*Примітка:* С 1 – сорт «Верум», С 2– сорт «Осінній зорецьвіт», С 3 – сорт «Гулівер», С 4 – сорт «Біотех», С 5 – сорт «Універсальний».

**Рис. 3.7. Поверхня відгуку урожайності за сухою біомасою сортів міскантусу гігантського за роками вегетації, 2022–2024 рр.**

Дані рисунку свідчать, що з другого року по третій рік вегетації суттєвого зростає врожайність сухої біомаси по досліджуваним сортам міскантусу гігантського, з істотною перевагою для сорту Гулівер. Істотно нижча, але порівняно висока врожай був у сорту Осінній зорецьвіт, інші ж сорти в динаміці років дослідження формували значно нижчий цей показник. Це свідчить, що умови року вирощування та сортові властивості мають істотний вплив на врожайність біомаси міскантусу гігантського.

### 3.5. Кореляційні залежності між кількісними показниками рослин та врожайністю біомаси сортів міскантусу гігантського

Кореляційно-регресійний аналіз дав змогу встановити напрям і силу зв'язку між біометричними показниками рослин міскантусу гігантського за сортами (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

#### Коефіцієнти кореляції між біометричними показниками рослин міскантусу гігантського, 2020–2024 рр.

Сорт	ДС : КС	ДС : КЛ	ДС : ДЛ	ДС : ПЛП	КС : КЛ	КС : ДЛ	КС : ПЛП	КЛ : ДЛ	КЛ : ПЛП	ДЛ : ПЛП
Верум	0,99	0,99	0,81	0,84	0,39	0,41	0,34	0,81	0,84	0,99
Осінній зорецвіт	0,99	0,99	0,84	0,91	0,39	0,43	0,39	0,80	0,87	0,99
Гулівер	0,99	0,99	0,86	0,93	0,39	0,40	0,39	0,80	0,89	0,99
Біотех	0,99	0,99	0,85	0,85	0,34	0,43	0,33	0,81	0,80	0,99
Універсальний	0,99	0,99	0,86	0,83	0,32	0,45	0,32	0,82	0,78	0,99
Загальне по сортам	0,99	0,99	0,83	0,87	0,39	0,42	0,36	0,80	0,84	0,98
Рівняння регресії	$y = -13,2407 + 0,1573 \cdot x$	$y = -2,7177 + 0,0873 \cdot x$	$y = -80,1764 + 1,2038 \cdot x$	$y = -1,5635 + 0,0225 \cdot x$	$y = 46624 + 0,5507 \cdot x$	$y = 22,5395 + 7,4675 \cdot x$	$y = 0,3634 + 0,139 \cdot x$	$y = -37,545 + 13,2007 \cdot x$	$y = -0,7762 + 0,2481 \cdot x$	$y = 0,0386 + 0,0174 \cdot x$

Примітка: ДС – довжина стебла (см), КС – кількість стебел (шт./рослину), КЛ – кількість листків (шт./рослину), ДЛ – довжина листка (см), ПЛП – площа листової поверхні (тис. см<sup>2</sup>).

Відповідно проведеного налізу визначено, що довжина стебла має сильний прямолінійний зв'язок з кількістю стебел, листків на ньому, довжини й ширини листової пластинки. А от кількість стебел та кількість листків, їх лінійні параметри та площа мають зв'язок помірний або значний. Водночас, встановлено сильну кореляцію між кількістю листків та їх довжиною й

площею, а також виявлено дуже сильний кореляційний зв'язок між довжиною листка та площею листової поверхні.

В свою чергу, встановлено взаємовплив між біометричними показниками рослин та врожайністю міскантусу гігантського за умовно вологою біомасою (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

**Коефіцієнти кореляції між урожайністю вологої біомаси та біометричними показниками рослин міскантусу гігантського, 2020–2024 рр.**

Сорт	Показники				
	УВБ : ДС	УВБ : КС	УВБ : КЛ	УВБ : ДЛ	УВБ : ПЛП
Верум	0,89	0,80	0,39	0,38	0,99
Осінній зорецвіт	0,92	0,90	0,40	0,48	0,99
Гулівер	0,92	0,77	0,37	0,38	0,99
Біотех	0,91	0,91	0,39	0,39	0,99
Універсальний	0,90	0,79	0,36	0,40	0,99
Загальне по сортам	0,80	0,80	0,37	0,42	0,98
Рівняння регресії	$y = 88,373 + 0,824 * x$	$y = 0,6292 + 0,1302 * x$	$y = 5,0594 + 0,0707 * x$	$y = 9,4884 + 1,3146 * x$	$y = 0,1805 + 0,0233 * x$

*Примітка:* УВБ – урожайність вологої біомаси (т/га), ДС – довжина стебла (см), КС – кількість стебел (шт./рослину), КЛ – кількість листків (шт./рослину), ДЛ – довжина листка (см), ПЛП – площа листової поверхні (тис. см<sup>2</sup>).

Визначено, що біометричні показники рослин: довжина стебла, кількість стебел та площа листової поверхні мають сильний ( $r = 0,77-0,89$ ) або дуже сильний зв'язок з урожайністю вологої біомаси міскантусу гігантського за коефіцієнтами прямої кореляції ( $r = 0,90-0,99$ ). Помірний зв'язок

виявлено між кількістю листків, їх довжиною та врожайністю ( $r = 0,36-0,48$ ) та дуже сильний між площею листковою пластинки та врожайністю ( $r = 0,99$ ).

Подібні залежності отримано між урожайністю сухої біомаси та біометричними показниками рослин міскантусу гігантського (табл. 3.14).

Таблиця 3.14

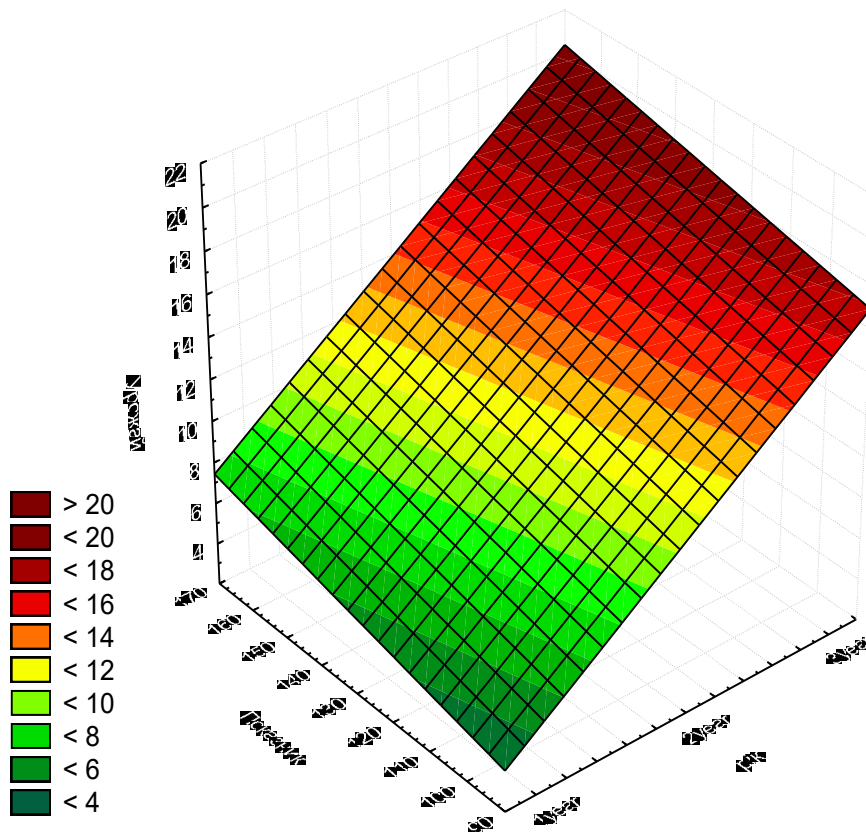
**Коефіцієнти кореляції між урожайністю сухої біомаси та біометричними показниками рослин міскантусу гігантського, 2020–2024 рр.**

Сорт	Показники				
	УСБ : ДС	УСБ : КС	УСБ : КЛ	УСБ : ДЛ	УСБ : ПЛП
Верум	0,94	0,95	0,34	0,46	0,97
Осінній зорецвіт	0,96	0,95	0,34	0,45	0,99
Гулівер	0,96	0,93	0,33	0,36	0,99
Біотех	0,96	0,95	0,34	0,41	0,96
Універсальний	0,94	0,93	0,41	0,38	0,97
Загальне по сортам	0,94	0,94	0,33	0,41	0,97
Рівняння регресії	$y = 81,233 + 4,0794 * x$	$y = 0,5394 + 6,477 * x$	$y = 4,4061 + 0,3533 * x$	$y = 3,712 + 6,0487 * x$	$y = 0,0641 + 0,1084 * x$

*Примітка:* УСБ – урожайність сухої біомаси (т/га), ДС – довжина стебла (см), КС – кількість стебел (шт./рослину), КЛ – кількість листків (шт./рослину), ДЛ – довжина листка (см), ПЛП – площа листкової поверхні (тис. см<sup>2</sup>).

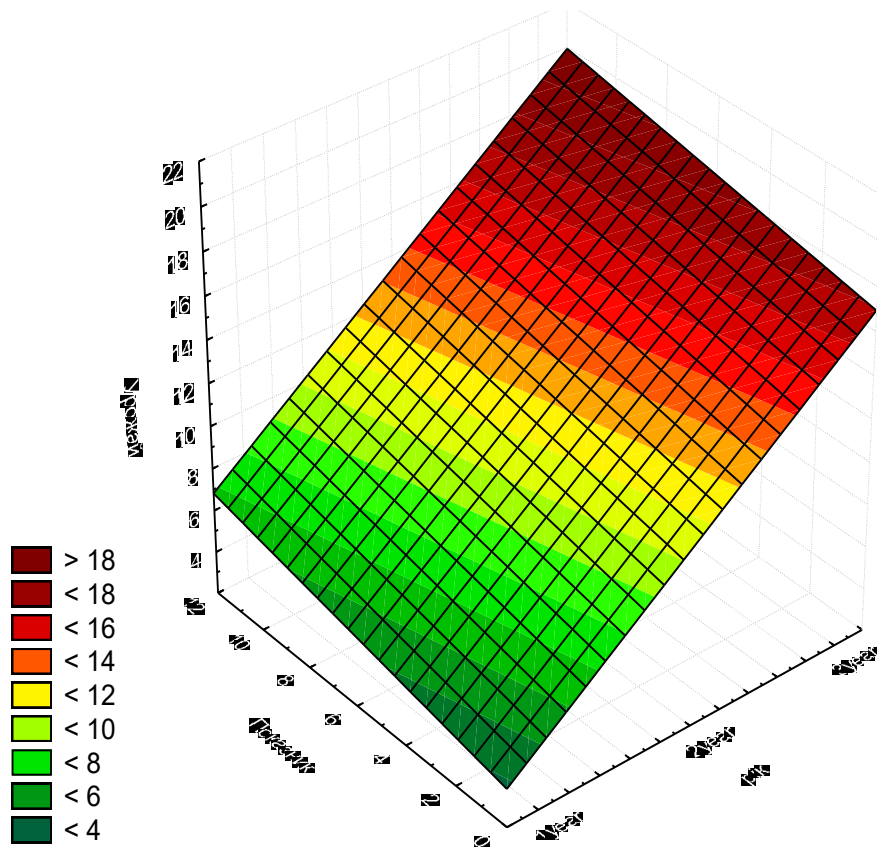
Відповідно кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що біометричні показники рослин: довжина стебла, кількість стебел та площа листкових поверхні мають суттєвий вплив на урожайність сухої біомаси міскантусу гігантського за коефіцієнтами прямої кореляції ( $r > 0,71$  та  $p < 0,05$ ). Помірний зв'язок з урожайністю мають інші показники: кількість листків та їх довжина ( $r = 0,33-0,46$ ).

Відповідно «поверхні відгуку» виявлено багатомірний зв'язок між роком, середньою довжиною стебла і урожайністю сухої біомаси сортів міскантусу гігантського, що описується рівнянням регресії:  $z = -542,572 + 5,384 \times x + 0,0432 \times y$  (рис. 3.8). Де чітко прослідковуються істотне збільшення врожайності біомаси сортів міскантусу при зростанні довжини стебла за роками дослідження.



**Рис. 3.8. Поверхня відгуку урожайності за сухою біомасою міскантусу гігантського на довжину стебла і рік вегетації, 2020–2024 рр.**

Також визначено зв'язок між роком, кількістю стебел і урожайністю сухої біомаси міскантусу гігантського, що описується рівнянням регресії:  $z = 17,217 + 5,467 \times x + 0,251 \times y$  (рис. 3.9). Аналіз графіка дозволяє стверджувати про чіткий тренд збільшення врожайності міскантусу гігантського за сухою біомасою при зростанні кількості стебел (густоти стеблостою), що прослідковується за роками дослідження.



**Рис. 3.9. Поверхня відгуку урожайності за сухою біомасою міскантусу гігантського на кількість стебел і рік вегетації, 2020–2024 рр.**

Таким чином, відповідно кореляційно-регресійного аналізу з-поміж біометричних показників рослин виокремлено ті, що мають суттєвий вплив на рівень врожайності біомаси міскантусу гігантського як за умовно вологою, так і сухою біомасою. До них відносимо: довжина стебла, кількість стебел та площа листових поверхні ( $r > 0,71$ ). Водночас, середньою мірою на ці показники мають вплив кількість листків на рослині та їх довжина ( $r < 0,71$ ).

### Висновки до розділу 3:

1. Визначено, що ґрунт під міскантусом гігантським характеризувався високим рівнем емісії CO<sub>2</sub>, високим вмістом основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів. Статистичний аналіз показав кореляцію між мікробіологічними параметрами ґрунту та вмістом органічного вуглецю в ґрунті під насадженнями міскантусу гігантського.

2. Встановлені високі адаптивні властивості досліджуваних сортів міскантусу гігантського до вилягання рослин й посухи, та їх високу холодостійкість. Найбільша комплексна стійкість до умов вирощування (стійкість до вилягання, посухо та холодостійкість) характерна сортам міскантусу гігантського: Гулівер, Верум та Осінній зорецвіт, а найнижча – для сорту Універсальний.

3. Встановлено, що найбільш тривалим вегетаційним періодом відзначилися сорти: Осінній зорецвіт, Гулівер, (більше 200 діб), дещо нижча – він був у сортів Верум та Біотех і найменш тривалим цей період був у сорту Універсальний (190,4 діб).

4. За біометричними (кількісними) показниками рослин виокремлено сорти міскантусу гігантського: Осінній зорецвіт і Гулівер, що формують найбільшу висоту й густоту стеблостою, облиствленість та забезпечують найбільшу площу листової поверхні.

5. За врожайністю та обсягом сухої біомаси виокремлено сорти міскантусу гігантського Гулівер (відповідно показників 13,1 та 39,3 т/га). Істотно нижчими ці показники були у сортів Осінній зорецвіт та Верум (12,5 і 36,5 та 12,2 і 35,8 т/га відповідно), у інших сортів – суттєво нижчими.

6. Визначено сильний та дуже сильний кореляційний зв'язок між висотою, густотою стеблостою і площею листової поверхні ( $r > 0,71$ ) та врожайністю як за вологою, так і сухою біомасою, що притаманно усім сортам міскантусу гігантського. Середньою мірою на врожайність сухої біомаси мають вплив кількість та лінійні параметри листової пластинки ( $r < 0,71$ ).

*Публікації до розділу: [187–189].*

**РОЗДІЛ 4**

**ВПЛИВ СПОСОБУ ВИРОЩУВАННЯ Й ПІДЖИВЛЕННЯ**

**НАСАДЖЕНЬ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ БІОМАСИ**

**МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО**

**4.1. Вплив способу вирощування та підживлення насаджень на елементи продуктивності міскантусу**

Основні елементи продуктивності міскантусу гігантського (довжина стебел та густина стеблостою) за варіантами досліду в межах способів вирощування різнилися. Так, визначено, що висота стеблостою за варіантами досліду варіювала – від 104,5 до 190,2 см у одновидових насадженнях, та – від 111,2 до 203,4 см – у бінарних (табл. 4.1, рис. 4.1).

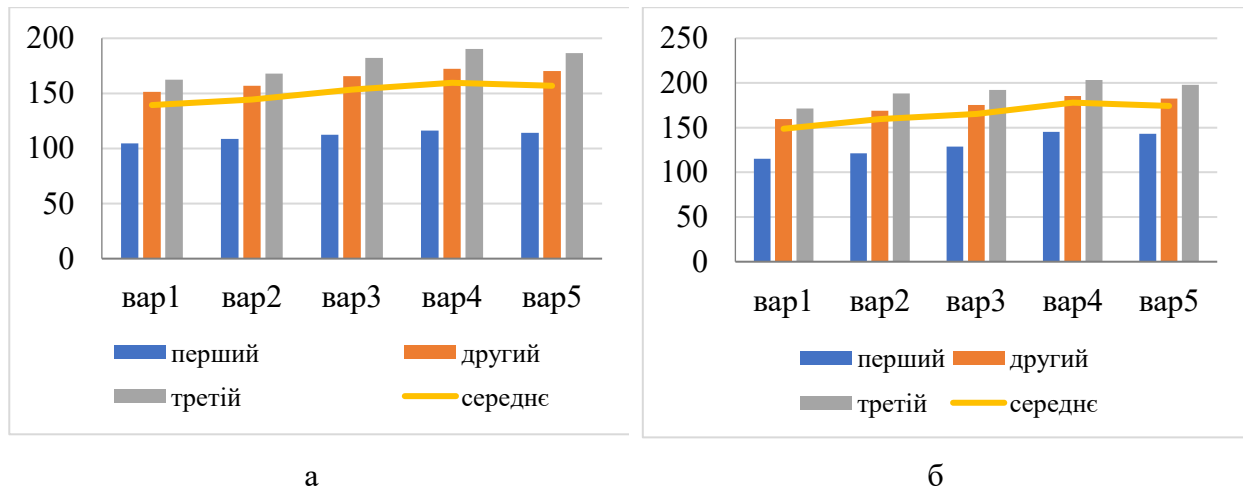
*Таблиця 4.1*

**Довжина стебел міскантусу гігантського (см), 2020-2024 рр.**

Фактор А (вид насадження)	Фактор Б (підживлення)	Рік вегетації			Середнє за роки
		1-й	2-й	3-й	
одновидові	вар1	104,5	151,4	162,3	139,4
	вар2	108,7	156,8	167,8	144,4
	вар3	112,4	165,5	182,1	153,3
	вар4	116,3	172,3	190,2	159,6
	вар5	114,2	170,4	186,4	157,0
Середнє за варіантами		111,2	163,3	177,7	150,7
бінарні з люпином багаторічним	вар1	115,3	159,6	171,4	148,8
	вар2	121,3	168,9	188,4	159,5
	вар3	128,9	175,3	192,1	165,4
	вар4	145,3	185,3	203,4	178,0
	вар5	143,2	182,4	197,8	174,5
Середнє за варіантами		130,8	174,3	190,6	165,2
НІР <sub>05</sub> (фактор А)		5,82	5,70	7,13	-
НІР <sub>05</sub> (фактор Б)		12,7	6,71	8,12	-
НІР <sub>05</sub> (фактор А і Б)		0,47	0,38	0,34	-

*\*Примітка:* варіант 1 – без підживлення (контроль N<sub>0</sub>), варіант 2 – весняне підживлення N<sub>30</sub>, варіант 3 – весняне підживлення N<sub>60</sub>, варіант 4 – весняне підживлення N<sub>90</sub>, варіант 5 – весняне підживлення N<sub>120</sub>.

Графічне відображення даних по висоті стеблостою міскантусу гігантського наведено на рис. 4.1.



\*Примітка: варіант 1 – без підживлення (контроль  $N_0$ ), варіант 2 – весняне підживлення  $N_{30}$ , варіант 3 – весняне підживлення  $N_{60}$ , варіант 4 – весняне підживлення  $N_{90}$ , варіант 5 – весняне підживлення  $N_{120}$ .

**Рис. 4.1. Елементи продуктивності (висота стеблостою, см) міскантусу гігантського третього–п'ятого років вегетації: а – одновидові, б – бінарні насадження, середнє за 2020-2024 рр.**

У перший вегетаційний рік вегетації висота стеблостою міскантусу в одновидових насадження варіювала в межах – від 104,5 до 116,3 см, а в бінарних – від 115,3 до 145,3 см. Доказово вища висота стеблостою незалежно від виду насадження, порівняно з контролем була на варіантах застосування доз азоту більше 60 кг/га.

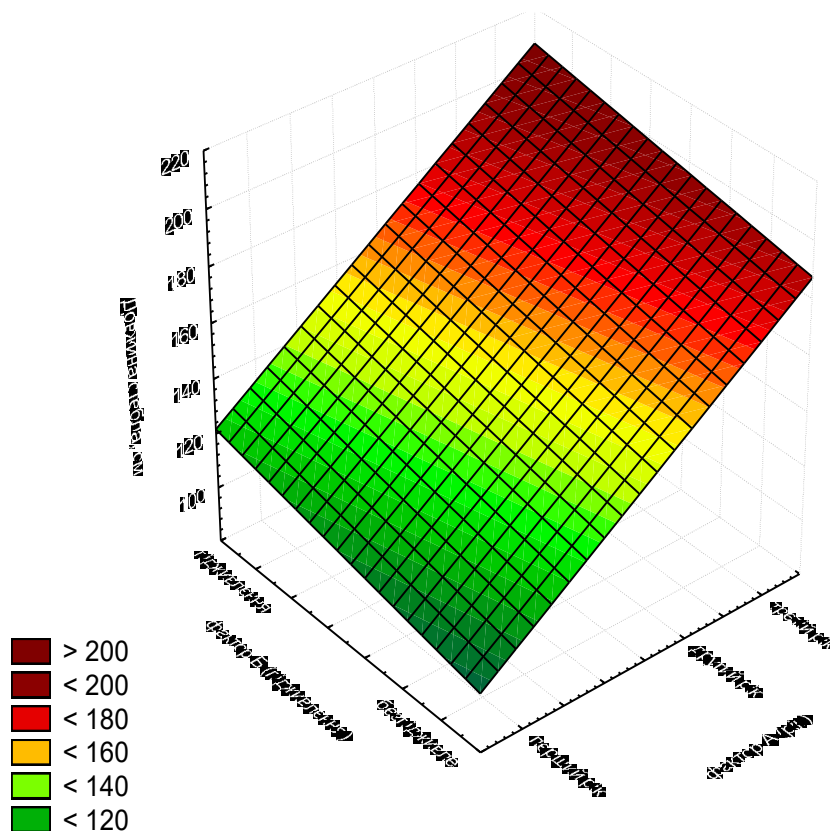
На другий рік вегетації висота стеблостою міскантусу в одновидових насадження варіювала в межах – від 151,4 до 172,3 см, а в бінарних – від 163,3 до 185,3 см. Суттєво більшу довжину стебел зафіксовано на варіантах використання  $N_{60-120}$  за весняного підживлення насаджень міскантусу гігантського одновидових насаджень. У бінарних насадженнях найбільш істотно більша висота рослин була на варіант  $N_{90-120}$ .

Доказово вищу висоту стеблостою, порівняно з попередніми роками міскантус гігантський формував в умовах третього року вегетації – від 162,3 до 190,2 см на одновидових насадженнях (з найбільшим значенням на варіантах 3-5, доза азоту на рівні або більше 60 кг/га), та – від 171,4 до

203,4 см у бінарних (з найбільшим значенням на варіантах 4-5, доза азоту 90-120 кг/га).

Таким чином, доказово більша висота стеблостою формується у рослин міскантусу бінарних насаджень при застосуванні підживлення на рівні або більше 60 кг/га, а одновидових – 90-120 кг/га.

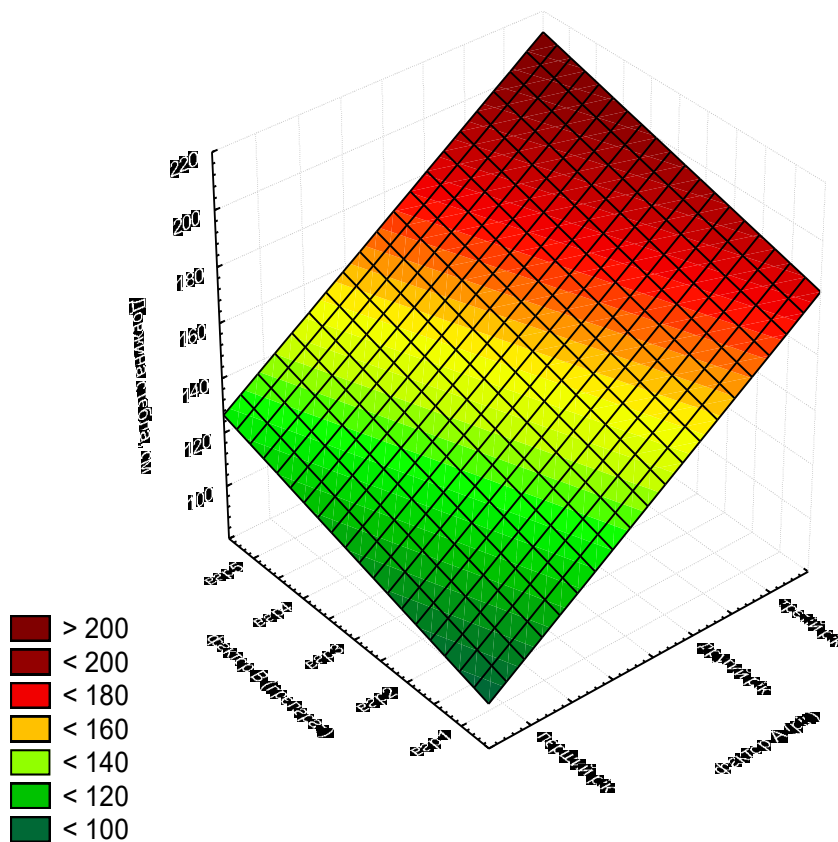
За результатами досліджень встановлено, що висота стеблостою залежала як від року вирощування й виду насаджень, так і застосування підживлення фітоценозів міскантусу гігантського. Відмічено тенденції зростання довжини стебел за роками дослідження та виду насаджень. Найбільше значення за даним показником виявлено на третій рік вегетації у бінарних насаджень, що у середньому за роки 14,5 см більше порівняно з одновидовими (рис. 4.2).



**Рис. 4.2. Поверхня відгуку впливу виду насаджень та року вегетації на довжину стебел міскантусу гігантського, 2020-2024 рр.**

Застосування підживлення однозначно впливало на зростання висоти стеблостою, порівняно з контролем: у одновидових насадженнях цей показник

у середньому за три роки зріс на 20,2 см, а у бінарних – на 29,2 см. Суттєве приріст висоти відмічено на варіантах весняного підживлення фітоценозу дозою азоту  $N_{90}$  (рис. 4.3).



**Рис. 4.3. Поверхня відгуку впливу виду насадження та підживлення на довжину стебел міскантусу гігантського, 2020-2024 рр.**

Таким чином, у середньому за роки дослідження доказово більша довжина стебел за варіантами досліду порівняно з одновидовими насадженнями (від 139,4 до 159,6 см) була відмічена у бінарних насадженнях міскантусу гігантського – від 148,8 до 178,0 см. При цьому найбільше значення за даним показником відмічено на варіантах застосування підживлення дозою  $N_{90}$ , відповідно видів насадження – у середньому 159,6 см та 178,0 см.

Густота стеблостою міскантусу гігантського за роками та варіантами досліду змінювалася у межах – від 2,0 до 7,0 у перший рік вегетації, від 6,0 до 14,0 шт./рослину – на другий, та від 19,0 до 26,0 шт./рослину – на третій (табл. 4.2, рис. 4.4).

**Кількість стебел міскантусу гігантського (шт./рослину),  
2020-2024 рр.**

Фактор А (вид насадження)	Фактор Б (підживлення)	Рік вегетації			Середнє за роки
		1-й	2-й	3-й	
одновидові	вар1	2,0	6,0	19,0	9,0
	вар2	2,0	7,0	20,0	9,7
	вар3	3,0	7,0	22,0	10,7
	вар4	5,0	12,0	24,0	13,7
	вар5	4,0	10,0	23,0	12,3
Середнє за варіантами		3,2	8,4	21,6	11,1
Бінарні люпином багаторічним	вар1	2,0	8,0	20,0	10,0
	вар2	3,0	9,0	21,0	11,0
	вар3	4,0	11,0	24,0	13,0
	вар4	7,0	14,0	26,0	15,7
	вар5	5,0	12,0	25,0	14,0
Середнє за варіантами		4,2	10,8	23,2	12,7
НІР <sub>05</sub> (фактор А)		0,96	1,44	1,37	-
НІР <sub>05</sub> (фактор Б)		0,72	1,51	1,01	-
НІР <sub>05</sub> (фактор А і Б)		0,21	0,19	0,16	-

*\*Примітка:* варіант 1 – без підживлення (контроль N<sub>0</sub>), варіант 2 – весняне підживлення N<sub>30</sub>, варіант 3 – весняне підживлення N<sub>60</sub>, варіант 4 – весняне підживлення N<sub>90</sub>, варіант 5 – весняне підживлення N<sub>120</sub>.

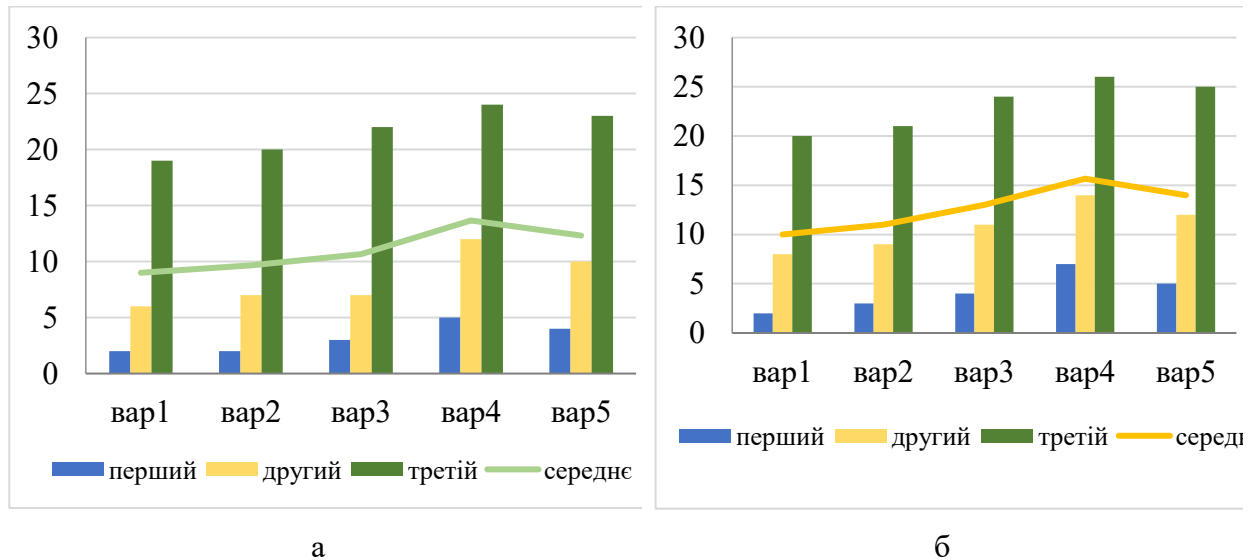
У перший рік вегетації на варіантах одновидових насаджень зафіксовано суттєве збільшення кількості стебел на 1-й рослі міскантусу при застосуванні весняного підживлення дозою N<sub>60-90</sub>, а у бінарних насадженнях – зменшеною нормою азоту (N<sub>30-90</sub>)

В умовах другого року вегетації, порівняно з контролем відмічено динаміку зростання густоти стеблостою у міру збільшення доз внесення азоту в підживленні: від N<sub>90</sub> – у одновидових (12,0 шт./рослину) та у бінарних насадженнях – від N<sub>60</sub> (11,0–14,0 шт./рослину).

На третій вегетаційний рік внесення у підживлення N<sub>60-90</sub> сприяло істотному збільшенню кількості стебел у одновидових насаджень міскантусу

(22,0–24,0 шт./рослину) та у бінарних насадженнях – від  $N_{60}$  (24,0–26,0 шт./рослину).

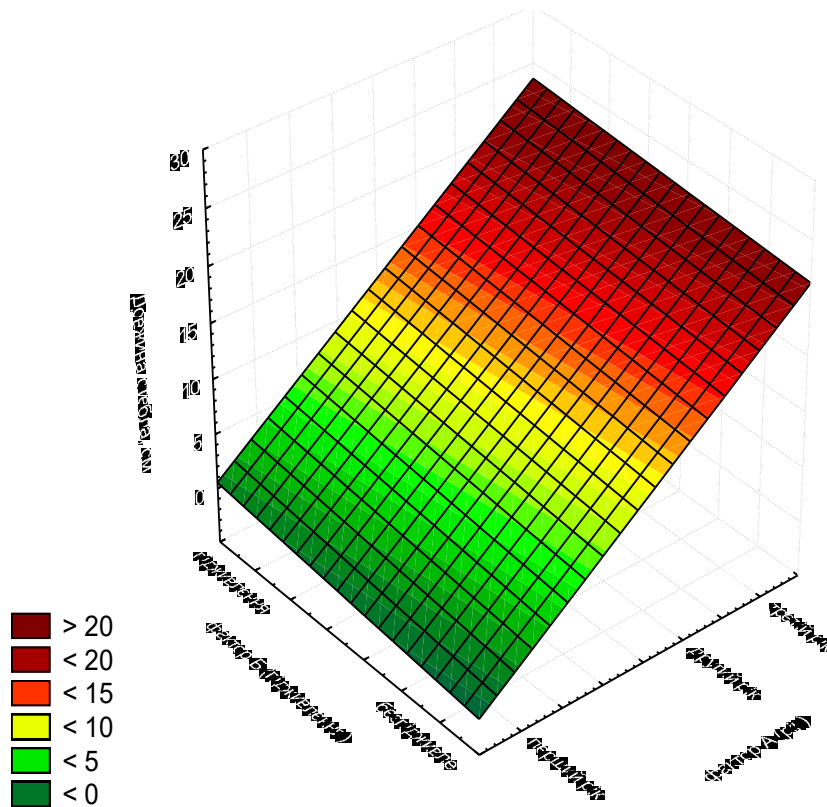
Як в розрізі років дослідження, так і у середньому за роки внесення азоту у вигляді підживлення однозначно збільшувало густоту стеблостою міскантусу гігантського (рис. 4.4).



\*Примітка: варіант 1 – без підживлення (контроль  $N_0$ ), варіант 2 – весняне підживлення  $N_{30}$ , варіант 3 – весняне підживлення  $N_{60}$ , варіант 4 – весняне підживлення  $N_{90}$ , варіант 5 – весняне підживлення  $N_{120}$ .

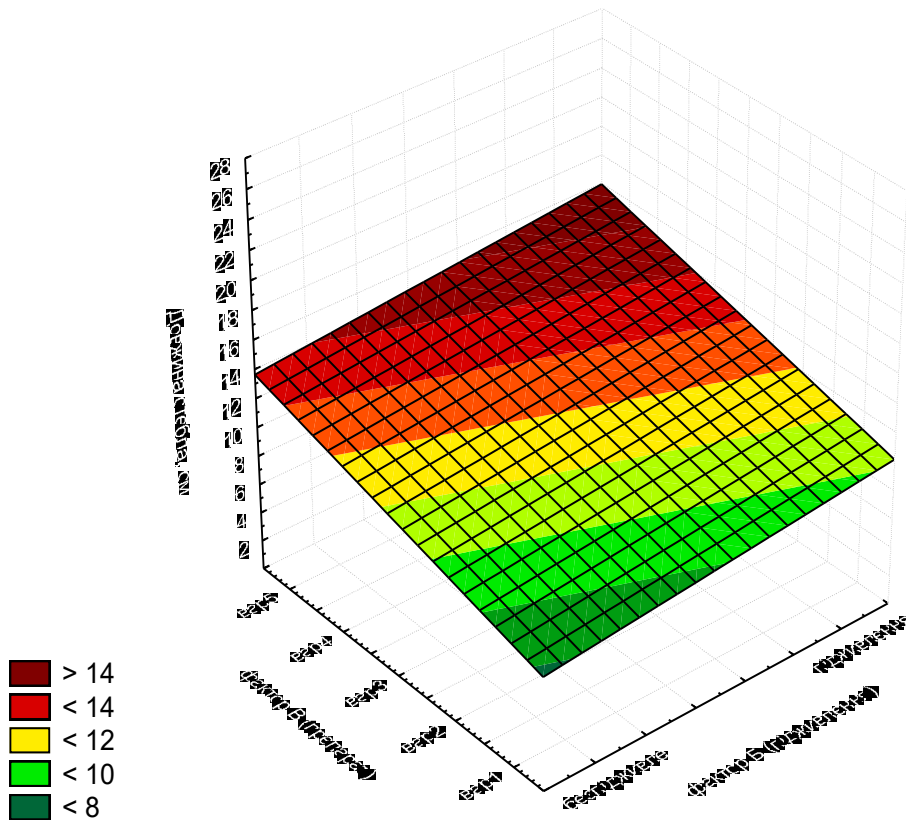
**Рис. 4.4. Елементи продуктивності (густина стеблостою, шт./рослину) міскантусу гігантського третього–п'ятого років вегетації: а – одновидові, б – бінарні насадження, середнє за 2020-2024 рр.**

З-поміж варіантів поставлених на вивчення у середньому за роки найбільшу густоту стеблостою міскантусу гігантського забезпечило весняне підживлення фітоценозів нормою  $N_{90}$  як в одновидових (13,7 шт./рослину), так і бінарних (15,7 шт./рослину) насадженнях міскантусу гігантського. При цьому істотно більша густина стебел була за вирощування міскантусу з бобовим компонентом – люпином багаторічним саме у бінарних насадженнях (рис. 4.5).



**Рис. 4.5. Поверхня відгуку впливу виду насадження і умов років вегетації на кількість стебел міскантусу гігантського, 2020-2024 рр.**

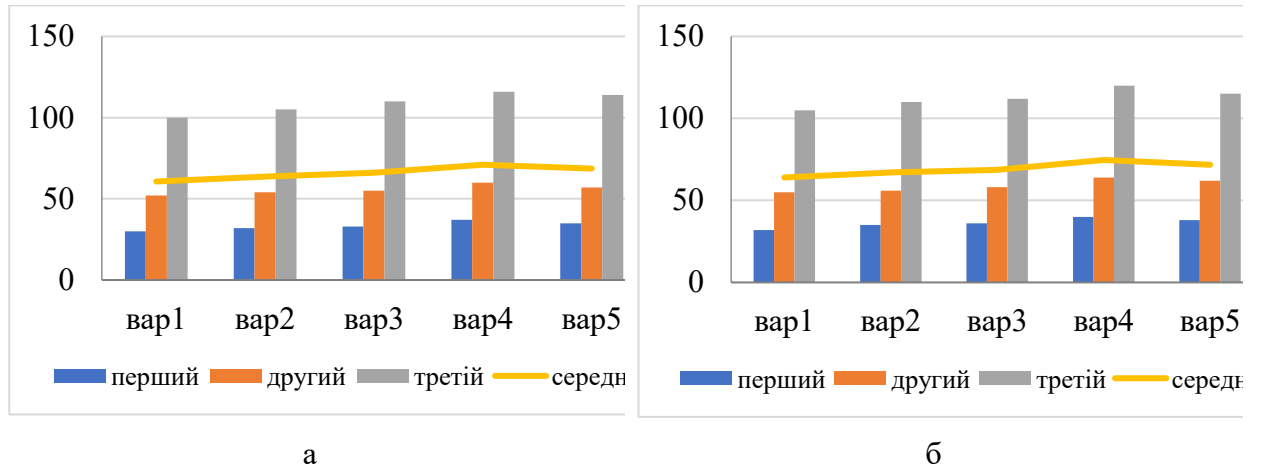
Відповідно даних графіку визначено, що за результатами трьохрічних досліджень чітко прослідковується мінливість густоти стеблостою міскантусу гігантського. Цей показник істотно залежав як від року вегетації культури, виду насадження, так і застосування весняного підживлення азотом фітоценозів міскантусу гігантського. Встановлено динаміку щорічного зростання густоти стебел за видами насадження та їхнього підживлення. Найбільше значення за даним показником виявлено на третій рік вегетації культури у бінарних насадженнях міскантусу гігантського, що у середньому за роки 1,6 шт./рослину більше порівняно з одновидовими (рис. 4.6).



**Рис. 4.6. Поверхня відгуку впливу виду насадження та підживлення на кількість стебел міскантусу гігантського, 2020-2024 рр.**

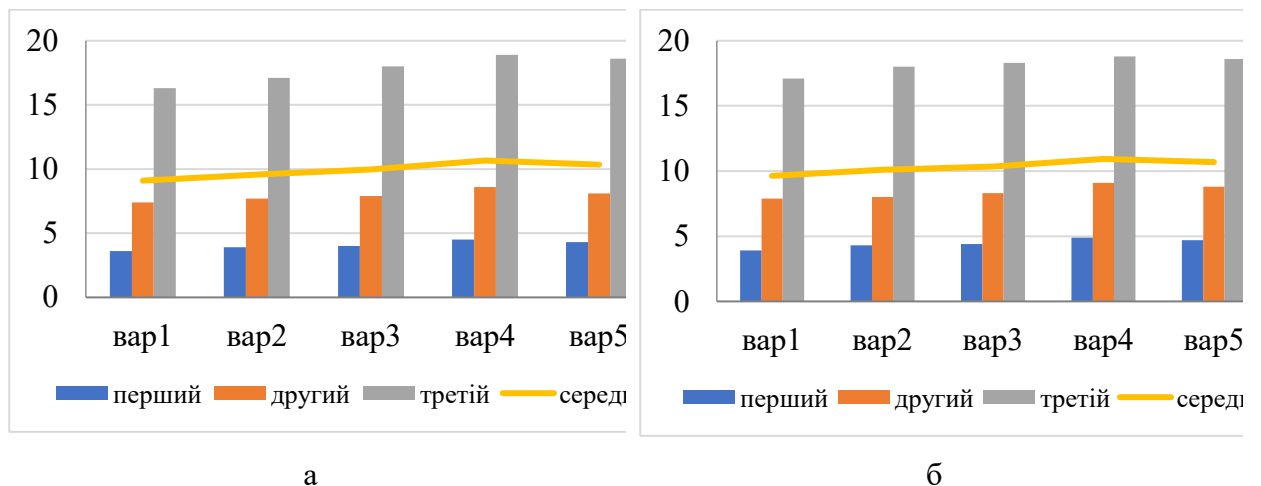
У середньому за роки у одновидових насадженнях спостерігається чітке збільшення кількості стебел на одну рослину, порівняно з контролем (9,0 шт./рослину) при збільшенні доз застосування азоту в підживленні (N<sub>60-120</sub>) – від 9,7 до 13,7 шт./рослину, а у бінарних, на цих же варіантах – від 11,0 до 15,7 шт./рослину, що суттєво більше значення ніж на контрольних варіантах (10,0 шт./рослину). Це свідчить про важливу роль азотного живлення для рослин міскантусу гігантського особливо у весняний період вегетації фітоценозу.

Так, виокремлені варіанти, що суттєво впливали й на площу фотосинтетичної поверхні листка міскантусу: цей показник за варіантами досліджу був у межах – від 60,7 до 71,0 см<sup>2</sup> у одновидових насадженнях, та – від 64,0 до 74,7 см<sup>2</sup> – у бінарних (рис. 4.7), що з урахуванням кількості листків на рослині мало вплив на площу фотосинтетичної поверхні насадження (рис. 4.8).



\*Примітка: варіант 1 – без підживлення (контроль N<sub>0</sub>), варіант 2 – весняне підживлення N<sub>30</sub>, варіант 3 – весняне підживлення N<sub>60</sub>, варіант 4 – весняне підживлення N<sub>90</sub>, варіант 5 – весняне підживлення N<sub>120</sub>.

**Рис. 4.7. Елементи продуктивності (площа фотосинтетичної поверхні листка, см<sup>2</sup>) міскантусу гігантського третього–п’ятого років вегетації: а – одновидові, б – бінарні насадження, середнє за 2020-2024 рр.**



\*Примітка: варіант 1 – без підживлення (контроль N<sub>0</sub>), варіант 2 – весняне підживлення N<sub>30</sub>, варіант 3 – весняне підживлення N<sub>60</sub>, варіант 4 – весняне підживлення N<sub>90</sub>, варіант 5 – весняне підживлення N<sub>120</sub>.

**Рис. 4.8. Елементи продуктивності (площа фотосинтетичної поверхні насадження, тис. см<sup>2</sup>) міскантусу гігантського третього–п’ятого років вегетації: а – одновидові, б – бінарні насадження, середнє за 2020-2024 рр.**

Таким чином, збільшення кількісних показників рослин міскантусу гігантського впливає на істотне зростання площі фотосинтетичної поверхні насаджень, а це майбутній урожайність надземної вегетативної маси.

#### 4.2. Урожайність біомаси залежно від способу вирощування та підживлення насаджень міскантусу

За результатами досліджень встановлено, що спосіб вирощування міскантусу гігантського та підживлення насаджень має суттєвий вплив на врожайність за сухою біомасою (табл. 4.3).

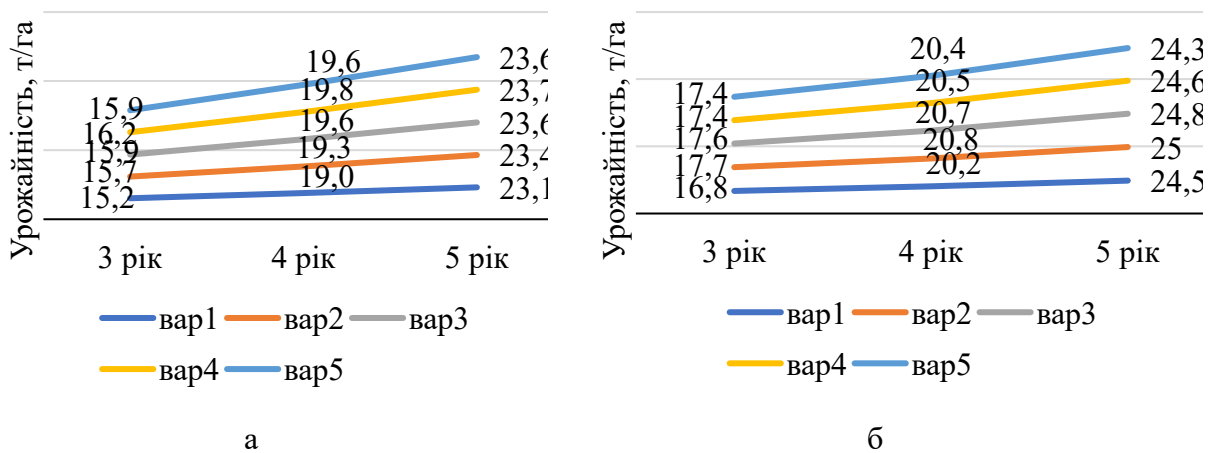
Таблиця 4.3

#### Урожайність міскантусу гігантського за сухою біомасою третього–п'ятого років вегетації (т/га), 2020-2024 рр.

Вид насаджень (чинник Б)	Підживлення насаджень* (чинник В)	Рік(фактор А)			Середнє
		третій (2020- 2022)	четвертий (2021- 2023)	п'ятий (2022- 2024)	
одновидові	варіант 1	15,2	19,0	23,1	19,1
	варіант 2	15,7	19,3	23,4	19,5
	варіант 3	15,9	19,6	23,6	19,7
	варіант 4	16,2	19,8	23,7	19,9
	варіант 5	16,1	19,8	23,5	19,8
	Середнє	15,8	19,5	23,5	19,6
бінарні люпином багаторічним	варіант 1	16,8	20,2	24,5	20,5
	варіант 2	17,7	20,8	25,0	21,2
	варіант 3	17,6	20,7	24,8	21,0
	варіант 4	17,4	20,5	24,6	20,8
	варіант 5	17,4	20,4	24,3	20,7
	Середнє	17,4	20,5	24,6	20,8
НІР <sub>05</sub> чинник (А)		-	-	-	0,31
НІР <sub>05</sub> чинник (Б)		0,22	0,17	0,15	1,12
НІР <sub>05</sub> чинник (В)		0,95	0,63	0,72	1,85
НІР <sub>05</sub> чинник (А і Б)		-	-	-	0,18
НІР <sub>05</sub> чинник (А і В)		-	-	-	0,70
НІР <sub>05</sub> чинник (Б і В)		0,12	0,11	0,92	2,58
НІР <sub>05</sub> взаємодії чинників (АБВ)		-	-	-	0,88

\*Примітка: варіант 1 – без підживлення (контроль N<sub>0</sub>), варіант 2 – весняне підживлення N<sub>30</sub>, варіант 3 – весняне підживлення N<sub>60</sub>, варіант 4 – весняне підживлення N<sub>90</sub>, варіант 5 – весняне підживлення N<sub>120</sub>.

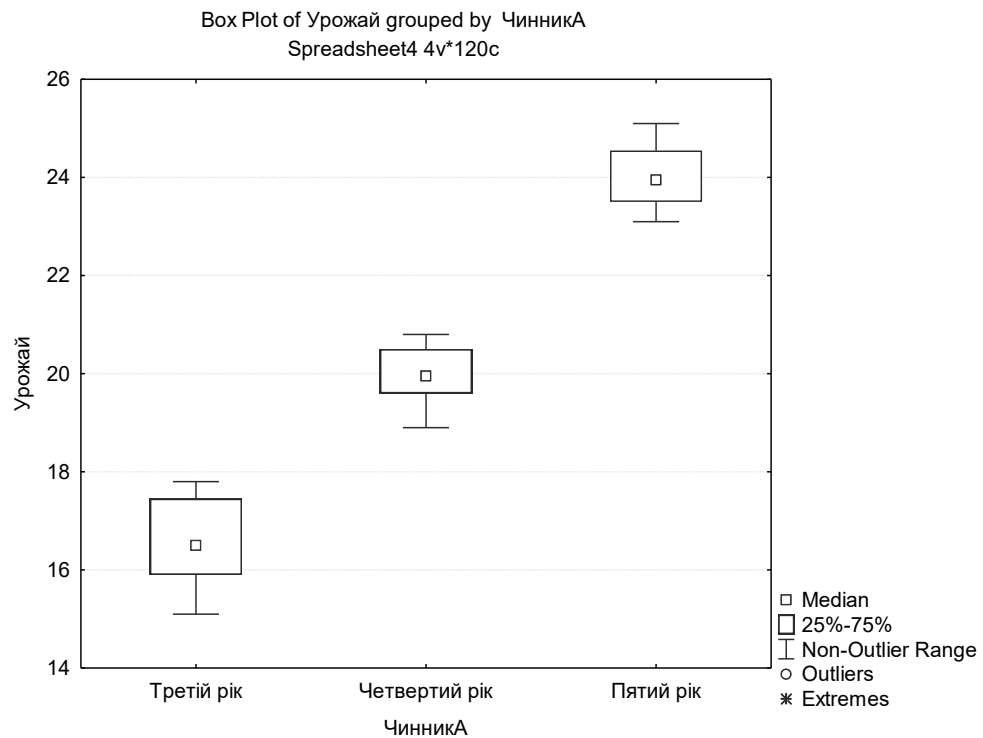
За результатами багаторічних досліджень встановлено, що врожайність сухої біомаси міскантусу гігантського залежить від способу вирощування культури та має чіткий тренд до щорічного збільшення від третього по п'ятий рік вегетації: від 15,2 до 23,7 т/га – у одновидових, та від 16,8 до 24,8 т/га – у бінарних насадженнях. При цьому встановлено чітку перевагу за продуктивністю на варіантах весняного підживлення насаджень дозою азоту  $N_{90}$ . Як нижча, так і вища норма азотних добрив суттєво не збільшує врожайності культури (рис. 4.9).



*Примітка:* варіант 1 – без підживлення (контроль  $N_0$ ), варіант 2 – весняне підживлення  $N_{30}$ , варіант 3 – весняне підживлення  $N_{60}$ , варіант 4 – весняне підживлення  $N_{90}$ , варіант 5 – весняне підживлення  $N_{120}$ .

**Рис. 4.9. Динаміка урожайності за сухою біомасою міскантусу гігантського залежно від способу вирощування: а – одновидові та б – бінарні, з урахуванням підживлення насаджень третього–п'ятого років вегетації, середнє за 2020–2024рр.**

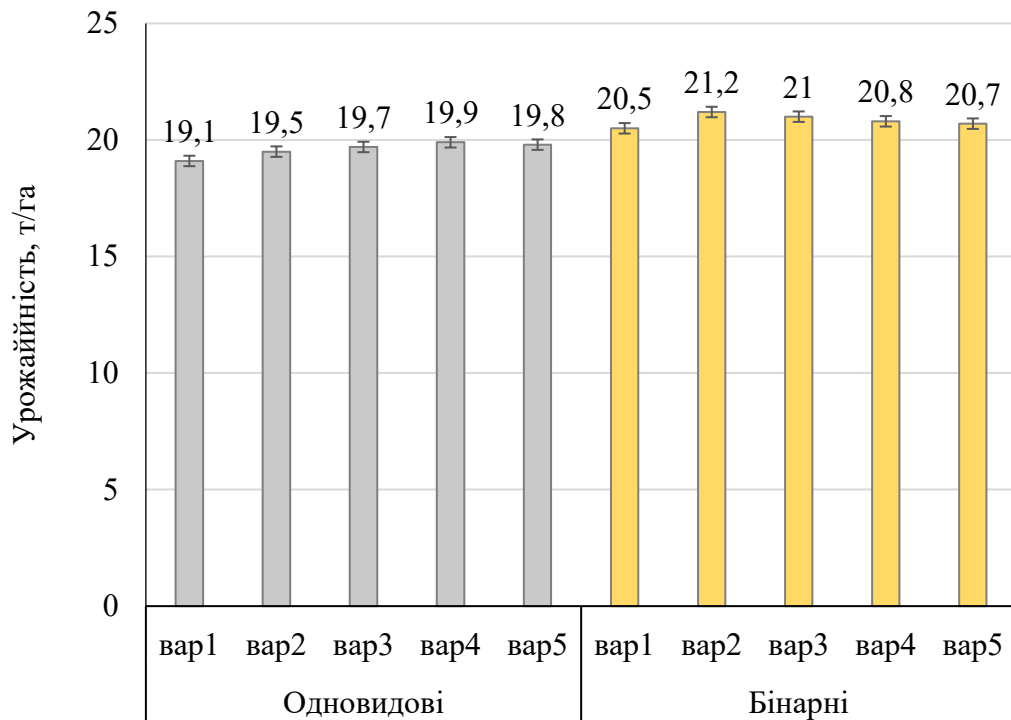
Встановлені чіткі відмінності урожайності біомаси міскантусу гігантського за роками дослідження знайшли підтвердження в статистичних обрахунках відповідно діаграми розмаху варіювання ознак, що наведено на коробковому графіку: «ящик з вусами» із групуванням даних вибірки урожайності біомаси гігантського за роки дослідження (рис. 4.10).



**Рис. 4.10.** Коробковий графік «з вусами» із групуванням даних вибірки урожайності біомаси гігантського за роки дослідження, 2020-2024 рр.

Діаграма розмаху вказує на величину мінливості за верхньою та нижньою межами квантиля, а відстань між різними частинами короба показують дисперсію вибірки. При цьому «вуса» трьох коробів не перекриваються, тому можна зробити припущення щодо суттєвої відмінності медіан та доказ статистично суттєвої різниці між ними в розрізі років дослідження. При цьому розмір варіації групи даних на третій рік – найбільший, з послідуочим зниженням на четвертий та п'ятий рік вегетації міскантусу гігантського.

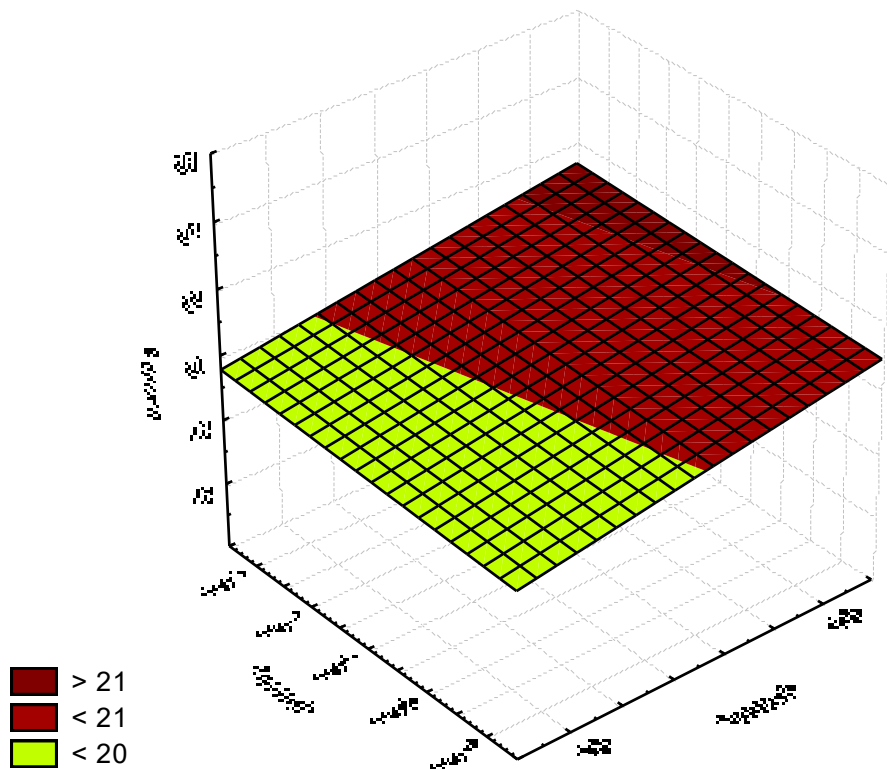
У середньому за роки проведення досліджень урожайність біомаси міскантусу гігантського за варіантами підживлення варіювала – від 19,5 до 19,9 т/га – у одновидових, та від 20,7 до 21,2 т/га – у бінарних насадженнях з істотною перевагою на варіантах бінарного насадження порівняно з мононасадженнями (рис. 4.11).



*Примітка:* варіант 1 – без підживлення (контроль  $N_0$ ), варіант 2 – весняне підживлення  $N_{30}$ , варіант 3 – весняне підживлення  $N_{60}$ , варіант 4 – весняне підживлення  $N_{90}$ , варіант 5 – весняне підживлення  $N_{120}$ .

**Рис. 4.11. Урожайність за сухою біомасою міскантусу гігантського залежно від способу вирощування та підживлення насаджень, середня за 2020–2024 рр.**

Найбільшу врожайність сухої біомаси міскантусу за роки дослідження отримали на варіантах весняного підживлення дозою  $N_{30}$  та  $N_{60}$  (відповідно 21,2 та 21,0 т/га) за вирощування міскантусу в бінарних посівах. Істотно нижчим цей показник виявився при застосуванні збільшених норм  $N_{90-120}$  та контролю (20,5–20,8 т/га). У одновидових насадженнях міскантусу гігантського спостерігався чіткий тренд збільшення врожайності біомаси за внесення доз азоту  $N_{60-120}$  (19,7–19,9 т/га) із її суттєвим зниженням на варіантах  $N_{30}$  (19,5 т/га), а також на контролі (19,1 т/га). Що чітко відображено на графіку багатомірних залежностей та описується рівнянням регресії (рис. 4.12).



**Рис. 4.12. Поверхня відгуку урожайності міскантусу гігантського залежно від способу вирощування та підживлення насаджень, середня за 2020–2024 рр.**

Таким чином, за роки проведення досліджень простежувалася чітка тенденція збільшення врожайності біомаси за внесення підвищених доз азоту ( $N_{60-90}$ ) в одновидових насадженнях міскантусу гігантського (до 20,0 т/га), та виокремлено варіанти підживлення при застосуванні  $N_{30-60}$  ( $\geq 21,0$  т/га) – в бінарних. Що свідчить про те, що порівняно з одновидовими, у бінарних насадженнях для підживлення необхідно застосовувати меншу дозу мінерального азоту. Це пов'язано з тим, що у ґрунті за рахунок бобового компоненту накопичився біологічний азот, який використовує для свого живлення основний компонент бінарних насаджень – міскантус гігантський.

### 4.3. Вплив способу вирощування та підживлення насадження на показники якості біомаси міскантусу гігантського

За визначення основних показників якості біомаси міскантусу гігантського: вмісту целюлози, геміцелюлози й лігніну визначено їх мінливість за варіантами досліджу (табл. 4.4).

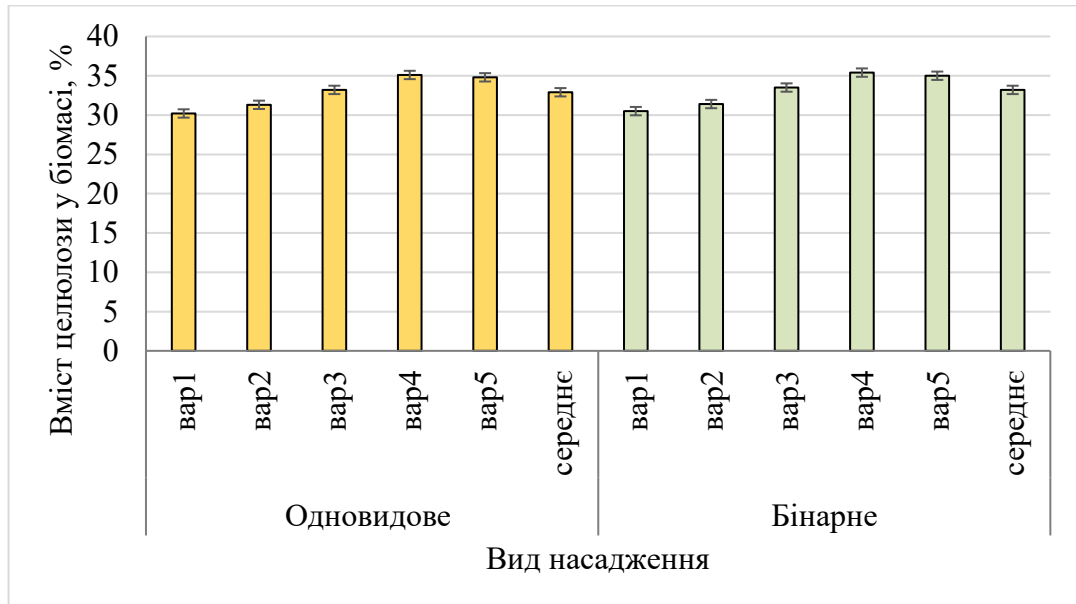
Таблиця 4.4

#### Показники якості біомаси міскантусу гігантського, середнє за 2020–2024 рр.

Вид насадження (Фактор А)	Підживлення насаджень* (чинник В)	Показник			Інші складові
		целюлоза, %	гемі-целюлоза, %	лігнін, %	
одновидові	варіант 1	30,2	24,4	16,5	28,9
	варіант 2	31,3	25,1	17,0	26,6
	варіант 3	33,2	25,5	17,1	24,2
	варіант 4	35,1	25,7	17,2	22,0
	варіант 5	34,8	25,1	17,0	23,1
	середнє	32,9	25,2	17,0	25,0
бінарні з люпином багаторічним	варіант 1	30,5	24,3	16,6	28,6
	варіант 2	31,4	25,0	17,2	26,4
	варіант 3	33,5	26,1	17,1	23,3
	варіант 4	35,4	26,0	17,2	21,4
	варіант 5	35,0	26,1	17,0	21,9
	середнє	33,2	25,5	17,0	24,3

*Примітка:* варіант 1 – без підживлення (контроль  $N_0$ ), варіант 2 – весняне підживлення  $N_{30}$ , варіант 3 – весняне підживлення  $N_{60}$ , варіант 4 – весняне підживлення  $N_{90}$ , варіант 5 – весняне підживлення  $N_{120}$ .

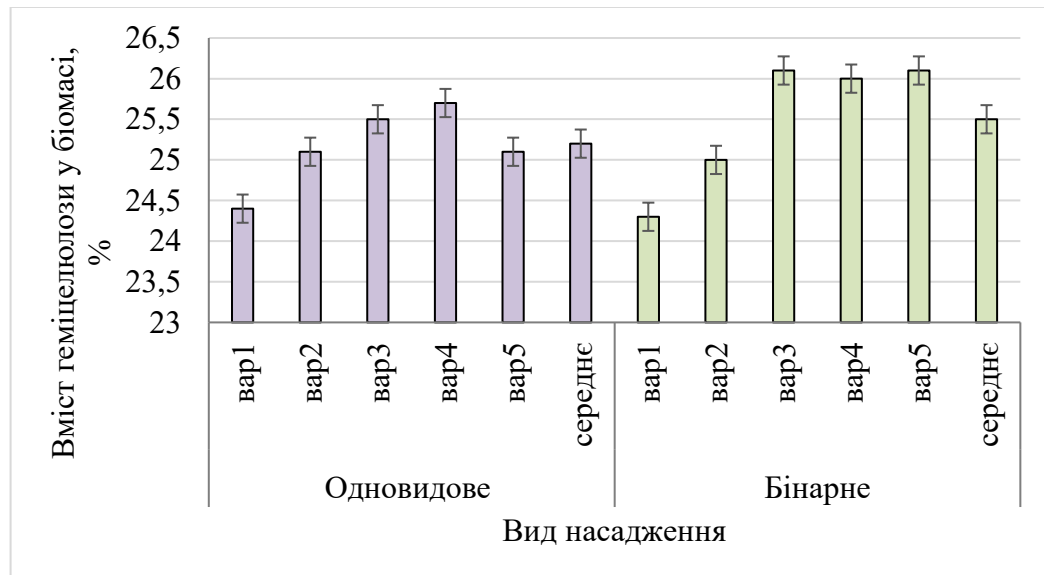
Визначено, що у середньому за роки дослідження вміст целюлози у біомасі варіював у межах – від 30,2 до 35,4 %, з найбільшим значенням при застосуванні підживлення азоту дозою  $N_{60-90}$ . При цьому суттєвих відмінностей за даним показником в розрізі видів насадження міскантусу не виявлено (рис. 4.13).



*Примітка:* варіант 1 – без підживлення (контроль  $N_0$ ), варіант 2 – весняне підживлення  $N_{30}$ , варіант 3 – весняне підживлення  $N_{60}$ , варіант 4 – весняне підживлення  $N_{90}$ , варіант 5 – весняне підживлення  $N_{120}$ .

**Рис. 4.13. Вміст целюлози у біомасі міскантусу гігантського залежно від виду насадження та підживлення рослин, середнє за 2020–2024 рр.**

За вмістом геміцелюлози у біомасі виокремлено варіанти застосування азоту у підживлення які мають суттєвий вплив на збільшення цього показника (рис. 4.14).



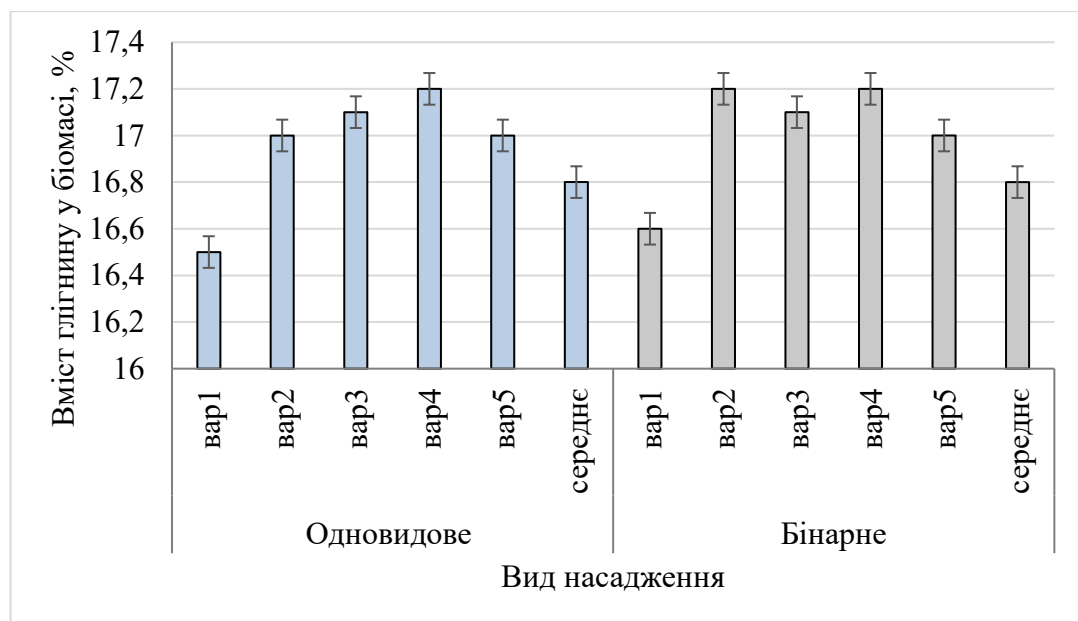
*Примітка:* варіант 1 – без підживлення (контроль  $N_0$ ), варіант 2 – весняне підживлення  $N_{30}$ , варіант 3 – весняне підживлення  $N_{60}$ , варіант 4 – весняне підживлення  $N_{90}$ , варіант 5 – весняне підживлення  $N_{120}$ .

**Рис. 4.14. Вміст геміцелюлози у біомасі міскантусу гігантського залежно від виду насадження та підживлення рослин, середнє за 2020–2024 рр.**

Так, найбільший вміст геміцелюлози у біомасі виявлено при застосуванні у підживленні азоту дозою  $N_{60-90}$ , що характерно для одновидових насаджень, та внесення  $N_{60-120}$  – для бінарних насаджень.

Також, слід зазначити, що вміст целюлози й геміцелюлози в біомасі несуттєво різнився залежно від виду насадження. В більшій мірі на ці показники мало застосування весняного підживлення різними дозами азоту.

Вміст лігніну у біомасі, окрім контрольних варіантів змінювався несуттєво як для одновидових, так і бінарних насаджень – в межах від 17,0 до 17,2 % (рис. 4.15).



*Примітка:* варіант 1 – без підживлення (контроль  $N_0$ ), варіант 2 – весняне підживлення  $N_{30}$ , варіант 3 – весняне підживлення  $N_{60}$ , варіант 4 – весняне підживлення  $N_{90}$ , варіант 5 – весняне підживлення  $N_{120}$ .

**Рис. 4.15. Вміст лігніну у біомасі міскантусу гігантського залежно від виду насадження та підживлення рослин, середнє за 2020–2024 рр.**

Таким чином, встановлено, що спосіб вирощування міскантусу гігантського та підживлення насаджень третього–п'ятого років вегетації має суттєвий вплив на якість біомаси. Виокремлені оптимальні дози добрив, що впливають на вміст целюлози, геміцелюлози та лігніну у біомасі: збільшення дози  $N_{60}$  і більше однозначно підвищує ці показники як у одновидових насадженнях, так і бінарних.

#### Висновки до розділу 4:

1. Встановлено, що елементи продуктивності міскантусу гігантського істотно залежать від способу вирощування та підживлення насаджень. Доказово більша висота стеблостою формується у рослин міскантусу в бінарних насаджень при застосуванні підживлення на рівні або більше 60 кг/га, а одновидових – 90-120 кг/га. Відмічено зростання густоти стеблостою при збільшенні доз застосування азоту в підживленні ( $N_{60-120}$ ): у одновидових насадженнях – від 9,7 до 13,7 шт./рослину, а у бінарних, на цих же варіантах, суттєво більше – від 11,0 до 15,7 шт./рослину. Площа фотосинтетичної поверхні листка міскантусу була у межах – від 60,7 до 71,0 см<sup>2</sup> у одновидових насадженнях, та – від 64,0 до 74,7 см<sup>2</sup> – у бінарних.

2. Визначено, що прибавка врожаю міскантусу гігантського на варіантах бінарного вирощування з люпином була найбільшою і становила за роки 1,2 т/га, за середньої врожайності 20,8 т/га на противагу одновидових насадженнях – де цей показник варіював у межах 19,1–19,9 т/га (середня 19,6 т/га).

3. Обґрунтовано, що застосування весняного підживлення насаджень збільшує врожайність біомаси міскантусу гігантського: у бінарних насадженнях до 21,0–21,2 т/га при застосуванні  $N_{30-60}$  порівняно з контролем (20,5 т/га); суттєво нижчим цей показник був у одновидових – на рівні 19,5–19,9 т/га за внесення збільшених доз азоту  $N_{60-90}$ , що на 0,4–0,8 т/га нижче порівняно з контролем (19,1 т/га).

4. Показники якості біомаси міскантусу гігантського за вмістом целюлози, геміцелюлози та лігніну у біомасі зростають при збільшенні дози азоту ( $N_{60}$  і більше) як у одновидових, так і бінарних насадженнях.

*Публікації до розділу: [190] .*

## РОЗДІЛ 5

### ВПЛИВ БІОЛОГІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ БІОМАСИ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО ТА КУКУРУДЗИ

#### 5.1. Вплив смугового способу вирощування та підживлення на мінливість кількісних показників міскантусу та кукурудзи

Згідно визначення «смугові посіви» – це почерговий спосіб вирощування сільськогосподарських культур, при якому рослини розміщують на одному полі смугами різної ширини. Це дозволяє поєднувати переваги вирощування культури у широкорядних посівів, покращуючи умови росту й розвитку для кожної рослини у фітоценозі за спрощеної системи обробітку ґрунту. Зазвичай у смугових посівах розміщують культури з родини тонконогові та бобові, що дозволяє збагачувати ґрунт на азотні сполуки та рослинні рештки.

Подібний спосіб вирощування польових культур вивчали інші автори, які визначили, що бінарні посіви впливають на урожайність сільськогосподарських культур. При цьому відмічається позитивний вплив на водно-фізичні та хіміко-фізичні властивості ґрунтів, доступність для рослин орґано- мінеральних речовин, що сприяє стабілізації й відновленню агроєкосистем у бінарних агрофітоценозах [191].

У наших дослідженнях ми поєднали смугові насадження міскантусу гігантського у бінарних посівах кукурудзи звичайної та люпину жовтого, що з агрономічної точки зору було здійснено вперше. Нижче наведено аналіз отриманих результатів із застосування такого комбінованого вирощування рослин та їх вплив на формування врожайності та обсягу рослинної біомаси, як сировини для виготовлення біопалив.

Визначено мінливість висоти стеблостою міскантусу гігантського, що в розрізі варіантів підживлення варіювала – від 202,3 до 261,8 см у одновидових насадженнях, а у смугових – від 205,3 до 266,0 см (табл. 5.1).

**Довжина стебел міскантусу гігантського залежно від способу вирощування та підживлення насаджень, 2020-2024 рр.**

Вид насадження (фактор Б)	Підживлення (фактор В)	Рік вегетації (фактор А)			Середнє за роки
		3-й	4-й	5-й	
одновидові	вар1	202,3	242,5	254,3	233,0
	вар2	205,3	245,5	255,8	235,5
	вар3	212,1	251,8	261,8	241,9
	вар4	207,3	247,5	256,8	237,2
	вар5	206,8	245,8	256,5	236,4
Середнє за варіантами		206,8	246,6	257,0	236,8
смугові з люпином багаторічним та кукурудзою	вар1	205,3	244,3	258,3	236,0
	вар2	207,8	246,3	260,5	238,2
	вар3	214,8	255,8	266,0	245,5
	вар4	214,3	250,5	262,8	242,5
	вар5	209,5	249,3	262,3	240,4
Середнє за варіантами		210,3	249,2	262,0	240,5
НІР <sub>05</sub> (фактор А)		-	-	-	1,82
НІР <sub>05</sub> (фактор Б)		2,46	2,34	1,70	-
НІР <sub>05</sub> (фактор В)		2,97	1,83	3,07	-
НІР <sub>05</sub> (фактор Б і В)		2,86	0,97	1,00	-

*\*Примітка:* вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Мікофренд С (повна доза 100 %).

Різні умови років досліджень мали неоднакий вплив на висоту стеблостою міскантусу, що варювала – від 202,3 до 266,0 см. Визначено, що на третій рік вегетації найбільшу висоту стеблостою, порівняно з контролем та іншими варіантами дослід у одновидових та смугових насадженнях міскантусу гігантського забезпечило внесення позакореневого підживлення 50-ти % дозою хелатного препарату Крісталону сумісно біопрепаратом Мікофренд С.

Поряд з цим, визначено, що кількість стебел на одиницю площі є важливим показником, що обумовлює густоту стеблостою міскантусу (табл. 5.2).

**Кількість стебел міскантусу гігантського залежно від способу вирощування та підживлення насаджень, 2020-2024 рр.**

Вид насадження (фактор Б)	Підживлення (фактор В)	Рік вегетації (фактор А)			Середнє за роки
		3-й	4-й	5-й	
одновидові	вар1	11,1	12,5	13,5	12,4
	вар2	11,1	12,7	13,6	12,5
	вар3	14,8	15,7	17,2	15,9
	вар4	13,4	14,1	15,9	14,5
	вар5	13,0	13,5	15,7	14,0
Середнє за варіантами		13,0	13,4	15,7	14,0
смугові з люпином багаторічним та кукурудзою	вар1	11,3	12,5	13,5	12,4
	вар2	12,1	13,0	14,7	13,3
	вар3	15,2	16,3	18,2	16,6
	вар4	14,1	15,0	16,9	15,3
	вар5	14,0	14,0	15,7	14,5
Середнє за варіантами		13,3	14,1	15,6	14,3
НІР <sub>05</sub> (фактор А)		-	-	-	0,76
НІР <sub>05</sub> (фактор Б)		1,03	0,99	1,07	-
НІР <sub>05</sub> (фактор В)		0,55	0,43	0,68	-
НІР <sub>05</sub> (фактор Б і В)		0,12	0,12	0,09	-

*\*Примітка:* вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Мікофренд С (повна доза 100 %).

Кількість стебел на рослину міскантусу за варіантами підживлення варіювала за роками вегетації: від 11,1 до 17,2 (у одновидових насадженнях), та – від 11,3 до 18,2 шт./рослину (у смугових посівах), з найбільшим значенням за дворазового підживлення препаратами Крісталон і Мікофренд С (вар. 3), що характерно для обох видів насадження: відповідно 15,9 та 16,6 шт./рослину. Що свідчить про значний вплив на густоту стеблостою міскантусу гігантського як умов року, виду насадження, так і кількості весняних підживлень.

На третій рік вегетації найбільшу густоту стеблостою міскантусу гігантського у одновидових насадженнях і смугових забезпечило застосування

сумісного підживлення підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату). На четвертий-п'ятий рік, та у середньому за три роки найбільш істотний вплив на кількість стебел має застосування внесення 50 % дози препарату Крісталон у всіх видах насадження міскантусу.

Площа листкової поверхні (ПЛП) за досліджуваними чинниками змінювалася – від 0,81 до 3,45 тис. см<sup>2</sup> у одновидових насадження, та від 1,63 до 3,70 тис. см<sup>2</sup> – у смугових (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

**Площа листкової поверхні міскантусу гігантського залежно від способу вирощування та підживлення насаджень (тис.см<sup>2</sup>), 2020-2024 рр.**

Вид насадження (фактор Б)	Підживлення (фактор В)	Рік вегетації (фактор А)			Середнє за роки
		3-й	4-й	5-й	
одновидові	вар1	0,81	1,65	1,85	1,43
	вар2	1,50	2,40	2,90	2,26
	вар3	1,60	3,05	3,45	2,70
	вар4	1,82	2,74	2,83	2,46
	вар5	1,74	2,50	2,78	2,34
Середнє за варіантами		1,49	2,46	2,76	2,24
смугові з люпином багаторічним та кукурудзою	вар1	1,63	2,44	2,15	2,07
	вар2	1,70	2,56	2,95	2,40
	вар3	1,96	3,55	3,70	3,07
	вар4	1,89	2,89	2,99	2,59
	вар5	1,80	2,82	2,92	2,51
Середнє за варіантами		1,79	2,85	2,94	2,53
НІР <sub>05</sub> (фактор А)		-	-	-	0,21
НІР <sub>05</sub> (фактор Б)		0,18	0,28	0,33	-
НІР <sub>05</sub> (фактор В)		0,25	0,27	0,12	-
НІР <sub>05</sub> (фактор Б і В)		0,01	0,06	0,01	-

*\*Примітка:* вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Мікофренд С (повна доза 100 %).

На третій рік вегетації відмічено тренд збільшення ПЛП міскантусу гігантського від збільшення норм підживлення препаратами у одновидових та смугових насадженнях. На четвертий-п'ятий рік, та у середньому за три роки

найбільш істотний вплив на ПЛП мало застосування у підживленні підживлення Крісталон + Біопрепарат (50 % доза кожного препарату) у всіх видах насадження міскантусу. У середньому за роки ПЛП у фітоценозу міскантусу за цими ж варіантами підживлення мала найбільш істотне значенням, що свідчить про значний вплив на цей показник як умов року, виду насадження міскантусу гігантського, так і застосування щорічних весняних підживлень.

Кількісні показники кукурудзи у смугових посівах змінювалися як за роками, так і за варіантами підживлення (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

**Довжина та кількість листків кукурудзи звичайної залежно від підживлення у смугових насадженнях, 2020-2024 рр.**

Показники	Підживлення (фактор Б)	Рік вегетації (фактор А)					Середнє за роки
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	
Довжина стебла	вар1	1,84	1,89	1,92	1,85	1,77	1,85
	вар2	2,07	2,05	2,08	2,03	1,87	2,02
	вар3	2,46	2,43	2,45	2,44	2,31	2,42
	вар4	2,41	2,37	2,33	2,35	2,28	2,35
	вар5	2,38	2,34	2,32	2,33	2,30	2,33
Середнє за варіантами		2,23	2,22	2,22	2,20	2,11	2,19
Кількість листків	вар1	8,8	8,7	8,7	8,4	8,1	8,5
	вар2	8,8	8,7	8,8	8,5	8,0	8,6
	вар3	9,1	9,3	9,1	8,9	8,5	9,0
	вар4	9,0	9,1	8,9	8,7	8,4	8,8
	вар5	8,8	8,7	8,7	8,4	8,1	8,5
Середнє за варіантами		9,1	9,0	9,0	8,6	8,3	8,7

*\*Примітка:* вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Мікофренд С (повна доза 100 %).

Найбільша довжина стебла (2,42 м) та листків на ньому (9,0 шт.) у кукурудзи була при застосуванні весняного підживлення хелатним препаратом Крісталон + біопрепарат Мікофренд С (50 % дози кожного препарату). Деяко нижчими ці показники були при внесення 100 % дози

Крісталону, відповідно 2,35 м та 8,8 шт. При цьому зафіксовано динаміку зниження висоти стеблостою кукурудзи за вегетаційні роки.

Інші біометричні показники рослин кукурудзи, такі як довжина листка та площа фотосинтезуючої поверхні листків (ПФПЛ) на рослині мали наступні параметри (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

**Довжина та площа фотосинтезуючої поверхні листків кукурудзи  
звичайної залежно від підживлення у смугових насадженнях,  
2020-2024 рр.**

Показники	Підживлення (фактор Б)	Рік вегетації (фактор А)					Середнє за роки
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	
Довжина листка	вар1	73,4	73,5	73,6	73,8	71,2	73,1
	вар2	75,0	74,8	74,6	74,1	72,3	74,2
	вар3	78,2	78,3	77,3	76,0	73,3	76,6
	вар4	77,1	77,0	78,4	75,4	72,2	76,0
	вар5	73,4	73,5	73,6	73,8	71,2	73,1
Середнє за варіантами		76,1	76,1	76,1	74,8	72,2	75,1
Площа фото- синтезуючої поверхні листоків	вар1	4,78	4,74	4,71	4,59	4,25	4,61
	вар2	4,82	4,80	4,77	4,62	4,33	4,67
	вар3	4,88	4,84	4,82	4,78	4,42	4,75
	вар4	4,81	4,80	4,78	4,75	4,39	4,71
	вар5	4,78	4,74	4,71	4,59	4,25	4,61
Середнє за варіантами		4,82	4,79	4,77	4,69	4,35	4,68

*\*Примітка:* вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Мікофренд С (повна доза 100 %).

Визначено, що довжина та площа фотосинтезуючої поверхні листків кукурудзи на варіантах 50 % та 100 % дози застосування препарату Крісталон у підживленні, порівно з контролем та іншими варіантами дослідження виявились на однаковому рівні. Так, варіант 3 забезпечив довжину листків 76,6 см, а варіант 4 – 76,0, відповідно цих варіантів ПФПЛ була 4,75 і 4,71 тис. см<sup>2</sup> на одну рослину.

## 5.2. Вплив удосконалених елементів технології вирощування на врожайність біомаси міскантусу гігантського та кукурудзи

Урожайність за сухою біомасою у міскантусу на одновидових насадженнях суттєво залежала від підживлення, та варіювала – від 15,20 до 23,70 т/га, а у смугових цей показник був істотно вище: від 17,23 до 27,75 т/га (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

### Урожайність біомаси міскантусу гігантського залежно від способу вирощування та підживлення насаджень, 2020-2024 рр.

Вид насадження (фактор Б)	Підживлення (фактор В)	Рік вегетації (фактор А)			Середнє за роки
		3-й	4-й	5-й	
одновидові	вар1	15,20	19,00	23,13	19,11
	вар2	15,68	19,33	23,40	19,47
	вар3	15,88	19,60	23,63	19,70
	вар4	16,23	19,78	23,70	19,90
	вар5	16,05	19,78	23,48	19,77
Середнє за варіантами		15,81	19,50	23,47	19,59
смугові з люпином багаторічним та кукурудзою	вар1	17,23	20,48	25,15	20,95
	вар2	17,48	20,63	26,00	21,37
	вар3	17,88	20,93	27,75	22,18
	вар4	17,65	20,68	26,50	21,61
	вар5	17,48	20,60	25,50	21,19
Середнє за варіантами		17,54	20,66	26,18	21,46
НІР <sub>05</sub> (фактор А)		-	-	-	0,52
НІР <sub>05</sub> (фактор Б)		0,20	0,16	0,47	-
НІР <sub>05</sub> (фактор В)		0,02	0,72	1,73	-
НІР <sub>05</sub> (фактор Б і В)		0,09	0,09	0,51	-

*\*Примітка:* вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Мікофренд С (повна доза 100 %).

У середньому за роки врожайність біомаси міскантусу за варіантами підживлення у одновидового насадження мала найбільше значенням за підживлення препаратом Крісталон + Біопрепарат (50 % доза кожного препарату) – на рівні 19,90 т/га, а у смугових – на рівні 22,18 т/га.

У середньому за три роки виокремлюються варіанти застосування Крісталону (повна доза 100 %) у підживленні на одновидових насадження міскантусу (19,9 т/га), а у смугових – зменшена кількість (50 % доза препарату Крісталон + Біопрепарат), що істотно збільшує врожайності до 22,18 т/га).

Урожайність кукурудзи за сухою біомасою рослин за роки дослідження була значно нижчою, ніж у міскантусу та варіювала – від 6,1 до 7,8 т/га (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

**Урожайність біомаси кукурудзи звичайної залежно від підживлення у смугових насадженнях, 2020-2024 рр.**

Підживлення (фактор Б)	Рік вегетації (фактор А)					Середнє за роки
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	
вар1	7,3	6,9	6,8	6,6	6,1	6,7
вар2	7,4	7,1	7,0	6,7	6,3	6,9
вар3	7,8	7,5	7,3	7,2	6,6	7,3
вар4	7,6	7,3	7,0	7,1	6,4	7,1
вар5	7,5	7,3	7,1	6,8	6,3	7,0
Середнє за варіантами	7,5	7,2	7,0	6,9	6,3	7,0
НІР <sub>05</sub> (фактор А)	-	-	-	-	-	0,03
НІР <sub>05</sub> (фактор Б)	0,01	0,03	0,05	0,05	0,07	-
НІР <sub>05</sub> (фактор А і Б)	0,04	0,05	0,07	0,05	0,08	-

*\*Примітка:* вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Мікофренд С (повна доза 100 %).

Встановлено, що у динаміці років дослідження тренд зниження врожайності біомаси кукурудзи бу у межах – від 7,3-7,8 т/га для першого року вегетації, до 6,1-6,6 т/га п'ятого. Визначено, що підживлення посівів кукурудзи у смугових насадженнях мала істотний вплив на формування обсягу надземної біомаси. Так, у середньому за роки найбільшу врожайність біомаси (7,3 т/га) забезпечили варіанти сумісного підживлення хелатним препаратом та біопрепарат (50 % доза кожного препарату). Істотні нижчі показники були на варіантах застосування 100 % дози Крісталону або біопрепарату, відповідно

7,1 та 7,0 т/га. Окрім цього, на нашу думку, кукурудза під час своєї вегетації використовувала також і біологічний азот, що у сусідніх міжряддях накопичував люпин, як супутня бобова культура у смугових посівах.

### 5.3. Кореляційні залежності між кількісними показниками рослин та врожайністю біомаси міскантусу та кукурудзи

Парна кореляція дає можливість встановити силу та напрям зв'язку між двома кількісними показниками, у нашому випадку – це кількісні показники рослин та врожайність біомаси, які обраховували окремо як для міскантусу гігантського, так і для кукурудзи звичайної.

За проведення кореляційно-регресійного аналізу встановлені зв'язки між кількісними показниками рослин та врожайністю біомаси міскантусу гігантського, що описуються відповідними рівняннями регресії та достовірними коефіцієнтами кореляції –  $r$  (табл. 5.8).

Таблиця 5.8

#### Кореляція між кількісними показниками рослин і врожайністю біомаси міскантусу гігантського, 2020-2024 рр.

Показники	Одновидові насадження		Смугові насадження	
	$r$	Рівняння регресії	$r$	Рівняння регресії
ДС : УБ	0,94	$y = 12,2356 + 0,1344*x$	0,89	$y = 13,4364 + 0,1451*x$
КС : УБ	0,58	$y = 7,6472 + 0,8513*x$	0,59	$y = 5,1236 + 1,1404*x$
ППЛ : УБ	0,77	$y = 11,8888 + 3,4404*x$	0,73	$y = 10,9841 + 4,1448*x$
ДС : КС	0,65	$y = 0,6265 + 0,0612*x$	0,56	$y = 2,9011 + 0,0475*x$
ДС : ППЛ	0,83	$y = 4,0979 + 0,0268*x$	0,87	$y = 3,446 + 0,0248*x$
КС : ППЛ	0,86	$y = 1,8619 + 0,2958*x$	0,77	$y = 1,2062 + 0,260*x$

\*Примітка: ДС – довжина стебла, см; КС – кількість стебел, шт./рослину; ППЛ – площа листкової пластики, см<sup>2</sup>, УБ – врожайність біомаси, т/га.

Встановлено, що довжина стебла та площа листкової пластики мають пряmolінійну сильну або дуже сильну кореляцію з врожайністю біомаси міскантусу гігантського ( $r > 0,70$ ), та помірну – із густотою стеблостою

( $r = 0,58-0,59$ ), що характерно як для моно-, так і для смугових насаджень. Водночас, біометричні показники мають сильний зв'язок між собою, що свідчить про те, що із збільшенням одного показника буде зростати інший, та – навпаки.

За визначення кореляції між кількісними показниками рослин та врожайністю біомаси кукурудзи встановлені відповідні коефіцієнти кореляції та описуються рівняннями регресії (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

**Кореляція між кількісними показниками рослин і врожайністю  
біомаси кукурудзи, 2020-2024 рр.**

Показники	Смугові насадження		р значення
	r	Рівняння регресії	
ДС : УБ	0,54	$y = 4,7225 + 1,0377 \cdot x$	$p = 0.0000$
КЛ : УБ	0,92	$y = 3,9591 + 1,2539 \cdot x$	$p = 0.0000$
ДЛ : УБ	0,85	$y = -6,3642 + 0,178 \cdot x$	$p = 0.0000$
ППЛ : УБ	0,91	$y = -3,3616 + 2,2127 \cdot x$	$p = 0.0000$
ДС : КЛ	0,65	$y = 6,7115 + 0,9242 \cdot x$	$p = 0.0000$
ДС : ДЛ	0,72	$y = 60,5859 + 6,5966 \cdot x$	$p = 0.0000$
ДС : ППЛ	0,41	$y = 3,9662 + 0,3265 \cdot x$	$p = 0.0000$

*\*Примітка:* ДС – довжина стебла, см; КЛ – кількість листків, шт./рослину; ДЛ – довжина листка, см; ППЛ – площа листкової пластики, см<sup>2</sup>, УБ – урожайність біомаси, т/га.

Встановлено, що врожайність біомаси кукурудзи з довжиною стебла має достовірну прямолінійну кореляцію із значним зв'язком ( $r = 0,54$ ), та дуже сильну – із кількістю листків на рослині ( $r = 0,92$ ), сильну – із довжиною листка ( $r = 0,85$ ) та дуже сильну – із площею листкової поверхні ( $r = 0,91$ ). Водночас, біометричні показники мають значний прямолінійний зв'язок між собою: ДС і КЛ ( $r = 0,65$ ) та помірний між ДС і ППЛ ( $r = 0,41$ ) та помірний – між ДС і ППЛ ( $r = 0,41$ ). Визначено, що збільшення довжина стебел кукурудзи середньою мірою обумовлює кількість листків та їх площу на рослині, а також урожайність за сухою біомасою. Окрім цього визначено, що висота стеблостою має сильний вплив за коефіцієнтами кореляції на довжину листків,

які в свою чергу, поряд із їх кількістю обумовлюють високий рівень врожайності надземної вегетативної маси кукурудзи.

#### 5.4. Показники якості біомаси міскантусу й кукурудзи залежно від виду способу вирощування та підживлення насадження

Якість біомаси за основними показниками вмісту в ній целюлози, геміцелюлози та лігніну змінювалися в більшій мірі від підживлення, аніж від виду насадження міскантусу гігантського (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

#### Показники якості біомаси міскантусу гігантського у смугових насадженнях, середнє за 2020–2024 рр.

Вид насадження (Фактор А)	Підживлення насаджень* (чинник В)	Показник				Інші складові
		целюлоза, %	гемі-целюлоза, %	лігнін, %	зольність, %	
Одновидові	варіант 1	30,2	24,4	16,5	3,1	25,8
	варіант 2	31,3	25,1	17,0	3,1	23,5
	варіант 3	33,2	25,5	17,1	3,3	20,9
	варіант 4	35,1	25,7	17,2	3,5	18,5
	варіант 5	34,8	25,1	17,0	3,4	19,7
	середнє	32,9	25,2	17,0	3,3	21,7
смугові з люпином багаторічним та кукурудзою	варіант 1	30,7	24,5	17,0	3,1	24,7
	варіант 2	31,6	25,0	17,2	3,1	23,1
	варіант 3	33,7	26,4	17,2	3,4	19,3
	варіант 4	35,3	26,1	17,2	3,5	17,9
	варіант 5	34,8	26,0	17,2	3,3	18,7
	середнє	33,2	25,6	17,2	3,3	20,7

\*Примітка: вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Мікофренд С (повна доза 100 %).

Визначено, що у середньому за роки вміст целюлози у біомасі варіював від 30,2 до 35,3 %, з найбільшим значенням при застосуванні у підживленні

повної дози Крісталону. При цьому суттєвих відмінностей за даним показником в розрізі видів насадження міскантусу не виявлено. Так, найбільший вміст геміцелюлози у біомасі виявлено при застосуванні у підживленні підживлення Крісталон + Біопрепарат (50 % доза кожного препарату) та підживлення повною дозою Крісталону у смугових насадженнях, що суттєво вище ніж для одновидових на цих же варіантах підживлення.

Вміст лігніну у біомасі, окрім контрольних варіантів збільшувався на варіантах зростаючих норм підживлення, а розрізі різновидових насаджень змінювався несуттєво – в межах від 16,5 до 17,2 %.

Показники якості біомаси кукурудзи залежали від розвитку надземної вегетативної маси та застосування підживлення посівів (табл. 5.11).

Таблиця 5.11

**Показники якості біомаси кукурудзи смугових насадженнях,  
середнє за 2020–2024 рр.**

Підживлення насаджень* (чинник В)	Показник				Інші складові
	целюлоза, %	гемі- целюлоза, %	лігнін, %	зольність, %	
варіант 1	40,3	22,2	17,0	5,0	15,5
варіант 2	40,4	22,6	17,2	5,1	14,7
варіант 3	41,8	22,6	17,9	5,2	12,5
варіант 4	42,2	22,6	18,2	5,4	11,6
варіант 5	40,3	22,4	17,0	5,1	15,2
середнє	41,0	22,5	17,5	5,2	13,9

\*Примітка: вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Мікофренд С (повна доза 100 %).

Визначено, що найбільший вміст целюлози та лігніну у біомасі кукурудзи відмічено при внесенні повної норми підживлення препаратом Крісталон, відповідно показників 42,2 % та 18,2 %. Високий вміст цих показників у біомасі також був при 50 % дозі застосування Крісталону сумісно

з біопрепаратом Мікофренд С. Відповідно рівень геміцелюлози варіював у незначних межах за варіантами досліду – від 22,2 до 22,6 %, як і зольність біомаси: 5,0-5,4 %. Найнижчі дані показник були на контрольних варіантах, а значно вищі – при застосуванні підживлення препаратами, що були поставлені на вивчення. Окрім цього визначено, що нижча теплота згорання біомаси кукурудзи становить 15-17 МДж/кг.

### Висновки до розділу 5:

1. Визначено, що у середньому за три роки найбільш істотний вплив на кількісні показники рослин міскантусу гігантського: довжину стебла, кількість стебел та площі листової поверхні листків має застосування підживлення Крісталону 50 % дозою як у одновидових, так і смугових насадженнях.

2. Найбільша довжина стебла (2,42 м) та листків на ньому (9,0 шт) у кукурудзи на смугових посівах була при застосуванні весняного підживлення хелатним препаратом Крісталон + біопрепарат Мікофренд С (50 % дози кожного препарату), дещо нижчими, але на високому рівні ці показники були при внесення 100 % дози Крісталону, відповідно 2,35 м та 8,8 шт. Визначено, що довжина та площа фотосинтезуючої поверхні листків кукурудзи на варіантах 50 % та 100 % дози застосування препарату Крісталон у підживленні.

3. Обґрунтовано, що врожайність біомаси міскантусу за варіантами підживлення Крісталону (повна доза 100 %) у одновидових насадження міскантусу була найбільшою (19,9 т/га), а у смугових – зменшена кількість (50 % доза препарату Крісталон + біопрепарат Мікофренд С), що істотно збільшувала врожайності до 22,18 т/га).

4. У середньому за роки найбільшу врожайність біомаси кукурудзи (7,3 т/га) забезпечили варіанти сумісного підживлення хелатним препаратом Крісталон та біопрепаратом Мікофренд С (50 % доза кожного препарату).

5. Кореляційним аналізом доведено, що довжина стебла та площа листової пластики мають пряmolінійну кореляцію з врожайністю біомаси міскантусу гігантського ( $r > 0,70$ ), та середню – із густотою стеблостою ( $r = 0,58-0,59$ ), що характерно як для моно-, так і для смугових насаджень. Визначено, що збільшення довжина стебел кукурудзи середньою мірою обумовлює кількість листків та їх площу на рослині, а також урожайність за сухою біомасою. Окрім цього визначено, що висота стеблостою має сильний вплив за коефіцієнтами кореляції на довжину листків, які в свою чергу, поряд

із їх кількістю обумовлюють високий рівень врожайності надземної вегетативної маси кукурудзи.

6. Вміст целюлози у біомасі кукурудзи, що вирощувалася на смугових насадженнях була істотно вищим (у середньому за варіантами 41,0 %), аніж у міскантусу (33,2 %). На цей показник суттєвий вплив має застосування хелатного препарату Кристалон. Біомаса кукурудзи накопичувала більший відсоток лігніну (середнє значення 18,2 %) порівняно з міскантусом гігантським (17,2 %). Ця ж тенденція притаманна й іншому показнику – геміцелюлози у біомасі: він був вищим у міскантусу (середнє значення 25,6 %) на противагу кукурудзі (22,5 %). Зольність біомаси кукурудзи за варіантами досліду була вищою (5,0-5,4 %), аніж у міскантусу (3,1-3,5 %) та не залежала від способу вирощування культур.

*Публікації до розділу: [192].*

## РОЗДІЛ 6

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ, ОПТИМІЗОВАНОЇ  
(УДОСКОНАЛЕНОЇ) ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ  
ГІГАНТСЬКОГО**

**6.1. Економічна та енергетична результативність вирощування сортів міскантусу гігантського**

Показники економічної ефективності виробництва біомаси за досліджуваними сортами міскантусу гігантського різнилися (табл. 6.1).

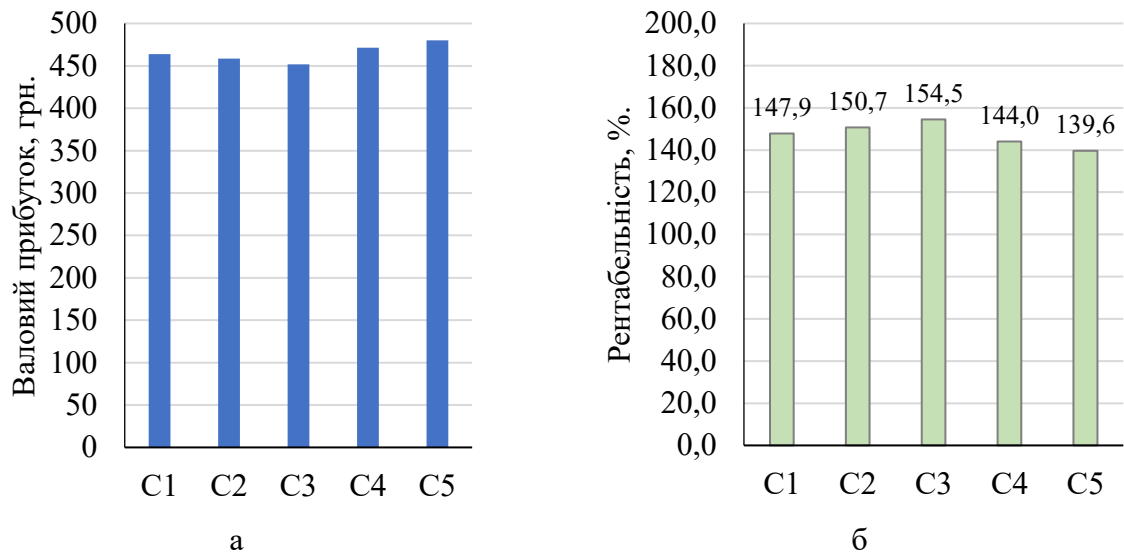
*Таблиця 6.1*

**Економічна ефективність виробництва біомаси сортів міскантусу  
гігантського**

Сорт	Урожай- ність, т/га	Показники економічної ефективності*				
		$C_v$	$C_{п}$	$V_p$	$P_p$	$P_{вир}$
Верум	18,3	7752,1	8488,6	21045,0	463,9	147,9
Осінній зорецвіт	19,0	7929,2	8714,2	21850,0	458,6	150,7
Гулівер	19,5	7988,2	8811,0	22425,0	451,8	154,5
Біотех	18,2	7750,3	8579,6	20930,0	471,4	144,0
Універсальний	17,9	7740,5	8592,0	20585,0	480,0	139,6
Середнє	18,6	7832,1	8637,1	21367,0	465,1	147,3

\*Примітка:  $C_v$  – виробнича собівартість, грн/т;  $C_{п}$  – повна собівартість, грн/т;  $V_p$  – виручка від реалізації біомаси, грн;  $P_p$  – валовий прибуток від реалізації біомаси, грн;  $P$  – рівень рентабельності виробництва біомаси, %.

Визначено, що найбільшу виручку від реалізації біомаси забезпечують сорти міскантусу гігантського: Гулівер (22,4 тис. грн) і Осінній зорецвіт (21,9 тис. грн), інші сорти – значно менше. Встановлено, що найбільш рентабельним виробництво біомаси було у сорту міскантусу гігантського Гулівер (154,5 %), менше, але порівняно на високому рівні у сорту Осінній зорецвіт (150,7 %). Інші сорти міскантусу, що були поставлені на вивчення за рівнем рентабельності не перевищували 150,0 % (рис. 6.1).



Примітка: С 1 – сорт «Верум», С 2– сорт «Осінній зорецьвіт», С 3 – сорт «Гулівер», С 4 – сорт «Біотех», С 5 – сорт «Універсальний».

**Рис. 6.1. Показники економічної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського: а – валовий прибуток від реалізації біомаси, грн, б – рівень рентабельності виробництва біомаси, %,**

Енергетична результативність вирощування сортів міскантусу гігантського має неоднаковий рівень розрахованих показників (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

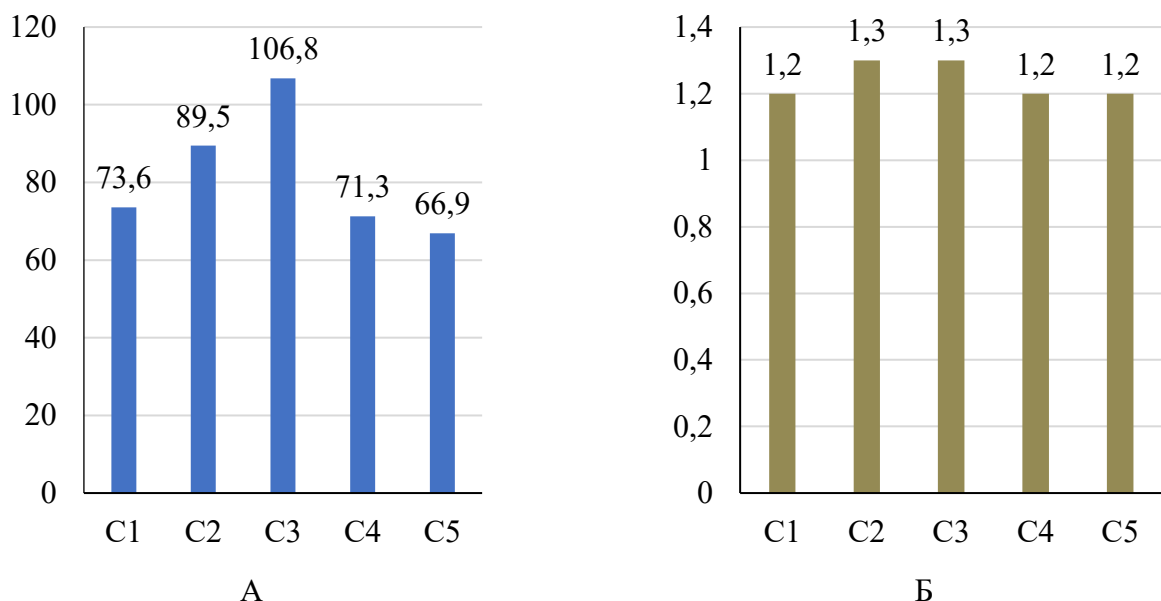
**Енергетична ефективність виробництва біомаси сортів міскантусу гігантського**

Сорт	Урожайність, т/га	Показники економічної ефективності*					
		$V_{тб}$	$E_{пр}$	$E_c$	$EM$	$P_p$	$K_{еє}$
Верум	18,3	20,1	334,6	408,2	0,82	73,6	1,2
Осінній зорецьвіт	19,0	20,9	335,6	425,1	0,79	89,5	1,3
Гулівер	19,5	21,5	356,0	462,7	0,77	106,8	1,3
Біотех	18,2	20,0	334,3	405,7	0,82	71,3	1,2
Універсальний	17,9	19,8	334,3	401,2	0,83	66,9	1,2
Середнє	18,6	20,5	339,0	420,6	0,81	81,	1,2

\*\*Примітка:  $V_{тб}$  – вихід твердого біопалива, т/га;  $VE_{тб}$  – вихід енергії, ГДж/га;  $E_{пр}$  – сукупна енергія, накопичена в біомасі, ГДж/га,  $E_c$  – сукупні витрати енергетичних ресурсів на 1 га посівів, ГДж/га;  $EM$  – енергомісткість технології виробництва, ГДж/т;  $P_p$  – енергетичний прибуток вирощування біомаси, ГДж/га;  $K_{еє}$  – коефіцієнт енергетичної ефективності.

Визначено, що найбільша сукупна енергія, накопичена в біомасі наявна в сорту Гулівер – 356,0 ГДж/га, тоді як для решти сортів міскантусу гігантського цей показник варіюється в межах 334,3–335,6 ГДж/га. Найменші сукупні витрати енергетичних ресурсів спостерігаються у сорту Універсальний – 401,2 ГДж/га, а найбільші – у сорту Гулівер – 462,7 ГДж/га, що вказує на значні варіації в енергетичній ефективності між досліджуваними сортами.

З-поміж досліджуваного сортименту міскантусу гігантського сорт Гулівер забезпечив найбільший енергетичний прибуток і коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва біомаси. На порівняно високому рівні ці показники були також у сорту Осінній зорецвіт (рис. 6.2).



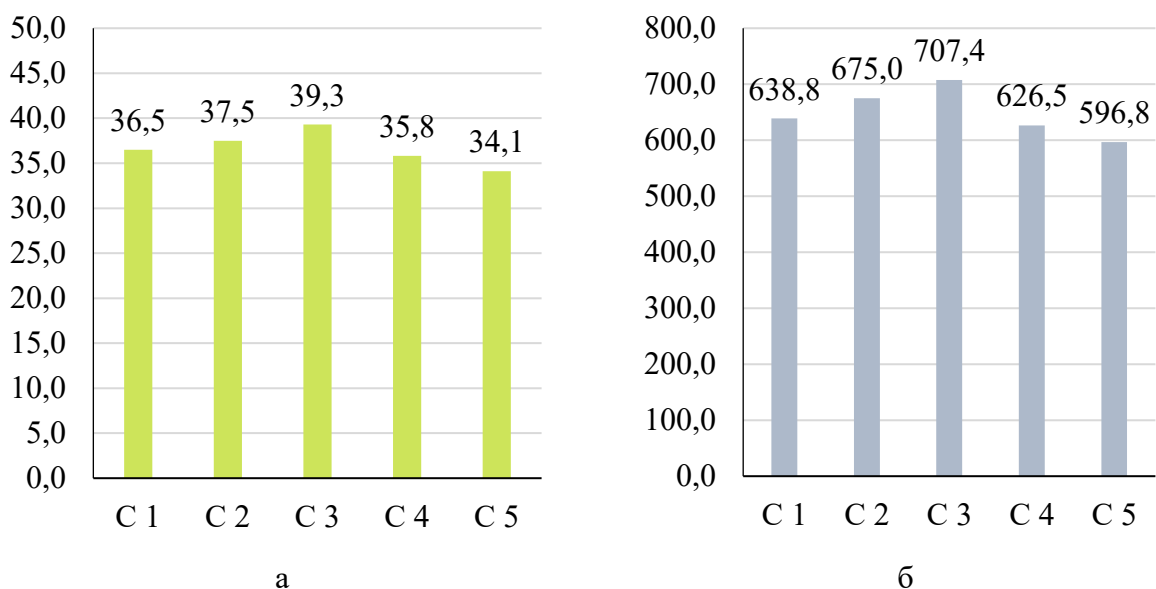
*Примітка:* С 1 – сорт «Верум», С 2 – сорт «Осінній зорецвіт», С 3 – сорт «Гулівер», С 4 – сорт «Біотех», С 5 – сорт «Універсальний».

**Рис. 6.2. Показники енергетичної ефективності (А – вихід енергії, Б – коефіцієнт енергетичної ефективності) виробництва біомаси сортів міскантусу гігантського**

Встановлено, що різний рівень врожайності сухої біомаси сортів міскантусу гігантського та її теплоємність обумовлюють й певний обсяг отриманої біомаси та вихід енергії з неї (ГДж/га) за усі роки проведення експерименту.

Обсягом сухої біомаси залежав від її урожайності, та у сортів міскантусу гігантського варіював від 34,1 до 39,3 т/га, що було сумою за три роки вегетації культури. За цим показником виокремлено сорт міскантусу гігантського Гулівер (39,3 т/га, в сумі за три роки). Суттєво нижчим і майже на однаковому рівні він був у сортів: Верум і Осінній зорецвіт, відповідно 36,5 та 37,5 т/га. Сорт Біотех забезпечив обсяг біомаси на рівні 35,8 т/га, а найнижчим цей показник був у сорту міскантусу гігантського Універсальний (34,1 т/га).

Обсяг сухої біомаси та вихід енергії з неї в розрізі сортів міскантусу гігантського разом за роки дослідження наведено на рис. 6.3.



*Примітка:* С 1 – сорт «Верум», С 2– сорт «Осінній зорецвіт», С 3 – сорт «Гулівер», С 4 – сорт «Біотех», С 5 – сорт «Універсальний».

**Рис. 6.3. Обсяг сухої біомаси (а) та вихід енергії (б) у сортів міскантусу гігантського за три роки**

З урахуванням теплоємності біомаси (17,5–18,0 Мдж/кг) за стандартної вологості та її обсягу, отриманого за три роки вегетації ці ж сорти міскантусу гігантського забезпечили й найбільший сумарний вихід енергії, що властиве сортам: Гулівер (707,4 ГДж/га), Осінній зорецвіт (675,0 ГДж/га), та Верум (638,8 Гдж/га), інші сорти – мали цей показник значно меншим.

## 6.2. Економічна та енергетична результативність оптимізованої (удосконаленої) технології вирощування міскантусу гігантського

За результатами обрахунків визначено, що з економічної точки зору найбільшу результативність виробництва біомаси міскантусу гігантського отримують при застосуванні підживлення дозою  $N_{90-120}$  – у одновидових насадженнях, та при внесенні  $N_{30-60}$  – у бінарних (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

### Економічна ефективність виробництва біомаси міскантусу гігантського у одновидових та бінарних насадженнях

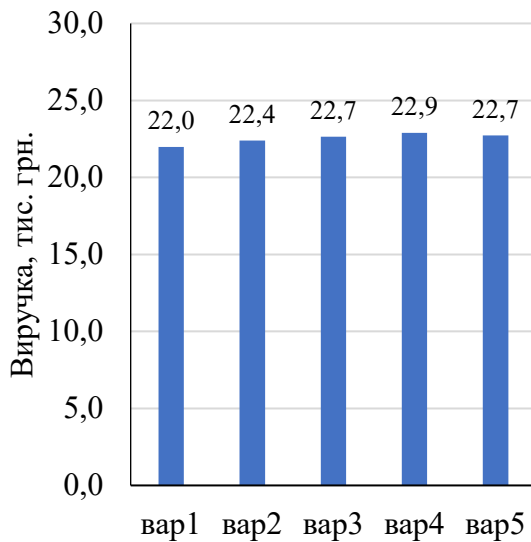
Вид насадження (чинник А)	Варіант*	Урожайність, т/га	Показники економічної ефективності**				
			$C_v$	$C_{п}$	$B_p$	$П_p$	$P_{вир}$
одновидові	варіант 1	19,1	7763,4	8524,2	21976,5	446,1	157,8
	варіант 2	19,5	7773,2	8542,7	22390,5	438,8	162,1
	варіант 3	19,7	7782,4	8576,2	22655,0	435,3	164,2
	варіант 4	19,9	7796,4	8646,2	22885,0	434,5	164,7
	варіант 5	19,8	7788,4	8676,3	22735,5	438,9	162,0
бінарні з люпином	варіант 1	20,5	7885,4	8705,5	23575,0	424,7	170,8
	варіант 2	21,2	7899,4	8728,8	24380,0	411,7	179,3
	варіант 3	21,0	7894,4	8747,0	24150,0	416,5	176,1
	варіант 4	20,8	7893,4	8722,2	23920,0	419,3	174,2
	варіант 5	20,7	7892,4	8705,3	23805,0	420,5	173,5

\*Варіант: варіант 1 – без підживлення (контроль  $N_0$ ), варіант 2 – весняне підживлення  $N_{30}$ , варіант 3 – весняне підживлення  $N_{60}$ , варіант 4 – весняне підживлення  $N_{90}$ , варіант 5 – весняне підживлення  $N_{120}$ .

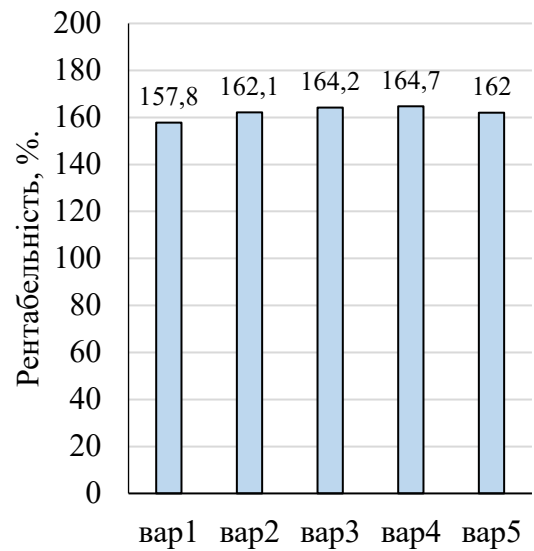
\*\*Примітка:  $C_v$  – виробнича собівартість, грн/т;  $C_{п}$  – повна собівартість, грн/т;  $B_p$  – виручка від реалізації біомаси, грн;  $П_p$  – валовий прибуток від реалізації біомаси, грн;  $P$  – рівень рентабельності виробництва біомаси, %.

У одновидових насадженнях міскантусу найбільш ефективним виявилось застосування весняного підживлення  $N_{60-90}$  з рівнем рентабельності виробництва біомаси відповідно варіантів 164,2 та 164,7 %.

У бінарних насадженнях міскантусу найбільш висока виручка від реалізації продукції отримано при внесенні  $N_{30-60}$  у весняне підживлення з рівнем рентабельності виробництва біомаси 179,3 та 176,1 %. Інші варіанти дослідів мали менший прибуток та нижчий рівень рентабельності виробництва (рис. 6.4).

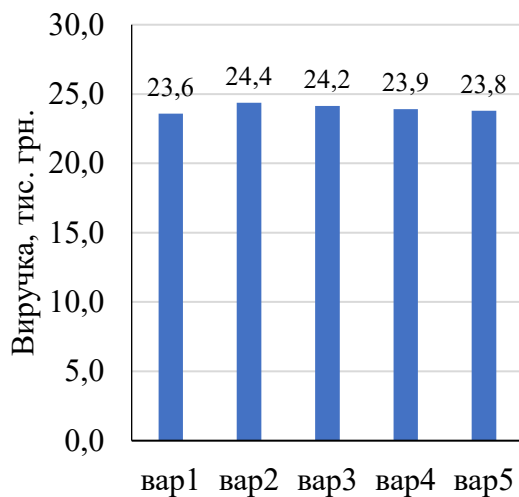


а

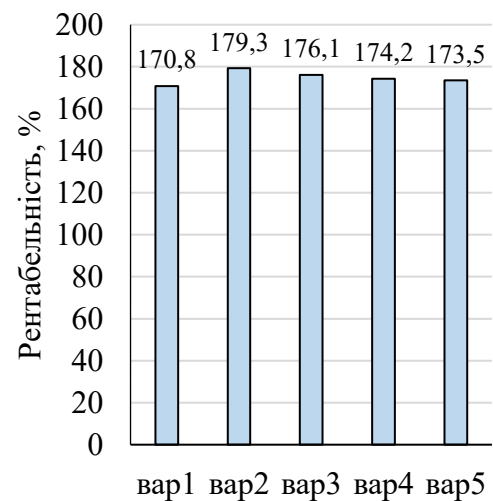


б

Одновидові насадження



а



б

Бінарні насадження

\*Варіант: вар. 1 – без підживлення (контроль  $N_0$ ), вар. 2 – весняне підживлення  $N_{30}$ , вар. 3 – весняне підживлення  $N_{60}$ , вар. 4 – весняне підживлення  $N_{90}$ , вар. 5 – весняне підживлення  $N_{120}$ .

**Рис. 6.4. Показники економічної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського у різновидових насадженнях: а – валовий прибуток від реалізації біомаси, грн, б – рівень рентабельності виробництва біомаси, %**

Визначено, що обсяг виробництва біомаси та показники економічної ефективності її виробництва, як у одновидових, так і в смугових насадженнях міскантусу гігантського з люпином багаторічним та кукурудзою звичайною значною мірою залежать від застосування весняного підживлення хелатним препаратом та біопрепаратом (табл. 6.4).

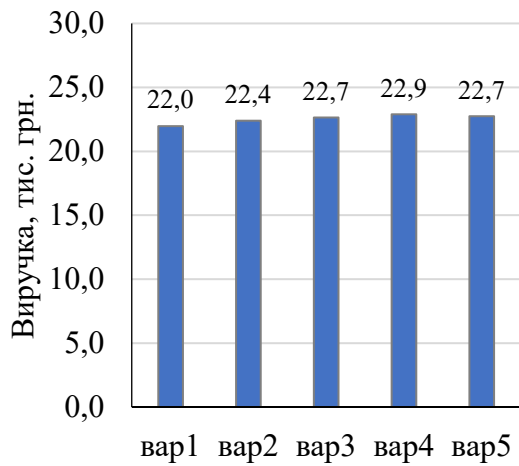
**Економічна ефективність виробництва біомаси міскантусу гігантського  
у одновидових і смугових насадженнях**

Вид насадження	Варіант*	Урожай- ність, т/га	Показники економічної ефективності**				
			$C_v$	$C_n$	$B_p$	$P_p$	$P_{vir}$
одновидові	варіант 1	19,1	7763,4	8524,2	21976,5	446,1	157,8
	варіант 2	19,5	7773,2	8542,7	22390,5	438,8	162,1
	варіант 3	19,7	7782,4	8576,2	22655,0	435,3	164,2
	варіант 4	19,9	7796,4	8646,2	22885,0	434,5	164,7
	варіант 5	19,8	7788,4	8676,3	22735,5	438,9	162,0
смугові з люпином багаторічним та кукурудзою	варіант 1	21,0	7809,2	8644,8	24092,5	412,6	178,7
	варіант 2	21,4	7883,3	8774,1	24575,5	410,6	180,1
	варіант 3	22,2	7892,4	8768,5	25507,0	395,3	190,9
	варіант 4	21,6	7898,3	8767,1	24851,5	405,7	183,5
	варіант 5	21,2	7817,2	8661,5	24368,5	408,8	181,3

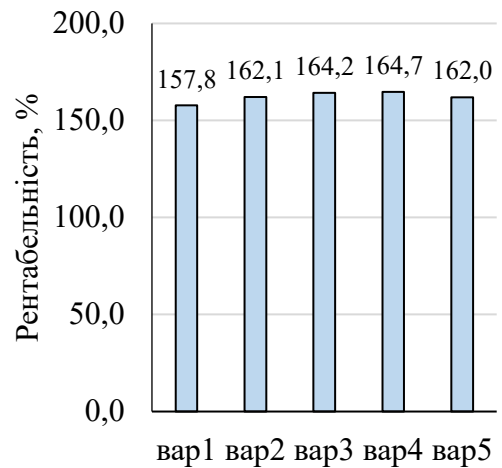
\*Варіант: \*Примітка: вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Мікофренд С (повна доза 100 %).

\*\*Примітка:  $C_v$  – виробнича собівартість, грн/т;  $C_n$  – повна собівартість, грн/т;  $B_p$  – виручка від реалізації біомаси, грн;  $P_p$  – валовий прибуток від реалізації біомаси, грн;  $P$  – рівень рентабельності виробництва біомаси, %.

Визначено, що виручка від реалізації продукції (біомаси) міскантусу гігантського збільшувалася у міру зростання доз застосування азоту: для одновидових насаджень – на варіантах підживлення препаратом Крісталон (повна доза 100 %) до 22885,0 грн., а у одновидових – при зниженій нормі сумісного застосування препаратів Крісталон і Біопрепарату Мікофренд С (50 % доза кожного препарату) – до 25507,0 грн. Відповідно на цих варіантах підживлення виявлено мінливість показників валового прибутку від реалізації біомаси та рівня рентабельності її виробництва. Що пов'язано із різними витратами на вирощування культур усмугових насадженнях та рівнем собівартості виробництва їхньої біомаси на варіантах підживлення насаджень міскантусу гігантського досліджуваними препаратами (рис. 6.5).

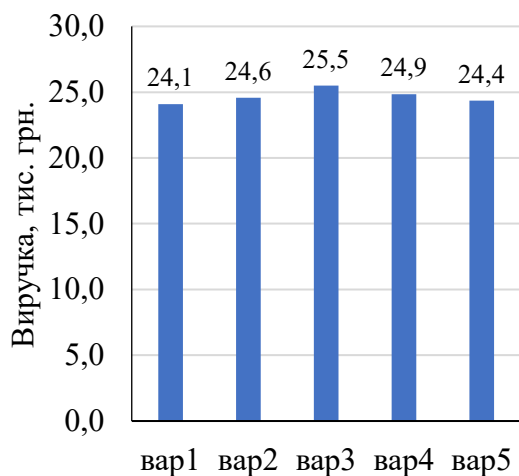


а

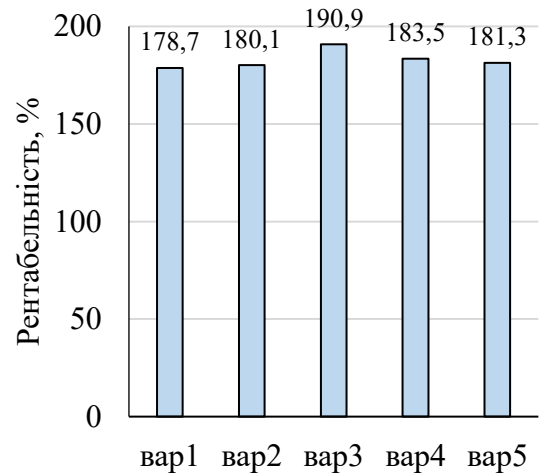


б

Одновидові насадження



а



б

Смугові насадження

*\*Варіант: \*Примітка:* вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Біопрепарат (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Біопрепарат (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Біопрепарат (повна доза 100 %).

**Рис. 6.5. Показники економічної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського у одновидових та смугових насадженнях: а – валовий прибуток від реалізації біомаси, грн, б – рівень рентабельності виробництва біомаси, %**

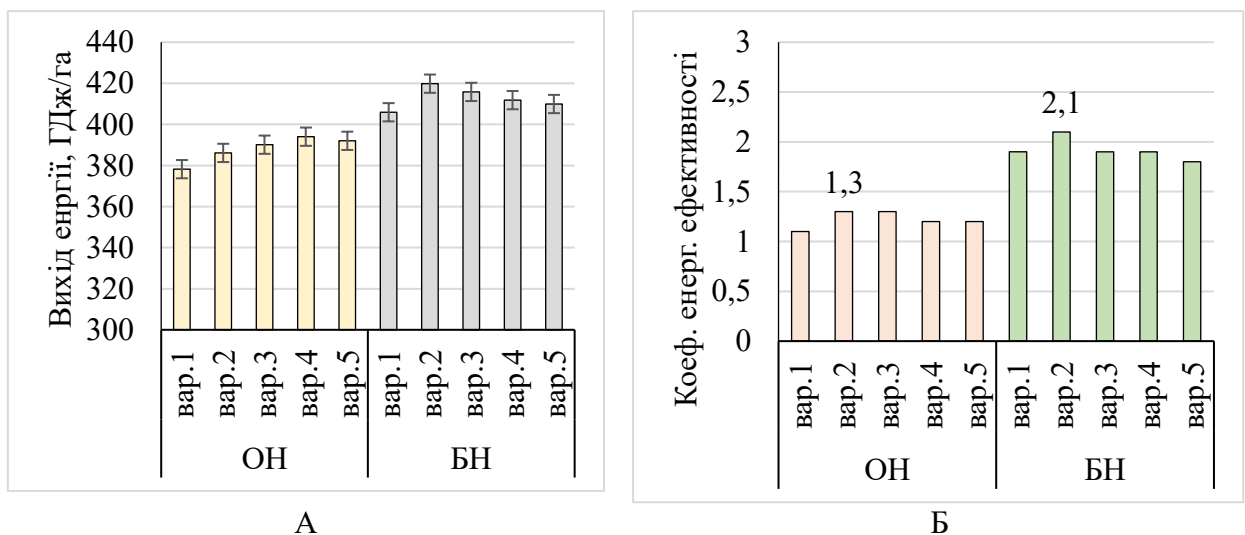
Розрахунок показників енергетичної ефективності виробництва біомаси міскантусу гігантського при тій чи іншій агротехнології виробництва біомаси (способу вирощування та підживлення фітоценозів) проводили з урахуванням її енергоємності. Цей показник суттєво залежав від урожайності, вмісту енергії в біомасі, сукупної енергії, що накопичена в біомасі та сукупних витрат енергетичних ресурсів на 1 га посівів (табл. 6.5-6.6, рис. 6.6-6.7).

**Енергетична ефективність виробництва біомаси міскантусу гігантського у одновидових та бінарних насадженнях**

Вид насадження (чинник А)	Варіант*	Урожайність, т/га	Показники економічної ефективності**					
			$V_{тб}$	$E_{пр}$	$E_c$	ЕМ	$P_p$	$K_{еe}$
Одновидові	варіант 1	19,1	21,01	378,2	412,3	34,1	9,0	1,1
	варіант 2	19,5	21,45	386,1	489,1	103,0	26,7	1,3
	варіант 3	19,7	21,67	390,1	495,3	105,2	27,0	1,3
	варіант 4	19,9	21,89	394,0	468,4	74,4	18,9	1,2
	варіант 5	19,8	21,78	392,0	467,5	75,5	19,2	1,2
бінарні злюпином	варіант 1	20,5	22,6	405,9	778,5	372,6	91,8	1,9
	варіант 2	21,2	23,3	419,8	864,3	444,5	105,9	2,1
	варіант 3	21,0	23,1	415,8	808,4	392,6	94,4	1,9
	варіант 4	20,8	22,9	411,8	783,4	371,6	90,2	1,9
	варіант 5	20,7	22,8	409,9	752,3	342,4	83,6	1,8

\*Варіант: \*Примітка: вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Мікофренд С (повна доза 100 %).

\*\*Примітка:  $V_{тб}$  – вихід твердого біопалива, т/га;  $VE_{тб}$  – вихід енергії, ГДж/га;  $E_{пр}$  – сукупна енергія, накопичена в біомасі, ГДж/га;  $E_c$  – сукупні витрати енергетичних ресурсів на 1 га посівів, ГДж/га; ЕМ – енергомісткість технології виробництва, ГДж/т;  $P_p$  – енергетичний прибуток вирощування біомаси, ГДж/га;  $K_{еe}$  – коефіцієнт енергетичної ефективності.



**Рис. 6.6. Показники енергетичної ефективності (А – вихід енергії, Б – коефіцієнт енергетичної ефективності) виробництва біомаси енергетичних культур залежно від умов вирощування у одновидових посівах і смугових насадженнях**

За результатами обрахунків становлено, що із зменшенням витрат енергії на агротехнологічні операції за багаторічного циклу вирощування досліджуваних енергетичних культур в одновидових посівах збільшується коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва їхньої біомаси.

Для умов центрального Лісостепу енергоефективним буде вирощування міскантусу гігантського на варіантах підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 і 50 % доза кожного препарату) у одновидових насадженнях, при цьому отримали  $K_{ee}$  на рівні 1,3, а у смугових – на варіантах підживлення зменшеною нормою препаратів Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату) за коефіцієнта енергетичної ефективності на рівні 2,1 (табл. 6.6).

Таблиця 6.6

**Енергетична ефективність виробництва біомаси міскантусу гігантського у одновидових та смугових насадженнях**

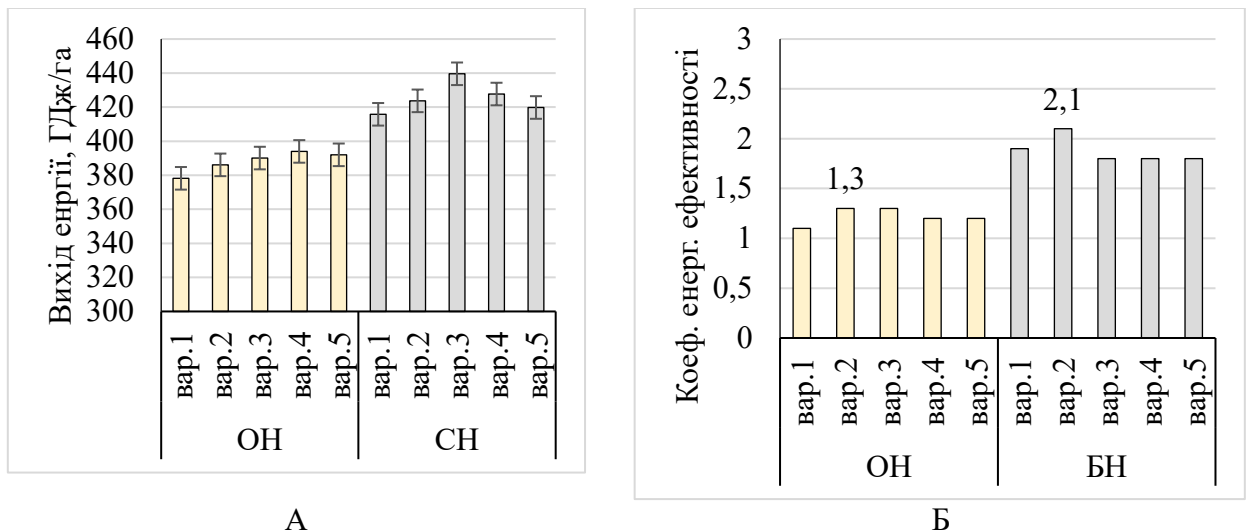
Вид насадження (чинник А)	Варіант*	Урожайність, т/га	Показники економічної ефективності**					
			$V_{тб}$	$E_{пр}$	$E_c$	ЕМ	$P_p$	$K_{ee}$
одновидові	варіант 1	19,1	21,0	378,2	412,3	34,1	9,0	1,1
	варіант 2	19,5	21,5	386,1	489,1	103,0	26,7	1,3
	варіант 3	19,7	21,7	390,1	495,3	105,2	27,0	1,3
	варіант 4	19,9	21,9	394,0	468,4	74,4	18,9	1,2
	варіант 5	19,8	21,8	392,0	467,5	75,5	19,2	1,2
смугові з люпином багаторічним та кукурудзою	варіант 1	21,0	23,1	415,8	802,4	386,6	93,0	1,9
	варіант 2	21,4	23,5	423,7	868,7	445,0	105,0	2,1
	варіант 3	22,2	24,4	439,6	812,3	372,7	84,8	1,8
	варіант 4	21,6	23,8	427,7	780,2	352,5	82,4	1,8
	варіант 5	21,2	23,3	419,8	772,4	352,6	84,0	1,8

\*Варіант: \*Примітка: вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Мікофренд С (повна доза 100 %).

\*\*Примітка:  $V_{тб}$  – вихід твердого біопалива, т/га;  $VE_{тб}$  – вихід енергії, ГДж/га;  $E_{пр}$  – сукупна енергія, накопичена в біомасі, ГДж/га;  $E_c$  – сукупні витрати енергетичних ресурсів на 1 га посівів, ГДж/га; ЕМ – енергомісткість технології виробництва, ГДж/т;  $P_p$  – енергетичний прибуток вирощування біомаси, ГДж/га;  $K_{ee}$  – коефіцієнт енергетичної ефективності.

За результатами обрахунків становлено, що із зменшенням витрат енергії на агротехнологічні операції за багаторічного циклу вирощування

міскантусу гігантського як в одновидових, так і смугових насадженнях збільшується коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва біомаси (рис. 6.7).



*\*Примітка:* вар. 1 – без підживлення (контроль), вар. 2 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (25 % доза кожного препарату), вар. 3 – підживлення Крісталон + Мікофренд С (50 % доза кожного препарату), вар. 4 – підживлення Крісталон (повна доза 100 %), вар. 5 – підживлення Мікофренд С (повна доза 100 %).

**Рис. 6.7. Показники енергетичної ефективності (А – вихід енергії, Б – коефіцієнт енергетичної ефективності) виробництва біомаси міскантусу гігантського залежно від умов вирощування у одновидових і смугових насадженнях**

Отже, встановлено, що найвищу енергетичну ефективність в одновидових насадженнях забезпечує підживлення препаратами Крісталон та біопрепаратом Мікофренд С у дозах по 25 % і 50 % кожного, при якому коефіцієнт енергетичної ефективності становить 1,3. У смугових насадженнях найкращий результат отримано при підживленні тих самих препаратів (25 % доза кожного препарату), значення коефіцієнта енергетичної ефективності було значно вищим – на рівні 2,1. Найбільший вихід твердого біопалива у одновидових насадженнях становить 21,9 т/га при підживленні препаратом Крісталон (повна доза 100 %) та 24,4 т/га при підживленні препаратами Крісталон + біопрепарат Мікофренд С (50 % доза кожного препарату) у смугових насадженнях міскантусу гігантського.

### Висновки до розділу 6:

1. Найбільш рентабельним і прибутковим є виробництво біомаси сортів міскантусу гігантського Гулівер (154,5 %) та Осінній зорецвіт (150,7 %), що забезпечило найвищу виручку від реалізації – 22,4 та 21,9 тис. грн/га відповідно.

2. За показниками енергетичної ефективності виокремлено сорти міскантусу гігантського – Гулівер та Осінній зорецвіт із коефіцієнтом енергетичної ефективності 1,3 та енергетичним прибутком 106,8 і 89,5 ГДж/га відповідно сортів.

3. Найвищий вихід твердого біопалива отримано при вирощуванні сортів міскантусу гігантського: Гулівер – 21,5 т/га, Осінній зорецвіт – 20,9 т/га та Верум – 20,1 т/га, що підтверджує їх високу продуктивність і придатність для біоенергетичного напрямку використання.

4. Удосконалення технології вирощування міскантусу гігантського показало, що найбільш ефективними є дози підживлення  $N_{60-90}$  для одновидових насаджень та  $N_{30-60}$  для бінарних. У цих варіантах рівень рентабельності становив 164,2–179,3 %, що свідчить про доцільність застосування оптимізованих схем підживлення агрофітоценозів міскантусу.

5. У смугових насаджень найкращі економічні показники досягнуті при застосуванні комбінації препаратів Крісталон особливий та Мікофренд С у дозі по 50 % кожного. У цьому варіанті виручка становила 25,5 тис. грн/га, а рівень рентабельності 190,9 %, що свідчить про синергетичний ефект спільного використання зазначених препаратів.

6. Найвищу сукупну енергію, накопиченої в біомасі міскантусу гігантського, отримано при підживленні одновидових насаджень у дозі  $N_{90}$  (394,0 ГДж/га) та бінарних  $N_{30}$  (419,8 ГДж/га). Максимальні значення коефіцієнта енергетичної ефективності досягнуто відповідно: 1,3 – в одновидових насадженнях при підживленні у дозах  $N_{30-60}$  та 2,1 – у бінарних при дозі  $N_{30}$ .

7. У смугових насадженнях найкращі результати за енергетичною ефективністю отримано при застосуванні комбінації препаратів Крісталон та

біопрепарат Мікофренд С у дозі по 25 % кожного дня підживлення фітоценозів міскантусу гігантського. У цьому варіанті коефіцієнт енергетичної ефективності становить 2,1, що забезпечує найвищу енергетичну віддачу та сприяє досягненню економічної стабільності виробництва.

8. Отримані результати підтверджують, що впровадження удосконаленої технології вирощування за оптимізації підживлення фітоценозів міскантусу гігантського у бінарних і смугових насадженнях сприяє одночасному підвищенню економічної та енергетичної ефективності виробництва біомаси, зменшенню собівартості та підвищенню рівня рентабельності.

*Публікації до розділу: [193].*

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі обґрунтовано теоретичні положення та розроблено науково-практичні способи підвищення урожайності та якості біомаси міскантусу гігантського за вивчення сортів, з урахуванням погодних умов вирощування та удосконалення (оптимізації) технології вирощування.

1. Встановлені високі адаптивні властивості досліджуваних сортів міскантусу гігантського до вилягання рослин й посухи, відмічено їх високу холодостійкість. Найбільша комплексна стійкість до умов вирощування (стійкість до вилягання, посухо та холодостійкість) характерна сортам міскантусу гігантського: Верум, Осінній зорецвіт, Гулівер і Біотех, більше 9,0 балів, та найнижча – для сорту Універсальний (8,3 бала). За біометричними (кількісними) показниками рослин виокремлено сорти міскантусу гігантського: Осінній зорецвіт і Гулівер, що формують найбільшу висоту й густоту стеблостою, облиствленість фітоценозу та забезпечують найбільшу площу листової поверхні.

2. За врожайністю та обсягом сухої біомаси виділено сорти міскантусу гігантського Гулівер (відповідно показників 13,1 та 39,3 т/га). Істотно нижчими ці показники були у сортів Осінній зорецвіт та Верум (12,5 і 36,5 т/га, та 12,2 і 35,8 т/га відповідно), у інших сортів вони були суттєво нижчими. Продуктивність сортів обумовлюється сильною кореляцією між висотою, густотою стеблостою і площею листової поверхні ( $r > 0,71$ ) та врожайністю як за вологою, так і сухою біомасою, що притаманно усім сортам міскантусу гігантського. Середньою мірою на врожайність сухої біомаси мають вплив кількість та лінійні параметри листової пластинки ( $r < 0,71$ ).

3. Встановлено, що елементи продуктивності міскантусу гігантського істотно залежать від способу вирощування та підживлення насаджень. Доказово більша висота стеблостою формується у рослин міскантусу в бінарних насаджень при застосуванні азотного підживлення на рівні або більше 60 кг/га, а одновидових – 90–120 кг/га. Відмічено зростання густоти стеблостою при збільшенні доз застосування азоту в підживленні ( $N_{60-120}$ ): у

одновидових насадженнях – від 9,7 до 13,7 шт./рослину, а у бінарних, на цих же варіантах, суттєво більше – від 11,0 до 15,7 шт./рослину.

4. Визначено, що прибавка врожаю міскантусу гігантського на варіантах бінарного вирощування з люпином була найбільшою і становила за роки 1,2 т/га, за середньої врожайності 20,8 т/га на противагу одновидових насадженням – де цей показник варіював у межах 19,1–19,9 т/га із середнім значенням за роки 19,6 т/га. Обґрунтовано, що застосування весняного підживлення насаджень збільшує врожайність біомаси міскантусу гігантського: у бінарних насадженнях до 21,0–21,2 т/га при застосуванні  $N_{30-60}$  порівняно з контролем (20,5 т/га); суттєво нижчим цей показник був у одновидових – на рівні 19,5–19,9 т/га за внесення збільшених доз азоту  $N_{60-90}$ , що на 0,4–0,8 т/га нижче порівняно з контролем (19,1 т/га).

5. Встановлено, що показники якості біомаси міскантусу гігантського за вмістом целюлози, геміцелюлози та лігніну у біомасі зростають при збільшенні дози азоту ( $N_{60}$  і більше) як у одновидових, так і бінарних насадженнях. Визначено найбільший вміст геміцелюлози у біомасі виявлено при застосуванні у підживленні азоту дозою  $N_{60-90}$ , що характерно для одновидових насаджень, та внесення  $N_{60-120}$  – для бінарних насаджень.

6. Визначено, що у середньому за три роки найбільш істотний вплив на кількісні показники рослин міскантусу гігантського: довжину стебла, кількість стебел та площі листової поверхні листків має застосування підживлення Крісталону 50 % дозою як у одновидових, так і смугових насадженнях. Найбільша довжина стебла (2,42 м) та листків на ньому (9,0 шт.) у кукурудзи, що формувалися у смугових насадженнях при застосуванні весняного підживлення хелатним препаратом Крісталон + біопрепаратом Мікофренд С (50 % дози кожного препарату), дещо нижчими, але на високому рівні ці показники були при внесення 100 % дози Крісталону, відповідно 2,35 м та 8,8 шт. Довжина листків та площа фотосинтезуючої поверхні кукурудзи були істотно більшими на варіантах 50 % та 100 % дози застосування препарату Крісталон у підживленні.

7. Обґрунтовано, що врожайність біомаси міскантусу гігантського за варіантами підживлення Крісталону (повна доза 100 %) у одновидових насадження була найбільшою (19,9 т/га), а у смугових – зменшена кількість (50 % доза препарату Крісталон + біопрепарат Мікофренд С), що істотно збільшувала врожайності до 22,18 т/га). Ці ж варіанти, у середньому за роки дослідження, забезпечили найбільшу врожайність біомаси кукурудзи (7,3 т/га).

8. Встановлено, що довжина стебла та площа листкової пластики мають пряmolінійну кореляцію з врожайністю біомаси міскантусу гігантського ( $r > 0,70$ ), та середню – із густрою стеблостою ( $r = 0,58-0,59$ ), що характерно як для моно-, так і для смугових насаджень. Визначено, що збільшення довжина стебел кукурудзи середньою мірою обумовлює кількість листків та їх площу на рослині, а також урожайність за сухою біомасою. Окрім цього визначено, що висота стеблостою має сильний вплив за коефіцієнтами кореляції на довжину листків, які в свою чергу, поряд із їх кількістю обумовлюють високий рівень врожайності надземної вегетативної маси кукурудзи.

9. Визначено, що вміст целюлози у біомасі кукурудзи, що вирощувалася на смугових насадженнях була істотно вищим (у середньому за варіантами 41,0 %), аніж у міскантусу (33,2 %). На цей показник суттєвий вплив має застосування хелатного препарату Крісталон. Біомаса кукурудзи накопичувала більший відсоток лігніну (середнє значення 18,2 %) порівняно з міскантусом (17,2 %). Ця ж тенденція притаманна й іншому показнику – геміцелюлози у біомасі: він був вищим у міскантусу (середнє значення 25,6 %) на противагу кукурудзі (22,5 %). Зольність біомаси кукурудзи за варіантами досліду була вищою (5,0-5,4 %), аніж у міскантусу (3,1-3,5) та не залежала від способу вирощування культур.

10. Найбільш рентабельним і прибутковим було виробництво біомаси сортів міскантусу гігантського Гулівер (154,5 %) та Осінній зорецвіт (150,7 %), що забезпечило найвищу виручку від реалізації – 22,4 та 21,9 тис. грн/га відповідно.

За показниками енергетичної ефективності виокремлено сорти міскантусу гігантського – Гулівер та Осінній зорецвіт із коефіцієнтом енергетичної ефективності 1,3 та енергетичним прибутком 106,8 і 89,5 ГДж/га відповідно сортів.

11. За удосконалення технології вирощування міскантусу гігантського доведено ефективність застосування доз мінерального азотного підживлення  $N_{60-90}$  для одновидових насаджень та  $N_{30-60}$  для бінарних. У цих варіантах рівень рентабельності становив 164,2–179,3 %, що свідчить про доцільність застосування оптимізованих схем мінерального підживлення агрофітоценозів міскантусу.

12. У смугових насадженнях найкращі економічні показники досягнуті при застосуванні комбінації препаратів Кристалон особливий та Мікофренд С у дозі по 50 % кожного для підживлення міскантусу гігантського. У цьому варіанті виручка становила 25,5 тис. грн/га, а рівень рентабельності був 190,9 %, що свідчить про синергетичний ефект спільного використання зазначених препаратів.

13. Найвищу сукупну енергію, накопиченої в біомасі міскантусу гігантського, отримано при підживленні одновидових насаджень у дозі  $N_{90}$  (394,0 ГДж/га) та бінарних  $N_{30}$  (419,8 ГДж/га). Максимальні значення коефіцієнта енергетичної ефективності досягнуто відповідно: 1,3 – в одновидових насадженнях при підживленні у дозах  $N_{30-60}$  та 2,1 – у бінарних при меншій дозі застосування азоту  $N_{30}$ .

14. У смугових насадженнях найкращі результати за енергетичною ефективністю отримано при застосуванні комбінації хелатного препарату Кристалон та біопрепарат Мікофренд С у дозі по 25 % кожного. У цьому варіанті коефіцієнт енергетичної ефективності становив 2,1, що забезпечило найвищу енергетичну віддачу та сприяло досягненню стабільності виробництва біомаси міскантусу гігантського.

## ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Агротехнологіям центральної частини Лісостепової зони в умовах нестійкого зволоження задля виробництва біомаси рекомендовано до вирощування сорти міскантусу гігантського Гулівер та Осінній зорецвіт, що забезпечить найвищу рентабельність виробництва біомаси (відповідно сортів: 154,5 та 150,7 %), виручку від реалізації – 22,4 та 21,9 тис. грн/га відповідно та рівень рентабельності виробництва біомаси: 154,5 % та 150,7 %. Ці ж сорти міскантусу гігантського виокремлено за показниками енергетичної ефективності: Гулівер та Осінній зорецвіт із коефіцієнтом енергетичної ефективності на рівні 1,3 та енергетичним прибутком 106,8 і 89,5 ГДж/га відповідно сортів. Дані сорти забезпечують найвищий вихід твердого біопалива для біоенергетичного напрямку використання: Гулівер – 21,5 т/га, Осінній зорецвіт – 20,9 т/га та Верум – 20,1 т/га.

2. Для збільшення врожайності, обсягу отримуваної біомаси та твердого біопалива (урожайність до 21,2 т/га, вихід біопалива до 23,3 т/га) застосовувати весняне кореневе підживлення мінеральним добривом Карбамід дозою N<sub>30-60</sub> фітоценозів міскантусу гігантського за його вирощування у бінарних насадженнях з люпином багаторічним.

3. Для біологізації агротехнології міскантусу гігантського рекомендовано вирощування його у смугових насадженнях з кукурудзою звичайною та люпином багаторічним при застосуванні позакореневого весняного підживлення препаратів у дозі по 50 % кожного: Кристалон особливий (доза 1,5 кг/га з витратою робочого розчину 100 л/га) та біопрепарат Мікофренд С (доза 0,25 л/га з нормою внесення робочого розчину 50 л/га). Що сприяє як збільшенню врожайності якісної біомаси (до 22,2 т/га) й виходу сумарного обсягу рослинної біомаси міскантусу й кукурудзи, що становив 29,5 т/га, так і підвищенню економічної та енергетичної ефективності її виробництва, зменшенню собівартості продукції та підвищенню рівня рентабельності.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Kupchuk I., Yemchuk T., Gontaruk Y., Tarasova O., Shevchuk H., Okhota Y. Production of biofuels as a direction to ensure energy independence of Ukraine under martial law. *Monograph*. 2023. Primedia eLaunch, Boston, USA. 102 p. DOI: <https://doi.org/10.46299/979-8-89269-755-2>
2. Ji-Hoon Chung, Do-Soon Kim. Miscanthus as a potential bioenergy crop in East Asia. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2012, 15 (2). PP. 65 – 77 DOI:10.1007/c12892-012-0023-0
3. Buzinskiene Rita. An overview of biofuel potential from energy crops waste biomass. *Proceedings of the 2023 International Conference: Economic Science For Rural Development*. Jelgava, LBTU ESAF, 2023 .PP. 579–589. DOI: 10.22616/ESRD.2023.57.057
4. Alalwan H. A., Alminshid A. H., Aljaafari H. A. S. Promising evolution of biofuel generations. *Subject review. Renewable Energy Focus*. 2019, 28. PP. 127-139.
5. Орлов С. Д., Корнеєва М. О., Кулік О. Г., Бровко С. М. Формування та використання зразків генетичного фонду біоенергетичних культур в селекції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. *Агробіологія*. 2023. Вип. 1. С. 70–82. DOI: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-70-82
6. Hrytsuliak H., Lopushniak V., Kizek J., Yatsyshyn T., Liakh Vasyl-Danylo, Kuryliuk M., Oravec P. Biomass Research of Energy Crops and Their Nature Restoration Potential. *Advances in Thermal Processes and Energy Transformation*. 2024. Volume 7. PP. 24 – 30 <https://doi.org/10.54570/atpet2024/07/02/0024>
7. Сінченко В. М. Міскантус – перспективна біоенергетична культура. *Біоенергетика*. 2017. Вип. 2. С. 15 – 19.
8. Калетнік Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні. *Біоенергетика*, 2013. Вип. 1. С. 11 – 16.
9. Athraa N. Abd, Zaidoon M. Shakor, Firas K. Al-Zuhairi, Farooq Al-Sheikh Recent technologies in second-generation bioethanol production from biomass: A

review. *International Journal of Green Energy*. 2024. <https://doi.org/10.1080/15435075.2024.2432572> ].

10. Heaton E. A., Dohleman F. G., Miguez A. F., Juvik J. A., Lozovaya V., Widholm J., Zabolina O. A., McIsaac G. F., David M. B., Voigt T. B., Boersma N. N., Long S. P. Miscanthus: a promising biomass crop. *Advances in botanical research*. 2010. Volume 56. PP. 75–137.

11. Giannoulis K. D., Karyotis T., Sakellariou-Makrantonaki M., Bastiaans L., Struik P.C., Danalatos N.G. Switchgrass biomass partitioning and growth characteristics under different management practices. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*. 2016. Volume 78, Issue 1. PP. 61–67 <https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.03.011>

12. Курило В. Л., Рахметов, Д. Б., Кулик М. І. Біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур родини тонконогових в умовах України. *Scientific Progress & Innovations*. 2018, (1). С. 11–17.

13. Tomasz Pokój, Zygmunt M. Gusiatin, Katarzyna Bułkowska, Bogdan Dubis Production of biogas using maize silage supplemented with residual glycerine from biodiesel manufacturing. *Archives of environmental protection*. 2014. Volume 40. PP. 17–29.

14. Тетерюк Р. С., Сахно Т. В., Семенов А. О. Біогазова продуктивність міскантусу гігантського та кукурудзи. *The 8th International scientific and practical conference: Global science: prospects and innovations (March 28-30, 2024)* Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2024. С.30–35. Інтернет ресурс: <https://surl.li/owuwvo>

15. Laura K. James, Scott Swinton, Kurt David Thelen. Profitability Analysis of Cellulosic Energy Crops Compared with Corn. *Agronomy Journal*. 2010. Volume 102. DOI: 10.2134/agronj2009.0289

16. Рахметов Д. Б., Андрющенко А. В., Кривицький К. М., Мамайсур В. В. Державна експертиза сортів рослин фітоенергетичного напрямку використання. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2011, (1). С. 38–45.

17. Lingci L., Peng Ye, Mengyu Chen, Shangyuan Tang, Ying Luo, Yifan Gao, Qiong Yan, Xiyu Cheng. A two-step ferric chloride and dilute alkaline pretreatment for enhancing enzymatic hydrolysis and fermentable sugar recovery from *Miscanthus sinensis*. 2020. *Molecules* 8. PP.1843. <https://doi.org/10.3390/molecules25081843>
18. Valentina Pidlisnyuk , Tetyana Stefanovska , Edwin E. Lewis, Larry E. Erickson, Lawrence C. Davis *Miscanthus* as a Productive Biofuel Crop for Phytoremediation. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2014. Volume 33 (1). PP. 1–19 [http://dx.doi.org/10.1080/07352689.2014,847616](http://dx.doi.org/10.1080/07352689.2014.847616) .
19. Kocar G., Civas N. An overview of biofuels from energy crops: Current status and future prospects. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2013. Volume 28. PP. 900–916. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.022>
20. Lask J., Wagner M., Trindade L. M., Lewandowski I. Life cycle assessment of ethanol production from *Miscanthus*: A comparison of production pathways at two European sites. *Global Change Biology Bioenergy*. 2019. Volume 11. PP. 269–288. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12551>
21. Iris Lewandowski, John Clifton-Brown, Andreas Kiesel, Astley Hastings, Yasir Iqbal 2 – *Miscanthus*. *Perennial Grasses for Bioenergy and Bioproducts Production, Uses, Sustainability and Markets for Giant Reed, Miscanthus, Switchgrass, Reed Canary Grass and Bamboo*. 2018. PP. 35–59. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812900-5.00002-3>
22. Ceraży-Waliszewska J., Jeżowski S., Łysakowski P., Waliszewska B., Zborowska M., Sobańska K., Ślusarkiewicz-Jarzina A., Białas W., Pniewski T. Potential of bioethanol production from biomass of various *Miscanthus* genotypes cultivated in three-year plantations in west-central Poland. *Industrial Crops and Products*. 2019. Volume 141. 111790. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111790>
23. Stanislav Sukhikh, Olga Babich, Svetlana Ivanova, Olga Kriger, Alexander Prosekov, Svetlana Noskova, Elena Ulrikh, Ekaterina Budenkova, Olga Kalashnikova Production of nanocellulose from *Miscanthus* biomass. *Current*

*Research in Green and Sustainable Chemistry* 2024. Volume 8. PP. 100412  
<https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2024.100412>

24. N. Ben Fradj, S.Rozakis, M. Borzęcka, M. Matyka Miscanthus in the European bio-economy: A network analysis. *Industrial Crops and Products*. 2020. Volume 148. PP. 112281 <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112281>

25. Wang C, Kong Y, Hu R, Zhou G. Miscanthus: A fast-growing crop for environmental remediation and biofuel production. *GCB Bioenergy*. 2021. Volume 13. PP. 58–69. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12761>

26. Roik M. V., Kovalchuk N., Zinchenko O., Prysiashniuk O., Zhemoyda V.L., Humentyk M. Ya., Morhun O., Honcharuk H., Maliarenko O.A. Peculiarities of creation of Miscanthus Sinensis and Miscanthus Sacchariflorus tetraploid lines. *Plant Archives*. 2021. Volume 21, № 1. PP. 120–123 DOI Url: <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.v21.no1.016>

27. Каленська С. М., Рахметов Д. Б. Новицька Н. В., Юник А. В., Мокрієнко В. А., Гарбар Л. А., Антал Т. В., Гончар Л. М., Карпенко Л. Д., Пилипенко В. С. Енергетичні та сировинні рослинні ресурси. Київ НУБіП України, 2022. 274 с.

28. Kahle P., Beuch S., Boelcke B., Leinweber P., Schulten H.R. Cropping of Miscanthus in Central Europe: Biomass production and influence on nutrients and soil organic matter. *European Journal of Agronomy*. 2001. Volume 15, Issue 3. PP. 171–184. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(01\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(01)00102-2)

29. Neukirchen D., Himken M., Lammel J., Czyptionkakrause U., Olf H. W. Spatial and temporal distribution of the root system and root nutrient content of an established Miscanthus crop. *European Journal of Agronomy*. 1999. Volume 11(3). PP. 301–309. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(99\)00031-3](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(99)00031-3)

30. Курило В. Л., Кулик М. І., Калініченко О. В. Енергетичні культури : підручник. Полтава: ПП “Астрая”, 2019. 320 с

31. Kraig L. Roozeboom, Donghai Wang, Andrew R. McGowan, Jonathan L. Prophet, Scott A. Staggenborg, Charles W. Rice Long-term Biomass and

Potential Ethanol Yields of Annual and Perennial Biofuel Crops. *Agronomy Journal*.

2018. Volume 110, Issue 5. PP.74 –83

32. Eric Anderson, Rebecca Arundale, Matthew Maughan, Adebosola Oladeinde, Andrew Wycislo, Thomas Voigt Growth and agronomy of *Miscanthus x giganteus* for biomass production. *Biofuels*. 2011. PP. 71 – 87. DOI: 10.4155/bfs.10.80

33. Lewandowski I. Propagation method as an important factor in the growth and development of *Miscanthus*×*giganteus*. *Industrial Crops and Products*. 1998. Volume 8, Issue 3. PP. 229 – 245 [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(98\)00007-7](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(98)00007-7)

34. Гументик М. Я., Радейко Б. М., Фучило Я. Д., Сінченко В. М., Ганженко О. М., В. С. Бондар, Фурса А. В., Квак В. М., Харитонов М. М., Кателевський В. М. Вирощування біоенергетичних культур. Київ. ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. 179 с

35. Кулик М. І., Дековець В. О. Міскантус гігантський: значення, біологічні особливості та агрозаходи вирощування культури. The 8 th International scientific and practical conference «*Scientific achievements of modern society*». Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2020. С. 490 – 493

36. Міскантус в Україні: колективна монографія / За ред. М. В. Роїка, В. М. Сінченка, В. І. Пиркіна та ін. К.: ФОП Ямчинський О. В., 2019. С. 35–74

37. Іваніна В. В., Гументик М. Ю., Кателевський В. М. Продуктивність гігантського міскантусу та стан родючості ґрунту для внесення добрив. *Агрологія*. 2021, 4 (3). С 131 – 136. <https://doi.org/10.32819/021016>

38. Zub H.W., Brancourt-Hulmel M. Agronomic and physiological performances of different species of *Miscanthus*, a major energy crop: A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2010. Volume 30. PP. 201–214. doi: 10.1007 / 978-94-007-0394- 0\_21

39. Присяжнюк О. І., Гончарук О. М. Особливості формування продуктивності та якості біомаси міскантусу гігантського під впливом елементів агротехніки. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і

цукрових буряків. 2020. Вип. 30. С. 53–60. DOI:  
<https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268944>

40. Кателевський В.М., Цапко Ю.Л. Міскантус сьогодні універсальна культура. *Агрохімія та ґрунтознавство*. 2024. С. 52–57. <https://doi.org/10.31073/acss96-06>

41. Кулик М.І., Рожко І.І., Жукова В.М. Вплив способу вирощування та кількісних показників рослин на урожайність біомаси міскантусу гігантського. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія та біологія*. 2024. Випуск 55. С. 94–100. <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.1.13>

42. Chupakhin E., Babich O., Sukhikh S., Ivanova S., Budenkova E., Kalashnikova O., Kriger O. Methods of Increasing Miscanthus Biomass Yield for Biofuel Production. *Energies*. 2021. Volume 14. PP. 8368. <https://doi.org/10.3390/en14248368>

43. Гончарук О.М., Присяжнюк О.І. Ріст і розвиток міскантусу гігантського під впливом елементів агротехніки в умовах Правобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2022. Т.10, №2. <https://doi.org/10.47414/na.10.2.2022.270411>

44. Lewandowski I., Scurlock J.M., Lindvall E., Christou M. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass Bioenergy*. 2003. Volume 25. PP. 335–361.

45. Rambaud C., Arnoult S., Bluteau A., Mansard M. C., Blassiau C., Brancourt-Hulmel M. Shoot organogenesis in three Miscanthus species and evaluation for genetic uniformity using AFLP analysis. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2013. Volume 113. PP. 437– 448. <https://doi.org/10.1007/s11240-012-0284-9>

46. Токарчук Д. Огляд біоенергетичного потенціалу енергетичних культур для виробництва різних видів біопалив. *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*. 2024. Volume 336(6). С. 559 – 566. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-336-83>

47. Дековець В. О., Кулик М. І., Галицька М. А. Біологізація технології вирощування міскантусу гігантського на біопаливо. *Аграрні інновації*. 2021, (10). С. 23 – 28.

48. Shavyrkina N. A., Budaeva V. V., Skiba E. A., Gismatulina Y. A., Sakovich G. V. Review of current prospects for using Miscanthus-based polymers. *Polymers*. 2023. Volume 15(14). PP. 3097.

49. Ezechiels J.E.S. Design of an innovative bio-concrete using Miscanthus fibres characterization and properties of Miscanthus fibres as lightweight aggregate in a cementitious matrix. 2017. *Student thesis: Master*.

50. Šekler I., Vještica S., Janković V., Stefanović S., Ristić V. Miscanthus x giganteus as a building material-lightweight concrete. *Hemijska industrija (Chemical Industry)*. 2021. Volume 75(3). PP. 147 – 154.

51. Hodgson E. M., McCalmont J., Rowe R., Whitaker J., Holder A., Clifton-Brown J. C., Donnison I. S. Upscaling miscanthus production in the United Kingdom: The benefits, challenges, and trade-offs. *GCB Bioenergy*. 2024. Volume 16 (8). PP. e13177.

52. Bastian Winkler, Anja Mangold, Moritz von Cossel, John Clifton-Brown, Marta Pogrzeba, Iris Lewandowski, Yasir Iqbal, Andreas Kiesel Implementing miscanthus into farming systems: A review of agronomic practices, capital and labour demand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020. Volume 132. 110053. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110053>

53. Brosse N., Dufour A., Meng X., Sun Q., Ragauskas A. Miscanthus: a fast-growing crop for biofuels and chemicals production. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. 2012. Volume 6. PP. 580 – 598.

54. Bergs M., Völkerling G., Kraska T., Pude R., Do X.T., Kusch P., Monakhova Y.; Konow, C., Schulze M. Miscanthus × giganteus Stem Versus Leaf-Derived Lignins Differing in Monolignol Ratio and Linkage. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. Volume 20. PP. 1200 <https://doi.org/10.3390/ijms20051200>

55. Arnoult S., Brancourt-Hulmel M. A Review on Miscanthus Biomass Production and Composition for Bioenergy Use: Genotypic and Environmental Variability and Implications for Breeding. *Bioenergy Res.* 2015. Volume 8. PP. 502–526. DOI 10.1007/s12155-014-9524-7

56. Недільська У. І. Ріст, розвиток та продуктивність гігантського міскантусу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2019. Випуск 1 (31). С. 15 – 22. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2019-2-2>.

57. Mangold A., Lewandowski I., Hartung J., Kiesel A. Miscanthus for biogas production: Influence of harvest date and ensiling on digestibility and methane hectare yield. *Global Change Biology Bioenergy. GCB Bioenergy: Bioproducts for a Sustainable Bioeconomy*. 2019. PP. 50 – 62 <https://doi.org/10.1111/gcbb.12584>

58. Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S. M. A. Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management. *Sustainable Agriculture*. Springer, Dordrecht. 2009. PP. 153–188 [https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8\\_12](https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_12)

59. Tim van der Weijde, Laurie M Huxley, Sarah Hawkins, Eben Eben Haeser Sembiring, Kerrie Farrar, Oene Dolstra, Richard G. F. Visser, Luisa M Trindade Impact of drought stress on growth and quality of miscanthus for biofuel production. *GCB Bioenergy*. 2016. Volume 9(4). DOI: 10.1111/gcbb.12382

60. Qianlai Zhuang, Zhangcai Qin, Min Chen Biofuel, land and water: maize, switchgrass or Miscanthus? *Environmental Research Letters*. 2013. Volume 8, Number 1. PP. 015020 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/1/015020/pdf>

61. Гументик М., Квак В., Замойський О. Урожайність біомаси міскантусу залежно від кліматичних умов, строків і глибини садіння ризомів у західному Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2013. №17(1). С. 76–82.

62. Пришляк Н. В. Потенційні можливості вирощування біоенергетичної сировини на виробництво твердого біопалива. *Агросвіт*. 2021. № 1-2. С. 33–45.
63. Jonathan Harvey. A versatile solution? Growing Miscanthus for bioenergy. URL: [http://www.bioagrolife.com/english/news/A\\_versatile\\_solution\\_Growing\\_Miscanthus\\_for\\_bioenergy/A\\_versatile\\_solution\\_Growing\\_Miscanthus\\_for\\_bioenergy](http://www.bioagrolife.com/english/news/A_versatile_solution_Growing_Miscanthus_for_bioenergy/A_versatile_solution_Growing_Miscanthus_for_bioenergy). Pdf (дата звернення 10.09.2025)
64. Ka Yeon Lee, Lili Zhang, Geung-Joo Lee. Botanical and germinating characteristics of Miscanthus species native to Korea. *Horticulture, Environment and Biotechnology*. 2013. Volume 53(6). DOI : 10.1007/s13580-012-0137-9
65. Mauricio Tejera, Emily A. Heaton Description and Codification of Miscanthus × giganteus Growth Stages for Phenological Assessment. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Volume 8, Article 1726. DOI:10.3389/fpls.2017.01726
66. Федорук Ю.В., Хахула В.С., Герасименко Л.А. Ріст і розвиток рослин міскантусу гігантського залежно від фону живлення у Правобережному Лісостепу України. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Том 10. № 1–2. С. 101–107
67. Радченко М.В., Глупак З.І., Данильченко О.М. Вирощування міскантусу в умовах Північно-Східної частини Лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. *Агрономія і біологія*. 2019. Випуск 3. С. 36 – 41
68. Блюм Я.Б., Левчук О.М., Рахметов Д., Рахметов С.Д. Біологічні ресурси і технології для виробництва різних видів біопалива. *Біологічні ресурси і новітні біотехнології виробництва біопалив: наукова конференція. Вісник НАН України*. 2014. № 11. С. 64 –72.
69. Tejera M.D., Miguez F.E., Heaton E.A. The older plant gets the sun: Age-related changes in Miscanthus×giganteus phenology. *GCB Bioenergy*. 2021. № 13. PP. 4–20.

70. Nicholas N. Boersma, Emily A. Heaton Propagation method affects *Miscanthus × giganteus* developmental morphology. *Industrial Crops and Products*. 2014. Volume 57. PP. 59 – 68 DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.01.059

71. Shuai Xue, Olena Kalinina, Iris Lewandowski Present and future options for *Miscanthus* propagation and establishment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. Volume 49 (1). PP.1233 – 1246 DOI: 10.1016/j.rser.2015.04.168

72. Zub H.W., Brancourt-Hulmel M. Agronomic and physiological performances of different species of *Miscanthus*, a major energy crop. A review. *Agron. Sustain. Dev*. 2010. PP. 201 – 214.

73. Valerij Katelevskij, Mykhaylo Gumentyk, Mykola Kharytonov Plant growth stimulants influence on *Miscanthus x giganteus* biomass indexes in forest - Steppe zone of Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. Volume 13. №. 1. 2020. PP. 341 – 345

74. Тетерюк Р. С., Кулик М. І. Аналіз сортів міскантусу за адаптивністю, врожайністю та енергопродуктивністю біомаси в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Volume 27(3). С.31 – 37.

75. Clifton-Brown J. Water use efficiency and biomass partitioning of three different *Miscanthus* genotypes with limited and unlimited water supply. *Ann Bot* 2000. Volume 86. PP.191–200. <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1183>

76. Lewandowski I, Scurlock JMO, Lindvall E, Christou M. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass Bioenerg*. 2003. Volume 25. PP. 335–361. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(03\)00030-8](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(03)00030-8)

77. Думич В., Журба Г. Технічні та технологічні рішення закладання енергоплантацій міскантусу. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2015. Volume 19. С. 308– 315.

78. Jureková Z., Dražić G. External and internal factors influencing the growth and biomass production of short rotation woods genus *Salix* and perennial

grass Miscanthus. *Faculty of Applied ecology FUTURA, Singidunum University Belgrade*. 2011.

79. Іваніна В. В. Енергетична ефективність агротехнологій за різних систем удобрення зернобурякової сівозміни. *Цукрові буряки*. 2012. С.17–19.

80. Скачок Л., Потапенко Л., Горбаченко Н. Вплив систем удобрення і мікробних препаратів на продуктивність біоенергетичних культур. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2018. Випуск 28. С. 70 – 76. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.28.70-76>

81. Vergun O. M., Rakhmetov D. B., Rakhmetova S. O., Fishchenko V. V. Distribution of nutrients in different organs of plants of Miscanthus Anderss. genotypes. *Інтродукція рослин*. 2019. С. 75 –81.

82. Parrish A. S., Lee M. S., Voig, T. B., Lee D. K. Miscanthus× giganteus responses to nitrogen fertilization and harvest timing in Illinois, USA. *Bioenergy Research*. 2021. PP. 1–10.

83. Poberezhnaya T.M. Osobennosti nakopleniya mikroelementov Miscanthus sinensis (Poaceae) v usloviyah vulkanicheskoy aktivnosti. *Rastitelnye resursy*. 2011. Volume 2. PP. 129–135

84. Njuguna J. N., Clark L. V., Lipka A. E., Anzoua K. G., Bagmet L., Chebukin, P., Sacks E. J. Genome-wide association and genomic prediction for yield and component traits of Miscanthus sacchariflorus. *GCB Bioenergy*. 2023. Volume 15(11). PP. 1355– 1372.

85. Польовий А. М., Вольвач О. В., Божко Л. Ю., Барсукова О. А. Агроекологічна оцінка впливу змін клімату на умови вирощування і продуктивність насаджень міскантусу в Північному Степу. *Науково-практичний журнал. Екологічні науки*. 2021. Volume 34. С. 111–117.

86. Вільовка В. М., Опанасенко О. Г., Перець С. В. Технологія вирощування міскантусу гігантського на енергетичні цілі в умовах осушуваних торфовищ Лівобережного Лісостепу. *Збірник наукових праць «Агробіологія»* 2022. № 1. С. 6–14. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-6-14>

87. Lee K.Y, Zhang L., Lee G.-J. Botanical and germinating characteristics of *Miscanthus* species native to Korea. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2012. Volume 53. PP. 49– 54. doi: 10.1007 / s13580- 012-0137-9

88. Квак В. М. Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу для виробництва біопалива в західній частині Лісостепу України: дисертація кандидата с.-г. наук : 06.01.09 / Квак Володимир Михайлович. К., 2014. 213 с.

89. Опанасенко О. Г., Перець С. В. Продуктивність міскантусу гігантського залежно від елементів технології вирощування на осушуваних органогенних ґрунтах. *Міжвідомчий тематичний збірник «Землеробство»*. Київ. ВП «Едельвейс». 2018. Випуск 4. С. 40– 51

90. Рахметов Д. Б., Каленська С. М., Федорчук М. І., Рахметов С. Д., Коковіхін С. В., Федорчук Є. М., Федорчук В. Г., Поливода О. М. Методичні рекомендації з оптимізації технології вирощування міскантусу в різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Херсон 2017. 23 с

91. Квак В. М., Ганженко О. М., Гументик М. Я., Цвігун Г. В. Залежність площі листкової поверхні та маси рослин міскантусу від морфометричних показників. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. Випуск 26. С. 75 – 83. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/zpricb\\_2018\\_26\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/zpricb_2018_26_11)

92. Мельничук О. В., Ожерєдов С. П., Рахметов Д. Б. та ін. Біометричні та біохімічні особливості нових ліній *M. × giganteus* з підвищеним рівнем плідності. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2019. Т. 25. С. 281–286.

93. Грищенко В. О. Хімічна складова вегетативної маси різних видів міскантусу в різні фази росту та розвитку рослин. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2023. Випуск 103. С. 225–231.

94. Доронін В.А., Дрига В.В., Кравченко Ю.В., Доронін В.В. Особливості росту та розвитку міскантусу залежно від якості садивного

матеріалу. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. № 2. С. 19–24. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vumnuc\\_2017\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vumnuc_2017_2).

95. Думич В., Журба Г. Динаміка росту міскантусу в перший рік вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах Полісся України. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України : збірник наукових праць*. Випуск Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 2013. С. 302 – 309.

96. Гументик М. Я., Радейко Б. М., Фучило Я. Д., Сінченко В. М., Ганженко О. М., Бондар В. С., Фурса А. В., Квак В. М., Харитонов М. М., Кателевський В. М. Вирощування біоенергетичних культур. За редакцією к.с.-г. наук, с.н.с. М. Я. Гументика. *Монографія*. К.: ТОВ «ЦП «Компринт». 2018. 179 с

97. Dohleman F. G., Long S. P. More productive than maize in the midwest: how does Miscanthus do it. *Plant Physiol*. 2009. Volume 150 (4). P. 2104 – 2115

98. Гументик М. Я., Квак В. М. Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу в умовах західного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки*. Вінниця. 2012. Випуск 1(57). С. 168–173

99. Недільська У. І. Особливості вирощування та потенціал урожайності енергетичної культури. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2022. С. 45–51. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2021-1-6>

100. Гументик М. Я. Вплив способу садіння міскантусу гігантського на продуктивність ризом в умовах Лісостепу України. *Біоенергетика*. 2017. С. 26 – 29.

101. Присяжнюк О. І., Пенькова, С. В. Вплив азотного удобрення та позакореневого підживлення на продуктивність та енергетичну ефективність плантацій міскантусу гігантського. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2022. Випуск 30. С.70 – 79. DOI: <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268946>

102. Katelevsky V. M. Efficiency of Influence of Foliar Treatment by Plant Growth Regulators on the Parameters of Miscanthus Biomass. *Agrology*. 2020. Volume 3(1). С. 19–24. doi: 10.32819/020003

103. Гументик М.Я., Гончарук Г.С., Гументик В.М. Продуктивність біомаси міскантусу залежно від густоти садіння та маси ризомів в умовах Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник* № 116. Частина 1. С. 32 – 39. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.4>

104. Ганженко О. М., Гументик М. Я., Квак В. М., Зиков П. Ю. Вплив глибини садіння ризомів міскантусу на їх проростання. *Біоенергетика*. 2013. № 1. С. 36–38.

105. Гументик М. Я., Квак В. М., Замойський О. І. Урожайність біомаси міскантусу. *Біоенергетика*. 2013. № 2. С. 32–35.

106. Бойко І. І., Грищенко В. О. Климович Н. М., Заболотна А. В. Формування якості вегетативної маси енергетичних культур різної тривалості вегетації. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. № 1. С. 3–7. doi: 10.31395/2310-0478-2022-1-3-7

107. Katelevskij V., Gumentyk M., Kharytonov M. Plant growth stimulants influence on *Miscanthus x giganteus* biomass indexes in forest – steppe zone of Ukraine. *Scientific Papers Series A. Agronomy*. 2020. Volume13. P. 341–345

108. Ворожко С. П., Нечепоренко Л. П., Мазур З. О. Ентомокомплекс шкідливих комах у посадках міскантусу. *The 5th International scientific and practical conference “Science and education: problems, prospects and innovations” (February 4-6, 2021) CPN Publishing Group, Kyoto, Japan*. 2021. С. 362 – 370

109. Курило В. Л., Гументик М. Я., Квак В. М., Дубовий Ю. П. Удосконалення елементів технології вирощування міскантусу в умовах Центрального Лісостепу України для виробництва твердого біопалива. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2016. Випуск 24. С. 77–85. doi: 10.47414/np.24.2016.216897

110. Курило В.Л., Ганженко О.М., Гументик М.Я., Квак В.М., Замойський О.І., Зиков П.Ю. Методичні рекомендації з проведення

передсадильного обробітку ґрунту і садіння ризомів міскантусу. Київ, 2012. 22 с.

111. Linde-Laursen I. Cytogenetic analysis of *Miscanthus* «Giganteus», an interspecific hybrid. *Hereditas*. 1993. Volume 119. PP. 297–300.

112. Gubisova M., Gubis, J., Zofajova A., Mihalik D., Kraic J. Enhanced in vitro propagation of *Miscanthus x giganteus*. *Industrial Crops and Products*. 2013. Volume 41. PP. 279–282

113. Квак В. М. Ріст, розвиток і продуктивність міскантусу (*miscanhtus*) за різних норм добрив. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*. 2012. С. 548–551.

114. Квак В. М. Вплив маси ризомів міскантусу та густоти їх садіння на енергетичну продуктивність біомаси. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*. 2013. С. 146–151.

115. Вірьовка В.М., Опанасенко О.Г., Перець С.В. Технологія вирощування міскантусу гігантського на енергетичні цілі в умовах осушуваних торфовищ Лівобережного Лісостепу України. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 6 – 14

116. Філіпась Л. П., Біленко О. П. Вплив маси ризом на формування показників продуктивності міскантусу в підзоні недостатнього зволоження східного Лісостепу України. *Збалансований розвиток агроєкосистем України: сучасний погляд та інновації. Матеріали I Всеукраїнської науковопрактичної конференції*. Полтава, 2017. С. 100– 102.

117. Humentyk M., Kwak V., Zamoyski O., Radejko B. Biomass productivity of *Miscanthus* depending on the quality of planting material and growing conditions in the Western Forest-Steppe region of Ukraine. *Motrol. Lublin*. 2013. Volume 15, № 6. С. 84–89.

118. Xue S., Kalinina O., Lewandowski I. Present and future options for *Miscanthus* propagation and establishment. *Renewable and sustainable energy reviews*. 2015. Volume 49. PP. 1233 – 1246.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.168>

119. Курило В.Л., Ганженко О.М., Гументик М.Я., Зиков П.Ю., Квак В.М. Пристрій для садіння ризомів. *Патент на корисну модель № 75541*. МПК А01С 11/02. Україна. Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. №u201204500. Опубліковано 10.12.2012. Бюл. №23

120. Kostenko D. M. Justification of the main technical and economic characteristics of energy plantations and production of solid fuel from the biomass of energy crops. *Business Inform.* 2020. №. 11. PP. 123 – 132. DOI: 10.32983/2222-4459-2020-11-123-132

121. Novakovska I., Bulgakov V., Rucins A., Dukulis I. Analysis of soil tillage by ploughs and optimisation of their aggregation. *17th International scientific conference “Engineering for rural development”: proceedings, Jelgava, Latvia, May 23 - 25, 2018 Latvia University of Life Sciences and Technologies. Faculty of Engineering.* Latvian Academy of Agricultural and Forestry Sciences. Jelgava, 2018. Volume 17. PP. 335 – 341

122. Voicu Gh., Poenaru I.C., Paraschiv G., Dincă M., Vlăduț V. Theoretical modeling of working process of covering devices to miscanthus rhizomes planters. *Proceedings of the 42 International Symposium on Agricultural Engineering “Actual Tasks on Agricultural Engineering”.* 2014. PP. 139– 148

123. Гументик М. Я., Квак В. М., Замойський О. І. Урожайність біомаси міскантусу залежно від кліматичних умов, строків і глибини садіння ризомів у Західному Лісостепу України. *Збірник наукових праць вісник Львівського національного аграрного університету.* 2013. № 17. С. 76–82

124. Гументик М. Я., Квак В. М. Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу в умовах західного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету.* Випуск 1(57). Серія : Сільськогосподарські науки. Вінниця. 2012. С. 168–173.

125. Квак В. М. Вплив строків садіння та глибини загортання ризомів міскантусу на його польову схожість. *Цукрові буряки.* 2012. № 6. С. 15–17.

126. Кузьменко В. Ф., Ямпольський С. М., Максименко В. В. Осіннє збирання стебел міскантусу. *Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: VII Всеукраїнська науково-технічна конференція*. Глеваха-Київ. 2019. С.52 –55 с.
127. Bilandžija N., Fabijanić G., Sito S., Grubor M., Krononc Z., Čopec K., Kovačec, I. Harvest systems of *Miscanthus x giganteus* biomass: A Review. *Journal of Central European Agriculture*. 2020. Volume 21(1). PP. 159 –167
128. Smith A. M., Whittaker C., Shield I., Ross A. B. The potential for production of high quality bio-coal from early harvested *Miscanthus* by hydrothermal carbonisation. *Fuel*. 2018. Volume 220. PP. 546 – 557
129. Redcay S., Koirala A., Liu J. Effects of roll and flail conditioning systems on mowing and baling of *Miscanthus*× *giganteus* feedstock. *Biosystems Engineering*. 2018. Volume 172. PP. 134–143
130. Fasick G. T., Liu J. Lab scale studies of miscanthus mechanical conditioning and bale compression. *Biosystems engineering*. 2020. Volume 200. PP. 366 –376
131. Курило В.Л., Ганженко О.М., Гументик М.Я., Квак В.М, Фучило Я.Д., Хіврич О.Б., Зиков П.Ю, Гончарук Г.С., Смірних В.М., Горобець А.М, Дубовий Ю.П., Замойський О.І. Методичні рекомендації з технології вирощування і перероблення міскантусу гігантського. *Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Київ. 2015. 52 с.
132. Petersen V., Emran S. A., Miguez F., Heaton E., VanLoocke A. Approximately 15% of *Miscanthus* yield is lost at current commercial cutting heights in Iowa. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2025. Volume 8(1). e70039.
133. Статіва В. О., Сопов Д. С. Проблеми управління земельними ресурсами територіальних громад та шляхи їх вирішення. *Навчально-науковий інститут природничих і аграрних наук: Дні науки–2024: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції/ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»*. 2024. 188 с.

133. Тетерюк Р. С., Кулик М. І. Якісні параметри та врожайність біомаси міскантусу гігантського залежно від способу вирощування. *Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Роль бавовнику та інших технічних культур для сільськогосподарського виробництва в умовах зміни клімату»*. Одеса: ІКОСГ НААН. 2025. С. 64–66.

134. Тараненко А. О., Цьова Ю. А., Серета М. С., Кузенко Л. Ю., Солодовник М. А. Потенціал біомаси відходів сільського господарства для виробництва біоенергетики в Полтавській області. *Scientific Progress & Innovations*. 2021. Випуск 4. С. 142–153.  
<https://doi.org/10.31210/visnyk2021.04.18>

135. Кулик М. І., Галицька М. А., Самойлік М. С., Жорник І. І. ФітореMediaційні аспекти використання енергетичних культур в умовах України. *Agrology*. 2019. Випуск 2. С. 65–73. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/algolog\\_2019\\_2\\_1\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/algolog_2019_2_1_12).

136. Цапко Ю., Водяк Я., Зубковська В., Холодна А. Перспективи вирощування міскантусу гігантського для покращення екосистемних послуг чорнозему опідзоленого важкосуглинкового. *Вісник аграрної науки*. 2021. Випуск 99. С. 48–54.

137. Марчук О. О., Бойко І. І., Гончарук Г. С. Якісні характеристики біоенергетичних культур. *Цукрові буряки*. 2017. Випуск 2. С. 11–12.

138. Кургак В. Г., Єфремова Г. В., Лещенко Ю. В., Ткаченко А. М. Енергетична цінність багаторічних трав'яних фітоценозів. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН*. 2015. С. 164–173.

139. Рожко І. І., Кулик М. І. Оцінка сортів проса прутоподібного за врожайністю біомаси. *Scientific Progress & Innovations*. 2022. Випуск 2. С. 75–84. [doi: 10.31210/visnyk2022.02.08](https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.08)

140. Ганженко О. М. Продуктивність рослин сорго цукрового (*Sorghum saccharatum L.*) залежно від елементів технології вирощування на біопаливо в

зоні недостатнього зволоження Лісостепу України. *Вивчення та охорона сортів рослин*. 2021. Випуск 17. С. 240–247.

141. Рахметов Д. Б., Займенко Н. В., Ковтун-Водяницька С. М., Корабльова О. А., Вергун О. М., Рахметова С. О. Збереження, збагачення та використання колекційного фонду енергетичних і ароматичних рослин Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України як наукового об'єкта, що є національним надбанням. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 2021. С. 235–241. <https://doi.org/10.37555/2707-3114.1.2021.247712>

142. Калетнік Г. М., Паламарчук В. Д., Гончарук І. В., Ємчик Т. В., Телекало Н. В. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій. Вінниця: ФОП Кушнір ЮВ, 2021. 260 с.

143. Ягелюк С. В., Фомич М. І. Класифікація видів палива з біомаси сільськогосподарських культур. *Сільськогосподарські машини*. 2024. С. 72–80.

144. Біла Ю. А. Біоенергетичні активи аграрних підприємств: склад, структура, значення. *Вісник ЛТЕУ. Економічні науки*. 2024. Випуск 79. С. 79–86.

145. Сафранов Т. А., Приходько В. Ю., Яновський Д. Ю. Ресурсоцінний потенціал потоку твердих побутових відходів Одеської області. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2023. Випуск 32. С. 144–156.

146. Заїка В., Колісник О. Агроекологічне обґрунтування вирощування проса прутоподібного як біоенергетичної культури в умовах ФГ «Серпко» смт. Тростянець Гайсинського району. Кваліфікаційна робота освітнього ступеня магістр. 2023 р.

147. Мамчур В. В. Історія інтродукції та акліматизації виду *Ailanthus Altissima* в правобережному Лісостепу та Степу України. *Рослини та урбанізація. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції*. Дніпро. 2023. 162 с.

148. Ціпоренко О. Л., Рахметов Д. Б. Перспективи інтродукції видів роду *Miscanthus* в умовах Житомирського Полісся. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2013. С. 275–280.

149. Шубравська О. В., Прокопенко К. О. Сценарні оцінки розвитку сільськогосподарського виробництва України в умовах кліматичних змін та екологічних обмежень. *Економіка України*. 2017. С. 49–60.

150. Рахметов Д.Б., Займенко Н.В., Ковтун-Водяницька С.М., Корабльова О.А., Вергун О.М., Рахметова С.О. Збереження, збагачення та використання колекційного фонду енергетичних і ароматичних рослин Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України як наукового об'єкта, що є національним надбанням. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 2021. С. 235–241. <https://doi.org/10.37555/2707-3114.1.2021.247712>

151. Грабовський М. Б., Федорук Ю. В., Правдива Л. А., Грабовська Т.О. Вплив рівня мінерального живлення на ріст, розвиток та водоспоживання рослин сорго цукрового та кукурудзи в одновидових та сумісних посівах. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2018. Вип. 103. С. 27–35.

152. Енергетичні культури: сортимент, біологія, екологія, агротехнологія: колективна монографія / за ред. док. с.-г. наук., проф. М. І. Кулика. Полтава: “Аструя”, 2023. 220 с

153. Бойко І. І., Грищенко В. О., Манзій О. П., Коховська І. В. Елементний склад надземної маси листків і стебел біоенергетичних рослин залежно від фази росту. *Новітні агротехнології*. 2021. Вип. № 9. <https://doi.org/10.47414/na.9.2021.256449>.

154. Cosentino S.L., Copani V., Testa G., Scordia D. *Saccharum spontaneum* L. ssp. *aegyptiacum* (Willd.) Hack. a potential perennial grass for biomass production in marginal land in semi-arid Mediterranean environment. *Industrial Crops and Products*. 2015. Volume 75. PP. 93–102.

155. Hodgson E.M., Fahmi R., Yates N., Barraclough T., Shield I., Allison G., Bridgwater A.V., Donnison I. *Miscanthus* as a feedstock for fast-pyrolysis: does

agronomic treatment affect quality? *Bioresource Technology*. 2010. Volume 101. PP. 6185–6691.

156. Monti A., Zanetti F., Scordia D., Testa G., Cosentino S.L. What to harvest when? Autumn, winter, annual and biennial harvesting of giant reed, miscanthus and switchgrass in northern and southern Mediterranean area. *Industrial Crops and Products*. 2015. Volume 75. PP. 129–134

157. Beale C.V., Long S.P. Seasonal dynamics of nutrient accumulation and partitioning in the perennial C4-grasses *Miscanthus* × *giganteus* and *Spartina cynosuroides*. *Biomass and Bioenergy*. 1997. Volume 12. PP. 419–428

158. Christian D.G., Poulton P.R., Riche A.B., Yates N.E., Todd A.D. The recovery over several seasons of 15N-labelled fertilizer applied to *Miscanthus* × *giganteus* ranging from 1 to 3 years old. *Biomass and Bioenergy*. 2006. Volume 30. PP. 125–133.

159. Chundawat S.P.S., Beckham G.T., Himmel M.E., Dale B.E. Deconstruction of lignocellulosic biomass to fuels and chemicals. *Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering*. 2011. Volume 2. PP 6.1–6.25.

160. Jensen E., Robson P., Farrar K., Jone, S.T., Clifton-Brown J., Payne R., Donnison I. Towards Miscanthus combustion quality improvement: the role of flowering and senescence. *GCB Bioenergy*. 2016. Volume 9. PP. 891–908.

161. Maroš Korenko, Volodymyr Bulgakov, Vasyl Kurylo, Maksym Kulyk, Alexander Kalinichanko, Yevhen Ihnatiev, Eva Matušeková Formation of Crop Yields of Energy Crops Depending on the Soil and Weather Conditions. *Acta Technologica Agriculturae*. 2021. Volume 24. PP. 41–47. DOI: <https://doi.org/10.2478/ata-2021-0007>

162. Тетерюк Р. С., Сахно Т. В., Корінний С. М., Семенов А. О. Бібліометричний аналіз біогазової продуктивності міскантусу. *Міжнародний науковий журнал «Грааль науки»*. 2024. Випуск № 42. С. 299–307. DOI 10.36074/grail-of-science.02.08.2024.040

163. Тараненко С. В., Тетерюк Р. С. Перспективний напрямок вирощування міскантусу гігантського, як засобу відновлення біологічної

складової ґрунту, для ефективного використання деградованих земель. *Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної інтернет конференції*. Полтава. 2023. С. 111–113.

164. Сахно Т. В., Семенов А. О., Тетерюк Р. С. Біогазова продуктивність міскантусу гігантського та кукурудзи. *Збірник матеріалів VIII міжнародної науково-практичної конференції «Global science: prospects and innovations»*. Liverpool. United Kingdom. 2024. С. 30–34.

165. Тетерюк Р. С., Кулик, М. І. Виробництво садивного матеріалу міскантусу гігантського: вихід та якість залежно від агротехнологічних умов вирощування. *Новітні агротехнології*. 2025. Випуск 13. <https://doi.org/10.47414/na.13.1.2025.331569>

166. Маринич О. М., Шищенко П. Т. Фізична географія України: *підручник*. Київ : Знання, 2005. 511 с.

167. Бомба М. Я. Землеробство з основами ґрунтознавства, агрохімії та агроекології. Київ: Урожай, 2003. 504 с.

168. Taranenko Anna, Taranenko Serhiy, Kulyk Maksym, Rytchenko Andriy, Teteriuk Roman. Assessment of the soil microbial community under energy crops (*Panicum Virgatum L. and Miscanthus x Giganteus*): a case study in Ukraine. *Soil Science Annual*. 2025. Volume 76 (1). PP. 199764

169. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ. Вища школа. 1994. 334 с.

170. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб.: у 2 кн. – *Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи*; за ред. А. О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 316 с.

171. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб.: у 2 кн. – *Кн. 2. Статистична обробка результатів досліджень*; за ред. А. О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 352 с.

172. Рахметов Д. Б., Каленська С. М., Федорчук М. І., та ін. Методичні рекомендації з оптимізації технології вирощування міскантусу в різних

грунтово-кліматичних зонах України. Херсон. Видавничий центр «Колос» ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», 2017. 23 с.

173. Лебідь Є. М., Циков В. С., Пащенко Ю. М. та ін.. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. Дніпропетровськ, 2008. 27 с

174. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури); за ред. В. В. Волкодава. Київ, 2001. Вип. 2. 65 с.

175. Tejera Mauricio, A. Heaton Emily. Description and Codification of *Miscanthus × giganteus* Growth Stages for Phenological Assessment. *Plant Sci.*, 2017. Vol. 8. DOI: [10.3389/fpls.2017.01726](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01726)

176. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур. Міністерство аграрної політики України, Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин. Охорона прав на сорти рослин: офіційний бюлетень. 2003. Випуск 2. Частина 3. 241 с.

177. Примаков С. П., Барабаш В. А., Черьопкіна Р. І. Виробництво сульфатної та органосольвентної целюлози. К.: ЕКМО, 2009. 280 с.

178. Гетьманчук Ю. П., Братичак М. М. Хімія та технологія полімерів. Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2006. 496 с.

179. Барбаш В. А., Антоненко Л. П., Дейкун І. М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з хімії рослинної сировини. Київ: КФТП. 2003. 71 с.

180. Kulyk M., W. Elbersen. Methods of calculation productivity phytomass for switchgrass in Ukraine. Poltava, 2012. 10 p.

181. Калінченко О. В., Кулик М. І. Науковий твір «Експрес-аналіз економічної ефективності вирощування енергетичних культур в умовах Лісостепу України» (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 93178 від 18.10. 2019).

182. Калінченко О. В., Кулик М. І. Науковий твір «Методичні засади оцінки енергетичної ефективності вирощування енергетичних культур в

умовах Лісостепу України» (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 93177 від 18.10.2019).

183. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій у сільському господарстві. К. Урожай. 1998. 205 с.

184. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ: ПоліграфКонсалтинг. 2007. 55 с.

185. Flora Growing. Інтернет-джерело. Режим доступу: <https://shop.floragrowing.com/ua/p2351064173-kristalon-special-yara.html>

186. Реєстр сортів рослин України [Електронний ресурс]. Київ: Український інститут експертизи сортів рослин. URL: <http://service.ukragroexpert.com.ua/>

187. Тетерюк Р. С., Кулик М. І. Аналіз сортів міскантусу за адаптивністю, врожайністю та енергопродуктивністю біомаси в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Випуск 27 (3). С. 31–37. doi: 10.31210/spi2024.27.03.05

188. Тетерюк Р. С., Кулик М. І. Адаптивність та врожайність сортів міскантусу. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції* (8 жовтня 2024 р., м. Київ). Міністерство аграрної політики та продовольства України, Український інститут експертизи сортів рослин. С. 73 – 74. <http://confer.uisr.sops.gov.ua/miron2019/paper/view/17602>

189. Taranenko Anna, Taranenko Serhiy, Kulyk Maksym, Rytchenko Andriy, Teteriuk Roman (2025). Assessment of the soil microbial community under energy crops (*Panicum Virgatum L. and Miscanthus x Giganteus*): a case study in Ukraine. *Soil Science Annual*. 2025, 76 (1): 199764 DOI: <https://doi.org/10.37501/soilsa/199764>

190. Тетерюк Р. С., Кулик М. І. Урожайність міскантусу гігантського залежно від способу вирощування та підживлення насаджень в агрологістиці

виробництва біомаси. *Аграрні інновації*. 2025. Випуск № 29. С. 145 – 155. DOI <https://doi.org/10.32848/agrар.innov.2025.29.24>

191. Поспелов С. В., Самородов В. М., Оніпко В. В., Калашнік О. П. Бінарні посіви як елемент стабілізації агроєкосистеми. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (3). С. 12–18. doi: 10.31210/spi2024.27.03.02

192. Тетерюк Р.С., Кулик М.І. Удосконалена технологія вирощування міскантусу гігантського у смугових насадженнях: вплив на елементи продуктивності, врожайність та якість біомаси. *Новітні агротехнології*. 2025. Т. 13, № 2. <https://doi.org/10.47414/na.13.2.2025.339605>

193. Кулик М. І. Калініченко О. В., Рожко І.І., Тетерюк Р.С. Ефективність виробництва біомаси міскантусу гігантського залежно від способу вирощування та підживлення насаджень *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Том 28 (4). С. 87–93. DOI: [10.31210/spi2025.28.04.12](https://doi.org/10.31210/spi2025.28.04.12)

## ДОДАТКИ

**Додаток А.** Статистичний обрахунок кількісних показників рослин та врожайності біомаси міскантусу гігантського залежно від сортових властивостей

**Додаток Б.** Статистичний обрахунок кількісних показників рослин та врожайності біомаси міскантусу гігантського залежно від виду насадження

**Додаток В.** Статистичний обрахунок кількісних показників рослин міскантусу гігантського залежно від виду насадження та системи підживлення

**Додаток Д.** Довідки та акт впровадження результатів досліджень у освітній, науковий процес та у виробництво

**ДОДАТОК А**  
**Статистичний обрахунок кількісних показників рослин міскантусу**  
**гігантського залежно від сортових властивостей**

**Довжина стебла сортів міскантусу гігантського, 2020-2024 рр.**

Сорт	1ВП	2ВП	3ВП	Середнє
Верум	98,2	142,4	149,5	130,0
Осінній зорецьвіт	104,5	151,4	162,3	139,4
Гулівер	102,3	142,5	154,3	133,0
Біотех	97,3	137,4	148,2	127,6
Універсальний	96,2	134,5	144,1	124,9
Середнє	99,7	141,64	151,68	131,0

**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet9) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	1030551	1	1030551	2907511	0,00
<b>"Var1"</b>	30577	2	15289	43134	0,00
<b>"Var2"</b>	1549	4	387	1093	0,00
<b>"Var1"*"Var2"</b>	173	8	22	61	0,00
<b>Error</b>	16	45	0		

НІР<sub>05</sub> фактор А 3,50

НІР<sub>05</sub> фактор Б 19,34

НІР<sub>05</sub> фактор А і Б 0,85

**Кількість стебел сортів міскантусу гігантського, 2020-2024 рр.**

Сорт	1ВП	2ВП	3ВП	Середнє
Верум	2,3	9,6	10,8	7,6
Осінній зорецвіт	2,4	9,8	11,3	7,8
Гулівер	2,5	10,0	11,1	7,9
Біотех	2,2	8,8	10,2	7,1
Універсальний	2,1	8,2	9,5	6,6
Середнє	2,3	9,3	10,6	7,4

**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	3260,488	1	3260,488	674583,8	0,00
<b>"Var1"</b>	798,102	2	399,051	82562,3	0,00
<b>"Var2"</b>	14,506	4	3,626	750,3	0,00
<b>"Var1"*"Var2"</b>	3,996	8	0,499	103,3	0,00
<b>Error</b>	0,218	45	0,005		

НІР<sub>05</sub> фактор А 0,36

НІР<sub>05</sub> фактор Б 3,12

НІР<sub>05</sub> фактор А і Б 0,099

**Кількість листків сортів міскантусу гігантського, 2020-2024 рр.**

Сорт	1ВП	2ВП	3ВП	Середнє
Верум	6,0	9,8	10,4	8,7
Осінній зорецвіт	6,2	10,4	11,0	9,2
Гулівер	6,1	10,2	10,8	9,0
Біотех	5,7	9,5	10,1	8,4
Універсальний	5,6	9,3	9,8	8,2
Середнє	5,9	9,8	10,4	8,7

**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	4564,048	1	4564,048	782408,3	0,000000
<b>"Var1"</b>	240,586	2	120,293	20621,7	0,000000
<b>"Var2"</b>	8,114	4	2,029	347,8	0,000000
<b>"Var1"*"Var2"</b>	0,679	8	0,085	14,5	0,000000
<b>Error</b>	0,263	45	0,006		

НІР<sub>05</sub> фактор А 0,25

НІР<sub>05</sub> фактор Б 1,71

НІР<sub>05</sub> фактор А і Б 0,112

**Довжина листка у сортів міскантусу гігантського, 2020-2024 рр.**

Сорт	1ВП	2ВП	3ВП	Середнє
Верум	44,1	67,5	94,3	68,6
Осінній зорецьвіт	45,4	68,3	95,2	69,6
Гулівер	44,3	68,0	95,0	69,1
Біотех	42,1	65,4	90,4	66,0
Універсальний	38,5	65,0	90,2	64,6
Середнє	42,9	66,8	93,0	67,6

**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	361185,3	1	361185,3	6615873	0,00
<b>"Var1"</b>	67659,1	2	33829,6	619660	0,00
<b>"Var2"</b>	232,6	4	58,2	1065	0,00
<b>"Var1"*"Var2"</b>	25,7	8	3,2	59	0,00
<b>Error</b>	2,5	45	0,1		

НІР<sub>05</sub> фактор А 1,35

НІР<sub>05</sub> фактор Б 0,69

НІР<sub>05</sub> фактор А і Б 0,33

**Площа листкової пластинки (ПЛП) у сортів міскантусу  
гігантського, 2020-2024 рр.**

Сорт	1ВП	2ВП	3ВП	Середнє
Верум	0,72	1,20	2,11	1,34
Осінній зорецвіт	0,82	1,43	2,30	1,52
Гулівер	0,81	1,50	2,38	1,56
Біотех	0,70	1,10	2,07	1,29
Універсальний	0,71	1,04	1,92	1,22
Середнє	0,75	1,25	2,16	1,39

**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	115,5649	1	115,5649	566803,2	0,00
<b>"Var1"</b>	20,2635	2	10,1318	49692,6	0,00
<b>"Var2"</b>	1,0448	4	0,2612	1281,0	0,00
<b>"Var1"*"Var2"</b>	0,2341	8	0,0293	143,5	0,00
<b>Error</b>	0,0092	45	0,0002		

НІР<sub>05</sub> фактор А 0,095

НІР<sub>05</sub> фактор Б 0,450

НІР<sub>05</sub> фактор А і Б 0,020

### Моделі залежностей між кількісними показниками рослин у сортів міскантусу

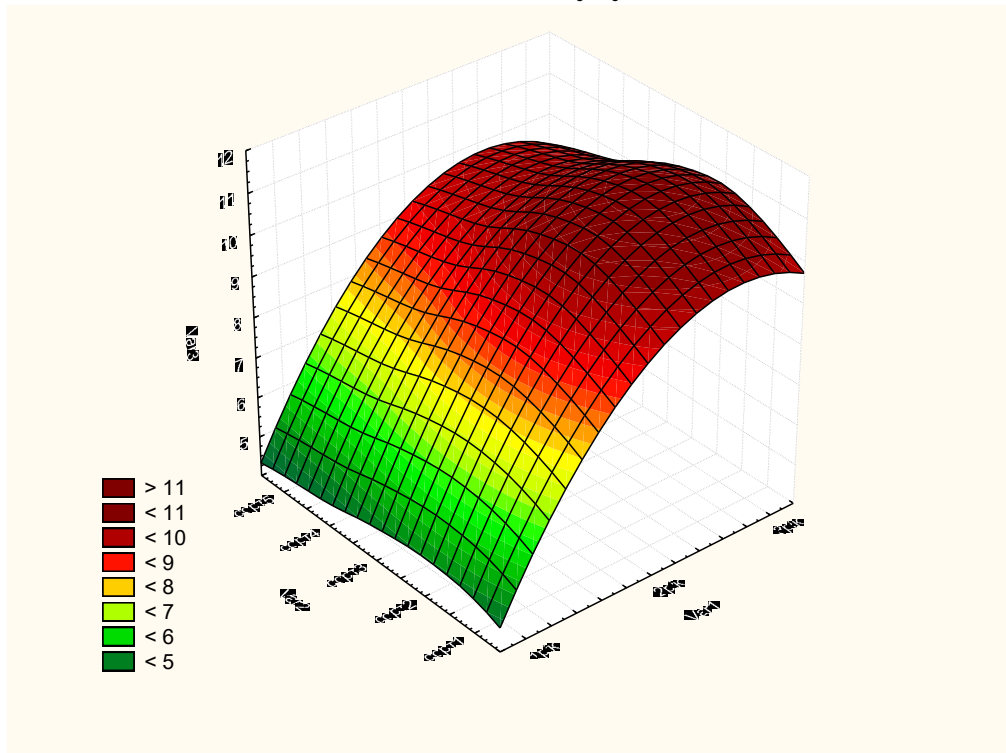


Рис. А.1. Поверхня відгуку кількості стебел сортів міскантусу залежно від років досліджень

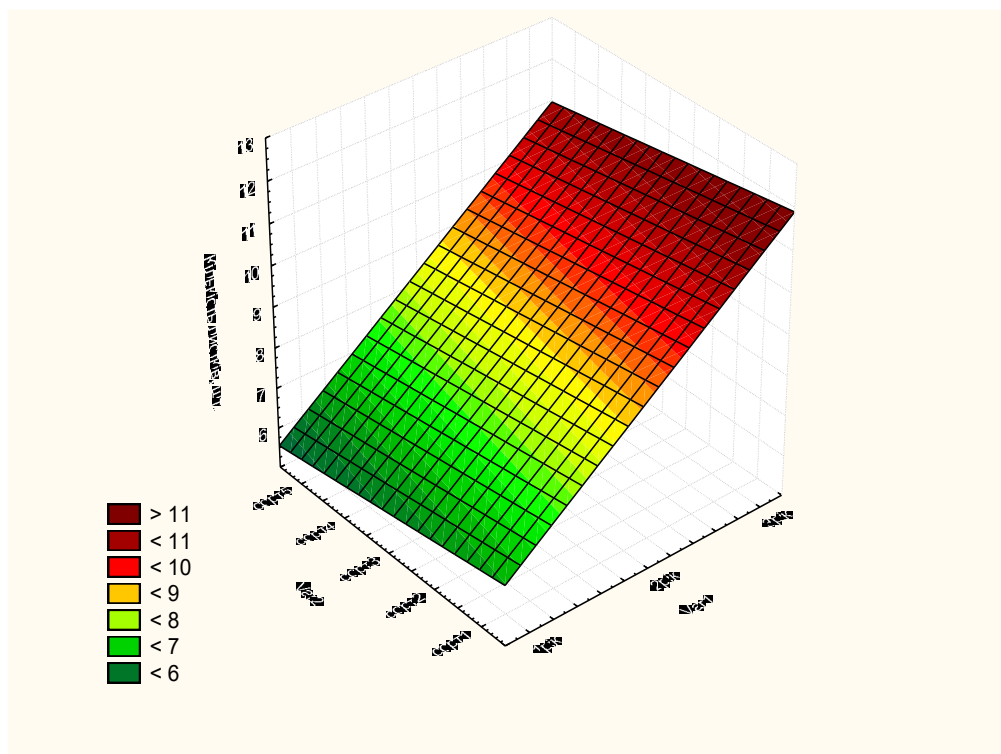
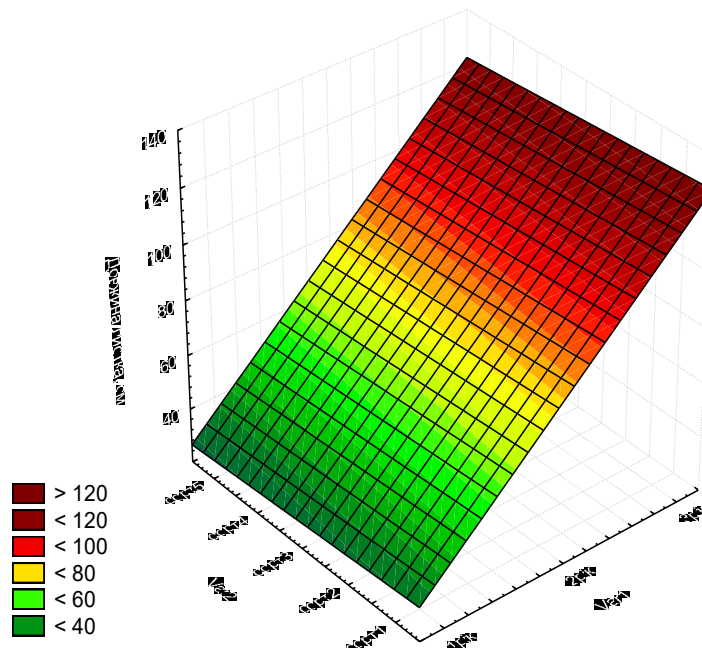
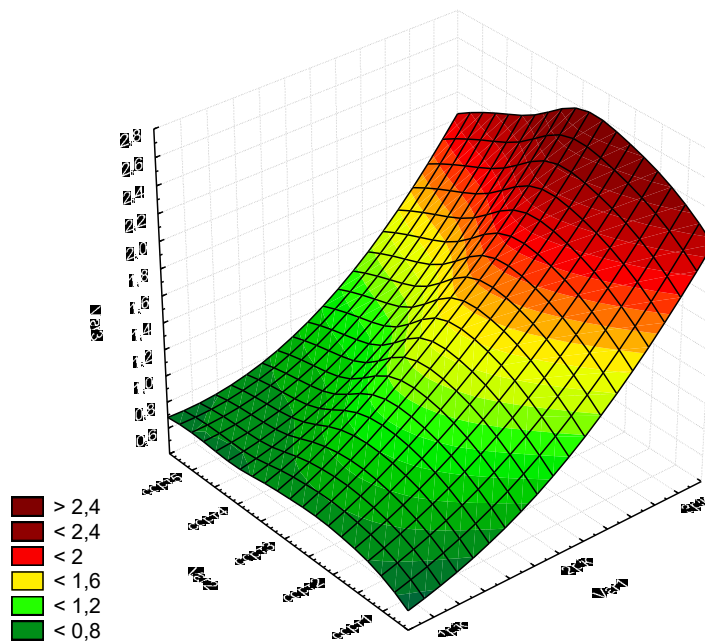


Рис. А.2. Поверхня відгуку кількості листків сортів міскантусу залежно від років досліджень



**Рис. А.3. Поверхня відгуку довжини стебла сортів міскантусу залежно від років досліджень**



**Рис. А.4. Поверхня відгуку площі листкової поверхні сортів міскантусу залежно від років досліджень**

**Статистичний обрахунок врожайності міскантусу гігантського залежно від сортових властивостей**

**Урожайність сортів міскантусу гігантського біомаси за умовно вологою біомасою, 2020-2024 рр.**

Сорт	1ВП	2ВП	3ВП	Середнє
Верум	23,3	48,6	82,8	51,6
Осінній зорецвіт	22,4	50,6	86,0	53,0
Гулівер	26,1	52,1	88,2	55,5
Біотех	21,6	47,9	82,4	50,6
Універсальний	20,0	44,0	81,0	48,3
Середнє	22,7	48,6	84,1	51,8

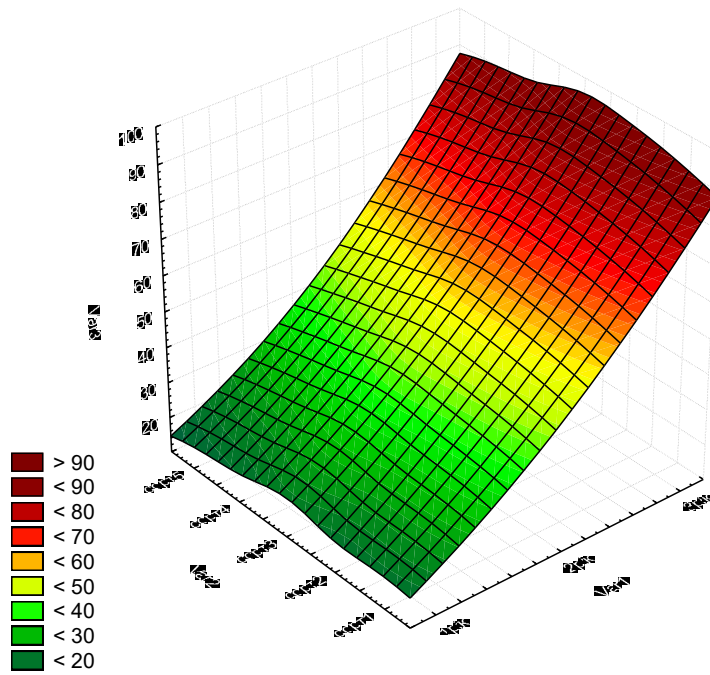
**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	160994,4	1	160994,4	3937363	0,00
<b>"Var1"</b>	37990,2	2	18995,1	464554	0,00
<b>"Var2"</b>	340,6	4	85,2	2083	0,00
<b>"Var1"*"Var2"</b>	32,1	8	4,0	98	0,00
<b>Error</b>	1,8	45	0,0		

НІР<sub>05</sub> фактор А 1,62

НІР<sub>05</sub> фактор Б 21,50

НІР<sub>05</sub> фактор А і Б 0,29



**Рис. А.5. Поверхня відгуку урожайності за вологою біомасою сортів міскантусу залежно від років досліджень**

**Урожайність сортів міскантусу за сухою біомасою, 2020-2024 рр.**

Сорт	1ВП	2ВП	3ВП	Середнє
Верум	5,7	12,5	18,3	12,2
Осінній зорецвіт	5,5	13,0	19,0	12,5
Гулівер	6,4	13,4	19,5	13,1
Біотех	5,3	12,3	18,2	11,9
Універсальний	4,9	11,3	17,9	11,4
Середнє	5,6	12,5	18,6	12,2

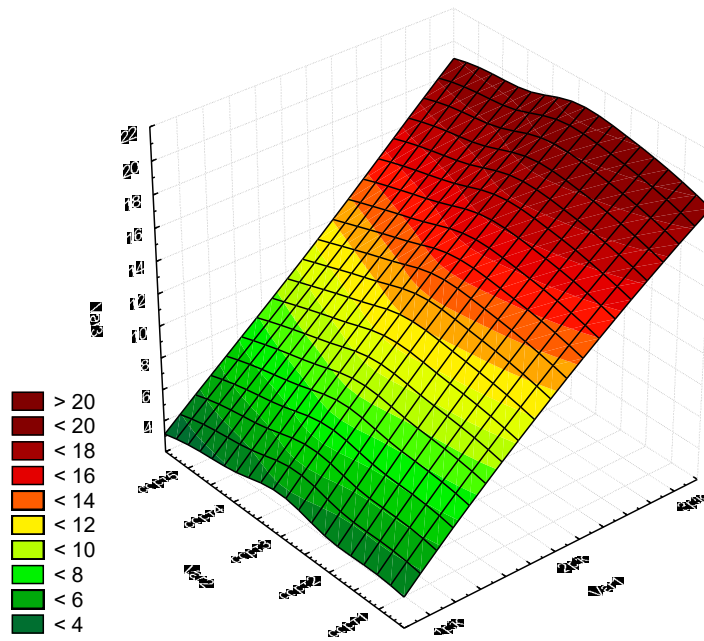
**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet8) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	8949,931	1	8949,931	947639,7	0,000000
<b>"Var1"</b>	1697,337	2	848,669	89859,0	0,000000
<b>"Var2"</b>	19,228	4	4,807	509,0	0,000000
<b>"Var1"*"Var2"</b>	2,339	8	0,292	31,0	0,000000
<b>Error</b>	0,425	45	0,009		

НІР<sub>05</sub> фактор А 0,39

НІР<sub>05</sub> фактор Б 4,55

НІР<sub>05</sub> фактор А і Б 0,14



**Рис. А.6. Поверхня відгуку урожайності за сухою біомасою сортів міскантусу залежно від років досліджень**

**ДОДАТОК Б**  
**Статистичний обрахунок кількісних показників рослин міскантусу**  
**гігантського залежно від виду насадження**

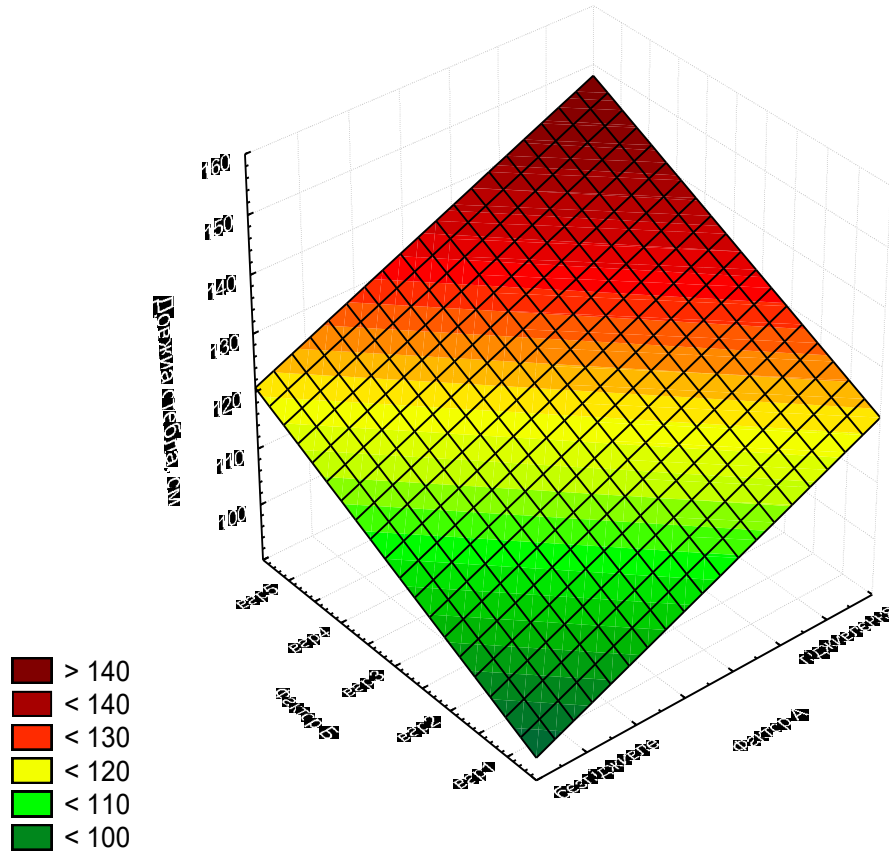
**Довжина стебла міскантусу гігантського, 1 рік вегетації**

Фактор А (вид насадження)	Фактор Б (підживлення)	Повторення				середнє
		1	2	3	4	
Без підживлення	вар1	104,3	104,6	105	104	104,5
	вар2	109,2	108,4	108,5	108,6	108,7
	вар3	112,6	112,3	112	112,8	112,4
	вар4	115,9	116,5	116,7	116,1	116,3
	вар5	114,2	114	114,3	114,3	114,2
Середнє		111,2	111,2	111,3	111,2	111,2
Підживлення	вар1	115,4	115,1	115,3	115,2	115,3
	вар2	121,1	121,5	121,3	121,2	121,3
	вар3	128,8	129,0	129,1	128,7	128,9
	вар4	145,5	145,2	145	145,3	145,3
	вар5	143,3	143,4	143,3	142,8	143,2
Середнє		130,8	130,8	130,8	130,6	130,8

**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	585591,6	1	585591,6	7475637	0,00
<b>Фактор А</b>	3825,9	1	3825,9	48842	0,00
<b>Фактор Б</b>	2522,4	4	630,6	8050	0,00
<b>Фактор А*Фактор Б</b>	624,8	4	156,2	1994	0,00
<b>Error</b>	2,4	30	0,1		

$HP_{05}$  (фактор А) 5,82  
 $HP_{05}$  (фактор Б) 12,7  
 $HP_{05}$  (фактор А і Б) 0,47



**Рис. Б.1. Поверхня відгуку довжини стебла міскантусу залежно від Факторів А і Б, 1 рік**

## Довжина стебла міскантусу гігантського, 2 рік вегетації

Фактор А (вид насадження)	Фактор Б (підживлення)	Повторення				середнє
		1	2	3	4	
Без підживлення	вар1	151,1	151,7	151,5	151,4	151,4
	вар2	156,8	157,0	156,6	156,7	156,8
	вар3	165,2	165,4	166,0	165,4	165,5
	вар4	172,5	172,0	172,4	172,3	172,3
	вар5	170,6	170,4	170,2	170,5	170,4
Середнє		163,2	163,3	163,3	163,3	163,3
Підживлення	вар1	159,5	159,3	159,9	159,7	159,6
	вар2	168,7	169,2	168,6	169,0	168,9
	вар3	175,3	175,0	175,4	175,3	175,3
	вар4	185,2	185,5	185,4	185,2	185,3
	вар5	182,2	182,4	182,5	182,6	182,4
Середнє		174,2	174,3	174,4	174,4	174,3

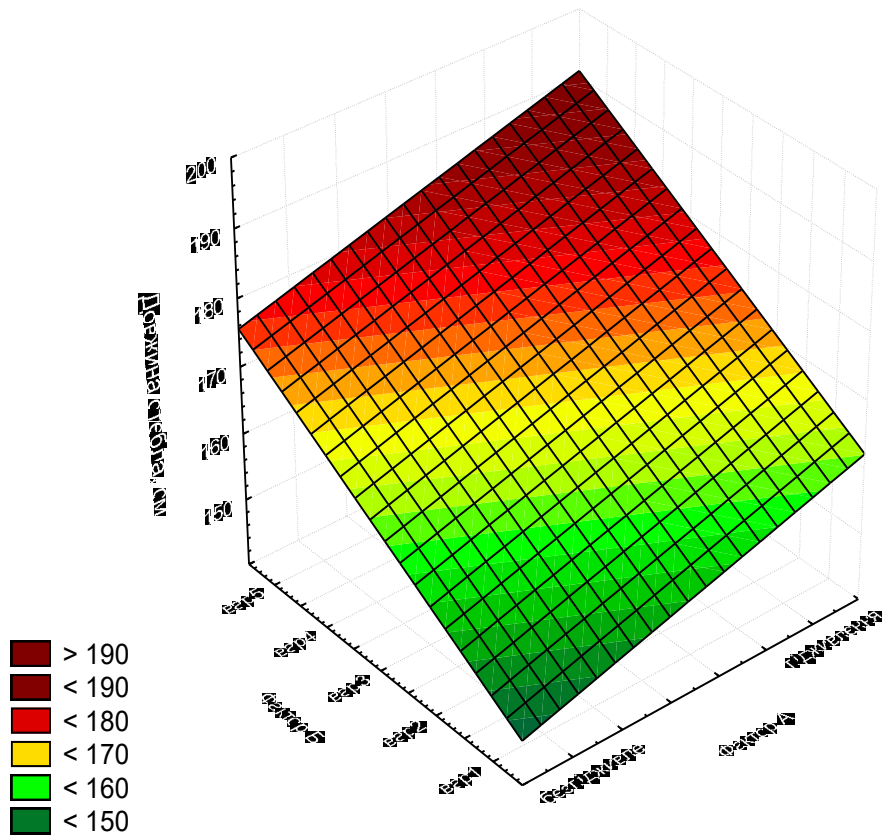
## Таблиця дисперсійного аналізу

Univariate Tests of Significance for Довжина стебла, см (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	1139603	1	1139603	22272363	0,00
<b>Фактор А</b>	1212	1	1212	23691	0,00
<b>Фактор Б</b>	2985	4	746	14585	0,00
<b>Фактор А*Фактор Б</b>	32	4	8	155	0,00
<b>Error</b>	2	30	0		

НІР<sub>05</sub> (фактор А) 5,70

НІР<sub>05</sub> (фактор Б) 6,71

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,38



**Рис. Б.2. Поверхня відгуку довжини стебла міскантусу залежно від Факторів А і Б, 2 рік**

## Довжина стебла міскантусу гігантського, 3 рік вегетації

Фактор А (вид насадження)	Фактор Б (підживлення)	Повторення				середнє
		1	2	3	4	
Без підживлення	вар1	162,5	162,0	162,1	162,4	162,3
	вар2	167,7	168,0	167,5	167,8	167,8
	вар3	182,4	182,0	182,1	181,8	182,1
	вар4	189,8	190,3	190,1	190,4	190,2
	вар5	186,2	186,4	186,6	186,5	186,4
Середнє		177,7	177,7	177,7	177,8	177,7
Підживлення	вар1	171,3	171,5	171,4	171,3	171,4
	вар2	188,6	188,2	188,4	188,2	188,4
	вар3	192,1	192,0	192,3	192,0	192,1
	вар4	203,1	203,6	203,5	203,3	203,4
	вар5	197,8	197,7	197,5	198,0	197,8
Середнє		190,6	190,6	190,6	190,6	190,6

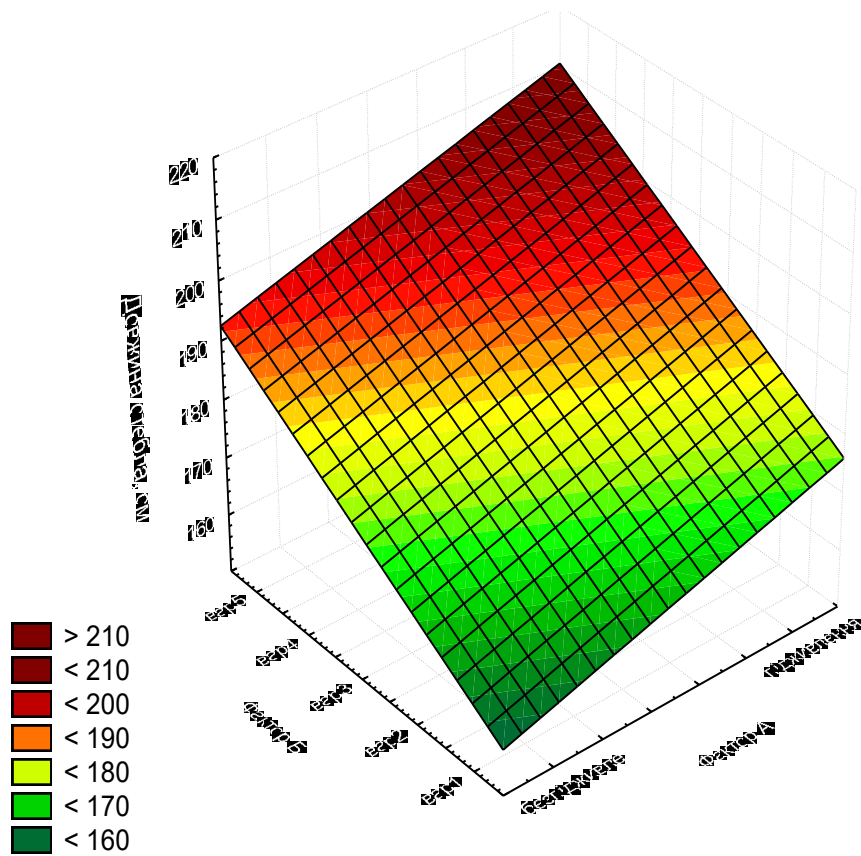
## Таблиця дисперсійного аналізу

Univariate Tests of Significance for Довжина стебла, см (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	1356596	1	1356596	32299910	0,00
<b>Фактор А</b>	1654	1	1654	39376	0,00
<b>Фактор Б</b>	4548	4	1137	27072	0,00
<b>Фактор А*Фактор Б</b>	169	4	42	1005	0,00
<b>Error</b>	1	30	0		

НІР<sub>05</sub> (фактор А) 7,13

НІР<sub>05</sub> (фактор Б) 8,12

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,34



**Рис. Б.3. Поверхня відгуку довжини стебла міскантусу залежно від Факторів А і Б, 3 рік**

## Довжина стебла міскантусу гігантського, за три роки

Фактор А (рік)	Фактор Б (вид насадження)	Фактор В (підживлення)	Повторення				середнє
			1	2	3	4	
1-й	Без підживлення (контроль)	вар1	104,3	104,6	105,0	104,0	104,5
		вар2	109,2	108,4	108,5	108,6	108,7
		вар3	112,6	112,3	112,0	112,8	112,4
		вар4	115,9	116,5	116,7	116,1	116,3
		вар5	114,2	114	114,3	114,3	114,2
	Середнє		111,2	111,2	111,3	111,2	111,2
	Підживлення	вар1	115,4	115,1	115,3	115,2	115,3
		вар2	121,1	121,5	121,3	121,2	121,3
		вар3	128,8	129	129,1	128,7	128,9
		вар4	145,5	145,2	145	145,3	145,3
		вар5	143,3	143,4	143,3	142,8	143,2
Середнє		130,8	130,8	130,8	130,6	130,8	
2-й	Без підживлення (контроль)	вар1	151,1	151,7	151,5	151,4	151,4
		вар2	156,8	157,0	156,6	156,7	156,8
		вар3	165,2	165,4	166,0	165,4	165,5
		вар4	172,5	172,0	172,4	172,3	172,3
		вар5	170,6	170,4	170,2	170,5	170,4
	Середнє		163,2	163,3	163,3	163,3	163,3
	Підживлення	вар1	159,5	159,3	159,9	159,7	159,6
		вар2	168,7	169,2	168,6	169,0	168,9
		вар3	175,3	175,0	175,4	175,3	175,3
		вар4	185,2	185,5	185,4	185,2	185,3
		вар5	182,2	182,4	182,5	182,6	182,4
Середнє		174,2	174,3	174,4	174,4	174,3	
3-й	Без підживлення (контроль)	вар1	162,5	162,0	162,1	162,4	162,3
		вар2	167,7	168,0	167,5	167,8	167,8
		вар3	182,4	182,0	182,1	181,8	182,1
		вар4	189,8	190,3	190,1	190,4	190,2
		вар5	186,2	186,4	186,6	186,5	186,4
	Середнє		177,7	177,7	177,7	177,8	177,7

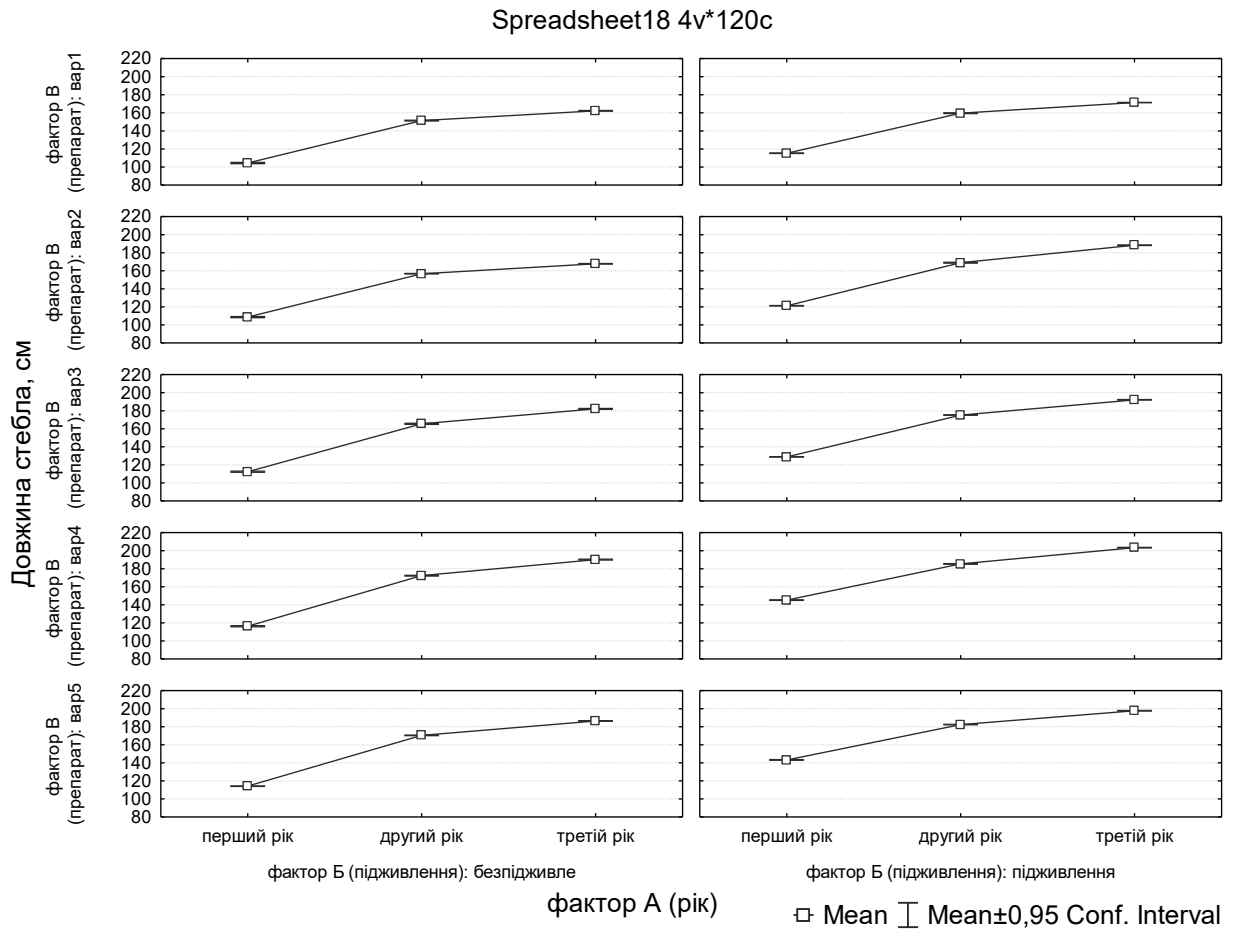
Продовження табл.

	Підживлення	вар1	171,3	171,5	171,4	171,3	171,4
		вар2	188,6	188,2	188,4	188,2	188,4
		вар3	192,1	192,0	192,3	192,0	192,1
		вар4	203,1	203,6	203,5	203,3	203,4
		вар5	197,8	197,7	197,5	198,0	197,8
	Середнє		190,6	190,6	190,6	190,6	190,6

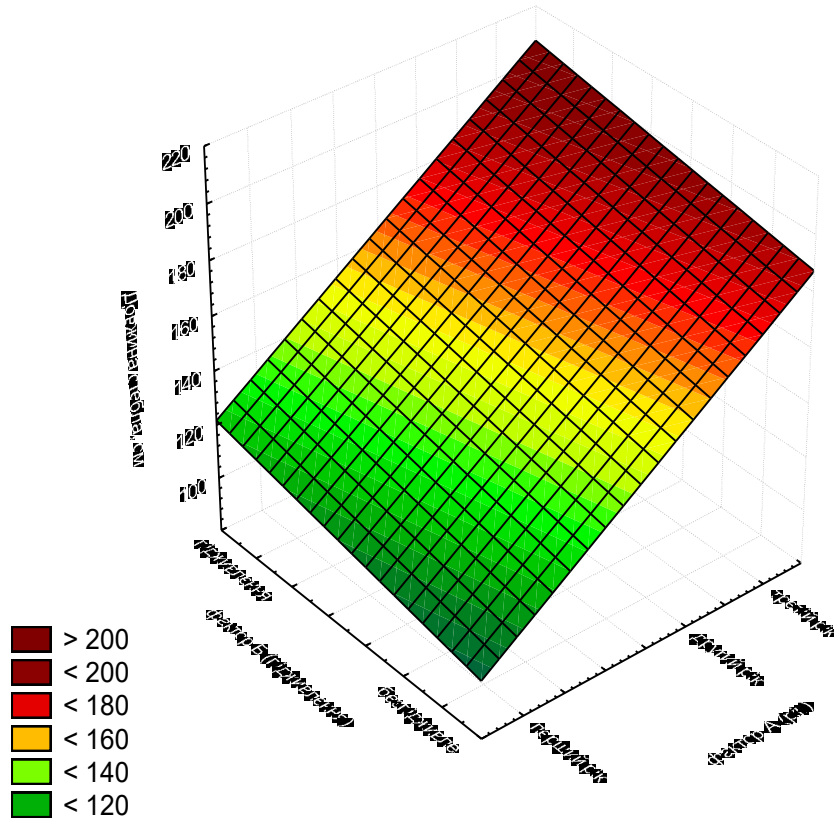
**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for Довжина стебла, см (Spreadsheet18) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	2994985	1	2994985	52390405	0,00
<b>фактор А (рік)</b>	86806	2	43403	759232	0,00
<b>фактор Б (вид насадження)</b>	6287	1	6287	109980	0,00
<b>фактор В (підживлення)</b>	9813	4	2453	42916	0,00
<b>фактор А *фактор Б</b>	405	2	202	3540	0,00
<b>фактор А *фактор В</b>	242	8	30	529	0,00
<b>фактор Б *фактор В</b>	339	4	85	1482	0,00
<b>фактор А *фактор Б *фактор В</b>	486	8	61	1063	0,00
<b>Error</b>	5	90	0		

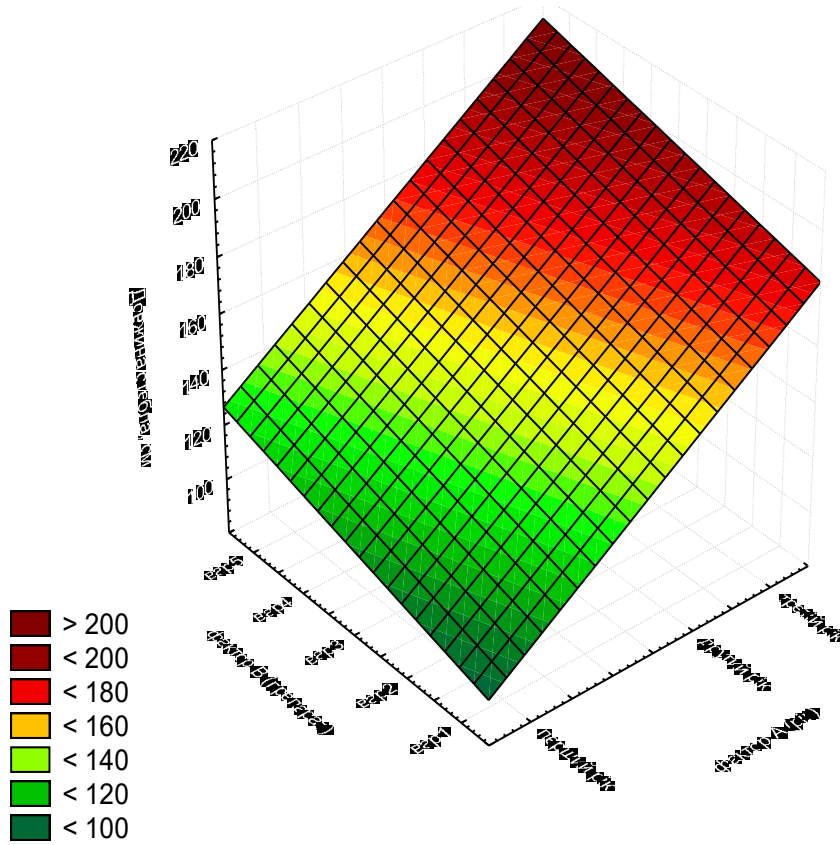
НІР<sub>05</sub> (фактор А) 5,71НІР<sub>05</sub> (фактор Б) 10,42НІР<sub>05</sub> (фактор В) 18,2НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 6,93НІР<sub>05</sub> (фактор А і В) 10,11НІР<sub>05</sub> (фактор Б і В) 27,10НІР<sub>05</sub> (фактор А Б В) 0,42



**Рис. Б.4. Коробкові графіки залежностей довжини стебла міскантусу гігантського від досліджуваних факторів**



**Рис. Б.5. Поверхня відгуку довжини стебла міскантусу залежно від Факторів А і Б, за три роки**



**Рис. Б.6. Поверхня відгуку довжини стебла міскантусу залежно від Факторів А і В, за три роки**

**Кількість стебел міскантусу гігантського, 1 рік вегетації**

Фактор А (вид насадження)	Фактор Б (підживлення)	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
Без підживлення	вар1	1,7	2,1	2,0	2,2	2,0
	вар2	1,8	2,1	1,9	2,2	2,0
	вар3	2,9	3,0	3,1	3,0	3,0
	вар4	5,1	4,8	5,0	4,9	5,0
	вар5	3,9	4,0	3,9	4,1	4,0
Середнє		3,1	3,2	3,2	3,3	3,2
Підживлення	вар1	2,1	2,0	2,0	1,9	2,0
	вар2	3,0	3,1	2,9	2,9	3,0
	вар3	3,9	4,1	4,0	4,0	4,0
	вар4	6,8	7,1	7,0	6,9	7,0
	вар5	5,0	4,9	5,0	5,0	5,0
Середнє		4,2	4,2	4,2	4,1	4,2

**Таблиця дисперсійного аналізу**

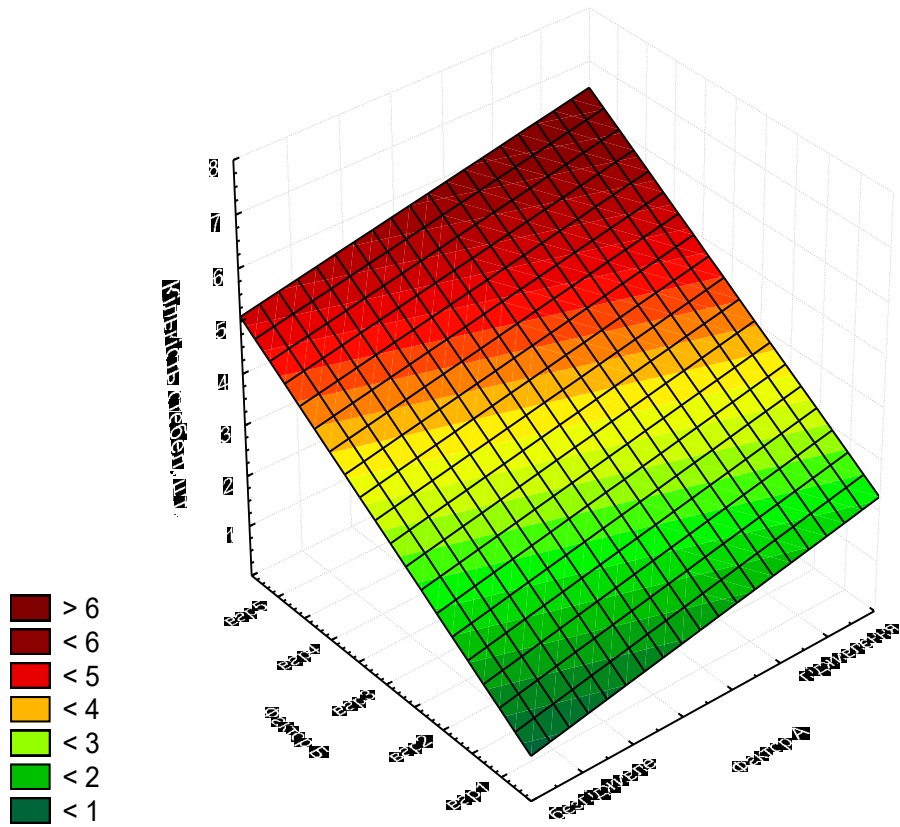
Univariate Tests of Significance for Кількість стебел, шт. (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization  
Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	542,4323	1	542,4323	35184,79	0,000000
<b>Фактор А</b>	9,9002	1	9,9002	642,18	0,000000
<b>Фактор Б</b>	80,4940	4	20,1235	1305,31	0,000000
<b>Фактор А*Фактор Б</b>	4,0010	4	1,0003	64,88	0,000000
<b>Error</b>	0,4625	30	0,0154		

НІР<sub>05</sub> (фактор А) 0,96

НІР<sub>05</sub> (фактор Б) 0,72

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,21



**Рис. Б.7. Поверхня відгуку кількості стебел міскантусу залежно від Факторів А і Б, 1 рік**

**Кількість стебел міскантусу гігантського, 2 рік вегетації**

Фактор А (вид насадження)	Фактор Б (підживлення)	Повторення				середнє
		1	2	3	4	
Без підживлення	вар1	6,1	5,8	5,9	6,0	6,0
	вар2	6,9	7,0	7,0	7,2	7,0
	вар3	7,0	6,9	7,1	7,0	7,0
	вар4	12,1	11,9	11,9	12,0	12,0
	вар5	9,9	10,0	10,1	10,0	10,0
Середнє		8,4	8,3	8,4	8,4	8,4
Підживлення	вар1	7,8	8,0	8,1	8,0	8,0
	вар2	9,1	9,0	8,9	8,9	9,0
	вар3	10,8	11,0	11,2	10,9	11,0
	вар4	13,9	14,0	14,0	13,9	14,0
	вар5	11,9	12,1	11,8	12,0	12,0
Середнє		10,7	10,8	10,8	10,7	10,8

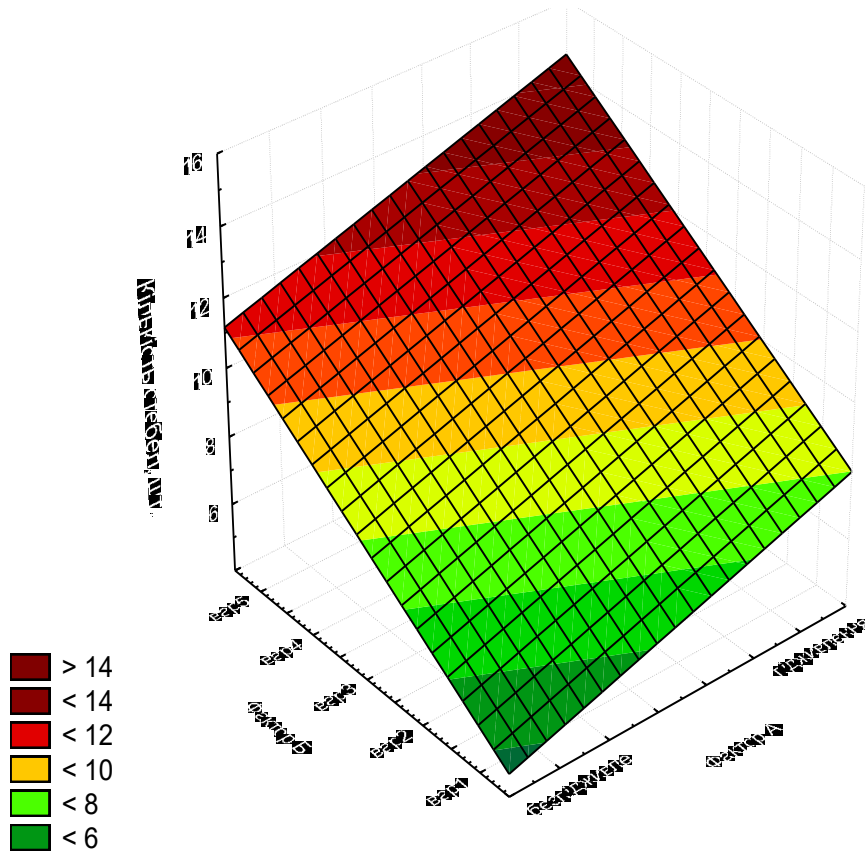
**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for Кількість стебел, шт. (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	3669,140	1	3669,140	284062,5	0,00
<b>Фактор А</b>	56,406	1	56,406	4366,9	0,00
<b>Фактор Б</b>	184,689	4	46,172	3574,6	0,00
<b>Фактор А*Фактор Б</b>	6,408	4	1,602	124,0	0,00
<b>Error</b>	0,388	30	0,013		

НІР<sub>05</sub> (фактор А) 1,44

НІР<sub>05</sub> (фактор Б) 1,51

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,19



**Рис. Б.8. Поверхня відгуку кількості стебел міскантусу залежно від Факторів А і Б, 2 рік**

**Кількість стебел міскантусу гігантського, 3 рік вегетації**

Фактор А (вид насаджень)	Фактор Б (підживлення)	Повторення				середнє
		1	2	3	4	
Без підживлення	вар1	18,9	19,0	19,0	19,0	19,0
	вар2	20,1	20,0	19,9	20,0	20,0
	вар3	21,9	22,0	22,1	22,0	22,0
	вар4	24,1	23,8	23,9	24,0	24,0
	вар5	23,0	23,1	22,9	23,0	23,0
Середнє		21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
Підживлення	вар1	20,1	20,0	20,0	19,8	20,0
	вар2	21,0	21,1	20,9	21,0	21,0
	вар3	23,8	24,1	24,0	24,0	24,0
	вар4	26,0	25,9	26,0	26,0	26,0
	вар5	24,8	25,0	25,0	25,1	25,0
Середнє		23,1	23,2	23,2	23,2	23,2

**Таблиця дисперсійного аналізу**

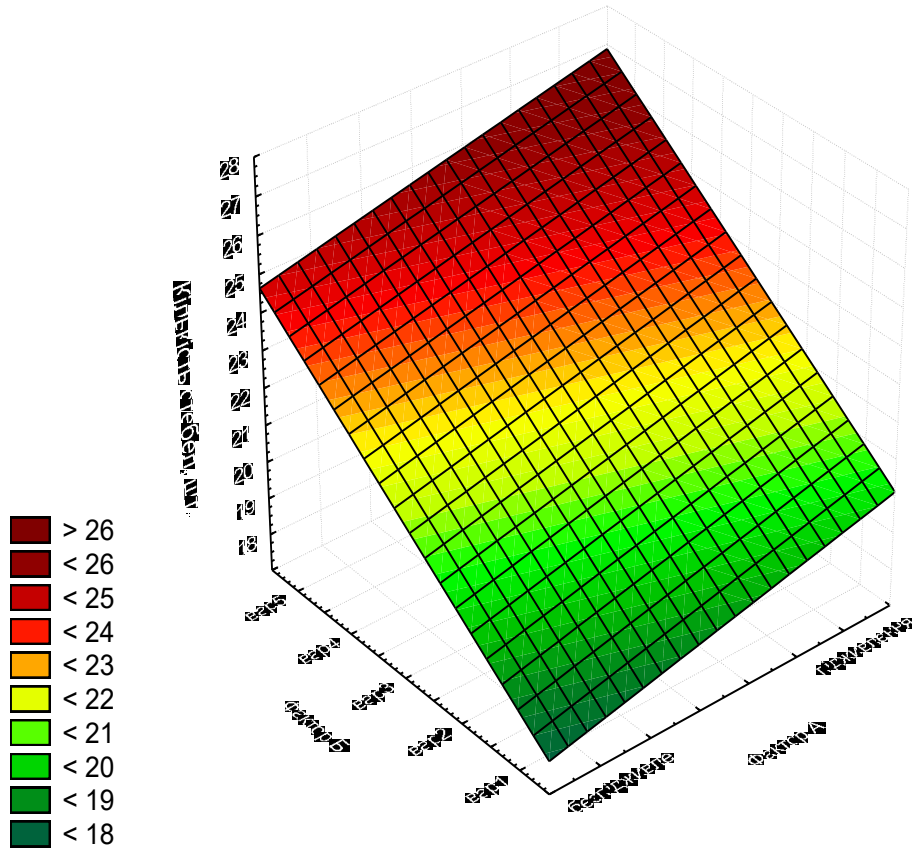
Univariate Tests of Significance for Кількість стебел, шт. (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization  
Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	20039,05	1	20039,05	2091032	0,000000
<b>Фактор А</b>	25,44	1	25,44	2655	0,000000
<b>Фактор Б</b>	172,77	4	43,19	4507	0,000000
<b>Фактор А*Фактор Б</b>	2,36	4	0,59	62	0,000000
<b>Error</b>	0,29	30	0,01		

НІР<sub>05</sub> (фактор А) 1,37

НІР<sub>05</sub> (фактор Б) 1,01

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,16



**Рис. Б.9. Поверхня відгуку кількості стебел міскантусу залежно від Факторів А і Б, 3 рік**

**Кількість стебел міскантусу гігантського, за три роки**

Фактор А (рік)	Фактор Б (вид насадження)	Фактор В (підживлення)	Повторення				Середнє	
			1	2	3	4		
1-й	Без підживлення (контроль)	вар1	1,7	2,1	2,0	2,2	2,0	
		вар2	1,8	2,1	1,9	2,2	2,0	
		вар3	2,9	3,0	3,1	3,0	3,0	
		вар4	5,1	4,8	5,0	4,9	5,0	
		вар5	3,9	4,0	3,9	4,1	4,0	
	Середнє			3,1	3,2	3,2	3,3	3,2
	Підживлення	вар1	2,1	2,0	2,0	1,9	2,0	
		вар2	3,0	3,1	2,9	2,9	3,0	
		вар3	3,9	4,1	4,0	4,0	4,0	
		вар4	6,8	7,1	7,0	6,9	7,0	
		вар5	5,0	4,9	5,0	5,0	5,0	
	Середнє			4,2	4,2	4,2	4,1	4,2
	2-й	Без підживлення (контроль)	вар1	6,1	5,8	5,9	6,0	6,0
			вар2	6,9	7,0	7,0	7,2	7,0
вар3			7,0	6,9	7,1	7,0	7,0	
вар4			12,1	11,9	11,9	12,0	12,0	
вар5			9,9	10,0	10,1	10,0	10,0	
Середнє			8,4	8,3	8,4	8,4	8,4	
Підживлення		вар1	7,8	8,0	8,1	8,0	8,0	
		вар2	9,1	9,0	8,9	8,9	9,0	
		вар3	10,8	11,0	11,2	10,9	11,0	
		вар4	13,9	14,0	14,0	13,9	14,0	
		вар5	11,9	12,1	11,8	12,0	12,0	
Середнє			10,7	10,8	10,8	10,7	10,8	
3-й		Без підживлення (контроль)	вар1	18,9	19,0	19,0	19,0	19,0
			вар2	20,1	20,0	19,9	20,0	20,0
	вар3		21,9	22,0	22,1	22,0	22,0	
	вар4		24,1	23,8	23,9	24,0	24,0	
	вар5		23,0	23,1	22,9	23,0	23,0	
	Середнє			21,6	21,6	21,6	21,6	21,6

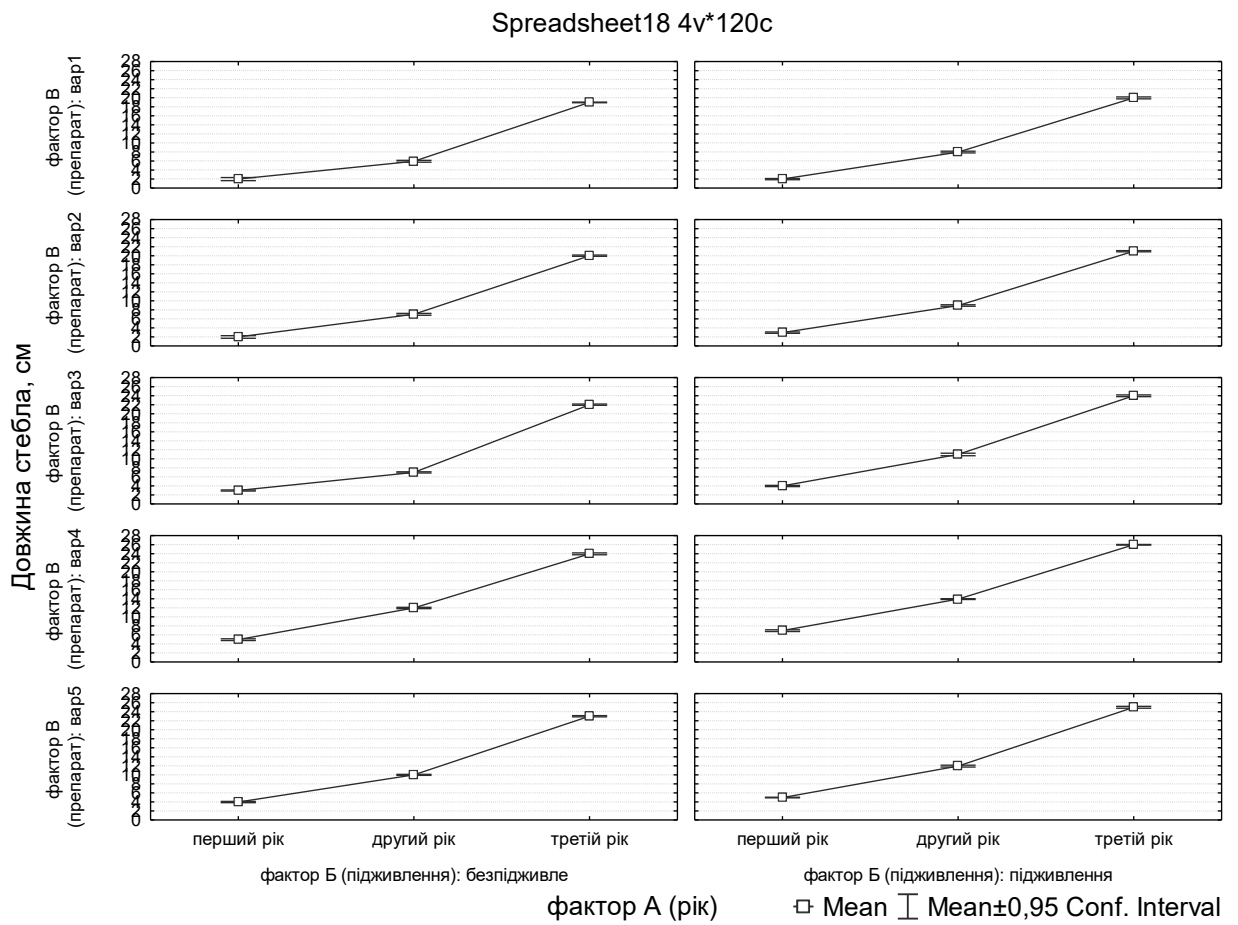
Продовження табл.

	Підживлення	вар1	20,1	20,0	20,0	19,8	20,0
		вар2	21,0	21,1	20,9	21,0	21,0
		вар3	23,8	24,1	24,0	24,0	24,0
		вар4	26,0	25,9	26,0	26,0	26,0
		вар5	24,8	25,0	25,0	25,1	25,0
	Середнє		21,6	23,1	23,2	23,2	23,2

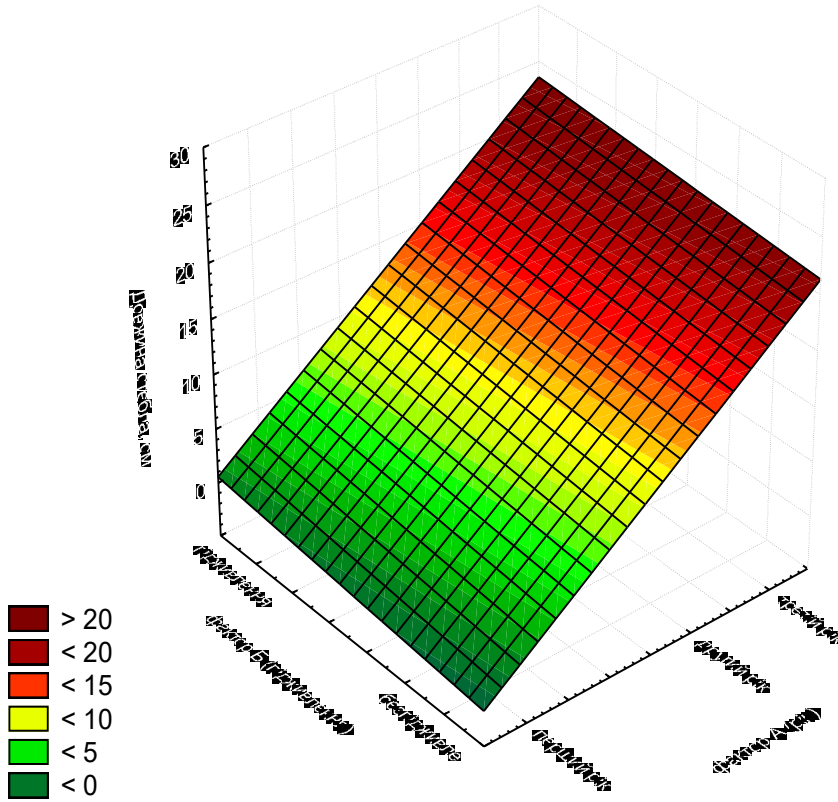
**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for Довжина стебла, см (Spreadsheet18) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	16938,50	1	16938,50	1340189	0,00
<b>фактор А (рік)</b>	7312,12	2	3656,06	289271	0,00
<b>фактор Б (підживлення)</b>	82,17	1	82,17	6501	0,00
<b>фактор В (препарат)</b>	415,43	4	103,86	8217	0,00
<b>фактор А *фактор Б</b>	9,58	2	4,79	379	0,00
<b>фактор А *фактор В</b>	22,52	8	2,82	223	0,00
<b>фактор Б *фактор В</b>	6,57	4	1,64	130	0,00
<b>фактор А *фактор Б *фактор В</b>	6,20	8	0,77	61	0,00
<b>Error</b>	1,14	90	0,01		

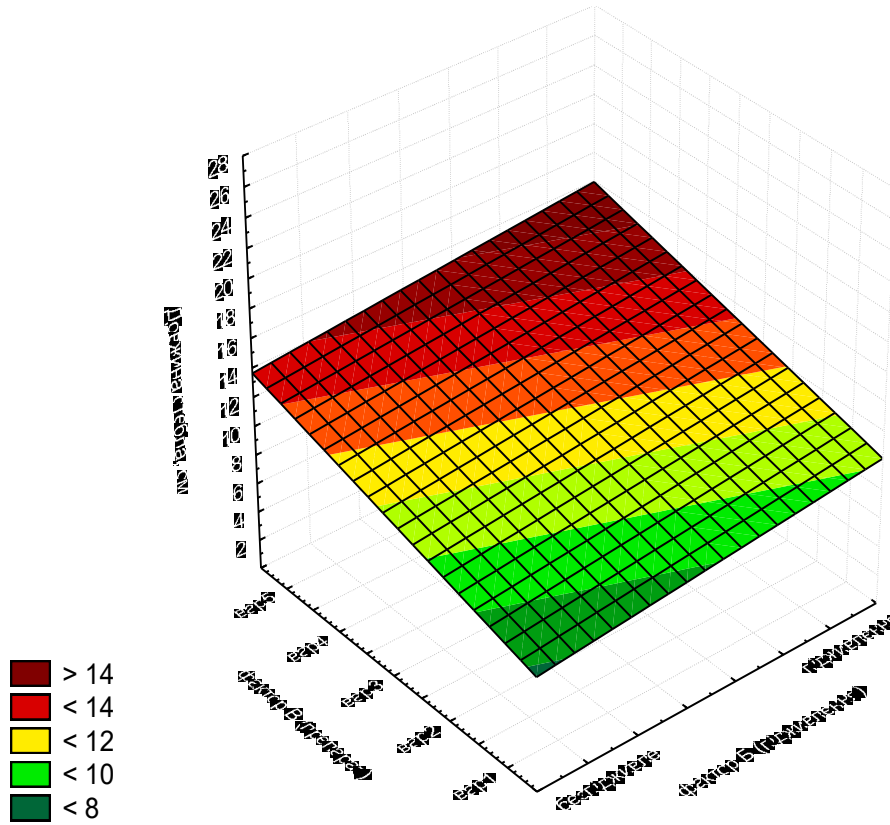
НІР<sub>05</sub> (фактор А) 1,00НІР<sub>05</sub> (фактор Б) 2,93НІР<sub>05</sub> (фактор В) 5,12НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 1,41НІР<sub>05</sub> (фактор А і В) 1,21НІР<sub>05</sub> (фактор Б і В) 7,82НІР<sub>05</sub> (фактор А Б В) 0,19



**Рис. Б.10. Коробкові графіки залежностей кількості стебел міскантусу гігантського від досліджуваних факторів**



**Рис. Б.11. Поверхня відгуку кількості стебел міскантусу залежно від Факторів А і Б, за три роки**



**Рис. Б.12. Поверхня відгуку кількості стебел міскантусу залежно від Факторів А і В, за три роки**

**Математичний обрахунок результатів досліджень з вивчення впливу  
виду насадження та підживлення на врожайність міскантусу  
гігантського, 2020-2024 рр.**

**Урожайність міскантусу гігантського залежно від досліджуваних  
чинників, 2020-2024 рр.**

Рік	Вид насадження (чинник А)	Підживлення (чинник Б)	Повторення				Середнє
			1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6	7	8
Третій	одновидові	варіант 1	15,1	15,2	15,3	15,2	15,2
		варіант 2	15,7	15,6	15,7	15,7	15,7
		варіант 3	15,9	15,9	15,9	15,8	15,9
		варіант 4	16,3	16,2	16,2	16,2	16,2
		варіант 5	16,1	16	16	16,1	16,1
	бінарні	варіант 1	16,9	16,7	16,7	16,8	16,8
		варіант 2	17,7	17,8	17,7	17,6	17,7
		варіант 3	17,6	17,6	17,5	17,6	17,6
		варіант 4	17,4	17,3	17,5	17,5	17,4
		варіант 5	17,3	17,4	17,4	17,4	17,4
Четвертий	одновидові	варіант 1	18,9	19	19	19,1	19,0
		варіант 2	19,3	19,3	19,4	19,3	19,3
		варіант 3	19,7	19,6	19,6	19,5	19,6
		варіант 4	19,8	19,8	19,7	19,8	19,8
		варіант 5	19,8	19,8	19,8	19,7	19,8

*Продовження табл.*

1	2	3	4	5	6	7	8
Четвертий	бінарні	варіант 1	20,3	20,1	20,2	20,2	20,2
		варіант 2	20,8	20,7	20,8	20,8	20,8
		варіант 3	20,7	20,7	20,8	20,7	20,7
		варіант 4	20,4	20,5	20,6	20,5	20,5
		варіант 5	20,4	20,4	20,3	20,4	20,4
П'ятий	одновидові	варіант 1	23,2	23,1	23,1	23,1	23,1
		варіант 2	23,4	23,4	23,5	23,3	23,4
		варіант 3	23,6	23,6	23,7	23,6	23,6
		варіант 4	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7
		варіант 5	23,4	23,5	23,5	23,5	23,5
	бінарні	варіант 1	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5
		варіант 2	25	25,1	25	25	25,0
		варіант 3	24,7	24,8	24,9	24,8	24,8
		варіант 4	24,5	24,5	24,6	24,6	24,6
		варіант 5	24,3	24,3	24,3	24,2	24,3

**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for Урожай (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of - Freedom</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	49029,46	1	49029,46	12430004	0,000000
<b>ЧинникА</b>	1115,64	2	557,82	141419	0,000000
<b>ЧинникБ</b>	46,87	1	46,87	11884	0,000000
<b>ЧинникВ</b>	5,46	4	1,36	346	0,000000
<b>ЧинникА*ЧинникБ</b>	1,59	2	0,80	202	0,000000
<b>ЧинникА*ЧинникВ</b>	1,10	8	0,14	35	0,000000
<b>ЧинникБ*ЧинникВ</b>	2,70	4	0,67	171	0,000000
<b>ЧинникА*ЧинникБ*ЧинникВ</b>	0,10	8	0,01	3	0,002408
<b>Error</b>	0,35	90	0,00		

НІР05 (фактор А, рік) 0,31

НІР05 (фактор Б, вид насадження) 1,12

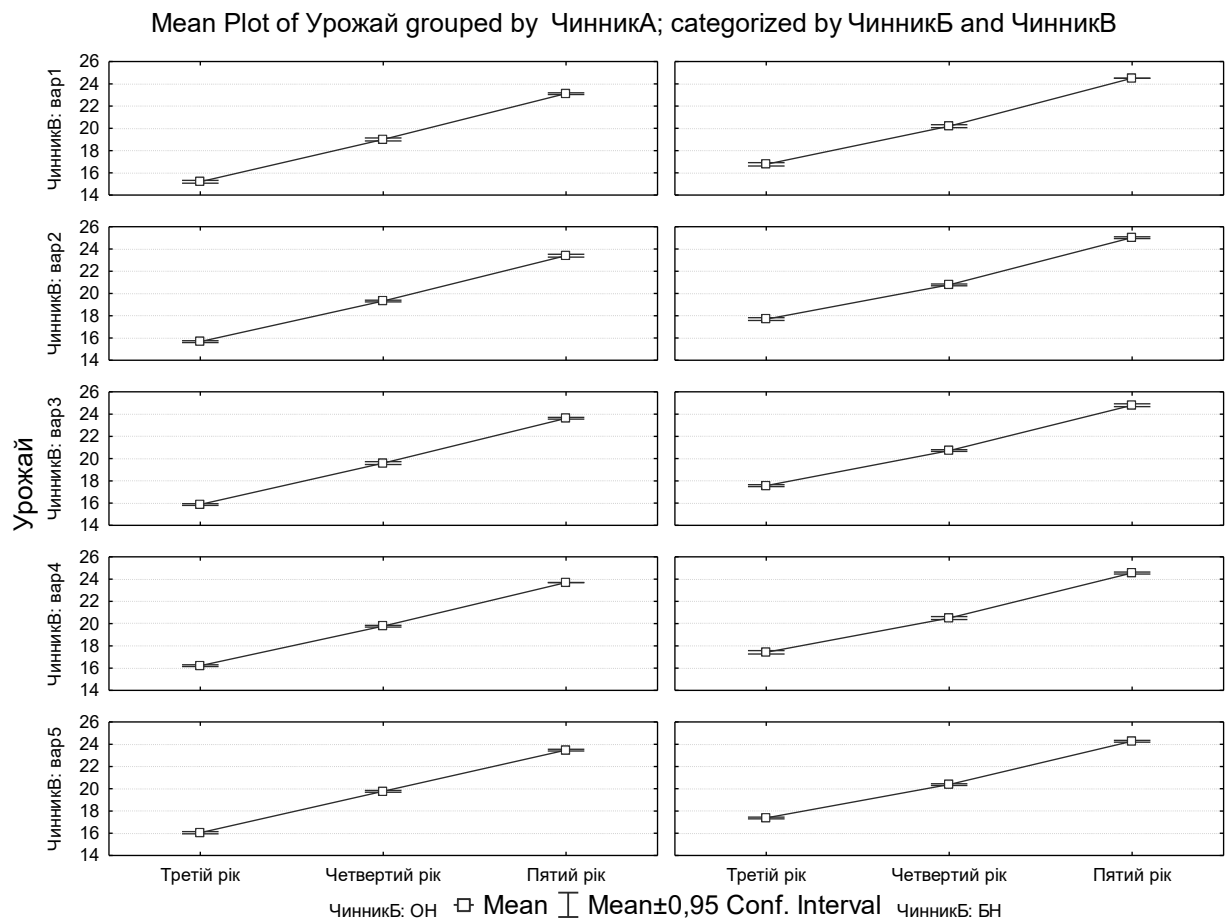
НІР05 (фактор В, підживлення) 1,85

НІР05 (фактор А і Б) 0,18

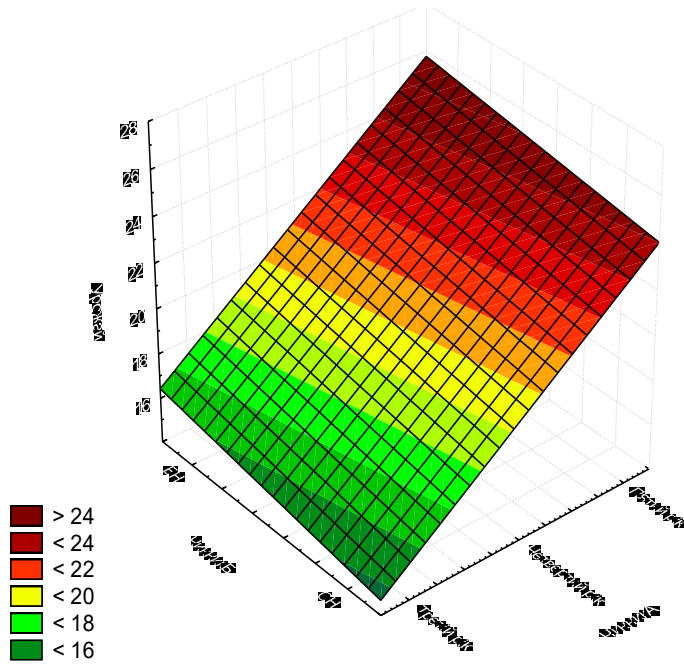
НІР05 (фактор А і В) 0,70

НІР05 (фактор Б і В) 2,58

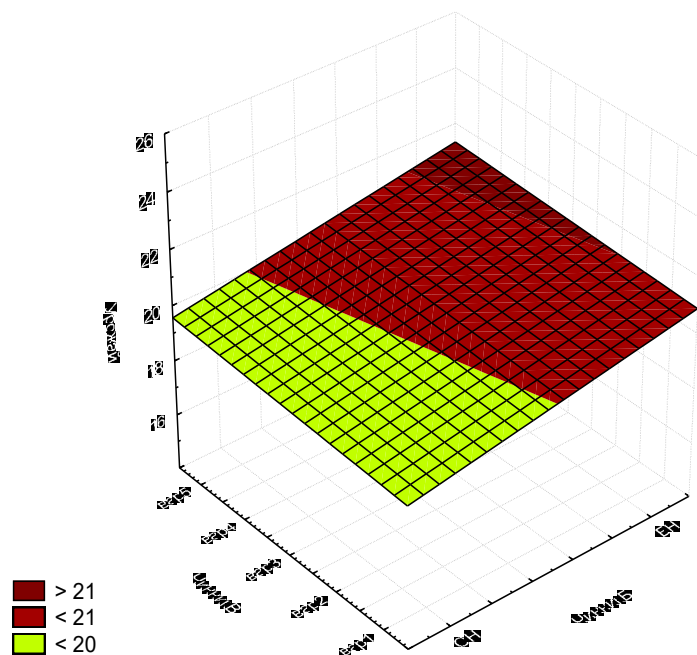
НІР05 (фактор А, Б, В) 0,88



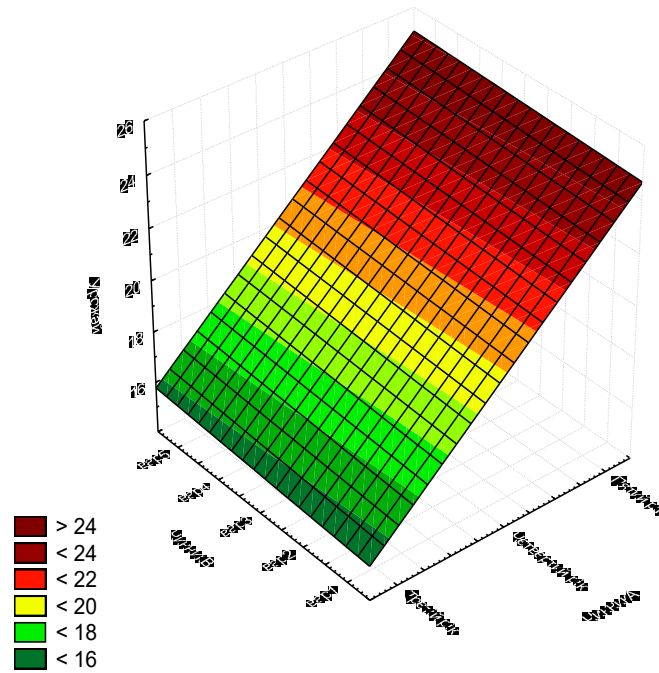
**Рис. Б.13. Коробкові графіки залежностей врожайності міскантусу гігантського від досліджуваних факторів**



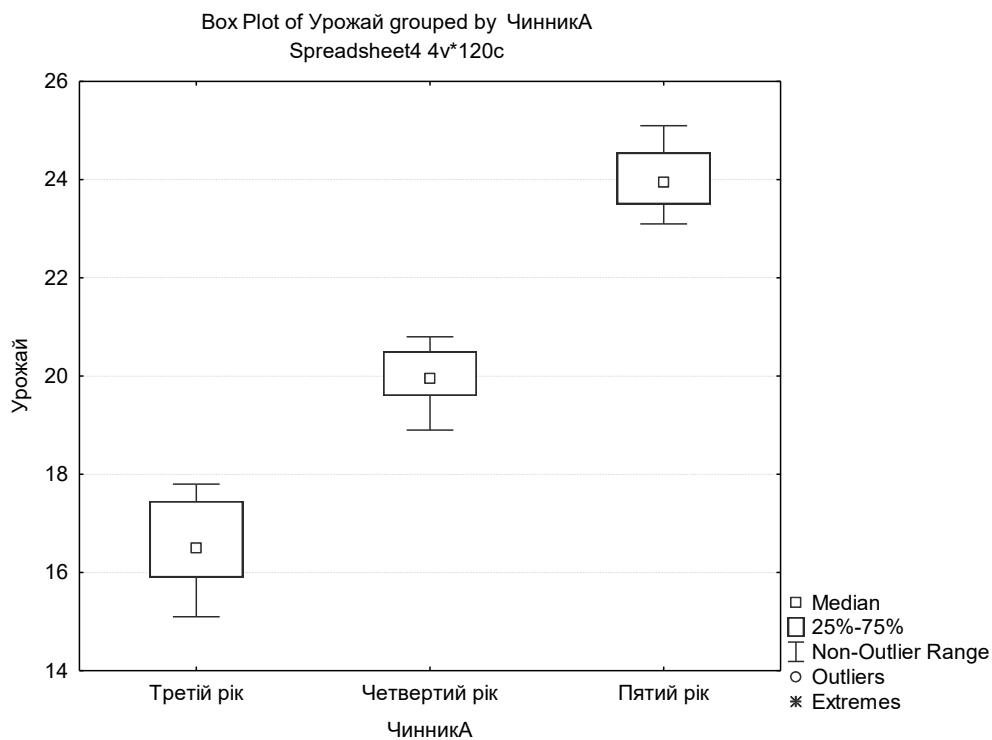
**Рис. Б14. Поверхня відгуку урожайності міскантусу залежно від виду насадження за роками дослідження**



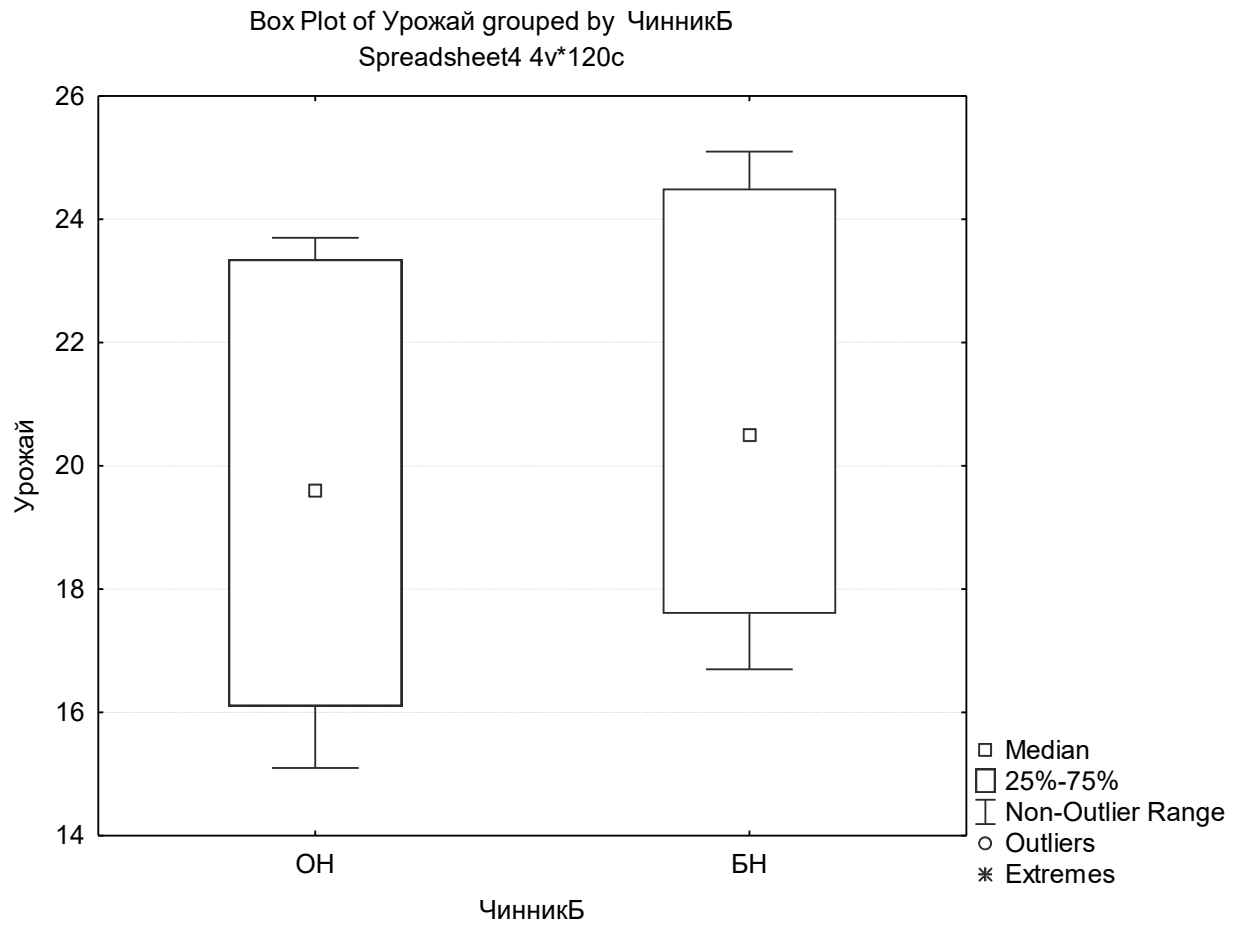
**Рис. Б15. Поверхня відгуку урожайності міскантусу залежно від виду насадження та підживлення**



**Рис. Б16. Поверхня відгуку урожайності міскантусу залежно від підживлення за роками дослідження**

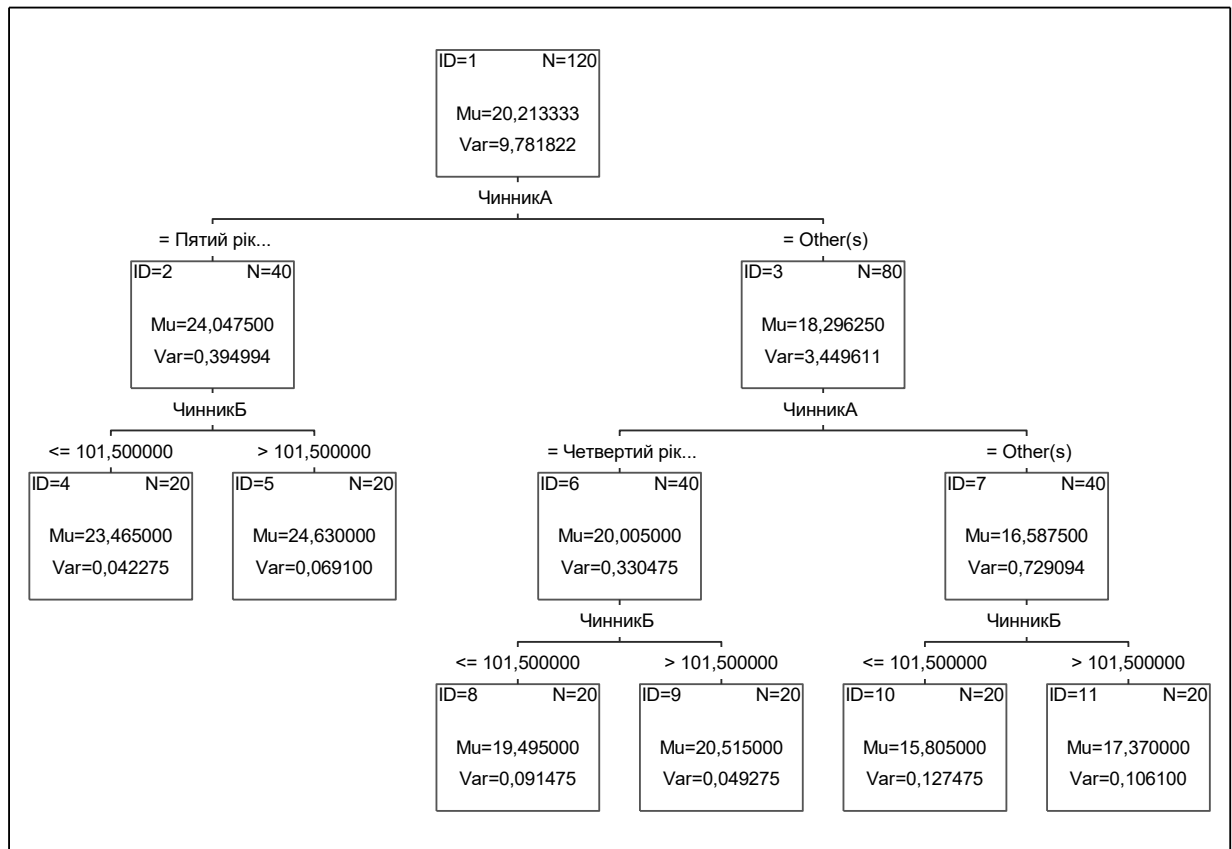


**Рис. Б16. Коробковий графік урожайності міскантусу залежно від року**



**Рис. Б17. Коробковий графік урожайності міскантусу залежно від виду насадження**

Tree 1 graph for Урожай  
 Num. of non-terminal nodes: 5, Num. of terminal nodes: 6



**Рис. Б18. Кластерний аналіз впливу досліджуваних чинників на врожайність міскантусу**

**Урожайність міскантусу гігантського залежно від досліджуваних чинників, третій рік**

Вид насадження (чинник А)	Підживлення (чинник Б)	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
одновидові	варіант 1	15,1	15,2	15,3	15,2	15,2
	варіант 2	15,7	15,6	15,7	15,7	15,7
	варіант 3	15,9	15,9	15,9	15,8	15,9
	варіант 4	16,3	16,2	16,2	16,2	16,2
	варіант 5	16,1	16,0	16,0	16,1	16,1
бінарні	варіант 1	16,9	16,7	16,7	16,8	16,8
	варіант 2	17,7	17,8	17,7	17,6	17,7
	варіант 3	17,6	17,6	17,5	17,6	17,6
	варіант 4	17,4	17,3	17,5	17,5	17,4
	варіант 5	17,3	17,4	17,4	17,4	17,4

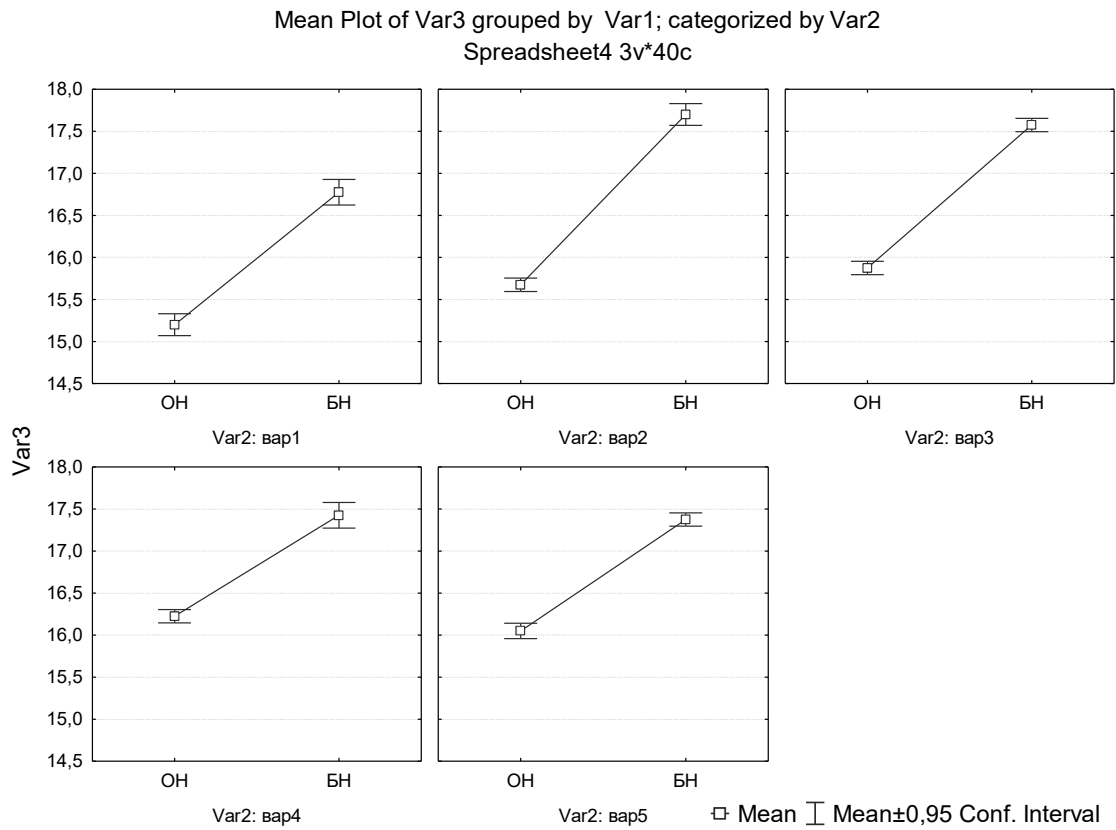
**Таблиця дисперсійного аналізу**

	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	11005,81	1	11005,81	2317012	0,000000
<b>"Var1"</b>	24,49	1	24,49	5156	0,000000
<b>"Var2"</b>	3,69	4	0,92	194	0,000000
<b>"Var1"*"Var2"</b>	0,84	4	0,21	44	0,000000
<b>Error</b>	0,14	30	0,00		

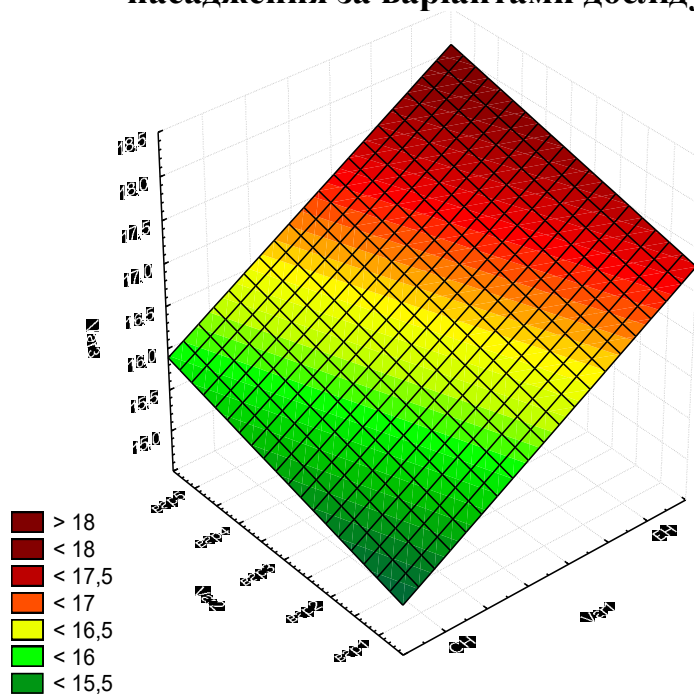
НІР05 (фактор Б, вид насадження) 0,22

НІР05 (фактор В, підживлення) 0,95

НІР05 (фактор Б і В) 0,12



**Рис. Б19.** Коробковий графік урожайності міскантусу залежно від виду насадження за варіантами дослідів



**Рис. Б20.** Поверхня відгуку урожайності міскантусу, Фактор А і Б

### Урожайність міскантусу гігантського залежно від досліджуваних чинників, четвертий рік

Вид насадження (чинник А)	Підживлення (чинник Б)	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
одновидові	варіант 1	18,9	19,0	19,0	19,1	19,0
	варіант 2	19,3	19,3	19,4	19,3	19,3
	варіант 3	19,7	19,6	19,6	19,5	19,6
	варіант 4	19,8	19,8	19,7	19,8	19,8
	варіант 5	19,8	19,8	19,8	19,7	19,8
бінарні	варіант 1	20,3	20,1	20,2	20,2	20,2
	варіант 2	20,8	20,7	20,8	20,8	20,8
	варіант 3	20,7	20,7	20,8	20,7	20,7
	варіант 4	20,4	20,5	20,6	20,5	20,5
	варіант 5	20,4	20,4	20,3	20,4	20,4

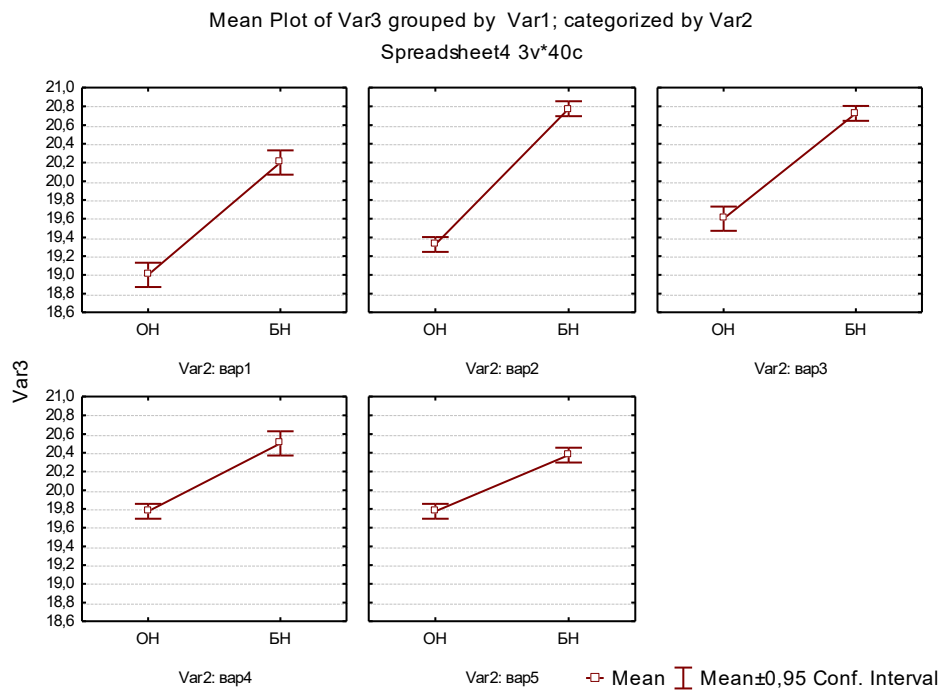
### Таблиця дисперсійного аналізу

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	16008,00	1	16008,00	3841920	0,000000
<b>"Var1"</b>	10,40	1	10,40	2497	0,000000
<b>"Var2"</b>	1,71	4	0,43	102	0,000000
<b>"Var1"*"Var2"</b>	0,98	4	0,25	59	0,000000
<b>Error</b>	0,13	30	0,00		

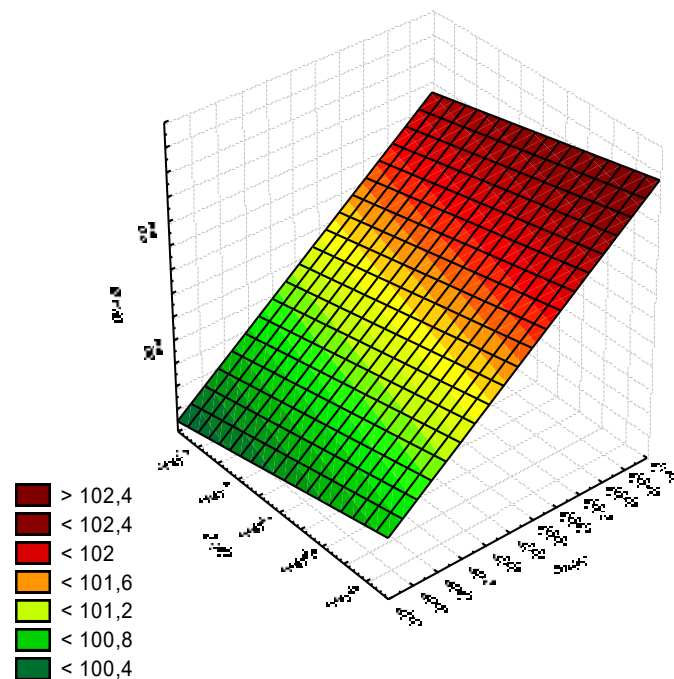
НІР05 (фактор Б, вид насадження) 0,17

НІР05 (фактор В, підживлення) 0,63

НІР05 (фактор Б і В) 0,11



**Рис. Б21. Коробковий графік урожайності міскантусу залежно від виду насадження за варіантами досліду**



**Рис. Б22. Поверхня відгуку урожайності міскантусу, Фактор А і Б**

### Урожайність міскантусу гігантського залежно від досліджуваних чинників, п'ятий рік

Вид насадження (чинник А)	Підживлення (чинник Б)	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
одновидові	варіант 1	23,2	23,1	23,1	23,1	23,1
	варіант 2	23,4	23,4	23,5	23,3	23,4
	варіант 3	23,6	23,6	23,7	23,6	23,6
	варіант 4	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7
	варіант 5	23,4	23,5	23,5	23,5	23,5
бінарні	варіант 1	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5
	варіант 2	25	25,1	25	25	25,0
	варіант 3	24,7	24,8	24,9	24,8	24,8
	варіант 4	24,5	24,5	24,6	24,6	24,6
	варіант 5	24,3	24,3	24,3	24,2	24,3

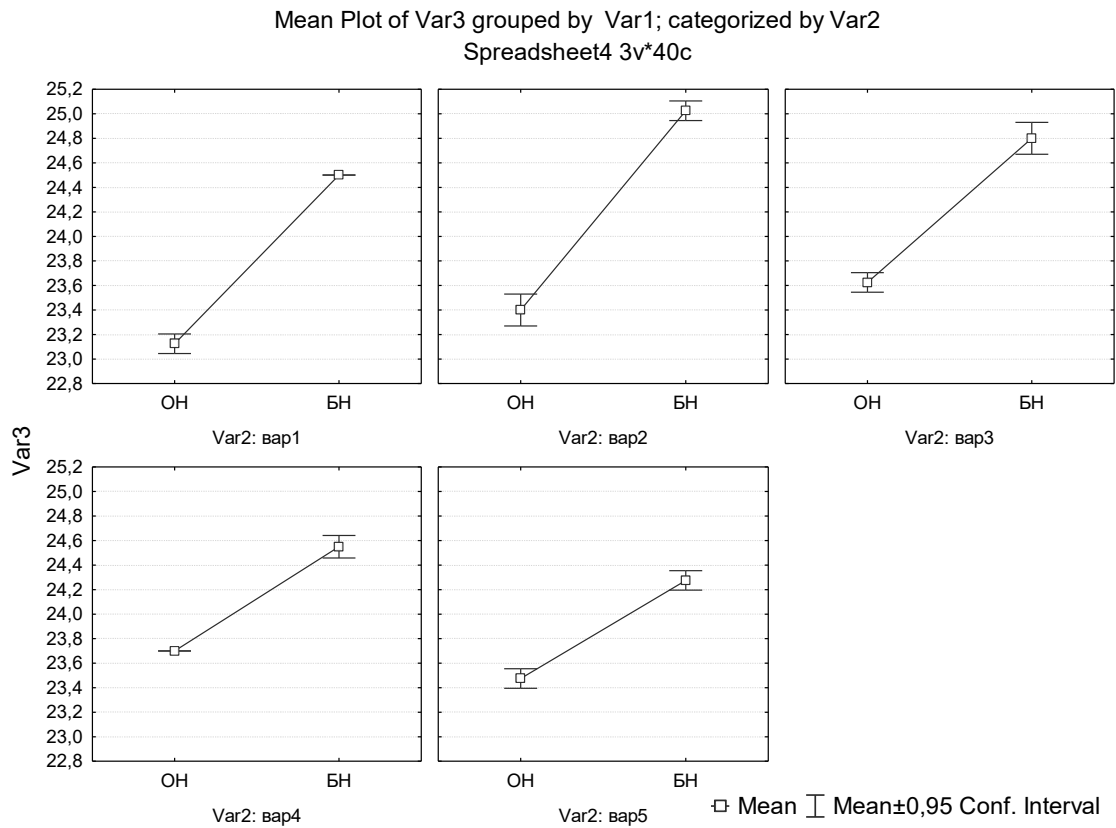
### Таблиця дисперсійного аналізу

Univariate Tests of Significance for Var3 (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	23131,29	1	23131,29	7930728	0,000000
<b>"Var1"</b>	13,57	1	13,57	4653	0,000000
<b>"Var2"</b>	1,16	4	0,29	100	0,000000
<b>"Var1"*"Var2"</b>	0,98	4	0,24	84	0,000000
<b>Error</b>	0,09	30	0,00		

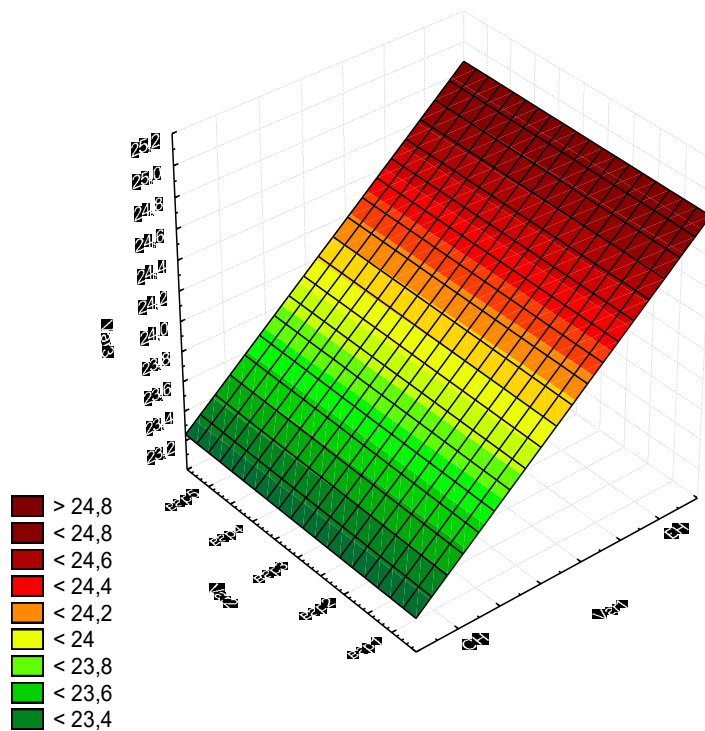
НІР05 (фактор Б, вид насадження) 0,15

НІР05 (фактор В, підживлення) 0,72

НІР05 (фактор Б і В) 0,90



**Рис. Б23. Коробковий графік урожайності міскантусу залежно від виду насадження за варіантами дослідів**



**Рис. Б24. Поверхня відгуку урожайності міскантусу, Фактор А і Б ДОДАТОК В**

## Статистичний обрахунок кількісних показників рослин міскантусу гігантського залежно від виду насадження та системи підживлення

### Довжина стебел міскантусу гігантського, 3 рік вегетації

Вид насадження	Варіанти	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
одновидові	вар1	201,9	202,5	202,3	202,4	202,3
	вар2	205,6	205,0	205,7	205,0	205,3
	вар3	212,4	212,0	212,0	212,0	212,1
	вар4	207,0	207,0	208,0	207,0	207,3
	вар5	207,1	206,0	207,0	207,0	206,8
смугові	вар1	242,8	242,3	242,0	242,7	242,5
	вар1	205,0	205,0	206,0	205,0	205,3
	вар2	208,0	208,0	208,0	207,0	207,8
	вар3	215,0	215,0	214,0	215,0	214,8
	вар4	212,0	212,0	211,0	222,0	214,3
	вар5	209,0	209,0	210,0	210,0	209,5

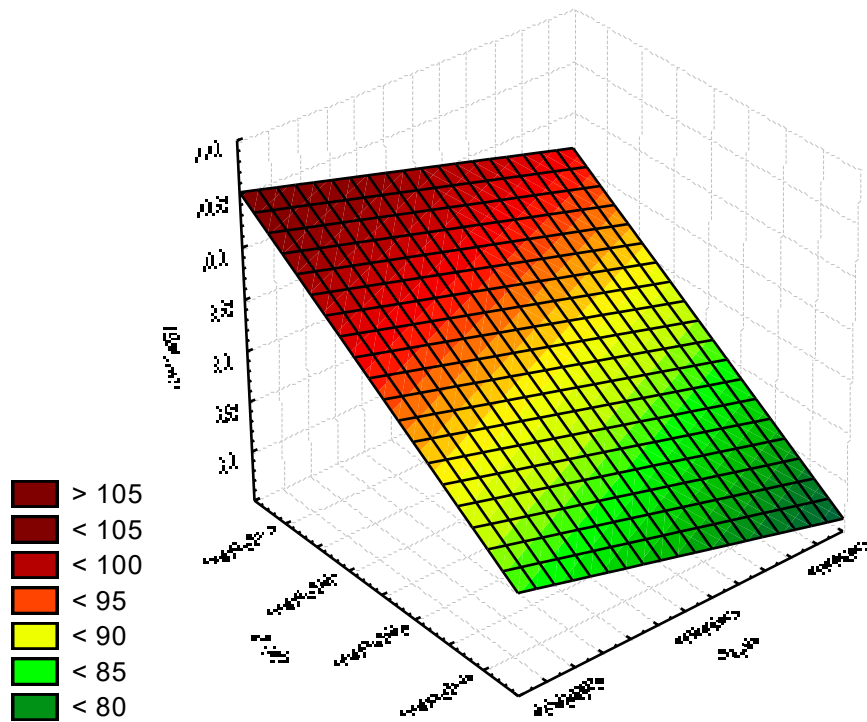
### Таблиця дисперсійного аналізу

Univariate Tests of Significance for ДС (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	1739224	1	1739224	604912,3	0,000000
<b>ВП</b>	127	1	127	44,1	0,000000
<b>Підж</b>	446	4	112	38,8	0,000000
<b>ВП*Підж</b>	30	4	7	2,6	0,055990
<b>Error</b>	86	30	3		

НІР<sub>05</sub> фактор А (вид посіву) 2,46

НІР<sub>05</sub> фактор Б (підживлення) 2,97

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 2,86



**Рис. В.1. Поверхня відгуку довжини стебел міскантусу залежно від факторів А і Б, 3 рік**

## Довжина стебел міскантусу гігантського, 4 рік вегетації

Вид насадження	Варіанти	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
одновидові	вар1	242,3	242	242,7	242,5	242,8
	вар2	246	245	246	245,5	245
	вар3	252	252	251	251,8	252
	вар4	248	248	247	247,5	247
	вар5	246	246	246	245,8	245
смугові	вар1	245	244	244	244,3	244
	вар2	247	246	247	246,3	245
	вар3	256	256	255	255,8	256
	вар4	251	250	251	250,5	250
	вар5	249	250	249	249,3	249

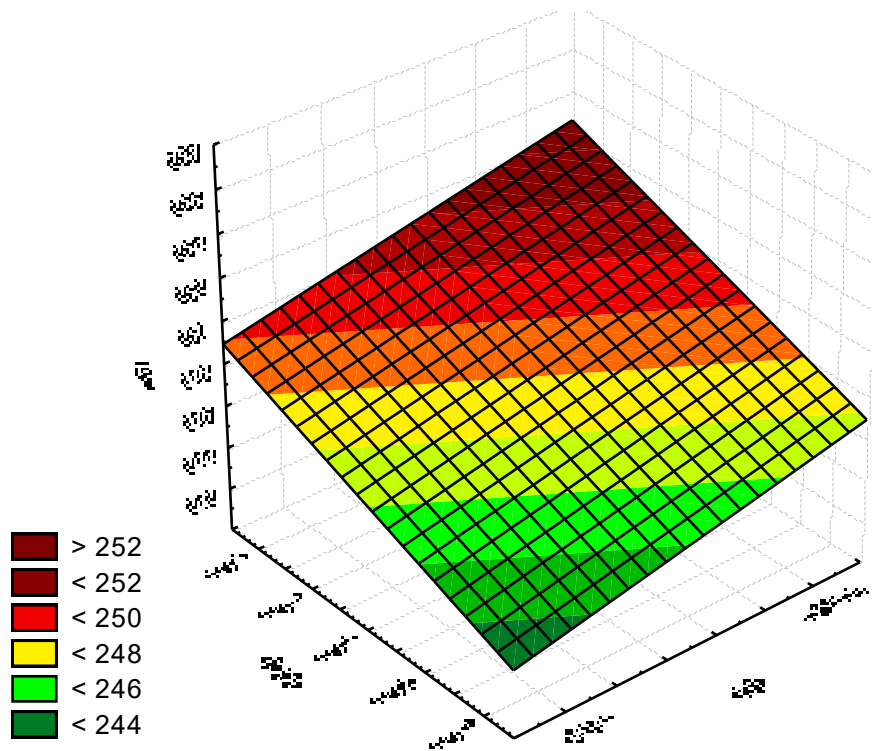
## Таблиця дисперсійного аналізу

Univariate Tests of Significance for ДС (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	2458077	1	2458077	7441203	0,000000
<b>ВП</b>	68	1	68	206	0,000000
<b>Підж</b>	483	4	121	366	0,000000
<b>ВП*Підж</b>	14	4	3	11	0,000018
<b>Error</b>	10	30	0		

НІР<sub>05</sub> фактор А (вид посіву) 2,34

НІР<sub>05</sub> фактор Б (підживлення) 1,83

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,97



**Рис. В.2. Поверхня відгуку довжини стебла міскантусу залежно від Факторів А і Б, 4 рік**

**Висота стебел міскантусу гігантського, 5 рік вегетації**

Вид насадження	Варіанти	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
одновидові	вар1	254	254,5	254,3	254,4	254,3
	вар2	256	255	256	256	255,8
	вар3	262	261	262	262	261,8
	вар4	257	257	256	257	256,8
	вар5	256	257	257	256	256,5
смугові	вар1	258	258	259	258	258,3
	вар2	260	261	260	261	260,5
	вар3	265	267	265	267	266,0
	вар4	263	262	263	263	262,8
	вар5	262	263	262	262	262,3
	вар1	254	254,5	254,3	254,4	254,3

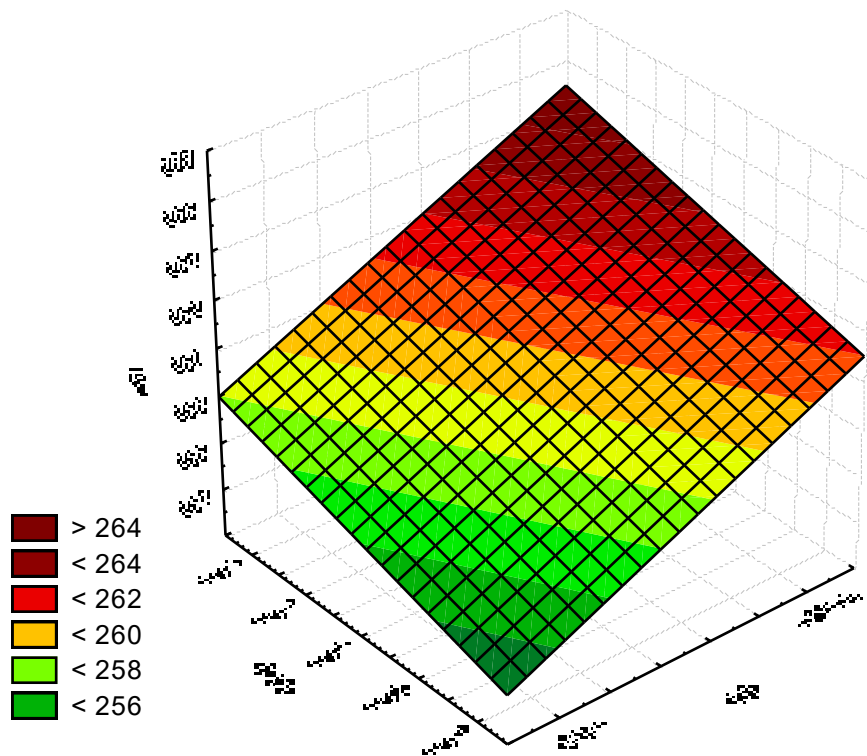
**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for ДС (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	2693195	1	2693195	7593594	0,000000
<b>ВП</b>	244	1	244	688	0,000000
<b>Підж</b>	252	4	63	178	0,000000
<b>ВП*Підж</b>	7	4	2	5	0,005060
<b>Error</b>	11	30	0		

НІР<sub>05</sub> фактор А (вид посіву) 1,70

НІР<sub>05</sub> фактор Б (підживлення) 3,07

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 1,00



**Рис. В.3. Поверхня відгуку довжини стебла міскантусу залежно від Факторів А і Б, 5 рік**

## Довжина стебел міскантусу гігантського, за три роки

Вид насадження	Рік	Варіант	Повторення				Середнє
			1	2	3	4	
одновидові		вар1	201,9	202,5	202,3	202,4	202,3
		вар2	205,6	205	205,7	205	205,3
	четвертий	вар3	212,4	212	212	212	212,1
		вар4	207	207	208	207	207,3
		вар5	207	206	207	207	206,8
		вар1	242,8	242,3	242	242,7	242,5
		вар2	245	246	245	246	245,5
	п'ятий	вар3	252	252	252	251	251,8
		вар4	247	248	248	247	247,5
		вар5	245	246	246	246	245,8
		вар1	254	254,5	254,3	254,4	254,3
		вар2	256	255	256	256	255,8
	шостий	вар3	262	261	262	262	261,8
		вар4	257	257	256	257	256,8
		вар5	256	257	257	256	256,5
смугові		вар1	205	205	206	205	205,3
		вар2	208	208	208	207	207,8
	четвертий	вар3	215	215	214	215	214,8
		вар4	212	212	211	222	214,3
		вар5	209	209	210	210	209,5
		вар1	244	245	244	244	244,3
		вар2	245	247	246	247	246,3
	п'ятий	вар3	256	256	256	255	255,8
		вар4	250	251	250	251	250,5
		вар5	249	249	250	249	249,3
		вар1	258	258	259	258	258,3
		вар2	260	261	260	261	260,5
	шостий	вар3	265	267	265	267	266,0
		вар4	263	262	263	263	262,8
		вар5	262	263	262	262	262,3
Середнє			230,7	231,0	231,0	231,3	238,6

Таблиця дисперсійного аналізу

Univariate Tests of Significance for ДС (Spreadsheet17) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	6833409	1	6833409	5758221	0,000000
<b>Рік</b>	57087	2	28543	24052	0,000000
<b>ВП</b>	411	1	411	347	0,000000
<b>Підж</b>	1143	4	286	241	0,000000
<b>Рік*ВП</b>	27	2	14	12	0,000034
<b>Рік*Підж</b>	38	8	5	4	0,000395
<b>ВП*Підж</b>	27	4	7	6	0,000390
<b>Рік*ВП*Підж</b>	23	8	3	2	0,018500
<b>Error</b>	107	90	1		

НІР<sub>05</sub> фактор А (рік) 1,82

НІР<sub>05</sub> фактор Б (вид посіву) 8,05

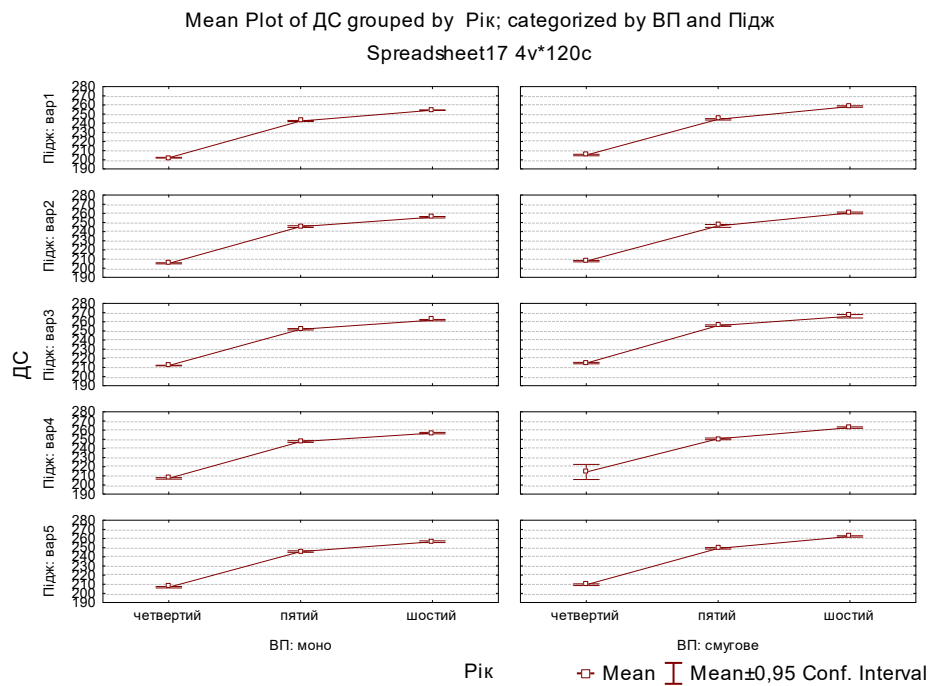
НІР<sub>05</sub> фактор В (підживлення) 14,25

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 2,43

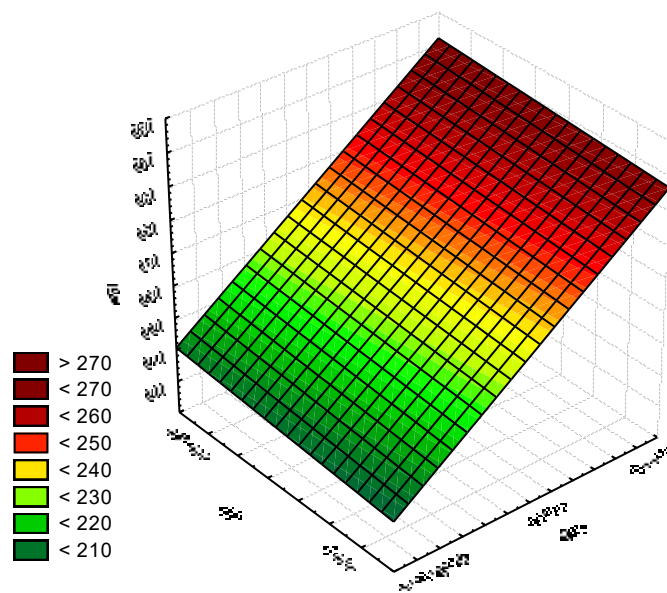
НІР<sub>05</sub> (фактор А і В) 2,87

НІР<sub>05</sub> (фактор Б і В) 21,8

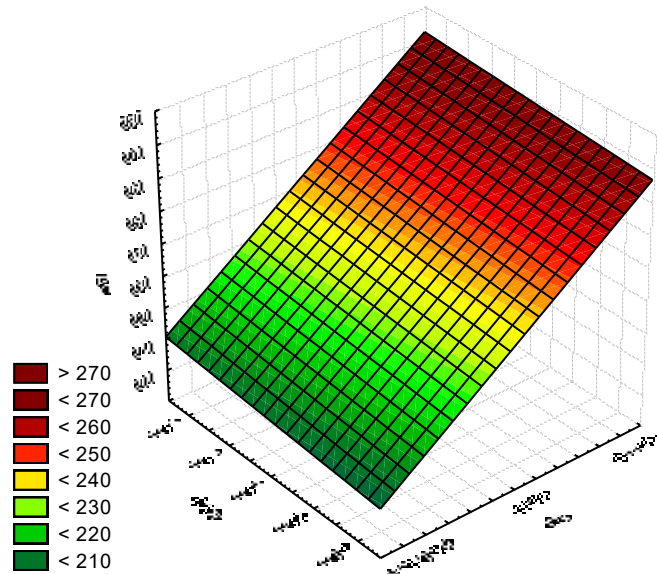
НІР<sub>05</sub> (фактор А Б В) 1,92



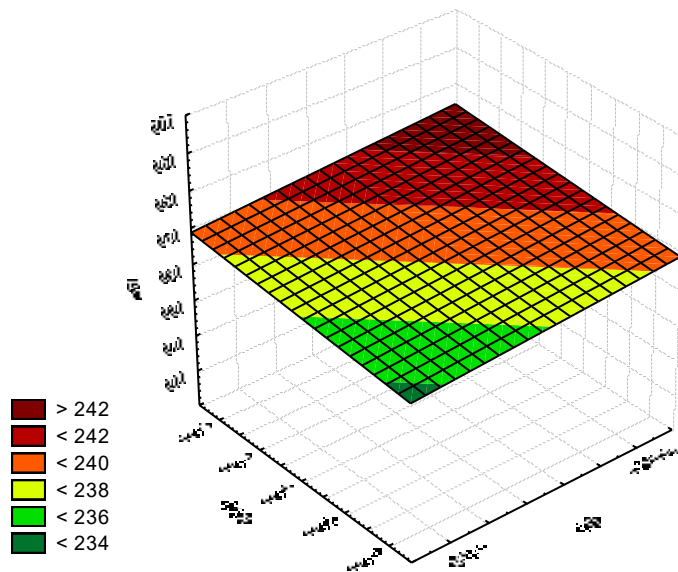
**Рис. В.4. Коробкові графіки залежностей довжини стебел міскантусу за варіантами дослідів**



**Рис. В.5. Поверхня відгуку довжини стебел міскантусу залежно від року і вид насадження, середнє за три роки**



**Рис. В.6. Поверхня відгуку довжини стебла залежно від року і підживлення насаджень**



**Рис. В.7. Поверхня відгуку довжини стебла залежно від виду насадження і підживлення**

**Кількість стебел міскантусу гігантського, 3 рік вегетації**

Вид насадження	Варіанти	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
одновидові	вар1	10,1	10	19,9	10	12,5
	вар2	11,2	11	11,2	11,1	11,1
	вар3	14,8	14,7	14,8	14,9	14,8
	вар4	13,5	13,4	13,4	13,3	13,4
	вар5	13	12,9	12,9	13	13,0
смугові	вар1	11,2	11,3	11,2	11,2	11,2
	вар1	12,1	12,2	12,1	12	12,1
	вар2	15,2	15,1	15,2	15,2	15,2
	вар3	14,2	14,1	14,1	14,1	14,1
	вар4	14	14	13,9	14	14,0
	вар5	10,1	10	19,9	10	12,5

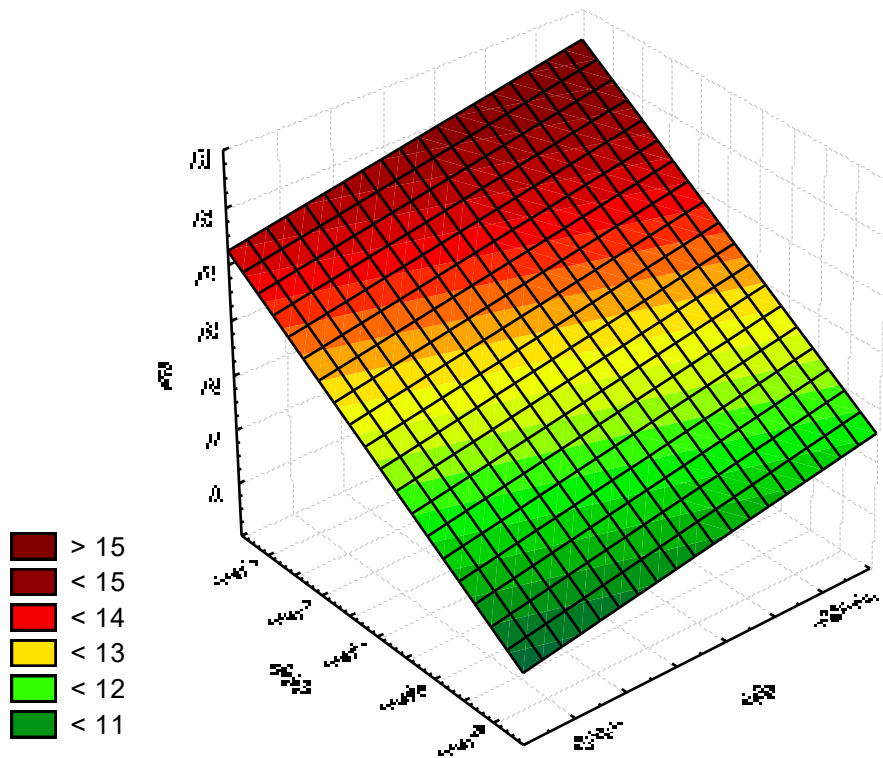
**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for ДС (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	6643,506	1	6643,506	1351222	0,000000
<b>ВП</b>	7,482	1	7,482	1522	0,000000
<b>Підж</b>	98,460	4	24,615	5006	0,000000
<b>ВП*Підж</b>	0,854	4	0,214	43	0,000000
<b>Error</b>	0,147	30	0,005		

НІР<sub>05</sub> фактор А (вид посіву) 1,03

НІР<sub>05</sub> фактор Б (підживлення) 0,55

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,12



**Рис. В.8. Поверхня відгуку кількості стебел міскантусу залежно від Факторів А і Б, 3 рік**

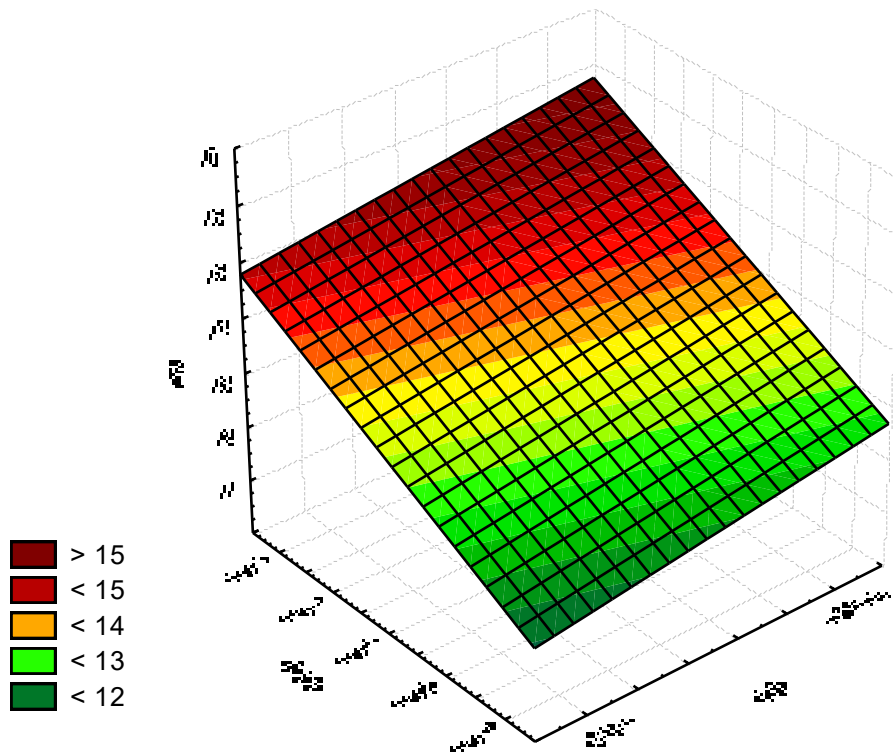
**Кількість стебел міскантусу гігантського, 4 рік вегетації**

Вид насадження	Варіанти	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
одновидові	вар1	11,2	11,1	11	11,1	11,1
	вар2	12,4	12,5	12,6	12,5	12,5
	вар3	15,8	15,6	15,8	15,6	15,7
	вар4	14,2	14	14,1	14,1	14,1
	вар5	13,5	13,6	13,5	13,5	13,5
смугові	вар1	11,9	12	11,9	12	12,0
	вар1	13,2	13,1	13,2	13,2	13,2
	вар2	16,3	16,2	16,2	16,3	16,3
	вар3	14,9	15	14,9	15	15,0
	вар4	14	13,9	14,1	14	14,0
	вар5	11,9	12	11,9	12	12,0

**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for ДС (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - reedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	7535,025	1	7535,025	1370005	0,000000
<b>ВП</b>	4,624	1	4,624	841	0,000000
<b>Підж</b>	90,653	4	22,663	4121	0,000000
<b>ВП*Підж</b>	0,234	4	0,058	11	0,000018
<b>Error</b>	0,165	30	0,005		

$H_{P05}$  фактор А (вид) 0,99  
 $H_{P05}$  фактор Б (підж) 0,43  
 $H_{P05}$  (фактор А і Б) 0,12



**Рис. В.9. Поверхня відгуку кількості стебел міскантусу залежно від Факторів А і Б, 4 рік**

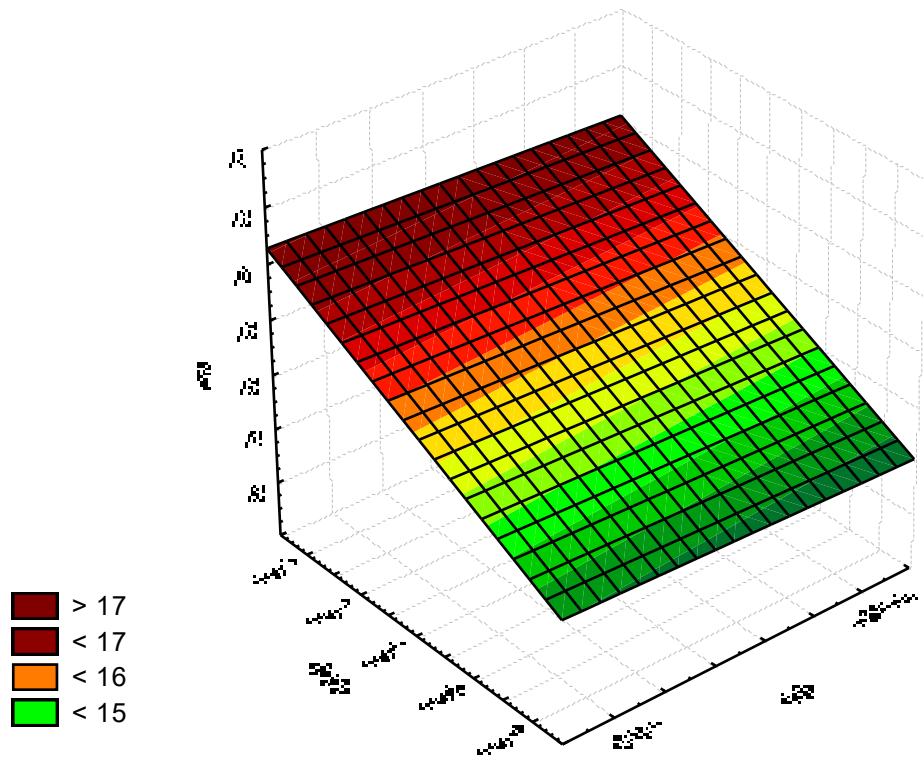
**Кількість стебел міскантусу гігантського, 5 рік вегетації**

Вид насадження	Варіанти	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
одновидові	вар1	13,5	13,5	13,4	13,5	13,5
	вар2	16,6	16,5	16,5	16,5	16,5
	вар3	17,2	17,1	17,2	17,2	17,2
	вар4	15,8	15,9	15,9	15,9	15,9
	вар5	15,6	15,7	15,6	15,7	15,7
смугові	вар1	12,6	12,5	12,6	12,4	12,5
	вар1	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7
	вар2	18,2	18,2	18,3	18,2	18,2
	вар3	16,9	16,9	16,8	16,8	16,9
	вар4	15,6	15,7	15,7	15,6	15,7
	вар5	13,5	13,5	13,4	13,5	13,5

**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for ДС (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	9815,689	1	9815,689	3099691	0,000000
<b>ВП</b>	0,225	1	0,225	71	0,000000
<b>Підж</b>	93,864	4	23,466	7410	0,000000
<b>ВП*Підж</b>	12,348	4	3,087	975	0,000000
<b>Error</b>	0,095	30	0,003		

НІР<sub>05</sub> фактор А (вид) 1,07  
 НІР<sub>05</sub> фактор Б (підж) 0,68  
 НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,09



**Рис. В.10. Поверхня відгуку кількості стебел міскантусу залежно від Факторів А і Б, 5 рік**

## Кількість стебел міскантусу гігантського, за три роки

Вид насадження	Рік	Варіант	Повторення				Середнє
			1	2	3	4	
одновидові		вар1	10,1	10	19,9	10	12,5
		вар2	11,2	11	11,2	11,1	11,1
	четвертий	вар3	14,8	14,7	14,8	14,9	14,8
		вар4	13,5	13,4	13,4	13,3	13,4
		вар5	13	12,9	12,9	13	13,0
		вар1	11,2	11,1	11	11,1	11,1
		вар2	12,4	12,5	12,6	12,5	12,5
	п'ятий	вар3	15,8	15,6	15,8	15,6	15,7
		вар4	14,2	14	14,1	14,1	14,1
		вар5	13,5	13,6	13,5	13,5	13,5
		вар1	13,5	13,5	13,4	13,5	13,5
		вар2	16,6	16,5	16,5	16,5	16,5
	шостий	вар3	17,2	17,1	17,2	17,2	17,2
		вар4	15,8	15,9	15,9	15,9	15,9
		вар5	15,6	15,7	15,6	15,7	15,7
смугові		вар1	11,2	11,3	11,2	11,2	11,2
		вар2	12,1	12,2	12,1	12	12,1
	четвертий	вар3	15,2	15,1	15,2	15,2	15,2
		вар4	14,2	14,1	14,1	14,1	14,1
		вар5	14	14	13,9	14	14,0
		вар1	11,9	12	11,9	12	12,0
		вар2	13,2	13,1	13,2	13,2	13,2
	п'ятий	вар3	16,3	16,2	16,2	16,3	16,3
		вар4	14,9	15	14,9	15	15,0
		вар5	14	13,9	14,1	14	14,0
		вар1	12,6	12,5	12,6	12,4	12,5
		вар2	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7
	шостий	вар3	18,2	18,2	18,3	18,2	18,2
		вар4	16,9	16,9	16,8	16,8	16,9
		вар5	15,6	15,7	15,7	15,6	15,7
Середнє			14,1	14,1	14,4	14,1	14,2

Таблиця дисперсій

Univariate Tests of Significance for KC (Spreadsheet17) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	23831,83	1	23831,83	5263471	0,00
<b>Рік</b>	162,39	2	81,20	17933	0,00
<b>ВП</b>	6,49	1	6,49	1433	0,00
<b>Підж</b>	273,71	4	68,43	15113	0,00
<b>Рік*ВП</b>	5,84	2	2,92	645	0,00
<b>Рік*Підж</b>	9,27	8	1,16	256	0,00
<b>ВП*Підж</b>	2,81	4	0,70	155	0,00
<b>Рік*ВП*Підж</b>	10,62	8	1,33	293	0,00
<b>Error</b>	0,41	90	0,00		

НІР<sub>05</sub> (фактор А) 0,76

НІР<sub>05</sub> (фактор Б) 0,72

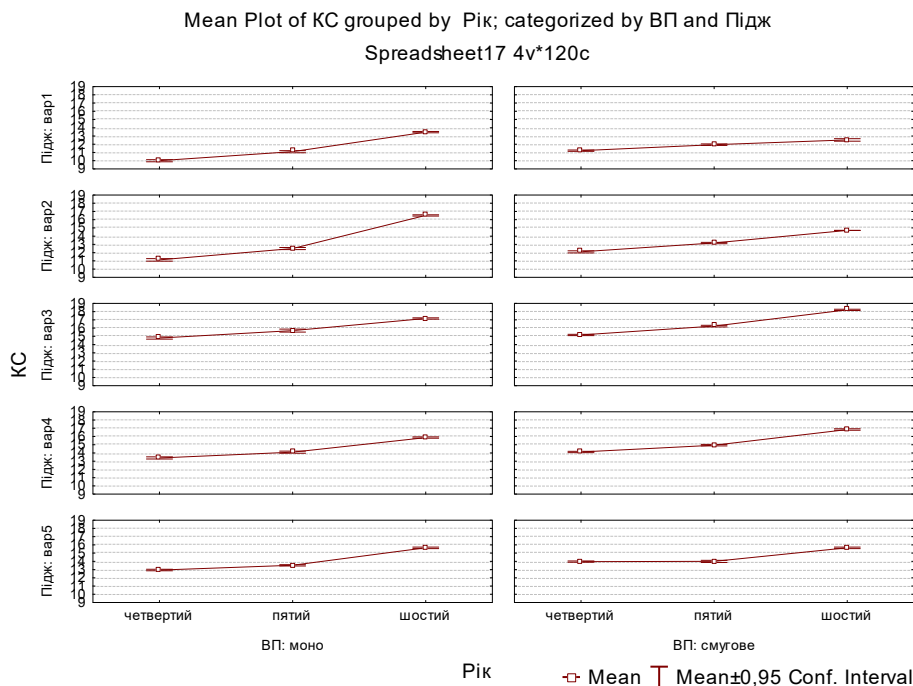
НІР<sub>05</sub> (фактор В) 0,83

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 1,14

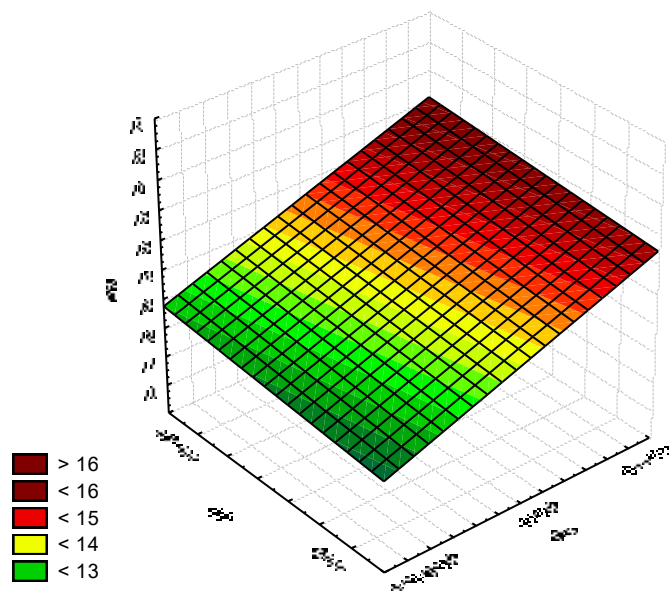
НІР<sub>05</sub> (фактор А і В) 0,60

НІР<sub>05</sub> (фактор Б і В) 1,25

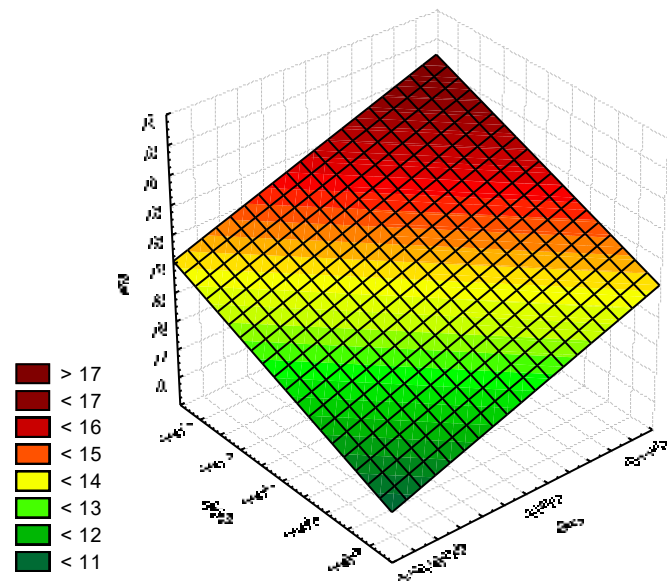
НІР<sub>05</sub> (фактор А Б В) 0,12



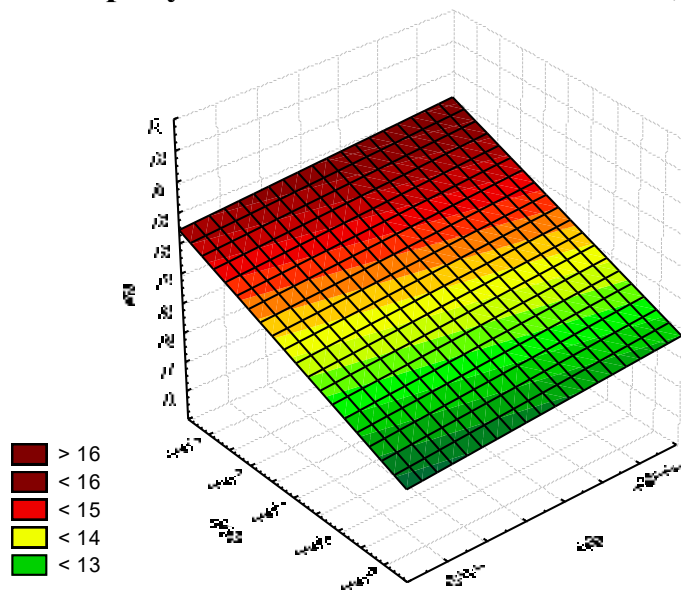
**Рис. 11. Коробкові графіки залежностей кількості стебел міскантусу за варіантами дослідів**



**Рис. В.12. Поверхня відгуку кількості стебел міскантусу гігантського залежно від року та виду насадження, середня за роки**



**Рис. В.13. Поверхня відгуку кількості стебел міскантусу гігантського залежно від року та підживлення насадження, середня за роки**



**Рис. В.14. Поверхня відгуку кількості стебел міскантусу гігантського залежно від виду та підживлення насадження, середня за роки**

**ПЛП міскантусу гігантського, 3 рік вегетації**

Вид насадження	Варіанти	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
одновидові	вар1	0,79	0,81	0,81	0,82	0,81
	вар2	1,51	1,50	1,49	1,50	1,50
	вар3	1,60	1,59	1,60	1,60	1,60
	вар4	1,82	1,82	1,81	1,82	1,82
	вар5	1,74	1,74	1,73	1,73	1,74
смугові	вар1	1,62	1,63	1,63	1,62	1,63
	вар1	1,70	1,69	1,70	1,70	1,70
	вар2	1,95	1,96	1,96	1,96	1,96
	вар3	1,89	1,90	1,88	1,89	1,89
	вар4	1,80	1,80	1,79	1,79	1,80
	вар5	0,79	0,81	0,81	0,82	0,81

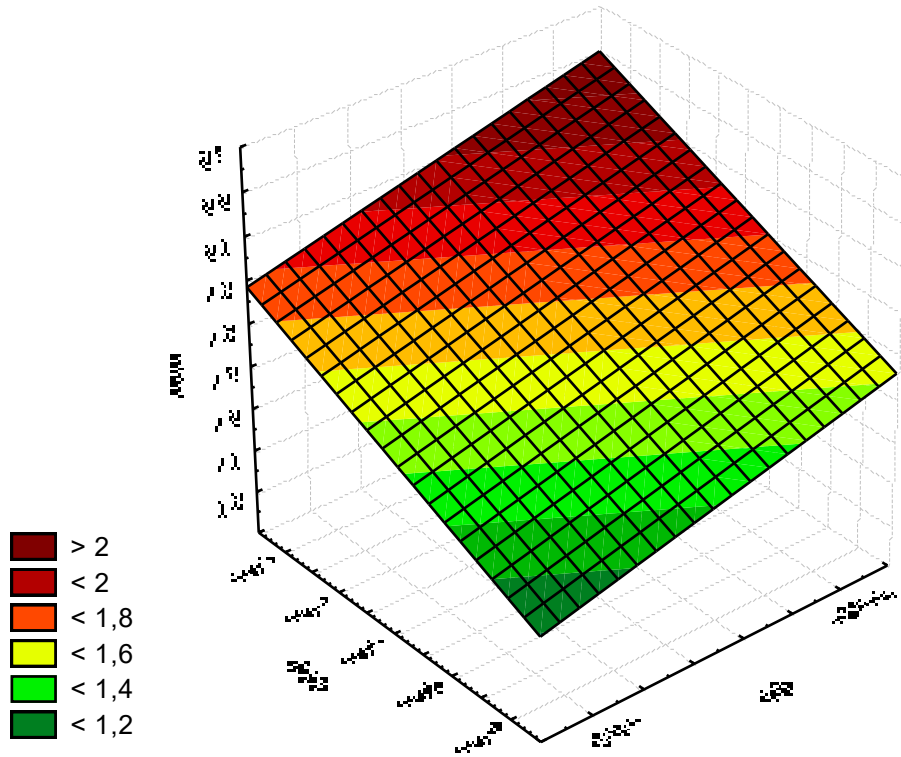
**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for ПЛП (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	107,9123	1	107,9123	2312405	0,00
<b>ВП</b>	0,9120	1	0,9120	19544	0,00
<b>Підж</b>	2,0908	4	0,5227	11201	0,00
<b>ВП*Підж</b>	0,7815	4	0,1954	4187	0,00
<b>Error</b>	0,0014	30	0,0000		

НІР<sub>05</sub> фактор А (вид посіву) 0,176

НІР<sub>05</sub> фактор Б (підживлення) 0,248

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,011



**Рис. В.15. Поверхня відгуку ПЛП міскантусу гігантського залежно від Факторів А і Б, 3 рік**

**ПЛП міскантусу гігантського, 4 рік вегетації**

Вид насадження	Варіанти	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
одновидові	вар1	1,64	1,64	1,65	1,65	1,65
	вар2	2,39	2,41	2,40	2,38	2,40
	вар3	3,01	3,10	3,00	3,10	3,05
	вар4	2,74	2,73	2,73	2,74	2,74
	вар5	2,50	2,49	2,49	2,50	2,50
смугові	вар1	2,43	2,44	2,43	2,44	2,44
	вар1	2,55	2,56	2,56	2,55	2,56
	вар2	3,50	3,60	3,60	3,50	3,55
	вар3	2,90	2,88	2,90	2,87	2,89
	вар4	2,80	2,78	2,78	2,90	2,82
	вар5	1,64	1,64	1,65	1,65	1,65

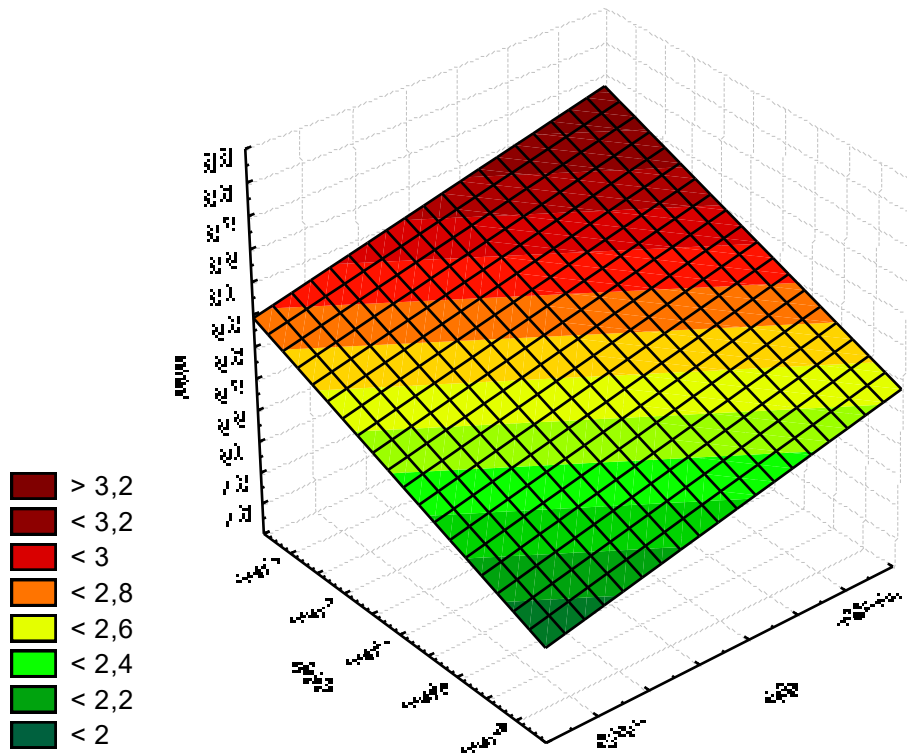
**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for ПЛП (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	282,2266	1	282,2266	268148,8	0,00
<b>ВП</b>	1,4784	1	1,4784	1404,7	0,00
<b>Підж</b>	6,8085	4	1,7021	1617,2	0,00
<b>ВП*Підж</b>	0,5723	4	0,1431	135,9	0,00
<b>Error</b>	0,0316	30	0,0011		

НІР<sub>05</sub> фактор А (вид) 0,282

НІР<sub>05</sub> фактор Б (підж) 0,275

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,055



**Рис. В.16. Поверхня відгуку ПЛП міскантусу гігантського залежно від Факторів А і Б, 4 рік**

**ПЛП міскантусу гігантського, 5 рік вегетації**

Вид насадження	Варіанти	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
одновидові	вар1	1,85	1,84	1,85	1,84	1,85
	вар2	2,9	2,89	2,9	2,89	2,90
	вар3	3,45	3,44	3,46	3,45	3,45
	вар4	2,83	2,83	2,82	2,83	2,83
	вар5	2,78	2,77	2,77	2,78	2,78
смугові	вар1	2,15	2,15	2,14	2,15	2,15
	вар1	2,95	2,96	2,95	2,95	2,95
	вар2	3,71	3,7	3,7	3,69	3,70
	вар3	2,98	2,99	2,98	2,99	2,99
	вар4	2,92	2,92	2,91	2,92	2,92
	вар5	1,85	1,84	1,85	1,84	1,85

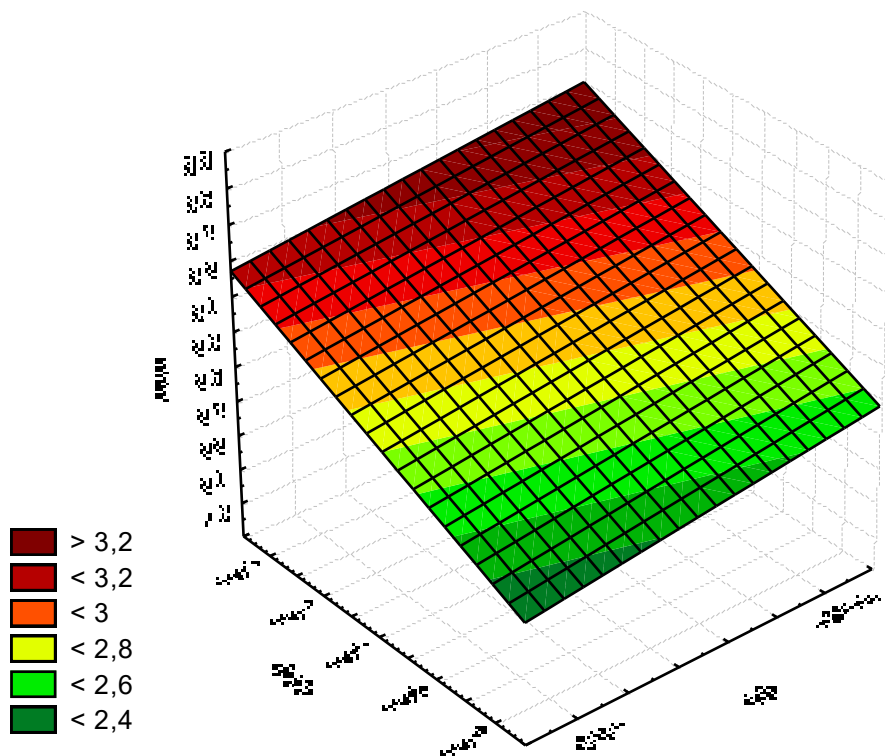
**Таблиця дисперсійного аналізу**

Univariate Tests of Significance for ПЛП (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	324,7860	1	324,7860	8857800	0,00
<b>ВП</b>	0,3312	1	0,3312	9034	0,00
<b>Підж</b>	10,1050	4	2,5263	68898	0,00
<b>ВП*Підж</b>	0,0736	4	0,0184	502	0,00
<b>Error</b>	0,0011	30	0,0000		

НІР<sub>05</sub> фактор А (вид) 0,331

НІР<sub>05</sub> фактор Б (підж) 0,121

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,010



**Рис. В.17. Поверхня відгуку ПЛП міскантусу гігантського залежно від Факторів А і Б, 5 рік**

## ПЛП міскантусу гігантського, за три роки

Вид насадження	Рік	Варіант	Повторення				Середнє
			1	2	3	4	
одновидові		вар1	0,79	0,81	0,81	0,82	0,81
		вар2	1,51	1,50	1,49	1,50	1,50
	четвертий	вар3	1,60	1,59	1,60	1,60	1,60
		вар4	1,82	1,82	1,81	1,82	1,82
		вар5	1,74	1,74	1,73	1,73	1,74
		вар1	1,64	1,64	1,65	1,65	1,65
		вар2	2,39	2,41	2,40	2,38	2,40
	п'ятий	вар3	3,00	3,10	3,00	3,10	3,05
		вар4	2,74	2,73	2,73	2,74	2,74
		вар5	2,50	2,49	2,49	2,50	2,50
		вар1	1,85	1,84	1,85	1,84	1,85
		вар2	2,90	2,89	2,90	2,89	2,90
	шостий	вар3	3,45	3,44	3,46	3,45	3,45
		вар4	2,83	2,83	2,82	2,83	2,83
		вар5	2,78	2,77	2,77	2,78	2,78
смугові		вар1	1,62	1,63	1,63	1,62	1,63
		вар2	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70
	четвертий	вар3	1,95	1,96	1,96	1,96	1,96
		вар4	1,89	1,9	1,88	1,89	1,89
		вар5	1,80	1,80	1,79	1,79	1,80
		вар1	2,43	2,44	2,43	2,44	2,44
		вар2	2,55	2,56	2,56	2,55	2,56
	п'ятий	вар3	3,50	3,60	3,60	3,50	3,55
		вар4	2,90	2,88	2,90	2,87	2,89
		вар5	2,80	2,78	2,78	2,90	2,82
		вар1	2,15	2,15	2,14	2,15	2,15
		вар2	2,95	2,96	2,95	2,95	2,95
	шостий	вар3	3,71	3,70	3,70	3,69	3,70
		вар4	2,98	2,99	2,98	2,99	2,99
		вар5	2,92	2,92	2,91	2,92	2,92
Середнє			2,38	2,39	2,38	2,39	2,38

Таблиця дисперсійного аналізу

Univariate Tests of Significance for ПЛП (Spreadsheet17) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	681,2997	1	681,2997	1799471	0,00
<b>Рік</b>	33,6251	2	16,8126	44406	0,00
<b>ВП</b>	2,5143	1	2,5143	6641	0,00
<b>Підж</b>	16,1916	4	4,0479	10691	0,00
<b>Рік*ВП</b>	0,2074	2	0,1037	274	0,00
<b>Рік*Підж</b>	2,8127	8	0,3516	929	0,00
<b>ВП*Підж</b>	1,1349	4	0,2837	749	0,00
<b>Рік*ВП*Підж</b>	0,2925	8	0,0366	97	0,00
<b>Error</b>	0,0341	90	0,0004		

НІР<sub>05</sub> (фактор А (рік) 0,207

НІР<sub>05</sub> (фактор Б (вид п) 0,245

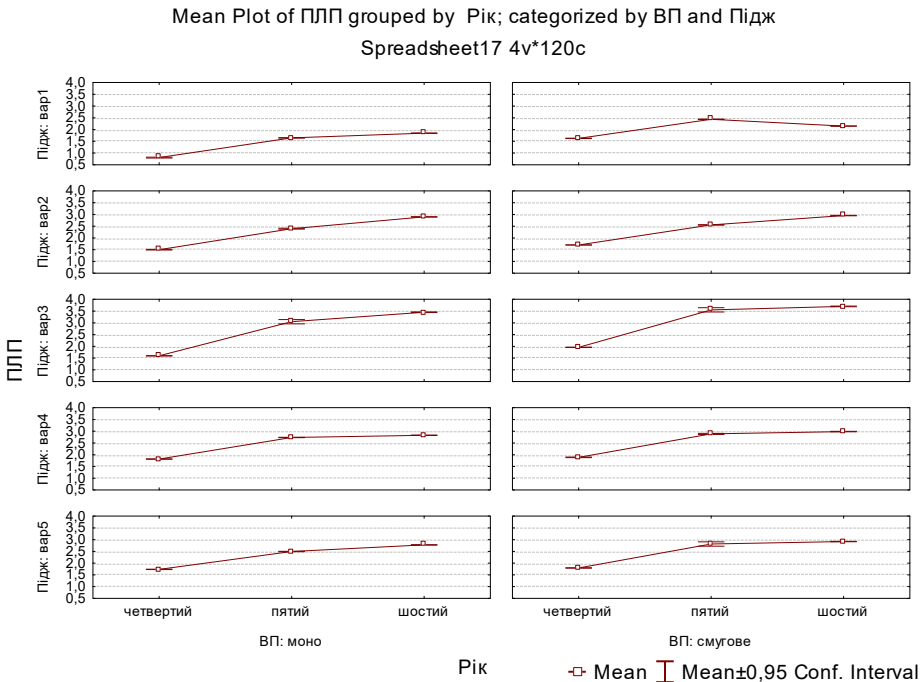
НІР<sub>05</sub> (фактор В (підж) 0,378

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,301

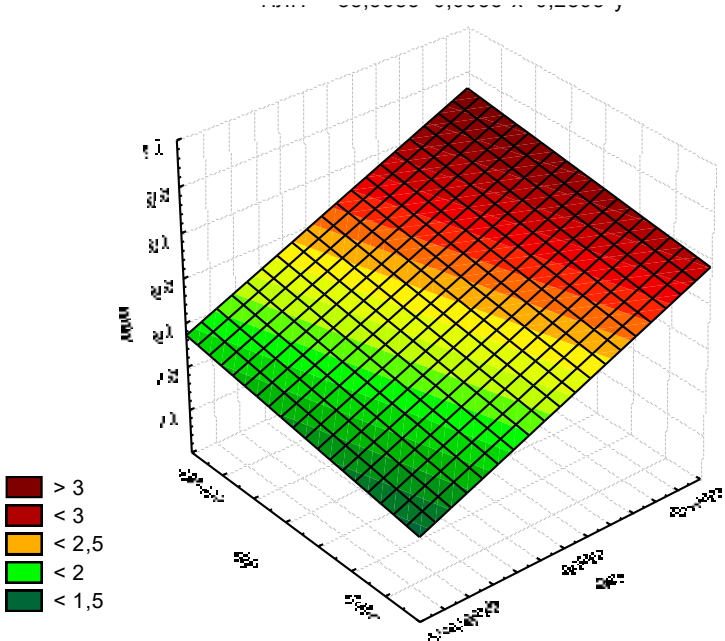
НІР<sub>05</sub> (фактор А і В) 0,241

НІР<sub>05</sub> (фактор Б і В) 0,554

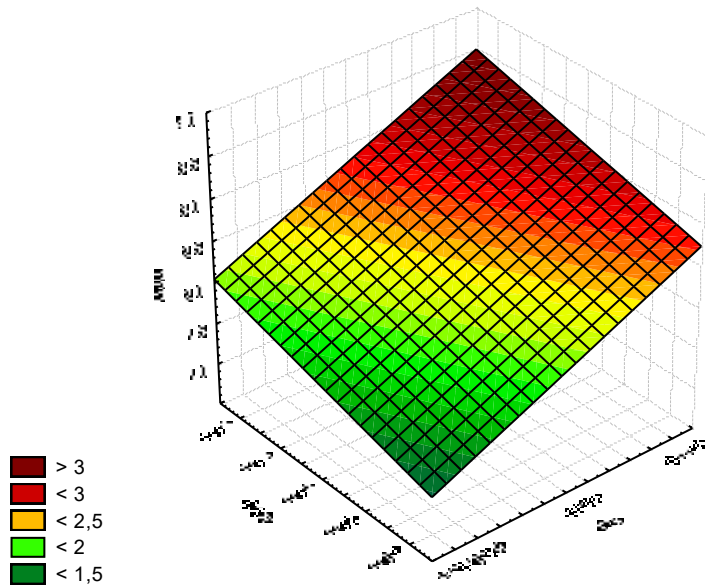
НІР<sub>05</sub> (фактор А Б В) 0,0343



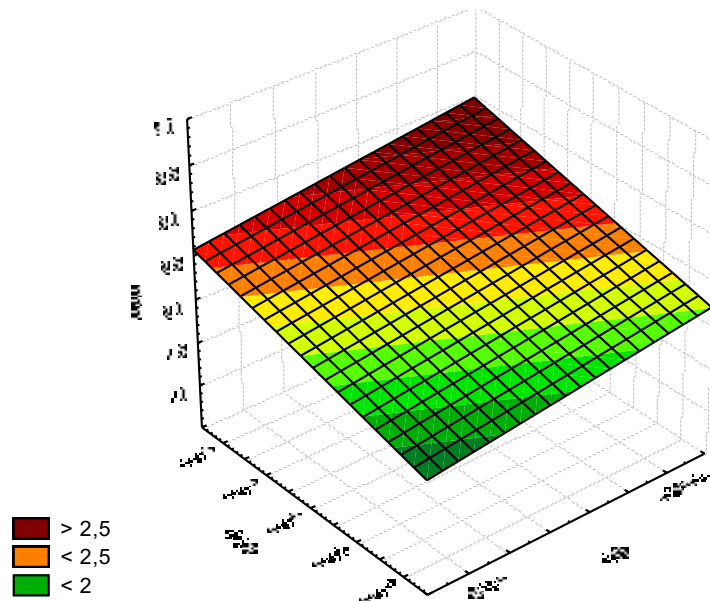
**Рис. В.18.** Коробкові графіки залежностей ПЛП міскантусу за варіантами дослідів



**Рис. В.19.** Поверхня відгуку ПЛП міскантусу гігантського залежно від року і виду насадження, середнє за роки



**Рис. В.20. Поверхня відгуку ПЛП міскантусу гігантського залежно від року і підживлення насадження, середнє за роки**



**Рис. В.21. Поверхня відгуку ПЛП міскантусу гігантського залежно від виду та підживлення насадження, середнє за роки**

## Урожайність біомаси міскантусу гігантського, 3 рік вегетації

Вид насадження	Варіант	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
Одновидові	варіант 1	15,1	15,2	15,3	15,2	15,2
	варіант 2	15,7	15,6	15,7	15,7	15,7
	варіант 3	15,9	15,9	15,9	15,8	15,9
	варіант 4	16,3	16,2	16,2	16,2	16,2
	варіант 5	16,1	16,0	16,0	16,1	16,1
Смугові	варіант 1	17,2	17,3	17,2	17,2	17,2
	варіант 2	17,5	17,5	17,4	17,5	17,5
	варіант 3	17,9	17,9	17,9	17,8	17,9
	варіант 4	17,7	17,7	17,6	17,6	17,7
	варіант 5	17,4	17,5	17,5	17,5	17,5

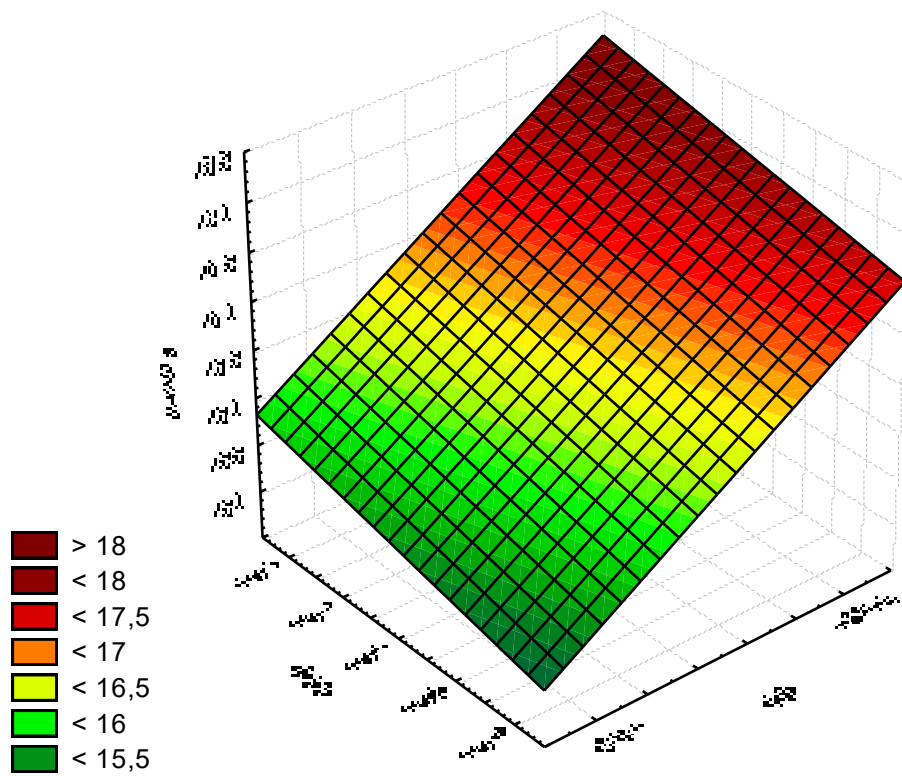
## Таблиця дисперсійного аналізу

Univariate Tests of Significance for Урожай (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	11118,89	1	11118,89	3606127	0,000000
<b>ВП</b>	30,10	1	30,10	9763	0,000000
<b>Підж</b>	2,72	4	0,68	221	0,000000
<b>ВП*Підж</b>	0,70	4	0,18	57	0,000000
<b>Error</b>	0,09	30	0,00		

НІР<sub>05</sub> фактор А (вид посіву) 0,195

НІР<sub>05</sub> фактор Б (підживлення) 0,0154

НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,094



**Рис. В.22. Поверхня відгуку урожайності біомаси міскантусу залежно від Факторів А і Б, 3 рік**

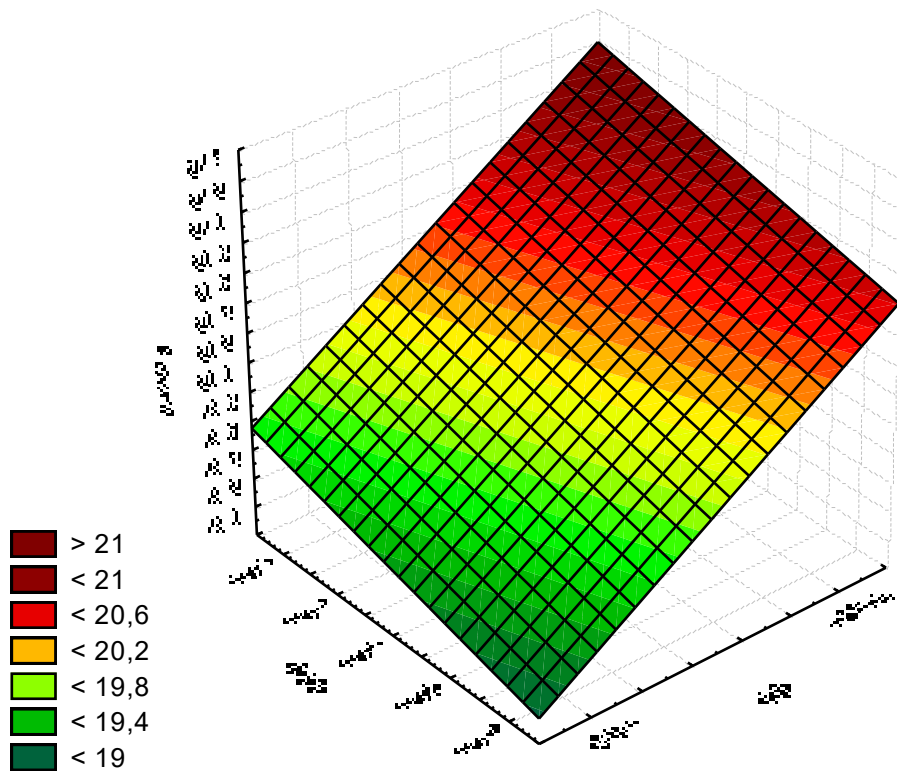
## Урожайність міскантусу гігантського, 4 рік вегетації

Вид насадження	Варіант	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
одновидові	варіант 1	18,9	19	19	19,1	19,0
	варіант 2	19,3	19,3	19,4	19,3	19,3
	варіант 3	19,7	19,6	19,6	19,5	19,6
	варіант 4	19,8	19,8	19,7	19,8	19,8
	варіант 5	19,8	19,8	19,8	19,7	19,8
смугові	варіант 1	20,5	20,4	20,5	20,5	20,5
	варіант 2	20,6	20,6	20,7	20,6	20,6
	варіант 3	20,9	20,9	21	20,9	20,9
	варіант 4	20,7	20,7	20,7	20,6	20,7
	варіант 5	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6

## Таблиця дисперсійного аналізу

Univariate Tests of Significance for Урожай (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	16124,24	1	16124,24	5229483	0,000000
<b>ВП</b>	13,57	1	13,57	4402	0,000000
<b>Підж</b>	1,55	4	0,39	126	0,000000
<b>ВП*Підж</b>	0,65	4	0,16	53	0,000000
<b>Error</b>	0,09	30	0,00		

НІР<sub>05</sub> фактор А (вид) 0,157  
 НІР<sub>05</sub> фактор Б (підж) 0,720  
 НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,094



**Рис. В.23. Поверхня відгуку урожайності біомаси міскантусу залежно від Факторів А і Б, 4 рік**

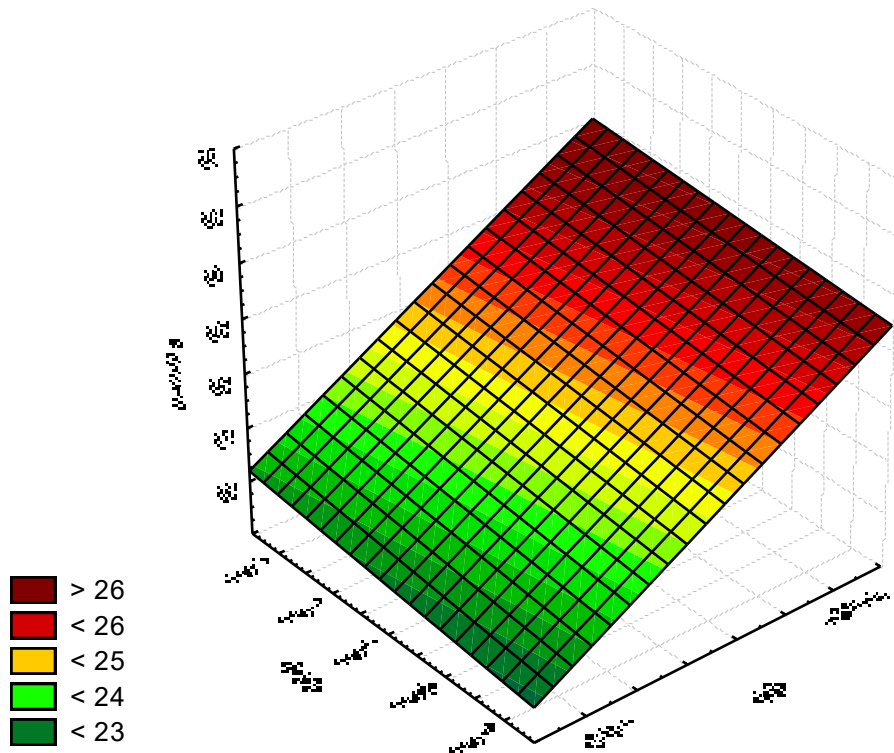
## Урожайність міскантусу гігантського, 5 рік вегетації

Вид насадження	Варіант	Повторення				Середнє
		1	2	3	4	
одновидові	варіант 1	23,2	23,1	23,1	23,1	23,1
	варіант 2	23,4	23,4	23,5	23,3	23,4
	варіант 3	23,6	23,6	23,7	23,6	23,6
	варіант 4	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7
	варіант 5	23,4	23,5	23,5	23,5	23,5
смугові	варіант 1	25,2	25,1	25,2	25,1	25,2
	варіант 2	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
	варіант 3	28,0	27,0	28,0	28,0	27,8
	варіант 4	26,0	27,0	27,0	26,0	26,5
	варіант 5	25,0	26,0	26,0	25,0	25,5

## Таблиця дисперсійного аналізу

Univariate Tests of Significance for Урожай (Spreadsheet4) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	24646,26	1	24646,26	263831,5	0,000000
<b>ВП</b>	73,71	1	73,71	789,1	0,000000
<b>Підж</b>	11,37	4	2,84	30,4	0,000000
<b>ВП*Підж</b>	5,92	4	1,48	15,8	0,000000
<b>Error</b>	2,80	30	0,09		

НІР<sub>05</sub> фактор А (вид) 0,465  
 НІР<sub>05</sub> фактор Б (підж) 1,727  
 НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,515



**Рис. В.24. Поверхня відгуку урожайності біомаси міскантусу залежно від Факторів А і Б, 5 рік**

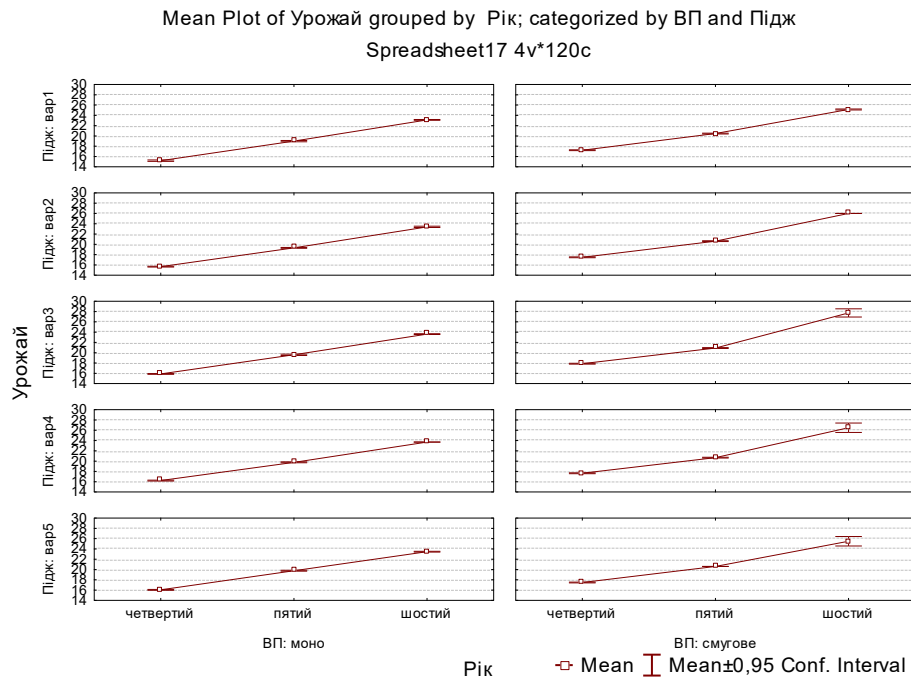
## Урожайність міскантусу гігантського, за три роки

Рік	Вид насадження	Підживлення	Повторення				Середнє
			1	2	3	4	
четвертий	одновидові	варіант 1	15,1	15,2	15,3	15,2	15,2
		варіант 2	15,7	15,6	15,7	15,7	15,7
		варіант 3	15,9	15,9	15,9	15,8	15,9
		варіант 4	16,3	16,2	16,2	16,2	16,2
		варіант 5	16,1	16,0	16,0	16,1	16,1
	смугові	варіант 1	17,2	17,3	17,2	17,2	17,2
		варіант 2	17,5	17,5	17,4	17,5	17,5
		варіант 3	17,9	17,9	17,9	17,8	17,9
		варіант 4	17,7	17,7	17,6	17,6	17,7
		варіант 5	17,4	17,5	17,5	17,5	17,5
п'ятий	одновидові	варіант 1	18,9	19,0	19,0	19,1	19,0
		варіант 2	19,3	19,3	19,4	19,3	19,3
		варіант 3	19,7	19,6	19,6	19,5	19,6
		варіант 4	19,8	19,8	19,7	19,8	19,8
		варіант 5	19,8	19,8	19,8	19,7	19,8
	смугові	варіант 1	20,5	20,4	20,5	20,5	20,5
		варіант 2	20,6	20,6	20,7	20,6	20,6
		варіант 3	20,9	20,9	21,0	20,9	20,9
		варіант 4	20,7	20,7	20,7	20,6	20,7
		варіант 5	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
шостий	одновидові	варіант 1	23,2	23,1	23,1	23,1	23,1
		варіант 2	23,4	23,4	23,5	23,3	23,4
		варіант 3	23,6	23,6	23,7	23,6	23,6
		варіант 4	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7
		варіант 5	23,4	23,5	23,5	23,5	23,5
	смугові	варіант 1	25,2	25,1	25,2	25,1	25,2
		варіант 2	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
		варіант 3	28,0	27,0	28,0	28,0	27,8
		варіант 4	26,0	27,0	27,0	26,0	26,5
		варіант 5	25,0	26,0	26,0	25,0	25,5
Середнє			20,5	20,5	20,6	20,5	20,5

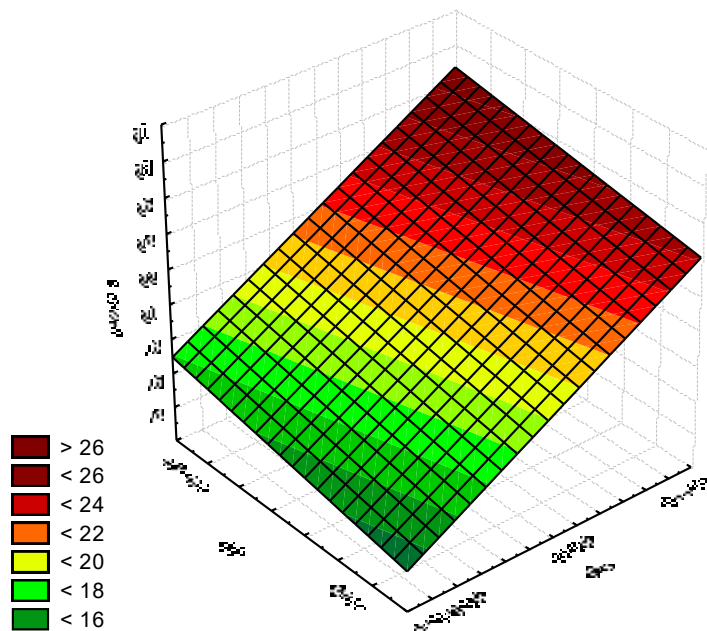
Таблиця дисперсійного аналізу

Univariate Tests of Significance for Урожай (Spreadsheet17) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of – Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	50548,97	1	50548,97	1522814	0,000000
<b>Рік</b>	1340,42	2	670,21	20190	0,000000
<b>ВП</b>	105,09	1	105,09	3166	0,000000
<b>Підж</b>	11,66	4	2,91	88	0,000000
<b>Рік*ВП</b>	12,29	2	6,15	185	0,000000
<b>Рік*Підж</b>	3,99	8	0,50	15	0,000000
<b>ВП*Підж</b>	3,61	4	0,90	27	0,000000
<b>Рік*ВП*Підж</b>	3,66	8	0,46	14	0,000000
<b>Error</b>	2,99	90	0,03		

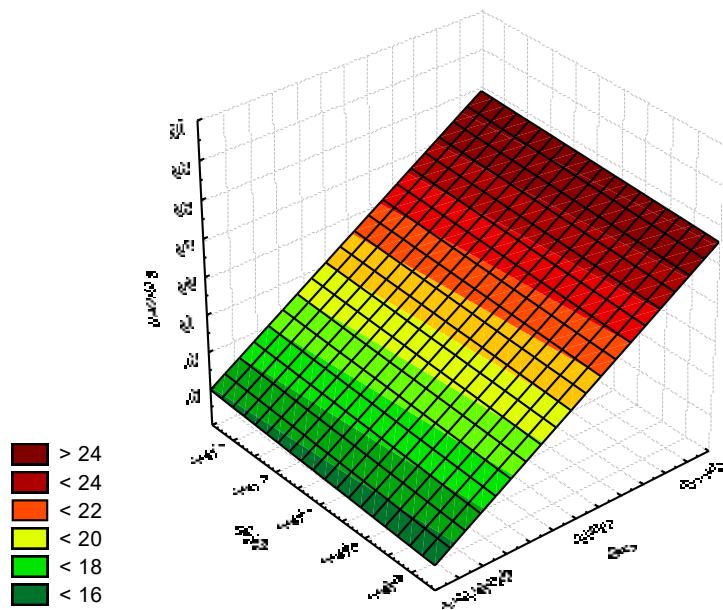
НІР<sub>05</sub> (фактор А (рік) 0,516  
 НІР<sub>05</sub> (фактор Б (вид п) 1,236  
 НІР<sub>05</sub> (фактор В (підж) 2,277  
 НІР<sub>05</sub> (фактор А і Б) 0,338  
 НІР<sub>05</sub> (фактор А і В) 1,329  
 НІР<sub>05</sub> (фактор Б і В) 3,369  
 НІР<sub>05</sub> (фактор А Б В) 0,321



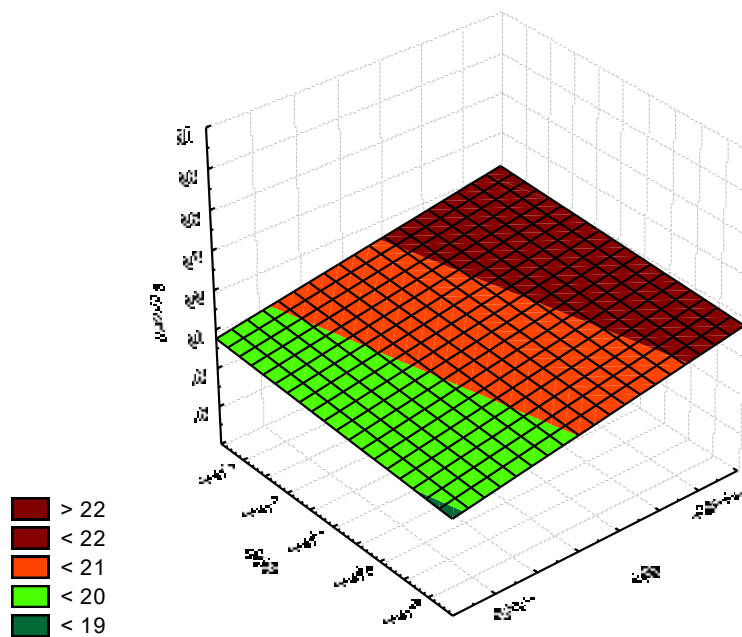
**Рис. В.25. Коробкові графіки залежностей у біомаси міскантусу за варіантами дослідів**



**Рис. В.26. Поверхня відгуку урожайності біомаси міскантусу залежно від року і виду насадження, середнє за роки**

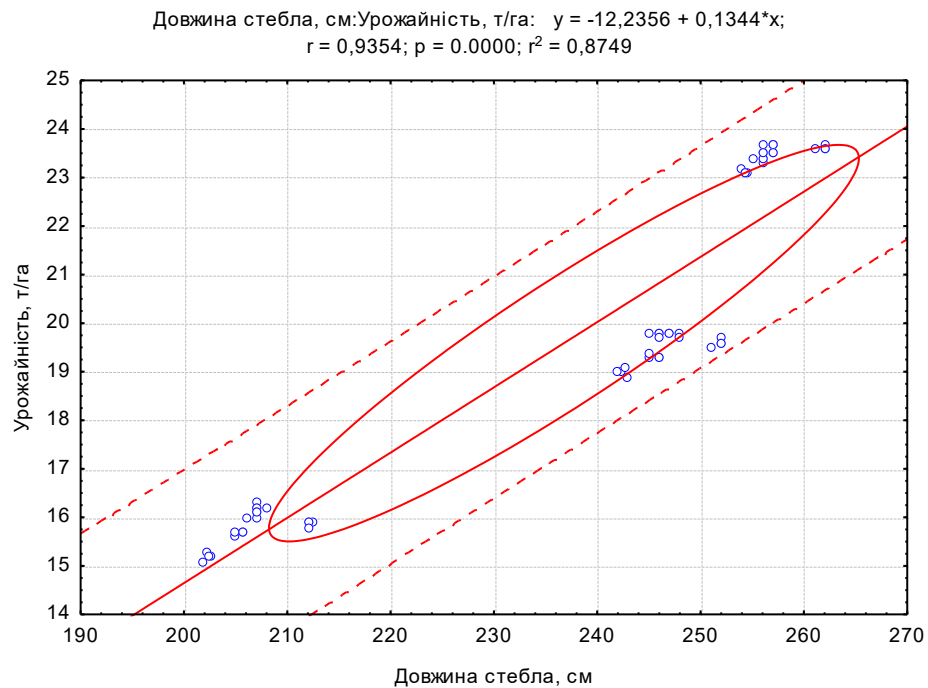


**Рис. В.26. Поверхня відгуку урожайності біомаси міскантусу залежно від року і підживлення насадження, середнє за роки**

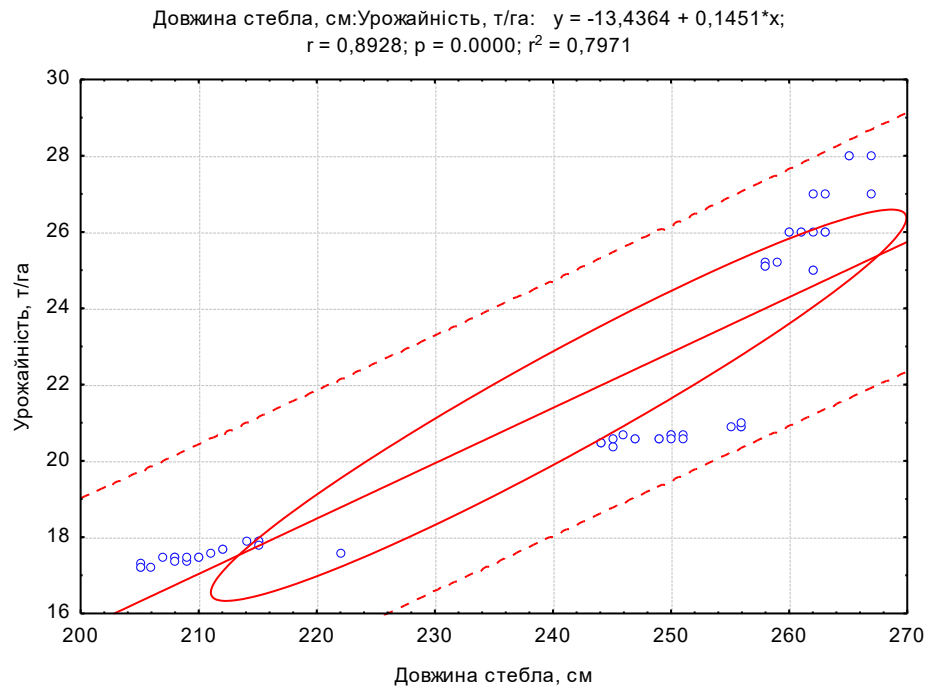


**Рис. В.27. Поверхня відгуку урожайності біомаси міскантусу залежно від виду та підживлення насадження, середнє за роки**

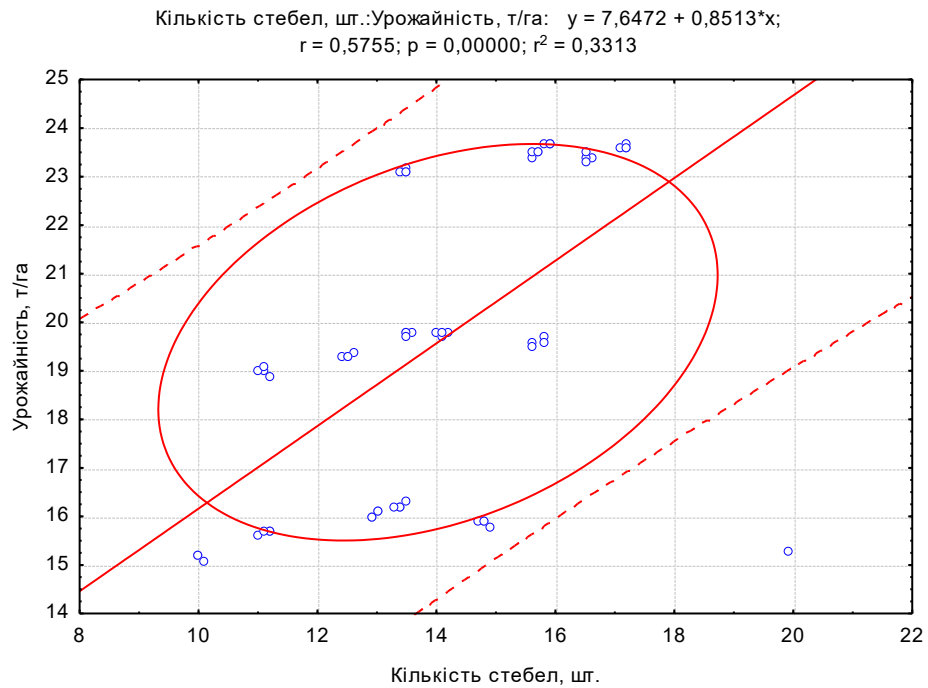
**Кореляційні залежності між кількісними показниками рослин та врожайністю біомаси міскантусу гігантського залежно від виду насадження**



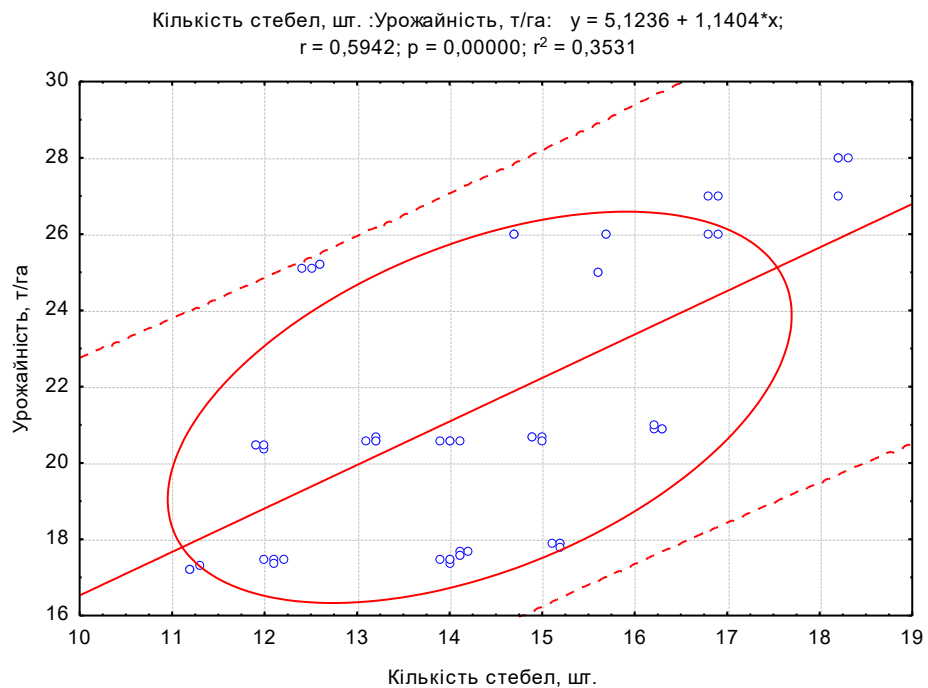
**Рис. В.28. Кореляційні залежності між ДС і У одновидові насадження міскантусу гігантського, середнє за три роки**



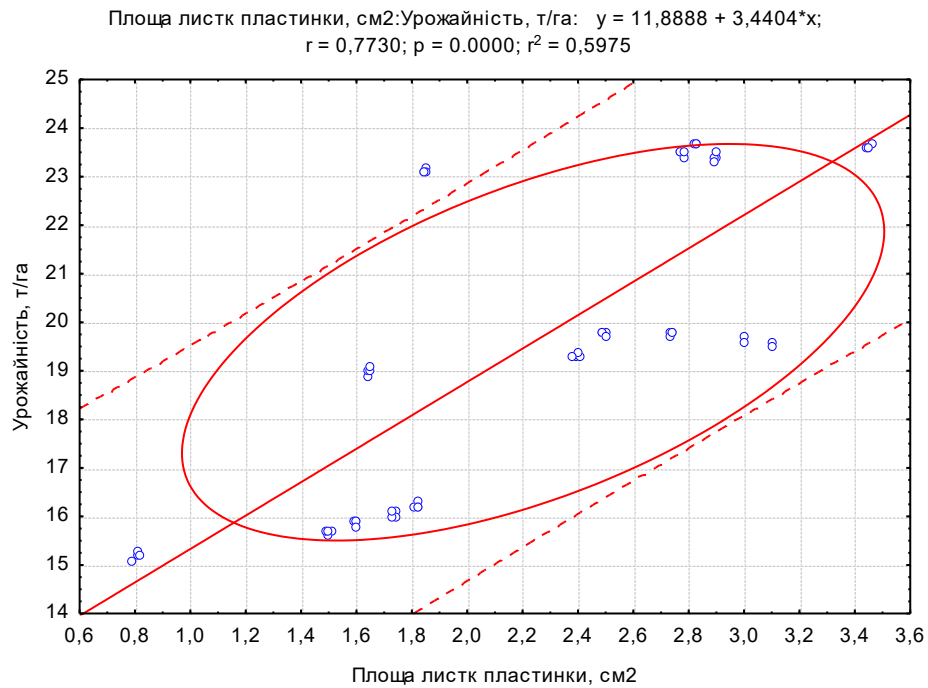
**Рис. В.29. Кореляційні залежності між ДС і У смугові насадження міскантусу гігантського, середнє за три роки**



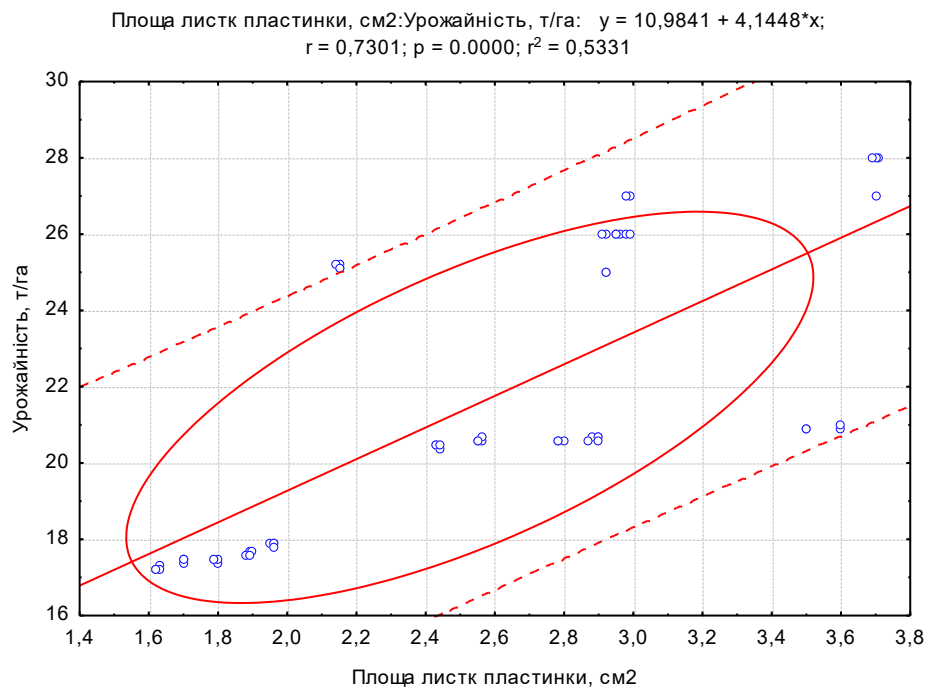
**Рис. В.30.** Кореляційні залежності між КС і У одновидові насадження міскантусу гігантського, середнє за три роки



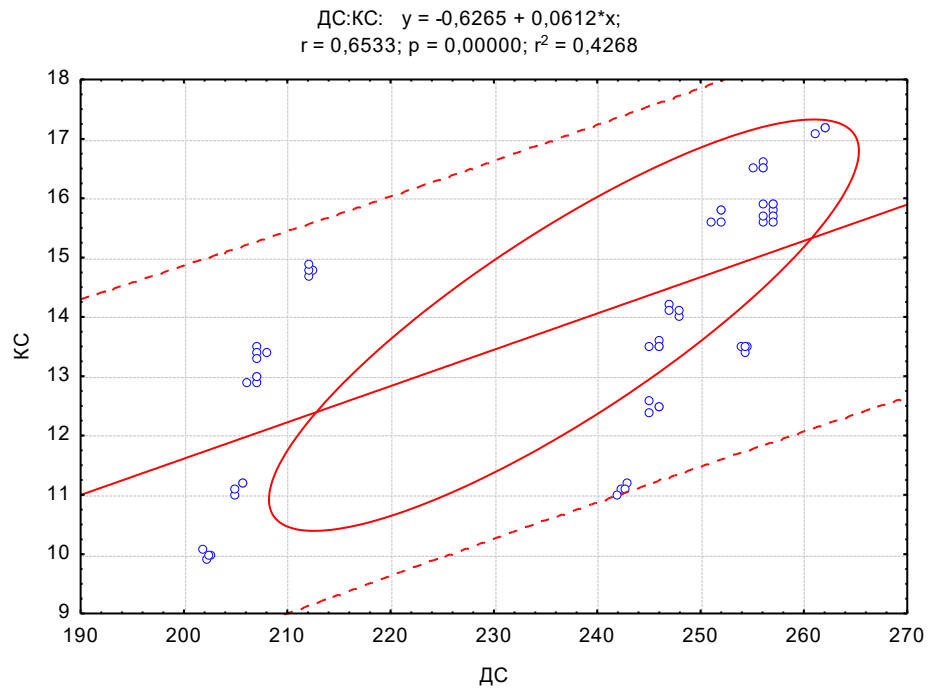
**Рис. В.31.** Кореляційні залежності між КС і У смугові насадження міскантусу гігантського, середнє за три роки



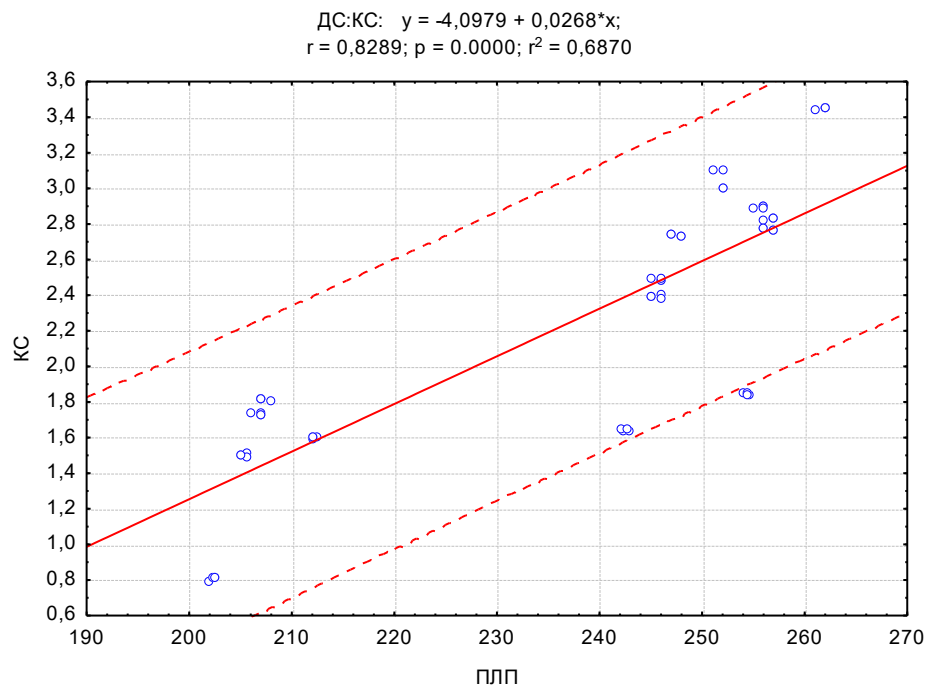
**Рис. В.32.** Кореляційні залежності між ПЛП і У одновидові насадження міскантусу гігантського, середнє за три роки



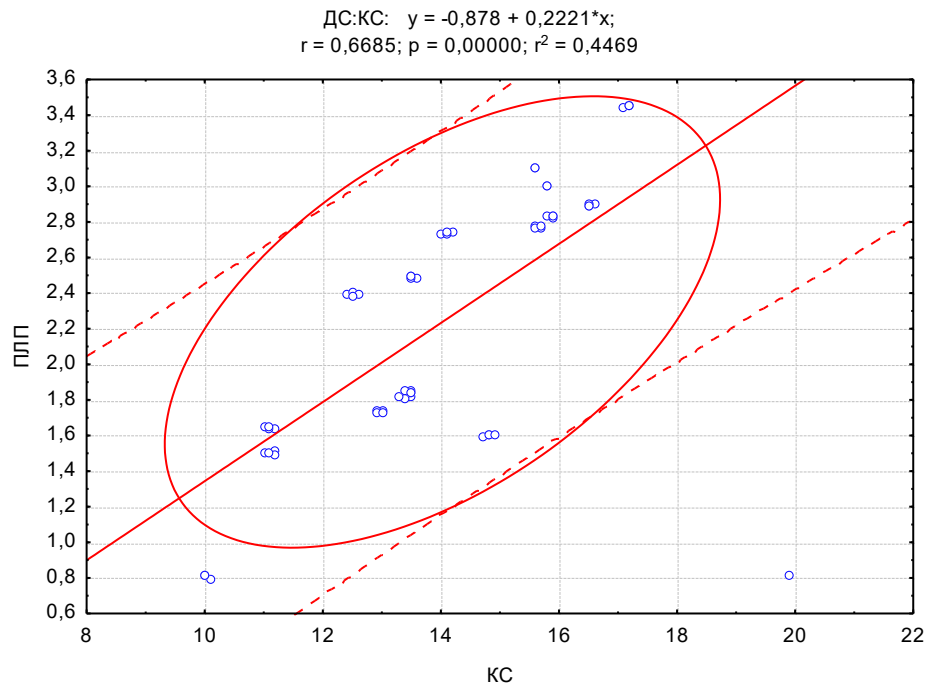
**Рис. В.33.** Кореляційні залежності між ПЛП і У смугові насадження міскантусу гігантського, середнє за три роки



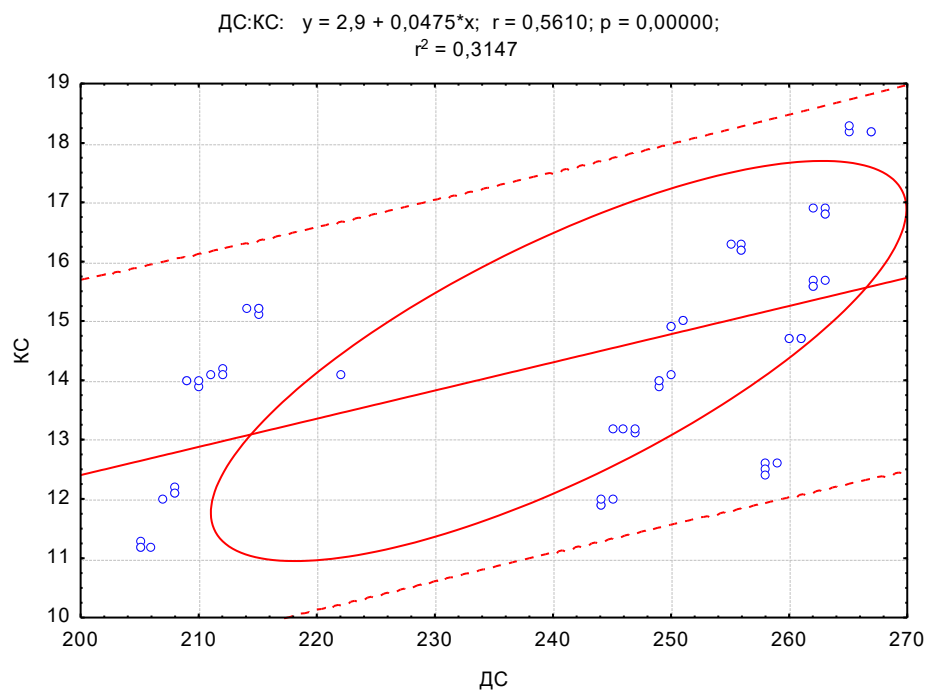
**Рис. В.34. Кореляційні залежності між ДС і КС одновидові насадження міскантусу гігантського, середнє за три роки**



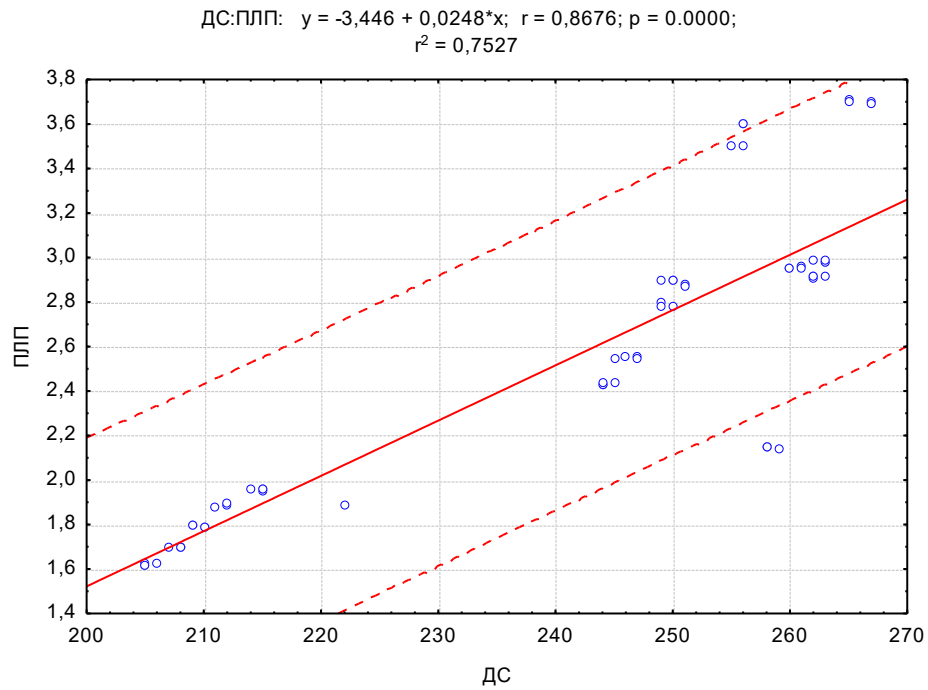
**Рис. В.35. Кореляційні залежності між ДС і ПЛП одновидові насадження міскантусу гігантського, середнє за три роки**



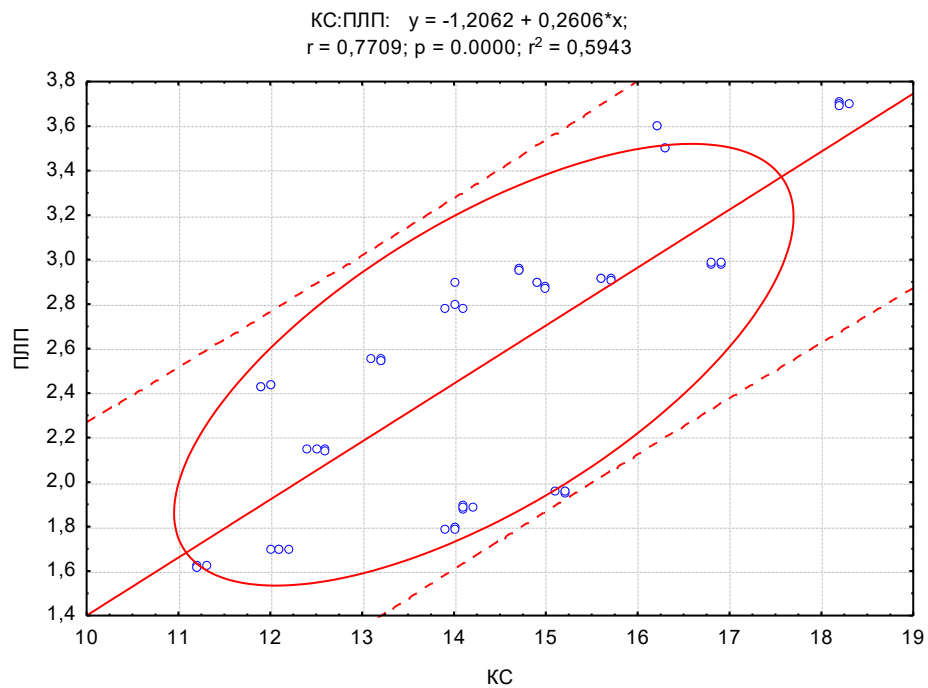
**Рис. В.36. Кореляційні залежності між КС і ПЛП одновидові насадження міскантусу гігантського, середнє за три роки**



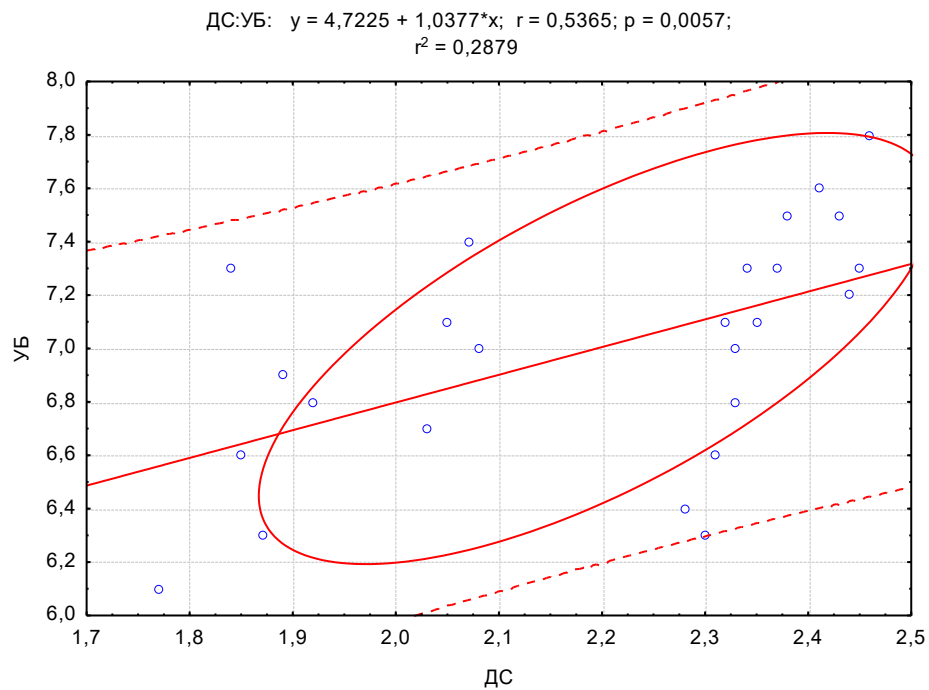
**Рис. В.37. Кореляційні залежності між ДС і КС смугові насадження міскантусу гігантського, середнє за три роки**



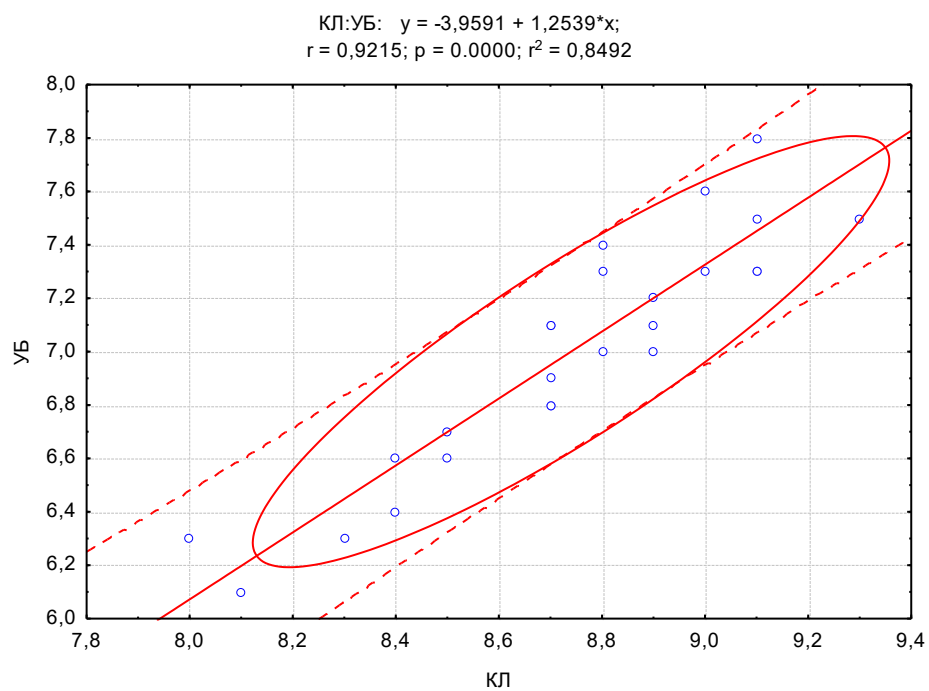
**Рис. В.38.** Кореляційні залежності між ДС і ПЛП смугові насадження міскантусу гігантського, середнє за три роки



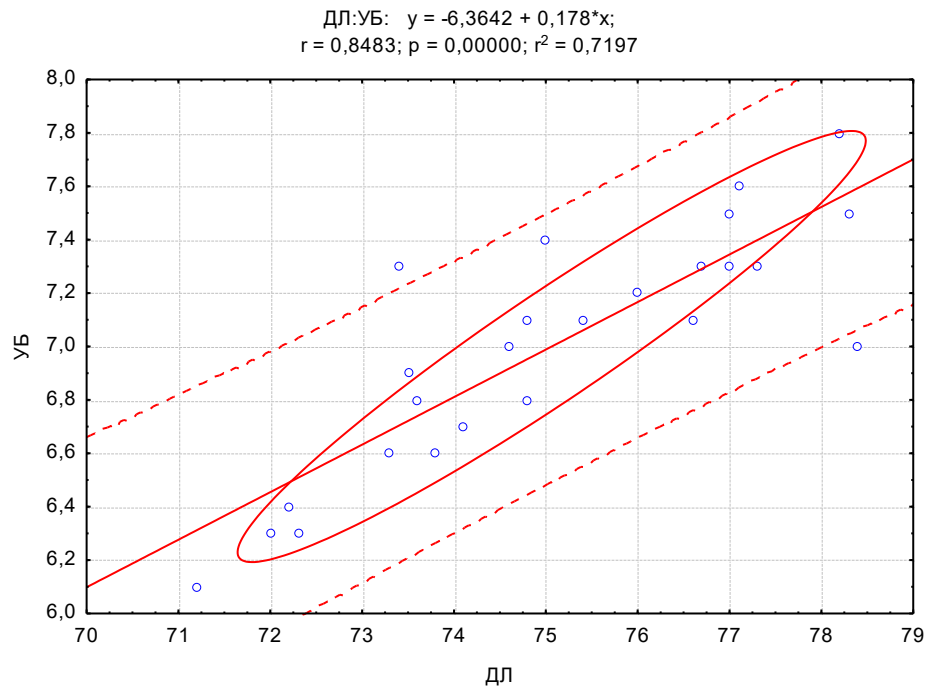
**Рис. В.39.** Кореляційні залежності між КС і ПЛП смугові насадження міскантусу гігантського, середнє за три роки



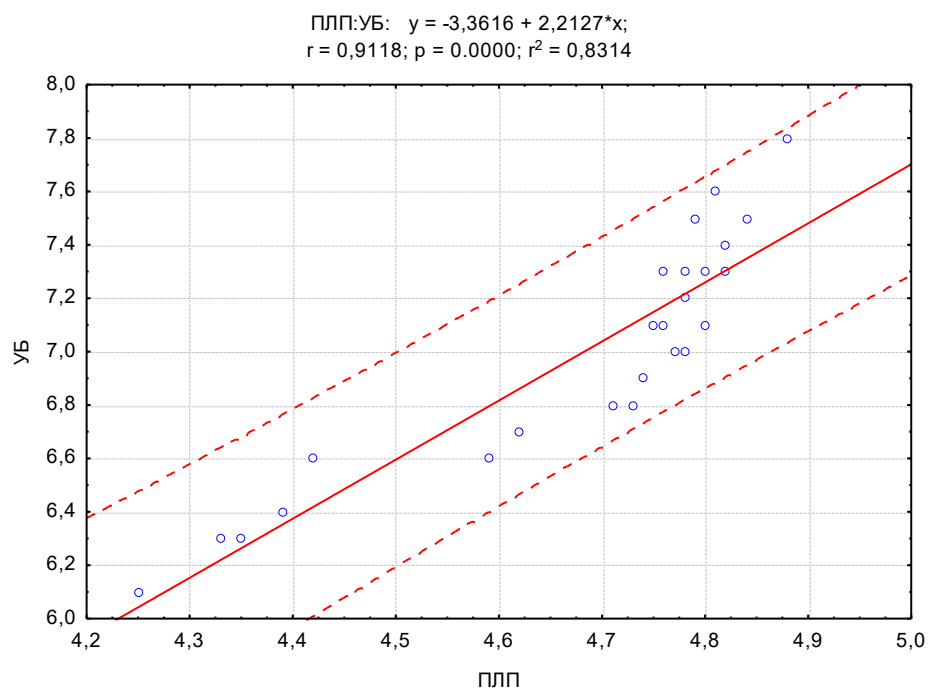
**Рис. В.40.** Кореляційні залежності між ДС і УБ рослин кукурудзи



**Рис. В.41.** Кореляційні залежності між КЛ і УБ рослин кукурудзи



**Рис. В.42.** Кореляційні залежності між ДЛ і УБ рослин кукурудзи



**Рис. В.43.** Кореляційні залежності між ПЛП і УБ рослин кукурудзи

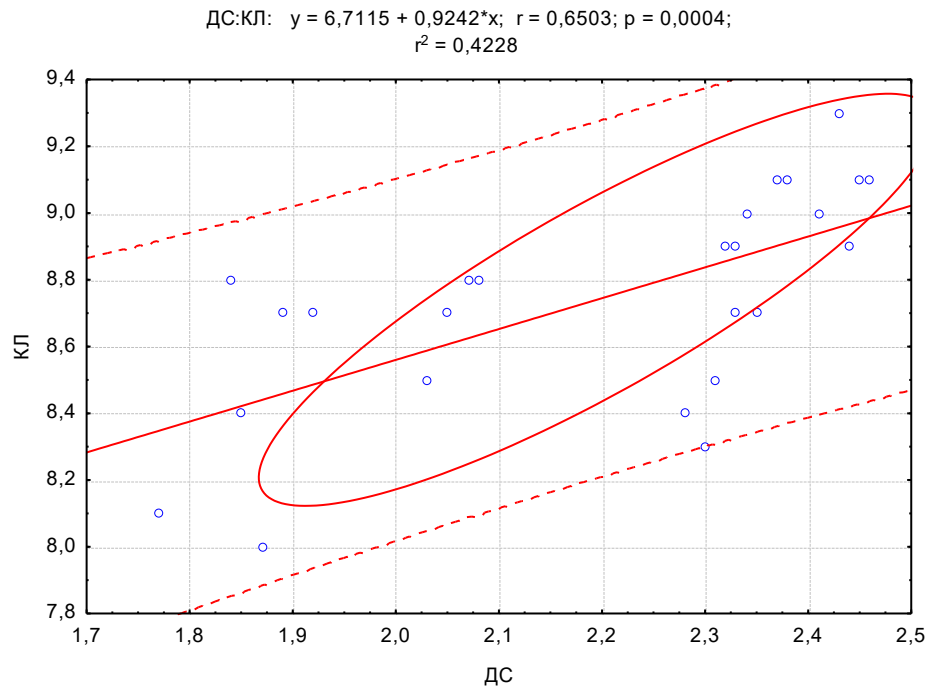


Рис. В.44. Кореляційні залежності між ДС і КЛ рослин кукурудзи

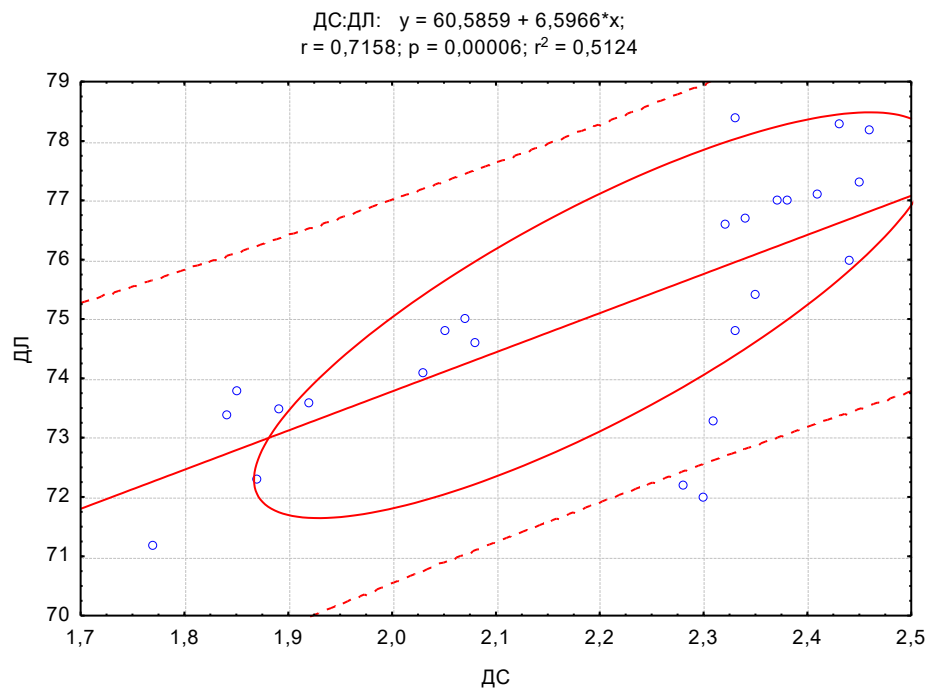


Рис. В.45. Кореляційні залежності між ДС і ДЛ рослин кукурудзи

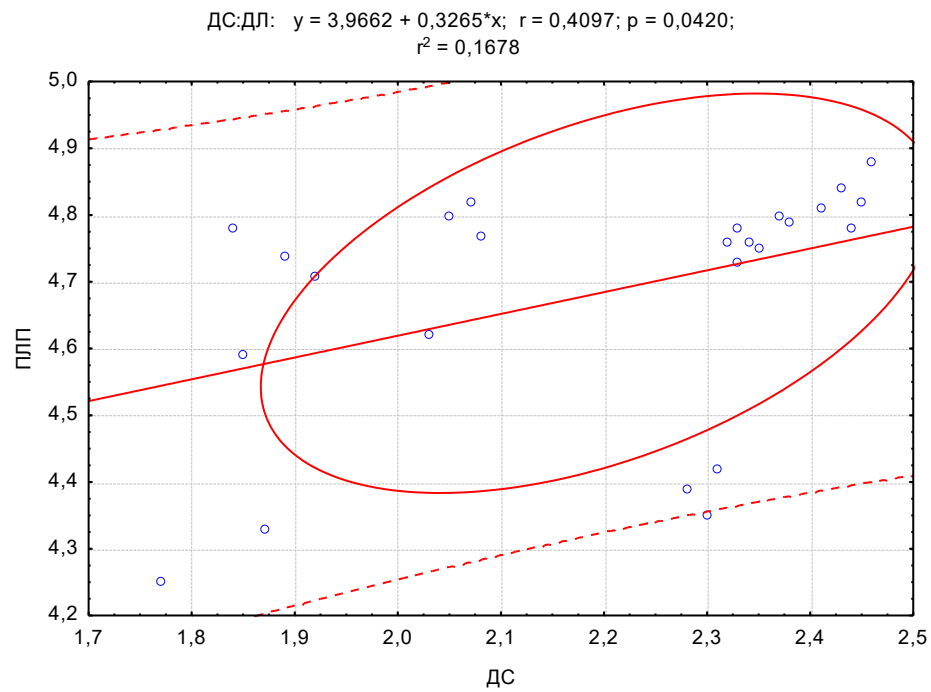


Рис. В.46. Кореляційні залежності між ДС і ПЛП рослин кукурудзи

## ДОДАТОК Д

## Довідки та акти впровадження результатів досліджень у освітній процес та у виробництво

## ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заступник директора з наукової роботи  
Інституту біоенергетичних культур і  
цукрових буряків НААН



Віктор СІНЧЕНКО

2025 р.

## ДОВІДКА

про впровадження результатів наукових досліджень здобувача освітньо-наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201°«Агрономія» галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» Тетерюка Романа Сергійовича на тему: «Агроекологічне обґрунтування технології вирощування міскантуса гігантського і кукурудзи за використання на біопаливо в умовах нестійкого зволоження»

Матеріали дослідження Тетерюка Р. С. щодо встановлення закономірностей формування урожайності міскантусу гігантського залежно від способу вирощування у фітоценозі іншими культурами та застосування підживлення насаджень використовуються в навчальному процесі Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН під час викладання навчальної дисципліни «Наукові основи вирощування рослин для переробляння на біоенергетичні цілі» для здобувачів освітньо-наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 201°«Агрономія» галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство».

Гарант освітньо-наукової програми  
201 «Агрономія»

Володимир ДОРОНІН

Завідувач відділу селекції і сталих  
технологій вирощування та  
переробляння біоенергетичних  
культур

Олександр ГАНЖЕНКО

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з науково-педагогічної,  
наукової роботи Полтавського  
державного аграрного університету,  
доктор с.-г. наук, професор

Анатолій ШОСТЯ

2025 р.



### ДОВІДКА

про впровадження у освітній процес результатів наукових досліджень здобувача освітньо-наукового ступеня доктора філософії Тетерюка Романа Сергійовича за темою дисертаційної роботи «Агроекологічне обґрунтування технології вирощування міскантусу гігантського і кукурудзи за використання на біопаливо в умовах лівобережного Лісостепу України» за спеціальністю 201°Агрономія галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство.

Матеріали дослідження Тетерюка Романа Сергійовича щодо вивчення закономірностей формування врожайності міскантусу гігантського залежно від сорту та удосконалення елементів технології вирощування використовуються в освітньому процесі Полтавського державного аграрного університету при викладанні навчальних дисциплін «Енергетичні культури» та «Рослинні сировинні та енергетичні ресурси» на кафедрі селекції, насінництва і генетики навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології.

Директор ННІ агротехнологій,  
селекції та екології

Микола МАРЕНИЧ

Завідувач кафедри селекції,  
насінництва і генетики

Світлана ЮРЧЕНКО

**ДОВІДКА**

про впровадження у виробництво результатів наукових досліджень здобувача ступеня доктора філософії Полтавського державного аграрного університету Тетерюка Романа Сергійовича за темою дисертаційної роботи  
**«Агроекологічне обґрунтування технології вирощування міскантуса гігантського і кукурудзи за використання на біопаливо в умовах нестійкого зволоження» за спеціальністю Н1°Агрономія**

Видана здобувачу ступеня доктора філософії Полтавського державного аграрного університету **Тетерюку Роману Сергійовичу** у тому, що виокремлені ним в процесі дослідження за темою дисертаційної роботи «Агроекологічне обґрунтування технології вирощування міскантуса гігантського і кукурудзи за використання на біопаливо в умовах нестійкого зволоження» сорти міскантусу гігантського (сорт 'Верум', сорт 'Осіній зорецьвіт', сорт 'Гулівер') використовуються у селекційно-насінницькій роботі Веселоподільської ДСС ІВКЦБ НААН.

Довідка видана для пред'явлення в разову спеціалізовану раду за місцем захисту дисертації на здобуття наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 201°Агрономія.

Засупник директора з  
наукової роботи  
Веселоподільської ДСС



Віктор СМІРНИХ

ПОГОДЖЕНО:

Ректор Полтавського державного  
аграрного університету

О.А. Галич

« 3 » листопада 2025 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Проректор з науково-педагогічної,  
наукової роботи

А.М. Шостя

« 3 » листопада 2025 р.

**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ****результатів науково-дослідних робіт у виробництво**

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи на тему «Агроекологічне обґрунтування технології вирощування міскантуса гігантського і кукурудзи за використання на біопаливо в умовах нестійкого зволоження» здійсненої в Полтавському державному аграрному університеті здобувачем ступеня доктор філософії Тетерюк Романом Сергійовичем впроваджені в умовах Товариства з обмеженою відповідальністю «Савинці» Миргородського району Полтавської області.

Вид впроваджених результатів: збільшення врожайності біомаси при вирощуванні міскантуса гігантського за удосконалених елементів технології вирощування культури.

Рік та обсяг впровадження: 2025 рік, площа – 1,0 га.

Отриманий економічний ефект від впровадження: збільшено виручку від реалізації продукції до 27100 грн/га.

Від Полтавського ДАУ

Ректор

О.А. Галич

Виконавець

Р.С. Тетерюк

ТОВ «Савинці»

Директор

Г.М. Ситник

« 3 » листопада 2025 р.