

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ»

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ПЕРЕЦЬ СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 631.559:633.282:620.952

АГРОТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ
ГІГАНТСЬКОГО НА ОСУШУВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТАХ
ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

06.01.01 - загальне землеробство

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, наукових результатів і цитат супроводжується належними посиланнями на їх авторів та джерела опублікування.

_____ С.В. Перець

Науковий керівник – **Слюсар Іван Тимофійович** доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН. Заслужений діяч науки і техніки України.

Чабани - 2025

АНОТАЦІЯ

Перець С.В. Агротехнічні основи вирощування міскантусу гігантського на осушуваних органогенних ґрунтах лівобережного Лісостепу.

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.01 – Загальне землеробство. Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», Чабани, 2024.

В останні роки важливого значення набуває вирішення енергетичного питання для України, а саме перехід від викопних енергетичних ресурсів до відновлювальних джерел енергії, тобто на біопаливо [150, 149, 83, 245, 100]. Для цього важливо створити власні джерела відновлювальної енергії на основі вирощування рослинної біоенергетичної сировини на вилучених з інтенсивного обробітку землях [103, 90]. До таких земель мають відношення осушені органогенні ґрунти, яких в Україні нараховується близько 0,8 млн га. Вони за водними та агрохімічними характеристиками повністю відповідають вимогам для вирощування енергетичних культур, оскільки добре забезпечені вологою та азотом, що дозволяє накопичувати рослинами досить потужну біомасу з помірним внесенням добрив [68, 122, 64]. Впровадження у виробництво сучасної технології вирощування міскантусу гігантського на дренажних органогенних ґрунтах з комплексом агротехнічних та агрохімічних заходів обумовлює необхідність теоретичного обґрунтування й удосконалення окремих технологічних заходів його вирощування, розроблення комплексних заходів застосування з урахуванням сучасних тенденцій щодо зміни кліматичних і погодних умов.

У результаті проведених у 2016-2019 рр. досліджень в умовах заплачних органогенних карбонатних ґрунтів р. Супій Бориспільського району Київської області, обґрунтовано особливості реалізації генетичного потенціалу міскантусу гігантського залежно від строків та способів посадки,

глибини загортання ризомів та їхньої маси, щільності посадки, удобрення та захисту рослин від шкідників на формування врожайності.

Встановлено ефективність комплексного застосування різних заходів технології вирощування міскантусу гігантського для отримання високого врожаю біомаси з підвищенням стійкості рослин до несприятливих чинників на дренованих органогенних ґрунтах за умов зміни клімату.

Набули подальшого розвитку положення щодо проходження агрохімічних ґрунтових процесів на заплавах органогенних карбонатних ґрунтах, запобігання надмірної мінералізації органічної маси торфу та запобігання забруднення ґрунтових та річкових вод залежно від технологічних чинників у взаємозв'язку з погодними умовами.

У першому розділі дисертації проаналізовано роботи вітчизняних та зарубіжних учених з питань інтенсифікації вирощування міскантусу гігантського. Приділена увага та опрацьовано літературні джерела, щодо особливості реалізації генетичного потенціалу міскантусу гігантського залежно від строків та способів посадки, глибини загортання ризомів та їхньої маси, щільності посадки, удобрення та захисту рослин від шкідників та формування врожайності.

У другому розділі наведено ґрунтові та погодно-кліматичні умови зони проведення досліджень, проаналізовано погодні умови впродовж вегетаційного періоду міскантусу за чотири роки досліджень. Викладено матеріали, методи досліджень і аналізування отриманих результатів за темою дисертаційної роботи.

У третьому розділі розкрито особливості водного режиму ґрунту. З метою глибокого аналізу взаємозв'язку між погодними умовами, залягання рівнів ґрунтової води та вологості ґрунту, зазначені показники взаємозв'язані і впливають на вологість ґрунту. З'ясовано, що забезпеченість вологою міскантусу гігантського на дренованих органогенних ґрунтах з влаштованою осушувально-зволожуючою системою, вологість ґрунту протягом вегетації

не опускалась за межі нижнього порогу 40% ВП і не перевищувала верхньої межі 80% ВП, що сприяє отриманню високих врожаїв біомаси.

У четвертому розділі висвітлено особливості поживного режиму дренажного органогенного ґрунту, які залежать від технологічних заходів вирощування міскантусу гігантського. Встановлено, що інтенсивність процесів мінералізації значно впливає на спосіб і умови використання органогенних ґрунтів. За щільної дернини, коли низька аерація ґрунту, мікробіологічні процеси згасають, і навпаки, за інтенсивного обробітку ґрунту мінералізація посилюється, що забезпечує сільськогосподарські культури рухомими поживними речовинами і в цілому впливає на родючість осушуваних органогенних ґрунтів.

З'ясовано, що кількісні показники рухомого азоту в ґрунті залежать від інтенсивності мінералізації органічної речовини, яка в основному регулюється біологічною активністю ґрунту. Поживний режим ґрунту на осушених торфовищах складається так, що ці ґрунти добре забезпечені азотом завдяки високому вмісту органічної маси (60-80%). Вміст нітратів в ґрунті у весняний період в третю декаду квітня знаходився в межах 274,0-365,0 мг/кг ґрунту та 267,0-422,0 мг/кг ґрунту перша декада вересня 2018 р., 270,0-367,0 мг/кг ґрунту весною та 238,0-515,0 мг/кг ґрунту восени у 2019 р. відповідно, чого достатньо для отримання високої урожайності міскантусу гігантського. Проведені спостереження за вмістом нітратного азоту в ґрунті під посівами міскантусу гігантського показали, що запаси його під час вегетації були дуже високі і мало залежали від внесених калійних добрив, щільності посадки та періоду вегетації.

Спостереження та аналіз показників вмісту доступного фосфору в досліджуваному ґрунті виявили його відповідність середньому ступеню забезпеченості. Фосфорна кислота в торфових ґрунтах міститься в невеликих кількостях. Частина її пов'язана з білковими речовинами і знаходиться в поглинутому стані органічними колоїдами, що значно запобігає вимиванню з ґрунту.

Ефективність фосфорних добрив залежала від забезпеченості торфовищ рухомими фосфатами і співвідношенням між ними та кількістю рухомих форм азоту і калію. Забезпеченість ґрунту рухомим фосфором була достатньою і коливалась в межах від 56,7-90,5 мг на кг ґрунту за 2018 р. У 2019 р. забезпеченість ґрунту рухомим фосфором була в межах від 60,0-98,3 мг на кг ґрунту.

З'ясовано, що у рослинах і в органічній речовині ґрунту калій входить до складу міцних органічних комплексів, він легко мігрує і виноситься дренажними водами, тому торфово-болотні ґрунти дуже бідні на калій і головним джерелом його поповнення є внесення мінеральних добрив. Вміст калію в ґрунті на початку вегетації рослин міскантусу знаходився у 2018 р. на варіанті без добрив – на рівні 104,5-131,6 мг/кг ґрунту, що відповідало недостатній забезпеченості; варіанті – K_{60} 202,0-253,0 мг/кг ґрунту і варіанті K_{120} – 258,0-309,0 мг/кг ґрунту, що відповідало середній і високій забезпеченості (табл. 4.3.1). Вміст калію 2019 р. в ґрунті на початку вегетації рослин міскантусу становив: на варіанті без добрив на рівні 122,0-141,0 мг/кг ґрунту, що відповідало недостатній забезпеченості; варіанті K_{60} – 198,0-241,0 мг/кг ґрунту і варіанті K_{120} 246,0-316,0 мг/кг ґрунту – середня та висока забезпеченість відповідно. Внесення калійних добрив мало безпосередній вплив на динаміку лінійного росту міскантусу і накопичення урожаю сухої речовини. Результати досліджень висвітлені у наукових друкованих працях.

У п'ятому розділі наведено технологічні заходи вирощування міскантусу гігантського та санітарний стан посівів. Проведеними дослідженнями встановлено, що польове відростання ризомів залежало від строків садіння, глибини загортання та їхньої маси. Аналізуючи дані результатів за роки досліджень виявлено, що приживленість першого року та відростання ризомів в наступні роки забезпечила вологість та аерація торфових ґрунтів Панфільської дослідної станції на заплавах річки Супій.

За вирощування міскантусу гігантського в перший рік його вегетації в 2016 році на осушуваних торфових ґрунтах для захисту рослин від бур'янів

застосовували два способи контролю. Агротехнічний, який полягав у проведенні досходового боронування і наступного триразового міжрядного обробітку. Для порівняння застосовували і хімічний спосіб з внесенням гербіциду діален в кількості 0,6 л/га по вегетації бур'янів. В 2017 р. в зв'язку з заморозками в 1 декаді травня, що спричинило пошкодження і затримку росту міскантусу, виникла необхідність в проведенні одного міжрядного обробітку і для порівняння внесено по вегетації рослин міскантусу гербіцид діален в розрахунку 0,6 л/га. В подальшому необхідності в проведенні заходу контролю з бур'янами не було.

Попередніми дослідженнями Панфільської дослідної станції, так і перед закладкою досліду було виявлено, що чисельність дротяника коливалась в межах 34-60 екз/м², в залежності від варіанту, що відповідало високому ступеню зараженості цим шкідником [Річні звіти Панфільської дослідної станції].

Для зниження чисельності дротяників і їх шкодочинності на площі під міскантус було застосовано агротехнічний в поєднанні з біологічним спосіб контролю, який полягає в попередньому посіві гірчиці польової в першій декаді серпня і проведенні пізньоосінньої оранки на 30-35 см при переході середньодобової температури через 0 °С .

Дослідження показали, що завдяки застосуванню даного методу контролю кількість дротяників знизилась в межах 69-83 % від загальної чисельності, а загибель рослин міскантусу від їх пошкодження складала лише 3,4-5,1% в 2016 р.

У шостому розділі розкрито продуктивність та якість сировини міскантусу залежно від технологічних заходів вирощування в умовах осушених торфовищ Лісостепу України. Закладка плантацій та вивчення закономірностей їх росту, розвитку і формування врожаю та його якості залежно від комплексної дії агротехнічних заходів, таких як строки садіння та глибина загортання ризомів, норми мінеральних добрив та ін. Проаналізувавши дані, можна зробити висновки щодо технології

вирощування міскантусу гігантського на торфових ґрунтах Лісостепу України. На варіантах без добрив різниця в приростах була мінімальною і становила 0-10 см, і за прогнозами в наступні роки вони змінюватися не будуть. На варіантах, де вноситься K_{60} , приріст спостерігається, що свідчить про доцільність внесення мінеральних добрив, особливо калійних. За внесення K_{120} приріст відбувається, але з кожним роком він зменшується, і при щільності посадки 25 тис. шт./га уже на четвертий рік вирощування є мінімальним, виходячи з чого можна спрогнозувати недоцільність внесення великих доз калію та використання схеми посадки $0,7 \times 0,55$ м при щільності посадки 25 тис. шт./га на торфових ґрунтах.

За результатами досліджень встановлено, що рослини міскантусу в перший рік вегетації формують спочатку більшу підземну масу, а потім надземну. Урожайність сухої біомаси першого року вирощування за внесення K_{60} була низькою – 1,43-2,25 т/га, внаслідок чого рік був збитковим. Проміжний урожай отримали другого року вирощування культури від 19,32 до 23,73 т/га і повноцінний на третьому році вирощування 23,74-26,13 т/га і четвертого відповідно 25,64-27,24 т/га сухої біомаси. Урожайність за першого строку садіння культури (восени I декада листопада) становила 28,07 т/га сухої речовини, а за другого строку (весною II декада квітня) 27,24 т/га сухої речовини, що говорить про можливість посадки міскантусу, як пізно восени так і рано навесні. Як показали дослідження за найвищої загущеності 25 тис. шт./га з внесенням K_{60} діаметр пагонів, у середньому, складав 1,1 см і без добрив 0,8 см, на варіанті за найменшої густоти стояння 10 тис. шт./га – 1,4 і 1,0 см відповідно. Внесення K_{60} в порівнянні з варіантом без добрив збільшувало діаметр пагонів на 19-23 %. Внесення K_{120} порівняно до K_{60} не впливало на зміну діаметра пагонів.

Визначено вплив збільшення маси ризомів на зростання врожайності рослин, як першого так і другого років вирощування. Так за маси ризомів 20-30 г урожайність сухої надземної маси міскантусу становила в середньому в

перший рік вегетації 2,3 т/га, другий – 19,64 т/га, а за маси 50-70 г – 3,3 т/га і 23,41 т/га відповідно. Вплив глибини загортання ризомів на врожайність міскантусу виявився несуттєвим. З іншого боку, як показують дослідження, при сильних весняних заморозках -5°C -7°C в 2 і 3 декадах квітня, ефективнішим було загортання ризомів на 10-12 см, оскільки негативна дія заморозків на сходи міскантусу по такій глибині була мінімальною.

Аналіз технологічних показників якості біомаси залежно від щільності садіння та добрив показав, що найбільший вміст золи в біомасі міскантусу був на варіанті без добрив при щільності посадки 25 тис/га – 4,88 %, 10 тис/га – 5,23 %, а на варіантах з внесенням K_{60} цей показник знижувався до 3,54-4,79 % відповідно. Дещо підвищений був і вміст азоту в біомасі: він коливався на варіантах без добрив в межах 1,04-1,29 %, а з внесенням калійних добрив знижувався до рівня 0,86-1,03 % при допустимих значеннях 1,00 %.

Решта показників була в межах норми відповідно до чинних стандартів.

У цьому розділі розкрито аналіз економічної ефективності виробництва міскантусу, який показав, що за різних способів посадки показники собівартості вирощеної продукції та рівень рентабельності були такими: за посадки 25 тис/га при внесенні K_{60} собівартість продукції становила 320,0 грн/т, а рентабельність – 158 %, при посадці 20 тис/га – 301,0 грн/т та 174 % відповідно, при посадці 15 тис/га – 295,0 грн/га та 180 %, при посадці 10 тис/га ці показники були на рівні 288,0 грн/га і 186 %. За результатами розрахунку енергетичної ефективності встановлено, що коефіцієнт енергетичної ефективності залежав від добрив. Так, на варіанті без добрив він знаходився на рівні від 2,8 до 3,1 в залежності від щільності садіння, а при внесенні K_{60} збільшувався до 3,7-4,6 і K_{120} – 3,6-4,4. Кращим варіантом вирощування міскантусу по енергетичній ефективності виявився варіант з щільністю садіння 10 тис/га і внесенням K_{60} .

Ключові слова: міскантус гігантський, органогенні ґрунти, технологія вирощування, ризоми, система удобрення, урожайність, економічна і енергетична ефективність, захист рослин.

ANNOTATION

Perets S.V. Agrotechnical bases of miscanthus giganteus cultivation on drained organogenic soils of the Left-Bank Forest-Steppe.

Qualification scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences, specialty 06.01.01 - General Agriculture. National Research Center “Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine”, Chabany, 2024.

In recent years, the solution of the energy issue for Ukraine, namely the transition from fossil energy resources to renewable energy sources, i.e. biofuels, has become increasingly important [150, 149, 83, 245, 100]. To do this, it is important to create our own sources of renewable energy based on the cultivation of plant bioenergy raw materials on lands withdrawn from intensive cultivation [103, 90]. Such lands include organogenic soils, which amount to about 0.8 million hectares in Ukraine. Their water and agrochemical characteristics are fully suitable for growing energy crops. They are well supplied with moisture and nitrogen, which allows plants to accumulate quite powerful biomass with moderate fertilization [68, 122, 64]. The introduction of modern technology for growing miscanthus giganteus on drained organogenic soils with a complex of agrotechnical and agrochemical measures necessitates theoretical substantiation and improvement of certain technological measures of its cultivation, development of complex measures of application taking into account current trends in climate and weather conditions.

As a result of the research conducted in 2016-2019 in the conditions of floodplain organogenic carbonate soils of the Supiy River, Boryspil district, Kyiv region, to substantiate the peculiarities of realization of the genetic potential of

miscanthus giganteus depending on the timing and methods of planting, depth of planting of rhizomes and their weight, planting density, fertilization and plant protection against pests on the formation of *miscanthus giganteus* yield.

The effectiveness of the integrated application of various measures of *miscanthus giganteus* cultivation technology for obtaining a high biomass yield with increased plant resistance to adverse factors on drained organogenic soils under climate change conditions was established.

The provisions on agrochemical soil processes on floodplain organogenic carbonate soils, prevention of excessive mineralization of peat organic mass and prevention of ground and river water pollution depending on technological factors in relation to weather conditions were further developed.

The first chapter of the dissertation analyzes the works of domestic and foreign scientists on the intensification of *miscanthus giganteus* cultivation. Attention is paid to and literature sources are processed regarding the peculiarities of realization of the genetic potential of *miscanthus giganteus* depending on the timing and methods of planting, depth of planting of rhizomes and their weight, planting density, fertilization and protection of plants from pests and formation of yield.

The second chapter describes the soil and weather-climatic conditions of the research area, analyzes the weather conditions during the growing season of *miscanthus* for four years of research. The materials, methods of research and analysis of the results obtained on the topic of the dissertation are presented.

The third chapter describes the peculiarities of the soil water-air regime. For the purpose of in-depth analysis of the relationship between weather conditions, groundwater levels and soil moisture, these indicators are interrelated and affect soil moisture. It was found that by providing moisture to *miscanthus giganteus* on drained organogenic soils with an arranged drainage-moisturizing system, soil moisture during the growing season did not fall beyond the lower threshold of 40% VP and did not exceed the upper limit of 80% VP, which ensures high biomass yields.

The fourth chapter highlights the peculiarities of the nutrient regime of drained organogenic soil, which depend on the technological measures of growing *miscanthus giganteus*. It has been established that the intensity of mineralization processes significantly affects the method and conditions of use of organogenic soils. Under dense turf, when soil aeration is low, microbiological processes become wear, and vice versa, under intensive tillage, mineralization increases, which provides crops with mobile nutrients and generally affects the fertility of drained organic soils.

It has been found that the quantitative indicators of mobile nitrogen in the soil depend on the intensity of mineralization of organic matter, which is mainly regulated by the biological activity of the soil. The nutrient regime of the soil on drained peatlands is such that these soils are well supplied with nitrogen due to the high content of organic matter (60-80%). The nitrate content in the soil in the spring in the third decade of April was in the range of 274.0-365.0 mg/1000 g of soil and 267.0-422.0 mg/1000 g of soil in the first decade of September 2018; 270.0-367.0 mg/1000 g of soil in spring and 238.0-515.0 mg/1000 g of soil in autumn in 2019, respectively, which is sufficient to obtain high yields of *miscanthus giganteus*. Observations of the nitrate nitrogen content in the soil under *miscanthus giganteus* crops showed that its reserves during the growing season were very high and did not depend much on the applied potash fertilizers, planting density and growing season.

Observations and analysis of the content of available phosphorus in the studied soil corresponded to an average degree of availability. Phosphoric acid is contained in peat soils in small amounts. Part of it is associated with protein substances, and it is absorbed by organic colloids, which significantly prevents its leaching from the soil.

The effectiveness of phosphate fertilizers depended on the supply of mobile phosphate to peatlands and the ratio between it and the amount of mobile forms of nitrogen and potassium. The supply of mobile phosphorus to the soil was sufficient

and ranged from 56.7 to 90.5 mg per 1000 g of soil in 2018. In 2019, the supply of mobile phosphorus to the soil ranged from 60.0 to 98.3 mg per 1000 g of soil.

It has been found that potassium is a part of solid organic complexes in plants and soil organic matter, it easily migrates and is carried away by drainage water, so peat-bog soils are very poor in potassium and the main source of its replenishment is the application of mineral fertilizers. In 2018, the potassium content in the soil at the beginning of the miscanthus plant vegetation was 104.5-131.6 mg/1000g of soil in the variant without fertilizers, which corresponded to insufficient supply; variant K_{60} –202.0-253.0 mg/1000g of soil and variant K_{120} –258.0-309.0 mg/1000g of soil, which corresponded to medium and high supply (Table 4.2.2.). In 2019, the potassium content in the soil at the beginning of the miscanthus plant vegetation was: in the variant without fertilizers at the level of 122.0-141.0 mg/1000g of soil, which corresponded to insufficient supply; variant K_{60} –198.0-241.0 mg/1000g of soil and variant K_{120} 246.0-316.0 mg/1000g of soil – medium and high supply, respectively. The application of potassium fertilizers had a direct impact on the dynamics of linear growth of miscanthus and the accumulation of dry matter yield. The results of the research are presented in scientific publications.

The fifth chapter describes the technological measures of growing miscanthus giganteus and its sanitary condition. The studies have shown that the field regrowth of rhizomes depended on the planting time, depth of planting and their weight. Analyzing the data of the results for the years of research, the survival rate of the first year and the growth of rhizomes in subsequent years was ensured by the moisture and aeration of peat soils of the Panfilska experimental station on the floodplains of the Supiy river.

During the cultivation of giant miscanthus in the first year of its vegetation in 2016 on drained peat soils, two methods of control were used to protect plants from weeds. The agrotechnical method consisted of pre-emergence harrowing and subsequent three times inter-row cultivation. For comparison, we also used a chemical method with the application of the herbicide dialenin the amount of 0.6

l/ha during the weeds' vegetation. In 2017, due to frosts in the 1st decade of May, which caused damage and delayed growth of miscanthus, there was a need for one inter-row treatment and for comparison, the herbicide dialen was applied in the amount of 0.6 l/ha during the vegetation of miscanthus plants. Subsequently, there was no need for weed control measures.

Previous studies of the Panfilska Experimental Station, as well as before the experiment, revealed that the number of wireworms ranged from 34-60 specimens/m², depending on the variant, which corresponded to a high degree of infestation with this pest [Annual reports of the Panfilska Experimental Station].

To reduce the number of wireworms and its damage on the area under miscanthus, we applied agrotechnical in combination with biological control method, which consists in pre-sowing of field mustard in the first decade of August and late autumn plowing at 30-35 cm when the average daily temperature passes through 0 °C.

Studies have shown that due to the application of this control method, the number of wireworms decreased within 69-83% of the total number, and the death of miscanthus plants from their damage was only 3.4-5.1% in 2016.

The sixth chapter reveals the productivity and quality of miscanthus raw materials depending on the technological measures of cultivation in the conditions of drained peatlands of the Forest-Steppe of Ukraine. The plantations were established and the patterns of their growth, development and formation of the crop and its quality were studied, depending on the complex effect of agrotechnical measures, such as planting dates and depth of planting of the rhizomes, rates of mineral fertilizers, etc. After analyzing the data, we can draw conclusions about the cultivation of *miscanthus giganteus* on peat soils of the Forest-Steppe of Ukraine. On the variants without fertilizers, the difference in growth is minimal 0-10 cm, and according to forecasts, it will not change in the coming years. On the variants where K₆₀ is applied, the growth is observed, which explains the expediency of applying mineral fertilizers, especially potassium. When K₁₂₀ was applied, the increase is observed, but every year it decreases, and at a planting density of 25

thousand units/ha it is minimal already in the fourth year of cultivation, which suggests the inexpediency of applying large doses of potassium and using a 70×50 planting scheme at a planting density of 25 thousand units/ha on peat soils.

According to the results of the research, it was found that miscanthus plants in the first year of vegetation form first a larger underground mass, and then aboveground. The yield of dry biomass in the first year of cultivation with the fertilizing of K_{60} was low in the range of 1.43-2.25 tons per hectare, which made the year unprofitable. The intermediate yield was obtained in the second year of cultivation of the crop from 19.32 to 23.73 t/ha and a full-fledged one in the third year of cultivation 23.74-26.13 t/ha and the fourth year, respectively, 25.64-27.24 t/ha of dry biomass. The yield at the first term of planting the crop (in the fall of the third decade of November) was 28.07 t/ha of dry matter, and at the second term (in the spring of the first decade of April) 27.24 t/ha of dry matter, which indicates the possibility of planting miscanthus both in late autumn and early spring. Studies have shown that at the highest density of 25 thousand units/ha with the application of K_{60} , the diameter of the shoots was on average 1.1 cm and without fertilizers 0.8 cm, in the variant with the lowest density of 10 thousand units/ha - 1.4 and 1.0 cm, respectively. The application of K_{60} compared to the variant without fertilizers increased the diameter of the shoots by 19-23%. The application of K_{120} compared to K_{60} did not affect the change in shoot diameter.

The effect of increasing the weight of rhizomes on the growth of plant yields in the first and second years of cultivation was determined. Thus, with a rhizome weight of 20-30 g, the yield of dry aboveground mass of miscanthus averaged 2.3 t/ha in the first year of vegetation, 19.64 t/ha in the second, and 3.3 t/ha and 23.41 t/ha in the third year of vegetation, respectively. The influence of the depth of rhizomes planting on the yield of miscanthus was insignificant. On the other hand, studies show that in case of severe spring frosts of 5⁰C-7⁰C in 2 and 3 decades of April, the planting of rhizomes at 10-12 cm was more effective, since the negative effect of frost on miscanthus seedlings at this depth was minimal.

The analysis of technological indicators of biomass quality depending on planting density and fertilizers showed that the highest ash content in miscanthus biomass was in the variant without fertilizers at a planting density of 25 thousand/ha – 4.88%, respectively 10 thousand/ha – 5.23%, and in the variants with application of K_{60} this figure decreased to 3.54-4.79%. The content of nitrogen in biomass was also slightly increased, it ranged from 1.04-1.29% in the variants without fertilizers to 0.86-1.03% with application of potash fertilizers, while the permissible limits were 1.00%.

Other indicators were within the normal range according to current standards.

The seventh chapter presents the productivity and quality of raw materials of giant miscanthus depending on technological measures. The analysis of the economic efficiency of miscanthus production showed that with different methods of planting, the cost of production and the level of profitability were as follows: for planting 25 thousand hectares with fertilizing with K_{60} , the cost of production was at the level of 414.0 UAH/t, and the profitability was 99.0%, for planting 20 thousand hectares – 390.7 UAH/ha and 111.2%, respectively, for planting 15 thousand hectares – 384.5 UAH/ha – 114.0%, and for planting 10 thousand hectares these indicators were at the level of 376.5 UAH/ha and 119.2%. According to the results of the energy efficiency calculation, it was found, that the energy efficiency coefficient depended on fertilizers. Thus, in the variant without fertilizers, it was at the level of 8.6 to 9.5, depending on the planting density, and with application of K_{60} it increased to 11.4-14.1 and K_{120} – 11.2-13.4. The best variant of miscanthus cultivation in terms of energy efficiency was the variant with a planting density of 10 thousand/ha and fertilizing with K_{60} .

Key words: giant miscanthus, organogenic soils, rhizome, cultivation technology, fertilizer system, yield, economic and energy efficiency, plant protection.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ
Статті у закордонних виданнях, проіндексованих у науково-метричній
базі даних Web of Science Core Collection

1. I.T. Slyusar, O.P. Solyanik, V.O. Serbenyuk, Zadubinna E.V., **S.V.Perets**. Energy crops safe cultivation on drained organic soils. Ukrainian Journal of Ecology. 2021. Volume 11. Issue 1. P. 415-418. doi: 10.15421/2021_60 Режим доступу: <https://www.ujecology.com/articles/energy-crops-safe-cultivation-on-drained-organic-soils.pdf>

Статті у наукових фахових виданнях України

2. Вірьовка В.М., Опанасенко О.Г., **Перець С.В.** Енергетичні – однорічні та багаторічні трав'янисті культури на вилучених з інтенсивного обробітку осушуваних торфових ґрунтах. Міжвідомчий тематичний збірник «Землеробство»: Київ: ВП «Едельвейс». 2017. випуск 2 (93). С. 28-34. Землеробство-2-2017.pdf *(здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, підібрано продуктивні види одно і багаторічних трав на енергетичні цілі в умовах осушуваних торфовищ, підготовлено статтю до друку).*

3. Опанасенко О.Г., **Перець С.В.** Продуктивність міскантусу гігантського залежно від елементів технології вирощування на осушуваних органогенних ґрунтах. Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН». Вінниця: ТОВ «Твори» 2018, випуск (4). С. 40-51. znr-4-2018.pdf *(здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, встановлено продуктивність міскантусу залежно від елементів технології вирощування та проаналізовано їх вплив на ріст і розвиток рослин в умовах осушуваних торфових ґрунтів Лісостепу України, підготовлено статтю до друку).*

4. Вірьовка В.М., Опанасенко О.Г., **Перець С.В.** Особливості технології вирощування міскантусу гігантського на осушуваних органогенних ґрунтах Лівобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. Том

97, №8, 2019, С. 60-66. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201908-10> (здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, розроблено й обґрунтовано технологію вирощування Міскантусу гігантського на карбонатних торфовищах Лівобережного Лісостепу, підготовлено матеріали).

5. Віршовка В.М., Опанасенко О.Г., **Перець С.В.** Агроекологічний моніторинг осушуваних органогенних ґрунтів Лівобережного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2020. Том 98. №11. С. 54-61. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202011-07> (здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, які можуть бути використані в подальшому для розроблення і вдосконалення екологічного безпечного використання осушуваних органогенних ґрунтів, підготовлено матеріали).

6. Опанасенко О.Г., **Перець С.В.** Сорго цукрове на осушуваних органогенних ґрунтах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2021. Том 99. №7. С. 59-66. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202107-07> (здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, встановлено кращий спосіб створення енергетичних плантацій сорго цукрового на дренажних карбонатних органогенних ґрунтах, підготовлено матеріали).

7. Віршовка 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> (здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, обґрунтовано технологію вирощування Міскантусу гігантського на енергетичні цілі на торфовищах Лівобережного Лісостепу, підготовлено матеріали).

8. Опанасенко О. Г., Тарасенко О.А., **Перець С.В.**, Бебех Ю.М. Технологія формування бобово-злакових смугових агрофітоценозів в органічному лувіництві на осушуваних органогенних ґрунтах Лівобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. Том 102 № 4. 2024. С. 22-28. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202404-03> (здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, підготовлено матеріали).

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації
Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. **Перець С.В.** Вплив строків, маси ризомів та глибини їх садіння на ріст та приживлюваність міскантусу гігантського. Матеріали науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (1-3 листопада 2016 р.): Наукові основи ефективного розвитку галузі землеробства та використання земельно-ресурсного потенціалу України, ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ. ВП «Едельвейс». 2016. С. 78-80. (здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, підготовлено статтю до друку).

10. **Перець С.В.**, Гелевера С.В. Спосіб боротьби з дротяником на торф'яному ґрунті при закладанні енергетичних плантацій. Матеріали науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (22 листопада 2017 р.): Наукові основи ефективного розвитку галузі землеробства та використання земельно-ресурсного потенціалу України, ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ. ВП «Едельвейс». 2017. С. 42-44 (здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, підготовлено статтю до друку)

11. **Перець С.В.** Особливості вирощування міскантусу гігантського на органогенних ґрунтах. Матеріали науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (20-22 листопада 2018 р.): Актуальні проблеми та інновації в сучасному землеробстві (до 100-річчя Національної академії

аграрних наук України), ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ. ВП «Едельвейс». 2018. С. 28-29 *(здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, підготовлено статтю до друку)*

12. **Перець С.В.** Вплив агротехнічного та біологічного способів боротьби з Коваликом смугастим на продуктивність міскантусу гігантського. Матеріали Х міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (12 вересня 2019 р.): Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції. Київ. ТОВ «Твори». 2019. С. 247-250 *(здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, підготовлено статтю до друку)*

13. **Перець С.В.** Основні чинники підвищення продуктивності міскантусу гігантського на осушуваних органогенних ґрунтах. Науково-практична інтернет-конференція молодих учених «Наукові здобутки молодих вчених для розвитку аграрної науки в Україні» 11.11. 2019 р. ННЦ «ІЗ НААН». Вінниця, ТОВ «ТВОРИ», 2019. С. 44-46 *(здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, підготовлено статтю до друку)*

14. Віршовка В.М., Опанасенко О.Г., Тарасенко О.А., **Перець С.В.** Смугові посіви бобово-злакових трав в органічному лукувництві на осушуваних органогенних ґрунтах. XIII Міжнародна наукова конференція «Корми і кормовий білок» 06 серпня 2021 року. Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2021. С. 108-111 *(здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, підготовлено статтю до друку)*

15. **Перець С.В.** Міскантус гігантський – перспективи вирощування на енергетичні цілі в умовах осушуваних торфових ґрунтів Лісостепу. III-я Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Науково-інноваційний супровід збалансованого природокористування», присвячена пам'яті професора С.Т. Вознюка та 95-річчю з Дня народження, 29-30

вересня 2022 року Національний університет водного господарства та природокористування. Рівне. НУВГП. 2023. С. 96-97 (здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, підготовлено статтю до друку).

Отримання українських охоронних документів на об'єкти інтелектуальної власності:

16. Віршовка В.М., Опанасенко О.Г., Перець С.В. Патент на корисну модель №127596. Агротехнічний в поєднанні з біологічним спосіб боротьби з дротяником. Державний реєстр патентів України. Бюл. №15 від 10.08.2018 <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/672066/>

Свідоцтво на реєстрацію авторського права:

17. Задубинна Є.В., Опанасенко О.Г., Тарасенко О.А., **Перець С.В.**, Малишко Н.І. Науково-практичні рекомендації із плантаційного вирощування міскантусу гігантського на осушуваних органогенних ґрунтах гумідної зони України. На твір №109762 від 24 листопада 2021 р. ДП «Український інститут інтелектуальної власності».

18. Задубинна Є.В., Опанасенко О.Г., Тарасенко О.А., **Перець С.В.**, Гелевера С.В. Науково-практичні рекомендації з технології вирощування сорго цукрового на осушуваних органогенних ґрунтах гумідної зони України. На твір №109763 від 24 листопада 2021 р. ДП «Український інститут інтелектуальної власності».

Методичні та науково-практичні рекомендації:

19. Задубинна Є.В., Опанасенко О.Г., Тарасенко О.А., **Перець С.В.**, Гелевера С.В. Способи плантаційного вирощування енергетичних культур, як сировини для виробництва твердого біопалива в умовах осушуваних органогенних ґрунтів гумідної зони України. Науково-практичні рекомендації Панфільської дослідної станції ННЦ «Інституту землеробства НААН» 2023 р. с. 23.

Статті в інших виданнях

20. Віршовка В.М., **Перець С.В.**, Гелевера С.В. Лісові фітоценози на осушуваних органогенних ґрунтах та їхня роль у вуглецевому балансі. Scientific Collection «InterConf», (110): with the Proceedings of the 5 th International Scientific and Practical Conference «Scientific Community: Interdisciplinary Research» (May 26-28, 2022). Hamburg, Germany: Busse Verlag GmbH, 2022. 693 p. Журнал Scientific Collection “Inter Conf”. Випуск 110. 2022/5/28. С. 511-515. *(здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, підготовлено статтю до друку)*

21. Віршовка В. М., Опанасенко О.Г., **Перець С.В.**, Тарасенко О.А. Водоспоживання енергетичних культур. Science, world view and modern youth. 2023/8/8. С. 15-19. *(здобувачем опрацьовано наукові літературні джерела, отримано експериментальні дані, підготовлено статтю до друку)*

		ЗМІСТ	22
ВСТУП			24
РОЗДІЛ 1.			33
АГРОБІОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ СТВОРЕННЯ ПЛАНТАЦІЙ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО НА ОСУШУВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТАХ (огляд літератури).....			33
1.1.	Агрохімічна та водно-фізична характеристика осушуваних органічних ґрунтів.....		33
1.2.	Біологічна та господарська характеристика міскантусу гігантського.....		45
1.3.	Агробіологічні заходи створення плантацій енергетичних культур на органічних ґрунтах.....		53
РОЗДІЛ 2.			57
УМОВИ, МЕТОДИКА ТА ПРОГРАМА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....			57
2.1.	Ґрунтові та погодно-кліматичні умови		57
2.2.	Методика та програма проведення досліджень.....		63
2.3.	Агротехніка вирощування міскантусу гігантського.....		67
РОЗДІЛ 3.			70
ВОДНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ.....			70
РОЗДІЛ 4.			80
ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ДРЕНОВАНОГО ОРГАНОГЕННОГО ҐРУНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО.....			80
4.1.	Азотний режим ґрунту.....		81
4.2.	Фосфатний режим ґрунту		84
4.3.	Калійний режим ґрунту.....		87
4.4.	Біологічна активність торфового ґрунту залежно від технологічних заходів вирощування міскантусу гігантського.....		90
РОЗДІЛ 5.			95
ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО ТА КОНТРОЛЬ СЕГЕТАЛЬНОЇ РОСЛИННОСТІ І САНІТАРНИЙ СТАН ПОСІВІВ			95

5.1.	Вплив строків та способів садіння міскантусу гігантського на його відростання	95
5.2.	Вплив термінів садіння та удобрення на контроль сегетальної рослинності в посівах	97
5.3	Вплив технологічних заходів на наявність шкідників (дротяника) у посівах міскантусу гігантського.....	99
РОЗДІЛ 6.		103
ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ СИРОВИНИ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ.....		103
6.1	Особливості росту і розвитку рослин та плантацій міскантусу гігантського.....	103
6.2	Урожайність міскантусу гігантського залежно від щільності садіння ризом та удобрення.....	110
6.3	Вплив маси ризомів та глибини садіння на продуктивність куща міскантусу гігантського.....	113
6.4	Вплив технологічних заходів вирощування на хімічний склад міскантусу гігантського.....	117
РОЗДІЛ 7.		125
ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО		125
7.1	Економічна оцінка технології вирощування міскантусу гігантського.....	125
7.2	Енергетична оцінка технології вирощування міскантусу гігантського.....	128
ВИСНОВКИ.....		130
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....		133
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....		134
ДОДАТКИ.....		161

ВСТУП

Глобальні процеси в сучасному світі, зростання світового промислового виробництва призводять до значного збільшення споживання енергоресурсів і, як наслідок, нанесення суттєвої екологічної шкоди світовому довкіллю. В останні роки ця проблема все більше хвилює світову спільноту, оскільки людині для її життя необхідне максимально чисте навколишнє середовище. Тому нині є підстави вважати екологічні проблеми одними з найважливіших для забезпечення майбутнього сталого розвитку людства, саме ці проблеми несуть найбільшу загрозу для світової спільноти.

Уперше на законодавчому рівні в Україні було дано визначення терміну нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії в Законі України «Про енергозбереження» від 1 липня 1994 року [78].

У 2003 р. було прийнято Закон України «Про альтернативні джерела енергії», яким визначено правові, економічні, екологічні та організаційні засади використання альтернативних джерел енергії і сприяння розширенню їх використання у паливно-енергетичному комплексі, 2009 рік можна назвати визначальним у розвитку альтернативних джерел енергії в Україні [77]. Верховна Рада України ухвалила Закон про «Про внесення змін до деяких законів України» (щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії).

Використання потенціалу біоенергетики в Україні дозволить заміщувати близько 6 млрд. куб. м газу щороку, а також знизити викиди парникових газів майже на 11 млн. т на рік [46, 148, 144]. В Україні біомаса складає 0,7% від загальної маси енергетичного балансу нашої країни. Зважаючи на реальний потенціал країни, це альтернативне джерело могло б забезпечити до 30 млн. т умовного палива на рік, що складає 18 % споживаної енергії.

Створення власного джерела біоенергетичної сировини для виробництва твердого біопалива сприятиме зміцненню енергетичної безпеки

України та зменшить її залежність від імпорту енергетичних ресурсів. Окрім того, впровадження альтернативної енергетики сприятиме зниженню масштабного спалювання викопних енергоресурсів, що пов'язане зі значним вивільненням вуглекислого газу, яке негативно впливає на екологію.

Найбільшого розвитку в Україні набуло виробництво твердих видів біопалива (гранул та брикетів), в якому задіяні близько 150 вітчизняних підприємств. В якості сировини для виробництва твердого біопалива використовують відходи деревообробної промисловості (тирса, тріска), солома, післяжнивні рештки сільськогосподарського виробництва тощо. На особливу увагу заслуговує напрям, пов'язаний із забезпеченням сировиною для виробництва твердого біопалива за рахунок вирощування нових видів високопродуктивних багаторічних рослин, що дає змогу гарантовано отримати задану кількість біомаси необхідної якості [106, 1]. Однією із таких рослин є міскантус гігантський. За рахунок високої врожайності сухої біомаси (25-28 т/га), високої теплотворної здатності (5 кВт/г од/кг або 18 МДж/кг), низької природної вологості стебел на час збирання (до 15 %) міскантус є найефективнішою порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами рослиною для виробництва біопалива [60]. Стебла міскантусу можуть бути висотою до 4 м і містять 64-71 % целюлози, що обумовлює його високу енергетичну цінність [105].

Під час згоряння біомаси міскантусу виділяється менша кількість вуглекислого газу, ніж його абсорбується рослинами в процесі фотосинтезу, тому використання біопалива з міскантусу не підвищує парниковий ефект. Крім того, вирощування міскантусу позитивно впливає на родючість ґрунту, оскільки після чотирьох років вирощування у ґрунті накопичується 15-20 т/га кореневищ, що еквівалентно 7,2-9,2 т/га вуглецю [250].

За статистичними даними в Україні налічується від 3 до 5 млн. га земель, виведених із сівозмін через їх низьку родючість, схильність до ерозії тощо. Вирощування багаторічних злакових культур для виробництва

біопалива на цих землях збереже від ерозії гумусний шар і в загальному покращить енергетичний, економічний та екологічний стан країни [13].

Технології та сучасні технічні засоби, що застосовуються для вирощування та збирання біомаси, не забезпечують необхідної врожайності та якості сировини, що призводить до зростання собівартості виробництва біопалива. Тому важливим питанням для сільськогосподарських виробників є розробка й оптимізація технологій вирощування високопродуктивних фіто-енергетичних культур, зокрема міскантусу, проведення економічного та енергетичного обґрунтування основних технологічних процесів та особливостей вирощування багаторічних злакових культур, дослідження залежно від ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування, з метою зменшення затрат на вирощування біомаси.

Оскільки міскантус — багаторічна рослина, тому передпідготовка ґрунту і садіння ризомів є одними із найвідповідальніших заходів технології його вирощування, від якісного та своєчасного виконання яких залежить успіх створення біоенергетичних плантацій.

Ці складові технології передбачають розміщення насаджень міскантусу на малопродуктивних та деградованих землях, високоякісне та своєчасне виконання усіх технологічних заходів із використанням машин як загального призначення, так і спеціальних.

Актуальність теми.

Одним із джерел вирішення енергетичної проблеми в Україні є перехід від використання викопних енергетичних ресурсів до застосування відновлювальних джерел енергії, що сприятиме зміцненню енергетичної безпеки України та зменшить її залежність від імпорту енергетичних ресурсів за даними таких науковців, як М. В. Роїк, В. М. Сінченко, В. Л. Курило, О. М. Ганженко, Я. Д. Фучило, О. Б. Хіврич та інші.

Для цього є важливим створити власні біоенергетичні джерела відновлювальної енергії з використанням рослинної біоенергетичної сировини на вилучених з інтенсивного обробітку землях за даними М. Я.

Гументик, І. Т. Слюсар, В. М. Вільовка, О. Б. Хіврич, Л. Д. Романчук, Д. Б. Рахметов та інші.

До таких земель мають відношення осушені органогенні ґрунти, яких в Україні нараховується близько 1 млн га. Вони за своїми водними та ґрунтовими характеристиками оптимально відповідають для вирощування багаторічних енергетичних культур, що дозволяє накопичувати рослинами досить потужну біомасу з помірним внесенням мінеральних добрив.

До таких культур в першу чергу належить міскантус гігантський, який щорічно (на 2-й-4-й рік після посадки) накопичує 25-28 т/га сухої маси. Міскантус гігантський мінімально втрачає суху речовину наприкінці вегетації, ця культура стійка до вилягання. Він потребує незначних витрат на вирощування, урожай культури збирають звичайними кормозбиральними комбайнами, а отриману масу можна відразу доправляти на спалювання або на виготовлення паливних гранул, пелет і брикетів. У той же час біомаса інших енергетичних культур, як правило, потребує доосушення.

Важливою екологічною складовою вирощування міскантусу гігантського на органогенних ґрунтах є його потужна коренева система та усунення обробітку ґрунту, понад 20 років, що запобігає надлишковій мінералізації торфу та забруднення ґрунтових вод біогенними речовинами за даними І. Т. Слюсар, В. О. Сербенюк, О. П. Соляник, О. Г. Опанасенко та інші.

Згадані фактори доводять, що міскантус гігантський є однією з перспективних культур для вирощування його на вилучених з інтенсивного обробітку осушуваних торфовищах. У той же час для промислового використання відсутня технологія його вирощування, яка була б адаптована до умов осушуваних торфовищ Лісостепу України.

Отже, розроблення елементів технології вирощування міскантусу гігантського в умовах лівобережного Лісостепу на осушуваних торфовищах має важливе наукове і практичне значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, проектами, темами.

Дослідження за темою дисертаційної роботи виконано у 2016-2019 рр. згідно з тематичними планами Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», за ПНД 16.00.03.13 П відповідно до завдання «Теоретично обґрунтувати та розробити ресурсозберігаючі елементи технології вирощування енергетичних культур на осушуваних органогенних ґрунтах гумідної зони» ДР № 0116U002693,

16.00.03.24 П «Удосконалити елементи технології вирощування міскантусу гігантського на осушуваних органогенних ґрунтах Північного Лісостепу України» 2019-2020. ДР №0119U001400,

05.03.03.28 П «Особливості водоспоживання біоенергетичних культур в умовах зміни клімату на осушуваних органогенних ґрунтах Лісостепу» 2019-2020. ДР №0119U001398.

Мета і завдання досліджень. *Метою було* - встановити особливості росту, розвитку і формування продуктивності міскантусу гігантського на осушуваному органогенному ґрунті залежно від елементів технології вирощування: строків, маси, глибини й щільності садіння та мінерального удобрення, на родючість органогенного ґрунту. Виявити вплив вирощування міскантусу гігантського на зміну біологічних та агрохімічних властивостей дренажних органогенних ґрунтів.

Для досягнення мети вирішено такі *завдання*:

- встановити вплив різних чинників антропогенного та природного походження на ріст і розвиток міскантусу гігантського;
- розробити та удосконалити елементи технології вирощування міскантусу гігантського з урахуванням його біологічних особливостей і ґрунтово-кліматичних умов вирощування;
- визначити перспективні заходи створення ефективних «енергетичних» плантацій міскантусу гігантського для отримання високої врожайності біомаси;

- здійснити економічну, енергетичну та екологічну оцінку створення багаторічних плантацій міскантусу гігантського для виробництва біопалива залежно від агротехнічних заходів вирощування.

Об'єкт досліджень – процес формування продуктивності міскантусу гігантського за різних агротехнічних умов вирощування на осушуваних карбонатних органогенних ґрунтах Лісостепу України.

Предмет досліджень – рослини міскантусу гігантського та їх біометричні та продуктивні параметри; осушене карбонатне торфовецьке та добрива; елементи технології вирощування; біоенергетична якість сировини; вплив плантацій міскантусу гігантського на екологію довкілля.

Методи досліджень. Теоретично і методологічною основою досліджень є спеціальні та загальноприйняті методи й методики в агрономії. Польовий – для визначення взаємодії досліджуваної культури з факторами зовнішнього середовища та агротехнікою вирощування; вимірювальний та вимірювально-ваговий – для визначення врожайності та водного режиму ґрунту; лабораторний – для встановлення кількісних і якісних показників агрохімічних та фізико-хімічних властивостей торфовецьких та врожаю. Математично статистичний, кількісний, дисперсійний, аналізи – для оцінки достовірності експериментальних даних. Розрахунково- порівняльний – для встановлення економічної та енергетичної ефективності технологій вирощування плантацій міскантусу гігантського.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у подальшому розвитку теоретичних положень про формування урожайності біомаси міскантусу гігантського на біопаливо на дренованих органогенних ґрунтах залежно від технологічних заходів вирощування в умовах Лівобережного Лісостепу.

Вперше на дренованих органогенних ґрунтах:

- виявлено закономірності зміни родючості органогенного ґрунту за вирощування в плантаціях міскантусу гігантського;

- встановлено вплив строків, способів, щільності садіння та маси ризомів міскантусу на його відростання та врожайність;

- визначено вплив технологічних заходів вирощування міскантусу на контроль сегетальної рослинності та наявності дротяників на посівах.

Удосконалено: технологію вирощування міскантусу гігантського, яка забезпечує високу врожайність біомаси на енергетичні цілі в умовах дренажних органогенних ґрунтах Лівобережного Лісостепу.

Отримало подальший розвиток: фундаментальні знання про особливості формування урожаю біомаси на біопаливо залежно від мінерального удобрення, строків, способів, щільності садіння та маси ризомів міскантусу гігантського в агропідприємствах різних форм власності в умовах дренажних органогенних ґрунтах Лівобережного Лісостепу

Практичне значення отриманих результатів. На підставі отриманих експериментальних даних розроблено адаптивну технологію вирощування міскантусу гігантського, яка забезпечує реалізувати його генетичний потенціал на рівні 27,4-28,4 т/га сухої біомаси, з умовно чистим прибутком 32,5-31,4 тис. грн/га.

Основні результати досліджень впроваджені 2016-2019 рр. у ДПДГ Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН», Бориспільський район, с. Панфили. Акти впровадження наукової розробки лабораторії «Технологія вирощування сільськогосподарських та енергетичних культур».

Агротехнічний в поєднанні з біологічним способи боротьби з дротяником – дане дослідження було впроваджене в посівах. Термін виконання — 2018 р. Площа, на якій проведено впровадження, становила 10 га. Результат: підвищення рівня врожайності соняшнику на 11%, в порівнянні з контролем.

Акт апробації, виробничої перевірки рекомендованих елементів технології вирощування міскантусу по тематиці дослідження 16.00.03.24 П Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» За результатами

виробничої перевірки у 2019 р. МП «Супій», Бориспільський район, м. Яготин, за застосуванням рекомендованих технологічних процесів, зокрема технології вирощування міскантусу: садіння ризомів 50-70 г на глибину 10-12 см з щільністю 10 тис. шт/га та внесення K_{60} , на третій рік вегетації вихід зеленої маси складав 61,0 т/га, сухої біомаси – 25,3 т/га і теплової енергії 430,1 ГДж/га, собівартість становила 376,5 грн/т і рентабельність – 119,2 %.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційне дослідження є самостійною завершеною науковою працею. Основні ідеї, постановка проблеми, теоретичні і практичні положення розроблені автором самостійно, а також здійснено аналіз та узагальнення результатів досліджень, сформульовано висновки. У працях, опублікованих у співавторстві, частка авторства полягає у плануванні та виконанні еспериментальних досліджень, узагальненні та опрацюванні результатів, підготовці рукописів до друку. У спільних публікаціях права співавторів не порушено.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень оприлюднені та обговорені на науково-практичних конференціях: Науково-практична конференція молодих вчених і спеціалістів «Наукові основи ефективного розвитку галузі землеробства та використання земельно-ресурсного потенціалу України», 1-3 листопада 2016 р., ННЦ «Інститут землеробства НААН»; Науково-практична конференція молодих вчених і спеціалістів «Наукові основи ефективного розвитку галузі землеробства та використання земельно-ресурсного потенціалу України», 22 листопада 2017 р., ННЦ «Інститут землеробства НААН»; Науково-практична конференція молодих вчених і спеціалістів «Наукові основи ефективного розвитку галузі землеробства та використання земельно-ресурсного потенціалу України», 14-15 вересня 2018 р., ННЦ «Інститут землеробства НААН»; Науково-практична конференція молодих вчених і спеціалістів «Актуальні проблеми та інновації в сучасному землеробстві (до 100-річчя Національної академії аграрних наук України)», 20-22 листопада 2018 р., ННЦ «Інститут землеробства НААН»; Науково-практична інтернет-конференція молодих учених «Наукові здобутки

молодих вчених для розвитку аграрної науки в Україні», 11.11. 2019 р., ННЦ «ІЗ НААН»; XIII Міжнародна наукова конференція «Корми і кормовий білок» 06 серпня 2021 року, Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця; III-я Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Науково-інноваційний супровід збалансованого природокористування», присвячена пам'яті професора С.Т. Вознюка та 95-річчю з Дня народження, 29-30 вересня 2022 року, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне.

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано: 21 наукових праць, у тому числі 1 у WoS (міжнародній науково-метричній базі Web of Science Core Cillection), 7 – у наукових фахових виданнях України, 7 – у матеріалах науково-практичних конференцій, 1 – патент на корисну модель, 2 – свідоцтва на реєстрацію авторського права, 1 – науково-методичні рекомендації, 2 – статті у інших виданнях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 167 сторінках комп'ютерного тексту. Вона складається зі вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел, що налічує 260 посилань, з яких 51 – латиницею, 7 додатків та містить 28 таблиць і 3 рисунки.

РОЗДІЛ 1

АГРОБІОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ СТВОРЕННЯ ПЛАНТАЦІЙ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО НА ОСУШУВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТАХ (огляд літератури)

1.1 Агрохімічна та водно-фізична характеристика осушуваних органічних ґрунтів

Ґрунтовий покрив України в цілому відзначається значною різноманітністю. Близько 3,3 млн. га займають осушені землі. У Лісостеповій зоні поширені низинні та перехідні болота, а в Поліссі, крім того, наявна невелика площа й верхових боліт [231, 25]. Значна їхня площа зосереджена в північно-західних та полісько-лісостепових областях (1,86 млн. га, 58,4 %), у західних прикарпатсько-волого лісостепових (1,16 млн. га, 36,3 %, разом 3,02 млн. га, 94,7 %), а решта осушуваних земель розміщені в чотирьох центральних Лісостепових і Степових областях [18].

Найпоширеніші торфоболотні ґрунти, а саме: торфово-глейові, глейово-торфові, торфові, глейово-торфовані, торфовані, а також лучно-болотні, болотні (мінеральні) та дернові глейові [102, 51].

Глейово-торфові, глейово-оторфовані, торфово-глейові ґрунти характеризуються тим, що товщина їх торфового або оторфованого шару не перевищує 0,5 м. Зольність торфу у торфових та глейово-торфових ґрунтах переважно становить 10-50 %, а у глейово-оторфованих і оторфованих ґрунтах – 50-85 %. Дерново-глейові, лучно-болотні та болотні (мінеральні) ґрунти відзначаються відсутністю торфового або оторфованого шару і близьким від поверхні ґрунту заляганням підґрунтової води влітку (близько одного метра) [169].

Різноманіття періодично-перезвожених ґрунтів дуже велике. Науковці налічують 1217 ґрунтових відмін. З них 418 відмін належать до ґрунтів періодичного перезвоження [142]. Таке різноманіття породжує різні підходи до проведення меліоративних робіт. Спільним у цих роботах може

бути лише регулювання водно-повітряного режиму, але способи і методи регулювання суттєво різняться [19].

Усі гігроморфні ґрунти поділяють на дві великі і відмінні агроекологічні групи: торфові та мінеральні ґрунти [194].

Болота України, осушені і неосушені — дуже різноманітні за площею та глибиною торфу. За еколого-генетичним типом в Україні переважають низинні болота, що займають близько 95% площі всіх боліт [16, 14]. У Лісостепу переважають багатозольні низинні карбонатні торфовища з високою потенційною родючістю. Вони добре забезпечені рухомими формами азоту, слабко або середньо фосфором і дуже слабко калієм та міддю [87].

За потужністю торфового шару ґрунти поділяють на торфувато-глейові (15-30 см), торфо-глейові (30-50 см), торфові неглибокі (50-100 см), середньо-глибокі (100-200 см), глибокі (200-400 см) і надглибокі (більше 400 см) [4, 79, 37].

Потужність торфовища має важливе значення. Від неї залежать вибір культуро-технічних прийомів осушування, облаштування осушувальної мережі, підбір сільськогосподарських чи інших культурних рослин для подальшого вирощування на даних землях.

За товщиною торфового шару вони поділяються на торфовисто-глейові (менше 20 см), торфово-глейові (20-50 см) і торфовища-мілкоторфові – (0,5 - 1 м), середньо торфові (1-1,5 м) та глибоко торфові (понад 1,5 м) [181, 86].

За ступенем розкладу торфу – слабко розкладені (до 20 %), середньо розкладені (20-35 %), добре розкладені (35-50 %), сильно розкладені (більше 50 %) [74].

За зольністю – низькозольні (до 8%), середньо зольні (8-20%), високо зольні (20-60 %) та мінерально-торфові (60-80 %) [17].

Вказані показники мають важливе значення при виборі способу використання та обробітку торфовищ.

За ботанічним складом рослинності розрізняють торфовища трав'яні (осокові, очеретяні, хвощові та ін.), мохові (сфагнові), деревинні (вільхові, березові тощо) та їх комбінації. Мохові торфовища порівняно з трав'яними та деревинними менше піддаються процесам гуміфікації, мають високу вологоємність і водотривку здатність. Торфові ґрунти з рештками деревини важко освоювати та проводити їх первинний обробіток [160].

Негативні фізичні та водно-фізичні властивості торфу призводять до розвитку ерозії, створюються певні труднощі в проходженні ґрунтообробної посівної та збиральної техніки, особливо в періоди випадання сильних опадів.

Торфоболотні ґрунти утворилися та розвивалися на торфовому покладі боліт різної потужності. У науці закріпилося уявлення про болото, як про площу, вкриту шаром торфу понад 30 см у неосушеному стані і понад 20 см після осушення та пов'язаної з ним усадки [109].

Болотні та торфо-болотні ґрунти поширені на низовинах заплавлених терас та глибоких западинах. Вони розвинулися в умовах постійного надмірного зволоження з участю болотної рослинності (осоки, очеретів та різних мохів, кущів і дерев). Болотні і торфові ґрунти мають великі запаси органічної маси, яка є не тільки значною енергетичною базою, але і величезною цінністю для сільськогосподарського виробництва.

Заболочені ґрунти в природному стані є малопродуктивними угіддями. Їх використовують як сіножаті, але сіно на них здебільшого низької якості. Зовсім іншої цінності набувають болотні ґрунти після їх меліорації, тобто осушення. Тоді вони виявляють свою велику потенціальну родючість. При правильному застосуванні широкого комплексу агротехнічних заходів на осушених болотних ґрунтах і торфовищах можна одержувати високі врожаї різних сільськогосподарських культур.

Торфово-болотні ґрунти в основному (80-95%) складаються з органічної речовини, на підставі чого їх ще називають органогенними. Через це їх відносять до числа потенційно родючих. Насамперед це стосується низинних

боліт, де торф, як відзначають різні автори [185, 178], багатий на азот, кальцій, інколи фосфор, має нейтральну або слабко кислу реакцію.

Рівень родючості органогенних ґрунтів визначається запасами органічної речовини і фізико-хімічними властивостями торфу. Торфово-болотяні ґрунти характеризуються великою вологоємністю: можуть вбирати в себе та утримувати води в 20-100 разів більше, ніж, наприклад, пісок, оскільки шаруватість цих ґрунтів в 2-3 рази вище, а об'ємна вага в 15-20 разів менше, ніж у піску. Гігроскопічність органогенних ґрунтів у 10-20 разів вище, ніж у піску [20].

Однак торфові ґрунти, на думку багатьох авторів [165, 170, 172], характеризуються і рядом негативних властивостей, що нерідко обмежують їх інтенсивне сільськогосподарське використання, особливо в несприятливі за погодними умовами роки. До таких властивостей належать висока вологоємність і низька теплопровідність та щільність торфу, низька щільність ґрунту й теплопровідність, що обумовлено незначним вмістом твердої фази, а саме мінеральних речовин.

Торфово-болотні ґрунти відносяться до холодних ґрунтів. Весною і влітку температура таких ґрунтів на 2-3 °С нижча за дерново-підзолисті. Вони промерзають пізніше і на меншу глибину, весною відтають теж пізніше, ніж мінеральні ґрунти [141]. Розклад торфу впливає на родючість осушуваних ґрунтів, його водно-фізичні властивості, провітрювання і поживний режим. Глибина промерзання збільшується із зниженням рівнів ґрунтових вод. Глибше промерзання спостерігали на оранці, ніж під посівами багаторічних трав.

Зважаючи на розміщення осушених земель, розмерзання органогенних ґрунтів менше від мінеральних в 2-3 рази, воно відбувається значно повільніше і настає через 10-15 днів після повного розмерзання суходільних мінеральних ґрунтів, що пов'язано з їх теплопровідністю.

Заморозки на них бувають частішими, при цьому весною вони затягуються, а восени починаються раніше. Внаслідок теплових

особливостей осушуваних ґрунтів вегетаційний період навесні настає на 8-10 днів пізніше, а восени закінчується на 10-12 днів раніше порівняно з навколишніми ґрунтами. Однак для багаторічних травосумішей і основних кормових культур, що вирощуються в тій чи іншій зоні, негативних наслідків, спричинених цими особливостями торфових ґрунтів, не спостерігається [62, 8].

На торфово-болотних ґрунтах виявлено велику амплітуду добових коливань температури повітря і високу відносну вологість. Найбільші коливання температури повітря — на поверхні ґрунту і в прилеглих до неї шарах, а із збільшенням глибини різниця між максимумом і мінімумом швидко згладжується. Цим пояснюються часті заморозки на торфових ґрунтах і збільшення тривалості морозо-небезпечних періодів весною та восени.

Висока вологість і велика шпаруватість торфово-болотного ґрунту зумовлюється кількістю повітря в ньому. Надмірно зволожені торфові ґрунти в непорушному стані характеризуються високим вмістом вуглекислоти в ґрунтовому повітрі і низьким — кисню, що знаходяться далеко за межами оптимальних норм [3].

Хімічний склад торфово-болотних ґрунтів достатньо різний. У ньому представлені всі елементи, які входили до складу рослин-торфоутворювачів. Вони багаті азотом (4-10 %), але майже завжди бідні калієм (0,01-0,3 %) і дуже часто бідні фосфором (0,1-0,7 %) і мікроелементами [127]. За даними Кулаковської Т. Н., Слюсара І. Т., Гімбаржевського В.Р., Терешка В.В., кількість органічної речовини в цих ґрунтах часто досягає 80-90 %, а за вмістом валового азоту та інколи й фосфору, вони переважають суходільні [95, 164, 49]. Однак у торфовищах названі елементи знаходяться у формі органічних сполук і недоступні рослинам. Тому активізація біологічних процесів у такому ґрунті сприяє переходу азоту в доступні для рослин форми. При цьому азот може накопичуватись в орному шарі під просапними

культурами значно в більшій кількості (до 1167-1807 кг/га), ніж потрібно для рослин.

Азот у торфовому ґрунті малорухомий, через те, що він перебуває в складних органічних речовинах. Лише 0,5-3 % від загальної кількості азоту в торфі може бути гідролізована при дії на нього 2 % – го розчину сірчаної кислоти. Однак внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів, у торфових ґрунтах може накопичуватися значна кількість амонійного і нітратного азоту (до 2 г і більше на 1 кг сухого торфу). Така кількість рухомого азоту (до 1000 кг в орному шарі на 1 га) не може бути використана жодною з вирощуваних культур [6].

Тому, роль азотних добрив у збільшенні врожайності сільськогосподарських культур на торфових ґрунтах залежить від водно-повітряного режиму, їх окультуреності, ступеня розкладання органічної речовини, погодних умов та зони розміщення [161].

Регулювання накопичення рухомого азоту в торфових ґрунтах відбувається внаслідок чергування культур суцільного посіву і просапних, зміною рівнів ґрунтової води, набором та кількістю обробітків ґрунту. Раціональне використання азоту в торфі – важлива проблема землеробства на меліорованих торфово-болотних ґрунтах. Важлива агрохімічна властивість органогенних ґрунтів – наявність у них бітумів, кількість яких зростає зі збільшенням тривалості культури торфовищ. Це явище варто розглядати як негативне, оскільки бітуми негативно впливають на фізичні властивості ґрунту [23].

Із трьох типів боліт — низинного, верхового і перехідного — найціннішим для сільськогосподарського освоєння є низинний, тому що в ньому міститься найбільше зольних речовин і азоту. Андрієнко Т.Л., Тюленєв М. О., Трускавецький Р. С., Шматок В. І, Вознюк С. Т. та інші [2, 38, 188, 191] дали досить глибоку характеристику цим типам боліт, визначили їхні фізико-хімічні та біологічні властивості, вміст поживних речовин тощо. Болотні ґрунти після осушення вимагають внесення таких

поживних речовин, як калій і фосфор. Крім того, в перший період освоєння (поки розвинуться мікробіологічні процеси) в більшість ґрунтів необхідно також вносити і азотні добрива [198].

Також ефективність торфового ґрунту значною мірою залежить від вмісту в ньому фосфору. За даними Г. Н. Самбура, Н.Б. Вернардера, С. Т. Вознюка, Ю. Т. Коробченка, Н. Н. Скочинської [26, 40], валові запаси цього елемента в торфо-болотних ґрунтах дуже різні і становлять 0,16-0,97 %. На заплавлених ґрунтах із прошарками вміст фосфору може доходити до декількох процентів. Окультурення торфово-болотних ґрунтів із внесенням фосфорних добрив підвищує вміст їх рухомих сполук [157]. У зв'язку з цим дози внесення фосфору з роками можуть зменшуватися. У разі підвищення вологості ґрунту доступність його для рослин зростає. Аналогічне явище спостерігається і в разі сумісного внесення фосфору з калійними та азотними добривами. Численні дослідження в різних зонах показали високу ефективність внесення калійних добрив на органогенних ґрунтах. Це пояснюється низьким вмістом калію в торфових ґрунтах, валові запаси якого дорівнюють 0,02-0,05 %, та значним використанням його рослинами [243].

Через недостатній доступ у ґрунт повітря, торфові ґрунти мають здатність до оглеєння і нижні горизонти збагачуються на закисні сполуки (отруйні для рослин речовини). Для посилення мікробіологічних процесів необхідно кислі ґрунти вапнувати, вносити калійні та фосфорні добрива. З внесенням калію на торфовищах, покращуються умови живлення рослин у цілому, оскільки він збільшує вміст гідролізованого азоту в торфі і сприяє засвоєнню фосфору [216, 54].

Торфовища Лісостепової зони мають нейтральну та лужну реакцію з рН 6,0-7,8 і дуже рідко зустрічаються з рН 5,5-6,5. З метою усунення негативного впливу кислотності ґрунту на ріст і розвиток сільськогосподарських культур впроваджують відповідну систему удобрення та здійснюють підбір потрібних культур [196].

Мідь — важливий і необхідний мікроелемент для рослин на торфових ґрунтах. Без його внесення зернові не утворюють зерна на більшості торфових ґрунтів, інші рослини недорозвиваються й пошкоджуються грибними хворобами. Валові та рухомі запаси міді в торфових ґрунтах неоднакові і значно коливаються [42].

Але торфOVO-болотні ґрунти відносно бідні на фосфор, калій і мікроелементи (мідь, бор та ін.). На осушених болотах ефективно діють мікродобрива, такі як мідні, що підвищують урожай зернових культур, та молібденові і кобальтові — для льону й цукрових буряків.

Мідь як важкий метал створює комплексні з'єднання з органічними речовинами. Через це у торфових ґрунтах він малорухомий і важкодоступний рослинам. У карбонатних ґрунтах мідь менш доступна рослинам, ніж на інших типах ґрунтів. Органічні ґрунти містять дуже мало міді — $5 \cdot 10^{-4}$ % з коливаннями від $4 \cdot 10^{-4}$ до $8 \cdot 10^{-4}$ %. Валовий вміст міді в торфовищах коливається від 1,5 до 2 мг на 1 кг абсолютно сухого ґрунту, рухомих форм — 40 – 65 % валового вмісту [205].

Молібдену в торфових верхових і перехідних болотах міститься дуже мало – менше 0,12 мг в 1 кг ґрунту, на низинних болотах більше – понад 0,3 мг. Але часто на низинних болотах спостерігається надлишок молібдену, що негативно, особливо за недостачі міді, впливає на стан поголів'я тварин, а саме може спричинити токсичні ефекти.

У торфовищах рухомий кобальт знаходиться в межах 0,05-1,7 мг на 1 кг сухого ґрунту, при цьому найбагатші ним верхні шари ґрунту.

Бору в торфах також дуже мало – 0,15-5,50 мг на 1 кг ґрунту, засвоюваного не більше 10 %. Від цього, в першу чергу, пригнічується конюшина, коренеплоди буряку і турнепсу. За недостачі бору буряк хворіє гниллю сердечка. Особливо значна недостача бору проявляється на торфах із великою кількістю вапна, тому на таких ґрунтах обов'язкове внесення борвмісних добрив [92].

Нерідко в торфі недостатньо також магнію і кобальту. Останнього в торфах міститься 0,05-1,7 мг на 1 кг ґрунту. Марганцю і цинку досить багато в болотних водах та в торфово-утворюючих мохах. Так, у зелених і сфагнових мохах їх кількість досягає 660 мг на 1 кг сухої речовини.

Коренева система рослин на торфових ґрунтах зосереджена головним чином у верхньому (0-30 см) шарі ґрунту. Основні причини, що обумовлюють характер наростання кореневої системи рослин на торф'яно-болотяних ґрунтах, передбачений перш за все особливостями водного температурного і повітряного режимів даних ґрунтів [198].

Сильним змінам на торфових ґрунтах піддаються і надземні органи рослин. Відмінності починаються з моменту сівби культур. Сходи зернових культур, наприклад, на торфових ґрунтах запізнюються на 3 дні, картоплі – на 5-10 днів, відстають порівняно з мінеральними ґрунтами (при одночасній сівбі) і решта фаз розвитку рослин. До середини вегетаційного періоду зростання і розвиток культурних рослин значно поліпшуються. У цей період досягається найсприятливіше поєднання високих температур із достатньою вологістю ґрунту, забезпеченістю азотом, збільшеною довжиною дня. Вегетативна маса стає більш розвиненою, ніж на мінеральних ґрунтах. Зернові культури сильно кущаться, більш високорослі. Стебла злаків, що виростили на торфових ґрунтах, звичайно товстіші, а довжина між вузлів і величина вузлів перевищують рослин, вирощених на мінеральних ґрунтах [15].

На торфових ґрунтах в органах рослин накопичується більше загального азоту і білкових речовин. Змінюються в ту або іншу сторону й інші показники якості продукції сільськогосподарських культур. Трави та силосні культури тут більш облистяні, з широким, довгим і соковитим листям [171].

Крім того, дослідження Зузука Ф. В, Томашівського З. М., Штакала М. І. [85, 180, 207] та інших, показали, що із збільшенням терміну використання окультурених торфових ґрунтів, при правильній агротехніці родючість їх не

знижується, а збільшується і підвищується їх продуктивність, що є наслідком збільшення щільності, зменшення шпаруватості тощо.

Однією з найважливіших умов одержання високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур на осушених органогенних ґрунтах та створення кращих умов для росту та розвитку рослин є оптимальний водно-повітряний режим активного шару ґрунту. На осушених болотах в окремі періоди вегетації рослин унаслідок перевищення видаткової частини водного балансу ґрунту над прибутковою спостерігається нестача води в активному шарі ґрунту. Ця нестача може бути компенсована шляхом зволоження торфових ґрунтів як підземним способом за допомогою дренажу і шлюзування, так і додатковим дощуванням [175, 176].

Численними дослідженнями, проведеними на осушених ґрунтах у різних країнах Європи, виявлено тісний взаємозв'язок між глибиною залягання ґрунтових вод, продуктивністю сільськогосподарських культур і процесами, які відбуваються у ґрунті [217].

Однак, основною негативною властивістю торфових ґрунтів є схильність їх органічної речовини швидко мінералізуватися після осушення та зменшуватись аж до повного зникнення [233].

Зважаючи на мінералізацію ґрунтових вод, Д. К. Зеров [80] поділяє низинні торфовища на евтрофні і алкалітрофні. Для евтотрофних характерним є достатня кількість мінеральних речовин, проте вміст кальцію в них не перевищує 3,5 %, а реакція ґрунтового розчину слабкокисла або близька до нейтральної (рН 5,4-7,2). Болота з такими характеристиками широко розповсюджені в Поліській частині України та заплавах річок Ірпеня, Ужа, Тетерева, Здвижу [7, 69, 192].

Алкалітрофні торфовища характеризуються більшим вмістом мінеральних елементів. Вміст вапна в них досягає 35-40 %, а реакція ґрунтового розчину слабколужна (рН 7,8-8,0). Алкалітрофні торфища розповсюджені в Лісостепу і Степу України та в заплавах таких Лівобережних річок як Супій, Трубіж, Недра [182, 93, 89, 98, 183].

Неосушені низинні торфовища містять 7-15 % золи (дерев'янисті – 9-12 %), перехідні – 4-6 % і верхові – 1-4 %. У процесі обробітку та внаслідок мінералізації органічної речовини зольність торфовищ значно підвищується. Із зольністю пов'язана кислотність торфу. У високозольних торфовищах, після тривалого сільськогосподарського використання – реакція слабкокісла або нейтральна (рН 6-6,2 або 7,2-7,4). Це переважно характерно для торфовищ Лісостепу, що насичені карбонатами, сульфатами та хлоридами, а більшість низинних торфовищ Полісся кислі та слабкокіслі (рН 4-5,5) [190, 125].

Органогенні ґрунти України, що залягають у заплавах річок, мають підвищену зольність (25-50%) з наявністю в профілі мінеральних прошарків. Це пояснюється відкладенням матеріалу, що приноситься з твердим стоком та продуктами розкладання принесених солей.

Хімічний склад золи обумовлюється багато в чому підстилаючою породою. Вона також значно впливає на технологію регулювання водного режиму та його якість. Як правило, виділяють піщані, супіщані і легкосуглинкові, важкосуглинкові та глинисті відклади, лучні мергелі і вапнякові та сапропельні відклади [110].

Хімічний склад золи в осушуваних органогенних ґрунтах ділить торфовища на карбонатні, коли в її складі переважають карбонати кальцію (вапно), закипає від 10 % HCl, залістисті — за наявності заліза більше 6 %, вивіанітові — коли закиснозалістистих фосфорних сполуки більше 0,7 %, мулуваті — домішки мулуватих мінеральних часток, солончакуваті (засолені) — за наявності водорозчинних солей, солонцюваті — наявність увібраного натрію [50].

Вбирний комплекс торфових ґрунтів у цілому має позитивний заряд, тому ці ґрунти не мають можливості утримувати катіони, що є причиною їхнього вимивання. Це відбувається за надмірного зволоження як з основними макроелементами (N, P, K, Ca, Mg), так і мікроелементами, які мігрують у нижні горизонти та дренажні води.

Торфові ґрунти, які залягають у лівобережному Лісостепу України в заплавах річок Трубіж, Супій, Недра та ін. відзначаються рядом специфічних властивостей, як засоленість та солонцюватість, що впливає на їхні агрохімічні та водно-фізичні властивості. Причиною лужної реакції цих ґрунтів часто є вміст значної кількості кальцію, у зв'язку з чим трансформація азотистих органічних речовин закінчується тут, в основному, на стадії аміаку, особливо в перші роки їхнього освоєння.

За даними науковців, 1 га торфовищ містить близько 50,0 т азоту, в орному шарі його знаходиться близько 17,0-20,0 т [168, 108]. За цим показником вони значно перевищують всі інші типи ґрунтів. Так, чорнозем типовий має 10,0-11,5 т, чорнозем звичайний – 6,5-7,0, а темно-сірий лісовий ґрунт – 6,3- 6,7 т. Але азот знаходиться переважно у формі органічних сполук і недоступний для рослин. Незначна кількість азоту в торфових ґрунтах міститься у вигляді аміаку, що зафіксований у гумінових кислотах [61, 126].

Торфові ґрунти, які не обробляються, мають незначну дисперсність, але дрібнозерниста структура властива тільки мулувато-болотним ґрунтам, які багаті на колоїди і зазнають впливу злакової трав'янистої рослинності. Відновлення в цих ґрунтах міцної структури, зруйнованої обробіткою, можливе шляхом посіву багаторічних трав. Головне завдання сільськогосподарської науки і практики полягає в тому, щоб не допустити або звести до мінімуму розвиток негативних явищ у сучасному ґрунтоутворенні, спрямувати вплив заходів на довше збереження органогенного ґрунту, цілеспрямоване окультурювання та його охорону. Використання торфових ґрунтів під посіви сільськогосподарських і, особливо, просапних культур призводить до значних втрат торфу за рахунок його мінералізації та аерації [27, 234].

Отже, осушені торфові ґрунти гумідної зони, за своїми водно-фізичними, агрохімічними та біологічними властивостями істотно відрізняються від мінеральних, а тому потребують глибокого і всебічного аналізу та запровадження специфічних технологічних заходів вирощування

сільськогосподарських культур, спрямованих на підвищення ефективної родючості ґрунту та запровадження екологічно збалансованих агрозаходів.

1.2. Біологічна та господарська характеристика міскантусу гігантського

Miscanthus giganteus належить до відділу покритонасінних (Angiospermales), класу однодольні (Monocotyledoneae), ряду (Glumiflorae), родини злакові (Gramineae), роду *Miscanthus* (Andersson), вид – *Miscanthus giganteus* (Greuter & Burdet) [146].

Miscanthus – багаторічна трав'яниста рослина з механізмом фотосинтезу C_4 , що належить до родини злакових. Назва походить від грецьких слів «mischos» ніжка та «anthos» квітка, і утворена способом поєднання цих компонентів. Рослина міскантус (лат. *Miscanthus*), або міскант, є близьким родичем цукрового очерету і належить до роду трав'янистих багаторічників родини Тонконогові (Злаки), поширеного в субтропічних і тропічних районах Азії, Австралії та Африки [208]. Відомо близько 40 видів рослини, які поширені в тропічній, субтропічній та помірній кліматичних зонах Азії, Африки й Австралії. Крім того, нині міскантус вирощується в Північній Америці та Європі в якості декоративних рослин. У культурі трава міскантус є одним із найпопулярніших декоративних злаків. Міскантус у ландшафтному дизайні використовується для декорування водойм, газонів, а також для створення сухих флористичних композицій.

Природними місцями походження рослин із родини *Miscanthus* є терени Японії, Південних Курил, Манджурії, Кореї, Тайланду, Полінезії і Східного узбережжя США [244]. Росте в природних ценозах і вирощується для опалення на теренах майже цілої Південно-Східної Азії та Центральній частині США. Цей рід об'єднує понад двадцять різних морфологічних видів.

Міскантус – багаторічник заввишки від 80 см до 4 м (6 м) із повзучими кореневищами, які в пошуках живлення можуть досягати глибини 6 м, прямостоячими пагонами, лусковидним шкірястим листям завширшки від 5

до 18 мм і віялоподібними волотями завдовжки від 10 до 30 см, що складаються із колосків. Міскантус невибагливий, витривалий і екологічно безпечний, він викликає зацікавлення не лише своєю декоративністю, а й як паливо для електростанцій, оскільки під час його спалювання вивільняється велика кількість енергії при утворенні мінімальної кількості золи внаслідок низького вмісту вологи в сировині.

Особливо швидким ростом і високою якістю характеризується *Miscanthus sinensis*. В природньому середовищі ці рослини доростають до 6м висоти, діаметр стебел досягає навіть 6 см, а вегетація може тривати 30 років [121].

До початку п'ятого століття міскантус застосовувався Китаї як протиерозійна рослина. До Європи, швидше за все, потрапив в XVI столітті, але трактувався тільки як декоративна рослина, зважаючи на утворення великих купин.

У 1935 р. датський вчений Ансель Ольсен завіз до Європи японський клон, що став вихідним пунктом для селекції рослин, які використовуються на даний час. З огляду на великий врожай, Карл Фостер дав цій рослині назву *Miscanthus sinensis* “Giganteus” [71]. З наукової сторони почали займатись цією рослиною в 1983 р. на Станції селекції рослин в Данії. З того часу проводяться інтенсивні дослідницькі праці в багатьох країнах Європи, а саме: Німеччина, Великобританія, Італія, Франція, Іспанія, Польща [224].

Лінде-Лаурсен в 1993 р. довів, що *Miscanthus sinensis* “Giganteus” є триплоїдом. У більшості верхівкових клітин коренів $2n=3x=57$ або 58. Для роду *Miscanthus* основна кількість хромосом складає $x=19$. Клон, привезений Ольсеном, виведений найправдоподібніше через схрещення *M. sinensis* - диплоїда ($2n=2x=38$) і аллеотрипоїда *M. Sacchariflorus* ($2n=4x=76$), тому не може розмножуватись генеративно (має стерильний пилок) [226]. Під впливом результатів подальших дослідів змінено його назву на *Miscanthus x Giganteus* [111].

У 1993 році встановлено Європейську дослідну мережу в 10 країнах і вирощування проводилось вже у 18 місцях [241]. З 1994 р. започатковуються великі міжнародні проекти, наприклад в Німеччині, де проводиться фірмою Vaba Oel AG [258]. В Європі загальна площа вирощування міскантусу в 1995-1996 рр. становила біля 170 га, в 1998 р. була ще малою, а найбільша площа була в Швеції (300 га).

Miscanthus giganteus є багаторічною трав'янистою рослиною з добре розвиненою кореневою системою. Маса коренів перед появою сходів складає біля 15-25 т сухої маси з гектара. Корені сягають до 2,5 м вглиб землі. Така коренева система сприяє дуже доброму використанню елементів живлення і води [215]. Стебло є дуже міцним, із волосками або без них, з добре видимими вузлами. Забарвлення однорідне. З огляду на великий вміст в стеблі лігніну і целюлози, відзначається він великою витривалістю до механічних ушкоджень. В європейських умовах рослини досягають від 200 до 350 см висоти. В перший рік вегетації рослини досягають 200 см, на другий – 350 см, а в наступні – 400-450 см [66, 229, 132]. Листові пластинки довгі, сплюснуті і ланцетовидні (у небагатьох видів овальні), без поперечних жилок, довжина 60-100 см і ширина 0,8-3,2 см. Ростуть поодинокі з вузлів, майже по всій довжині стебла. Забарвлені вони однорідним, яскравим або темно-зеленим кольором. По середині листка проходить товстий головний нерв. На рослині листя утримується дуже довго, в окремих випадках навіть на протязі зими. Суцвіттям є волоть, або колосовидна волоть, слабо розвинута, яка також довго залишається на рослині. Велика кількість генотипів не квітне або не утворює насіння [145]. Якщо внаслідок холодного клімату Східної Європи рослини не входять в стан спокою, то цвітуть вони між вереснем і листопадом [249].

Згідно з даними досліджень, проведених на Тайвані, рослини *Miscanthus* мають можливість адаптування і показують різну реакцію на умови середовища. Вчені помітили, що поверхня листків клонів, які походять з гірських районів із субтропічним кліматом, в більшій мірі покрита воском і

має меншу кількість продохів на верхній частині листка, ніж у тих, що походять з низин із тропічним кліматом. Клони з гірських районів мають також меншу пропускну здатність продохів і іншу будову епідермісу, що запобігає надмірній втраті тепла під час транспірації [237].

Вид міскантус гігантський використовували як кормову рослину, а також для будівництва дахів в Японії на протязі тисячі років. Контролювати розростання цього виду вдалось за допомогою спалювання і випасання на значних територіях, подібний метод був і в індійських племенах в центральній частині США. Міскантус гігантський вперше використовувався, як декоративна садова культура в 1930-х, його і зараз продовжують використовувати як декоративне озеленення за красиві прямі й високі стебла [259].

Під час згорання біомаси міскантусу виділяється менша кількість вуглекислого газу, ніж було його абсорбовано рослинами в процесі фотосинтезу, тому використання біопалива з міскантусу не сприятиме парниковому ефекту. Крім того, вирощування міскантусу позитивно впливає на родючість ґрунту, оскільки після чотирьох років вирощування накопичується 15-20 т/га кореневищ, що еквівалентно 7,2-9,2 т/га вуглецю. Одна тонна сухої маси міскантусу еквівалентна 420 кг дизельного палива, 1,2 тонни деревини, 515 м³ природного газу, 460 кг мазуту, 820 кг кам'яного вугілля, 440 кг нафти [199].

Кліматичні умови територій походження міскантусу пристосували його до умов високої температури і інтенсивності сонячного опромінення [222]. В нашому кліматі ріст рослин типу C₄ є обмежений низькими температурами. В Європі *Miscanthus* розпочинає ріст у квітні, коли температура ґрунту досягає 10-12 °С, а закінчується під впливом приморозків у листопаді. Температура потрібна для початку розвитку листя і коливається між +5 і +10 °С, залежно від генотипу [230].

Хоча оптимальна температура для процесу фотосинтезу складає у міскантусу +28-32 °С, проте в умовах клімату Східної Європи сума добових

температур є достатньою для досягнення високих врожаїв біомаси [219]. В наших кліматичних умовах рослини *Miscanthus giganteus* зазнають впливу низьких від'ємних температур. Вони найбільше ускладнюють закладання і утримання плантації. У рослин типу C_4 вразливість від холоду є вищою при світлі, ніж у темряві. В таких умовах настає фотоінгібіція. Рослина абсорбує більше світла, ніж потрібно до виснаження процесу фотосинтезу. Це може призвести до ушкодження у фотосинтезі II, а в наслідок, до зменшення темпу вибирання вуглекислого газу. В умовах Європи висока концентрація сонячного опромінення з'являється однак рідко [212].

Найвища вразливість рослин виявляється під час першої зими після посадки. Доходить навіть до вимерзання 90 % рослин. Це пояснюється наявністю холодних зим без снігового покриву. Помічено ріст толерантних рослин до низьких температур під час зими, коли одразу по посадці наступав спад температури нижче $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ [81].

Одразу після мульчування соломною зернових або соломною міскантусу, зростає рівень перезимівлі рослин з 79 % до 92 %. Весняні приморозки також призводять до втрат, але є не такими суворими з огляду на високу регенераційну здатність рослин. У літературі не зазначаються проблеми із зимуванням рослин в наступні роки. Після другого року вирощування, рослини переносять температури нижче -20°C , навіть без снігового покриву [124].

Під час вегетації міскантус гігантський потребує біля 700 мм опадів [213]. Його вимоги до води набагато перевищують середньорічні опади в Україні. Такі великі вимоги до води, незважаючи на мале вживання води на продукування 1 кг сухої маси (біля 250 л), спричинені великим врожаєм біомаси, який отримується з одиниці поверхні [218, 214].

Також спосіб розмноження має вплив на перезимівлю в перший рік. Рослини, розмножені поділом кореневищ, зимували краще, ніж розмножені з культур *in vitro* [238]. Серед них краще перезимовували рослини великі (більше 5 бруньок), ніж малі (менше 5 бруньок) [246]. Кожна дія, яка

призводить до покращення росту рослин у рік закладки плантації, підвищує рівень виживання. Головними чинниками є контроль забур'яненості, який в поєднанні зі зрошенням і азотно-фосфорним удобренням може покращити ріст рослин в рік закладання плантації [30, 104]. Іншим чинником, який покращує ріст, є мала глибина посадки кореневищ. Помічено кращий ріст рослин, коли кореневища були посаджені на 2 і 6 см, ніж на 10 см [242].

Досліджено також рівень ушкодження і здатність до регенерації після впливу на рослини *M. giganteus* морозом. Ці дослідження показали, що етап сходів був вразливий вже при температурі -2°C . Занотовано 40 % ушкоджених рослин. Етап другого і четвертого листка не був вразливим на температуру до -4°C включно. При застосуванні -8°C зареєстровано 83 % ушкоджених рослин, які були на етапі другого листка, які на 90 % були здатні до регенерації, і 75 % ушкоджених рослин, які були на етапі четвертого листка зі значно меншою здатністю до регенерації і складала 20 %. У рослин, які не показали жодних видимих ушкоджень одразу після появи морозу, спостерігалось зниження темпу росту до 45 днів після його застосування. Головним чином загальмувався елонгаційний ріст стебла. Перші обстеження перезимівлі показали, що існує залежність між пошкодженнями, спричиненими пізніми морозами, та толеранцією до морозів в наступній зимі. При зниженні температури нижче 0°C одразу після посадки, з'являється підвищена кількість до морозу під час зими [211].

В Україні перші дослідження з вирощування міскантусу гігантського були розпочаті в 2004 р. професором Житомирського національного агроєкологічного університету Володимиром Зінченком [82]. Він завіз ризоми із Варшавського університету і висадив їх на двох дослідних ділянках: в Ботанічному саду університету та на полі під селом Бехи Коростенського району. В умовах Житомирського Полісся вивчено вплив площі живлення на висоту та діаметр головного пагона міскантусу. Наведена порівняльна характеристика видів та форм рослин роду *Miscanthus* з однаковою площею живлення та визначена оптимальна ширина міжрядь

[195]. Певні здобутки в питаннях впровадження високопродуктивних біоенергетичних культур були отримані в Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН України, Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, Інституті харчової біотехнології та геноміки, Інституті технічної теплофізики НАН України (ІТТФ НАНУ), Інституті відновлюваної енергетики НАНУ, ННЦ «Інститут землеробства НААН», Житомирському національному агроекологічному університеті (ЖНАЕУ), Інституті сільського господарства західного Полісся, Вінницькому НАУ та інших. Саме в Україні (Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України) створена одна з найбагатших у світі, в плані як видового, так і сортового складу, колекція (генофонд) енергетичних рослин, що налічує на сьогодні понад 500 видів і альтернативних сортів (114 – цукроносних, 168 – олійних, 181 – сировинних культур для виробництва твердого біопалива і біогазу тощо). Зібрано генофонд роду Міскантус, який нараховує 26 таксонів. Крім інтродуцентів та малопоширених культур, вирощуються форми, гібриди та сорти енергетичних рослин власної селекції. Зокрема, вченими Національного ботанічного саду та Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України виведено шість сортів міскантусу, які придатні для вирощування в агрокліматичних зонах Лісостепу та Полісся України. Перші плантації міскантусу в Україні були висаджені ще в 2006-2007 рр. (Харківська й Житомирська області). Із 2008 р. науковці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків працюють над заміщенням традиційних видів палива альтернативним біологічним у Борщівському районі Тернопільської області. Завдяки роботі Валентина Луговського, міскантус афро-азіатського походження прижився й на Черкащині, в опалювальному сезоні 2012 р. грів будинки мікрорайону «Соснівка». У 2013 р. почали «народжуватися» промислові плантації міскантусу й у багатьох інших регіонах країни: 10 га у Київській, 10 га у Львівській, 35 га – у Житомирській областях, 30 – на Прикарпатті. Після багаторічної підготовчої роботи вийшла на промислові обсяги й уже готова

поставляти перші партії садивного матеріалу міскантусу Ялтушківська ДСС (Вінницька область). Компанія Phyto Fuels Group, що в наукових питаннях тісно співпрацює з Інститутом біомаси та сталого розвитку (м. Полтава) і Університетом Вагенінгена (Нідерланди), селекціонує й вирощує цілу низку енергетичних культур (просо прутоподібне (свічграс), міскантус, верба, сорго цукрове та ін.). Розгортає масштабне вирощування міскантусу для отримання біосировини й виробництва з неї твердого біопалива на власному пелетному заводі KSG Agro – один із провідних агрохолдингів України (Дніпропетровська область). Маточні плантації культури на 33 га тут були створені в 2013 р. Плантацію міскантусу на 207 га ТзОВ «Енерго Аграр» заклало на полях агрохолдингу «Сварог Вест Груп» (Хмельниччина) [114]. У 2016 р. в Україні площі під міскантусом гігантським досягли близько 750 га. Найбільші площі – 580 га – закладені ТзОВ «Енерго Аграр». Вирішення проблеми енергонезалежності України потребує суттєвого збільшення площ енергетичних культур, в тому числі – міскантусу, що вимагає поглиблення досліджень щодо особливостей росту міскантусу в різних ґрунтово-кліматичних умовах та удосконалення технологій вирощування його біомаси. Міскантус за агротехнічними властивостями істотно відрізняється від більшості сільськогосподарських культур, насамперед – за особливостями його розмноження.

Таким чином, міскантус є холодовитривалою і теплолюбною трав'янистою культурою, однією головних особливостей якого є здатність ефективно використовувати сприятливі умови для росту й розвитку, накопичувати велику кількість сухої маси за вегетаційний період.

На ріст і розвиток міскантусу гігантського значно впливають технологічні заходи вирощування залежно від конкретних ґрунтово-кліматичних умов, він потребує високого рівня родючості ґрунтів, якими безумовно є староорні дреновані органогенні ґрунти.

1.3 Агробіологічні заходи створення плантацій енергетичних культур на органогенних ґрунтах

Після проведення осушувальних робіт на торфовищі значно покращується водно-повітряний режим, посилюються мікробіологічні процеси, відбувається інтенсивний розклад та мінералізація органічної речовини [29].

Землеробство на торфових ґрунтах базується на мобілізації азоту в ґрунті і внесенні недостатніх тут, у першу чергу, калійних, фосфорних і мікродобрив. Із мінералізацією органічної речовини пов'язано зменшення запасів торфу. Осушення і подальше вирощування сільськогосподарських культур призводить до змін ґрунтового процесу. Синтез органічної маси змінюється на гуміфікацію і мінералізацію, що неминуче призводить до зменшення загальних запасів торфу [28].

Найбільш інтенсивна мінералізація торфу відбувається під просапними культурами, а найменша – під багаторічними травами. Встановлено що при збільшенні строку використання трав процес мінералізації майже припиняється [10].

Потрібно також відмітити ще одну характерну особливість біологічних властивостей торфовищ: вони небагато містять хвороботворних мікроорганізмів. У сфагнових торфах багато антисептиків (фенолів), через це рослинність розкладається дуже повільно. Агрохімічну боротьбу з бур'янами проводять таку ж, як і на мінеральних ґрунтах.

Поля, зайняті багаторічними травами, знижують мінералізацію торфовищ, поліпшують структуру ґрунту, послуговують засобом боротьби з бур'янами, хворобами і деякими шкідниками сільськогосподарських культур [166].

Лучні трави захищають торфові ґрунти від водної і вітрової ерозії і в значній мірі запобігають забрудненню річкової води мінеральними речовинами і органіки. Вони також дозволяють більш продуктивно використовувати перезволожені торфовища, на яких вирощування інших

культур обмежене.

Осушені торфові ґрунти важко проводять воду, мають сильну тепловипромінюючу властивість до випаровування. Тому на осушених торфових ґрунтах можливі пізні весняні та ранні осінні приморозки, а це обмежує вирощування теплолюбних культур та майже не впливає на багаторічні трави. Багаторічні трави сприяють збереженню торфовищ.

Багаторічні трави зменшують розпилення торфу, уповільнюють його розклад, виступають заходом боротьби проти бур'янів (особливо багаторічних), деяких видів шкідників і хвороб, покращують використання поживних речовин з ґрунту.

Для ефективного використання родючості осушуваних ґрунтів доцільно розмішувати на них посіви культур, які забезпечують вищі врожайність і прибутки, ніж на мінеральних ґрунтах. На добре осушених органогенних ґрунтах створюються сприятливі умови для вирощування кормових культур (багаторічні травосуміші, кормові коренеплоди, кукурудза і її сумішки на силос, капустяні культури, озиме жито на зелений корм) [167].

Отже, окультурення і підвищення родючості торфових ґрунтів можливе лише при здійсненні комплексних заходів, які повинні покращити властивості та режими цих ґрунтів. Потрібно дотримуватись певних систем ведення землеробства, щоб продуктивна родючість цих ґрунтів не втрачалась. Також на осушуваних органогенних ґрунтах необхідно використовувати такий набір культур, який би давав максимальну продуктивність із мінімальним негативним впливом на органічну речовину торфу.

Тому серед широкого спектру високопродуктивних трав'янистих багаторічних рослин перспективною культурою є міскантус гігантський.

Міскантус гігантський в даних умовах дає найвищий серед інших багаторічних трав'янистих культур урожай – 25-28 т/га сухої речовини. Валовий вихід енергії з 1 га (в разі спалювання гранул) може становити близько 450 ГДж/га.

Міскантус гігантський мінімально втрачає суху речовину наприкінці вегетації, ця культура стійка до вилягання. Він потребує незначних втрат на вирощування, урожай культури збирають звичайними кормозбиральними комбайнами, а отриману масу можна відразу доправляти на спалювання або на виготовлення паливних гранул, пелет і брикетів. В той час біомаса інших енергетичних культур, як правило, потребує досушувати.

Згадані факти доводять, що міскантус гігантський є однією з перспективних культур для вирощування його на вилучених з інтенсивного обробітку осушуваних торфовищах. Тривалість вирощування рослин на одному полі – до 30 років, період комерційного вирощування – 17 років. Біомасу можна збирати щорічно.

Говорити про високу економічну ефективність і надприбутки від вирощування міскантусу і тим більше рекомендувати його для вирощування в приватному секторі пересічними громадянами зарано, бо це питання практично не вивчалось і економічно не обґрунтовувалось, адже промислових чи дослідних плантацій цієї культури з терміном експлуатації хоча би 15 років (половина від рекомендованого строку) в Україні наразі не існує. Переносити ж результати, одержані на ділянках площею 10-20 м², де залучені значні обсяги ручної праці, на майбутні промислові плантації без проведення тривалих досліджень – неприпустимо.

Для прискореного процесу широкого впровадження у виробництво міскантусу варто удосконалити технологію його вирощування, адаптовану для різних ґрунтово-кліматичних умов України, а в нашому випадку на органогенних ґрунтах.

Таким чином, аналіз літературних джерел дає змогу зробити наступні висновки та виділити напрями досліджень:

1. Староорні дреновані органогенні карбонатні ґрунти мають високу родючість, вони добре забезпечені рухомим азотом, мають середню забезпеченість рухомим фосфором (за рахунок вівіанітових прошарків) та завдяки побудованим осушувально-зволожуючим меліоративним системам –

вологозабезпеченістю, що дає можливість енергетичним культурам створювати потужну біомасу для вирощування твердого біопалива.

2. Міскантус гігантський є маловимогливою культурою до родючості ґрунтів, але здатний накопичувати велику біомасу (щорічно до 30 т/га сухої маси) за сприятливих погодних умов та високої родючості ґрунту.

3. Аналіз літературних джерел свідчить, що на сьогодні немає обґрунтованої ефективної технології вирощування міскантусу гігантського на дренажних органогенних ґрунтах, виведених із сільськогосподарського використання.

Зазначені чинники визначили напрям наших досліджень із розробки агробіологічних засад технології вирощування міскантусу гігантського на дренажних органогенних ґрунтах.

Основні результати, викладені у розділі, оприлюднені в публікаціях [32, 33, 254].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МЕТОДИКА ТА ПРОГРАМА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтові та погодно-кліматичні умови

Дослідження за темою проводили протягом 2016-2019 рр. на торфових ґрунтах Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» у заплаві р. Супій, яка розташована у лівобережному Лісостепу Київської області.

Землекористування Панфільської дослідної станції розташоване в заплаві р. Супій, яка має довжину 120 км, бере свій початок у Бобровицькому районі Чернігівської області і впадає у р. Дніпро на території Черкаської області. Загальна площа заплави р. Супій складає 22 тис. га і має середню ширину до 500 м. Верхів'я заплави від витoku річки до м. Яготин на протязі 40 км займає біля 8 тис. га та знаходиться в природному стані, а середня і нижня її частини на площі 14 тис. га завдовжки 80 км зайняті окультуреними сіножатями й пасовищами, та лише на незначній площі використовується для вирощування однорічних (кормових та овочевих) культур. Осушення заплави р. Супій розпочато ще в 1913-1915 рр., коли було зрегульоване (випрямлене і поглиблене) русло від його гирла на Дніпрі і до с. Ташань на Переяславщині. На другому етапі від с. Ташань до м. Яготин, це було виконано в 1926-1928 рр., а на заплавних землях Панфільської дослідної станції розпочато тільки у 1937 р., в цей час було прокопано відкриті канали вручну через кожні 150 м. Це дало можливість осушити болото, провести культуро-технічні роботи і вирощувати на ньому сільськогосподарські культури. Докорінне поліпшення меліоративного стану заплави р. Супій відбулося лише після реконструкції магістрального каналу та бокової осушувальної мережі за допомогою сучасної болотної техніки та побудови регулювальних гідротехнічних споруд, це дало можливість забезпечувати відповідний водно-повітряний режим ґрунту шляхом шлюзування. На території дослідної станції ці роботи виконано в 1948-1951 рр. у вигляді відкритих каналів глибиною 1,6-1,7 м через 400-600 м, що

доповнюється періодичним проведенням кротових дренажів в поєднанні з шлюзуванням за допомогою яких і проводиться регулювання рівня ґрунтових вод залежно від фази розвитку рослин сільськогосподарських культур та погодних умов.

Кліматичні умови Панфільської дослідної станції характерні для зони Лісостепу України. Клімат помірно-континентальний. Дослідна станція знаходиться у зоні нестійкого зволоження. Метеорологічна станція Яготин розміщена на $50^{\circ}12'65''$ північної широти та $31^{\circ}25'14''$ східної довготи за Грінвічем.

За даними метеорологічної станції, яка розміщена на відстані 2 км від місця проведення дослідів, середня річна сума атмосферних опадів складає 524 мм, середня річна відносна вологість повітря – 78 %, середньо-багаторічна температура повітря – $+7,6^{\circ}\text{C}$. Найхолодніший місяць – січень (середньомісячна температура повітря – $6,5^{\circ}\text{C}$, а найтепліший – липень $+19,4^{\circ}\text{C}$). Максимальна температура повітря спостерігається в липні-серпні - ($36-38^{\circ}\text{C}$), а мінімальна – в січні-лютому – $31,5^{\circ}\text{C}$. За сумами активних температур теплові ресурси території складають $2500-2600^{\circ}\text{C}$, що достатньо для вирощування досліджуваної культури, яка потребує від 1200 до 2000°C . Вегетація багаторічних трав починається за переходу середньодобової температури повітря через $+5^{\circ}\text{C}$.

Період із середньодобовою температурою повітря понад 5°C складає близько 200 днів, а вище 10°C – 155-160 днів. Перші заморозки починаються в першій декаді жовтня, останні – в третій декаді квітня. Однак, на осушених ґрунтах трапляються травневі і вересневі заморозки в повітрі та на поверхні ґрунту.

Таким чином, безморозний період на цій території коливається від 150 до 200 днів. В цілому кліматичні умови в районі досліджень можна охарактеризувати як сприятливі для вирощування багатьох сільськогосподарських культур.

Середня температура січня 2016 р. була близько до норми та на 17 мм перевищувала норму за кількістю опадів, що становило 150% від неї. У лютому середні значення температури становили 1,5 °С, що вище за норму на 6,6 °С, за кількістю опадів перевищували норму майже в 2 рази.

Перший місяць весни був теплішим за середні багаторічні показники на 4,3 °С, опадів випало близько норми. Тому на варіанті осінньої посадки ризом міскантусу, у першу декаду листопада за норми посадки 25 тис.шт/га після перезимівлі результати підрахунку польової схожості знаходилися в межах – 85,4 %, що говорить про можливість посадки міскантусу пізно восени. Квітень був теплішим на 4,1 °С, за недостатньої кількості опадів 59 % від норми. Це не вплинуло на весняну посадку міскантусу, яка була проведена в другій декаді квітня, так як осушені ґрунти у весняний період достатньо зволожені. У травні середня місячна температура повітря була близько норми 15,3 °С. Дощі відмічалися упродовж місяця, що призвело до перезволоження ґрунту 317,5 % від норми. Літні місяці характеризувались тривалішими періодами температурних максимумів, коли температура перевищувала середні показники на 1,9; 2,7; 2,2 °С. Нерівномірно випадали рясні грозові дощі з тривалими перервами.

Початок осені характеризувався підвищеною температурою. Жовтень місяць мав близьку до середніх значень температур, проте у другій декаді зафіксовано перші заморозки 2 °С. В цілому погодні умови 2016 р. були сприятливими для росту та розвитку міскантусу гігантського на осушених ґрунтах.

Агрокліматичні умови за час проведення досліджень (2016-2019 рр.) характеризувалися частими відхиленнями від середньорічних як за кількістю опадів, так і за температурним режимом (рис. 2.1, 2.2). Особливо значним було відхилення за температурою повітря у бік більших показників.

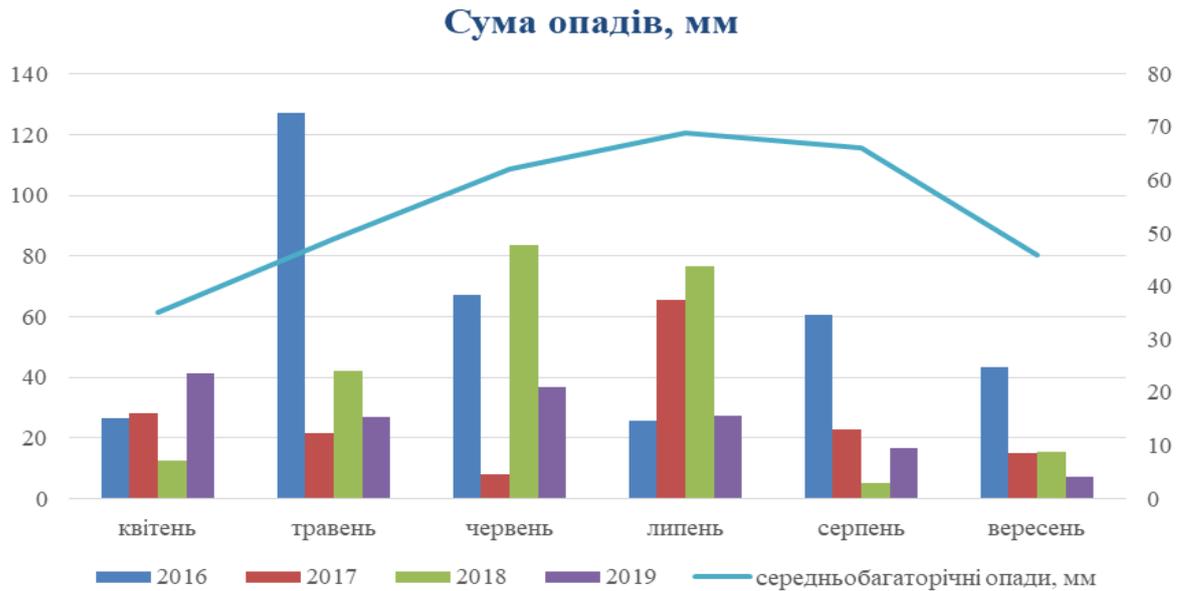


Рис. 2.1 Атмосферні опади в роки проведення досліджень, за даними метеостанції Яготин, мм.

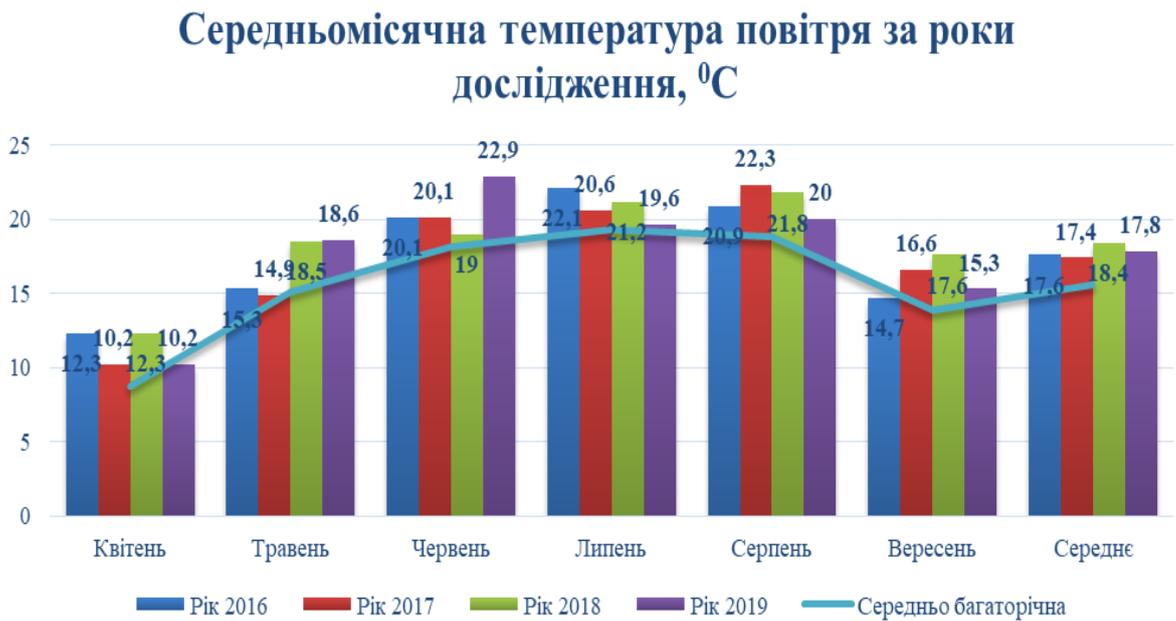


Рис 2.2 Температура повітря за 2016-2019 роки дослідження, за даними метеостанції Яготин, °С

За вегетаційний період 2017 р. випало 161,0 мм за норми 323,0 мм, що в два рази менше норми. Особливо недостатня кількість опадів випала в першій половині вегетації. Так, у квітні і травні випало 28,1 і 21,5 мм опадів при нормі 49,7 і 54,0 мм, але двостороннє регулювання водного режиму на осушуваних органогенних ґрунтах дало можливість оптимізувати вологозабезпеченість ґрунту і негативного впливу на ріст міскантусу гігантського у весняний період не відмічалось.

Середня місячна температура повітря у квітні була на 1,5 °С вищою за норму і в абсолютному визначенні становила плюс 10,2 °С. У травні середня місячна температура повітря виявилася близькою до норми і становила +14,9 °С.

Літній період був дуже спекотним, особливо посушливим був червень, коли випало 8,0 мм опадів при нормі 48,6 мм. У липні місяці випало 65,4 мм опадів при нормі 87,5 мм, а в серпні – 23,0 мм при нормі 52,0 мм. Середня місячна температура повітря влітку виявилася на 1,9-3,5 °С вищою за норму і в абсолютному визначенні становила +20,1-22,3 °С.

У вересні кількість опадів становила 15,2 мм при нормі 18,4 мм. Середня місячна температура повітря у вересні виявилася вищою за норму на 1,6 °С. У найтепліші дні вересня максимальна температура повітря підвищувалася до +31,2-32,4 °С. Висока температура повітря сприяла доброму росту енергетичних культур у осінній період, кількість опадів становила 66,0 мм при нормі 13,0 мм. Температура повітря в середньому за вересень була на позначці 16,5 °С.

За вегетаційний період 2018 р. випало 414,1 мм опадів при нормі 323,0 мм, що в 1,3 рази перевищувало норму. Недостатня кількість опадів випала в першій половині вегетації. Так, у квітні і травні випало 12,5 і 42,2 мм опадів при нормі 49,7 і 54,0 мм, але негативного впливу на ріст міскантусу гігантського у весняний період не відмічалось. У червні проходили зливи і сума опадів за місяць складала 83,8 мм, при нормі 48,6 мм. Найбільш бездощовим виявився серпень місяць, коли випало всього 5,1 мм опадів при

нормі 52,0 мм. Середня місячна температура повітря у квітні була на 3,6 °С вищою за норму і в абсолютному визначенні становила плюс 12,3 °С. У травні середня місячна температура повітря теж перевищувала норму і становила +18,5 °С при нормі 15,1 °С. Літній період був дуже спекотним, особливо посушливим був серпень, коли випало 5,1 мм опадів, а температурний режим перевищував нормативні показники на 3,0 °С. Середня місячна температура повітря влітку виявилася на 1,9-3,0 °С вищою за норму і в абсолютному визначенні становила +19,0-21,8 °С.

У вересні кількість опадів становила 15,5 мм при нормі 18,4 мм. Середня місячна температура повітря у вересні виявилася вищою за норму на 1,8 °С. У найтепліші дні вересня максимальна температура повітря підвищувалася до +28,2-32,7 °С. Висока температура повітря сприяла доброму росту енергетичних культур у осінній період.

На завершальному етапі досліджень за вегетаційний період 2019 р. випало 155,9 мм, що майже в 2 рази було менше норми 320,0 мм. Недостатня кількість опадів випала і в першій половині вегетації. Так, в квітні і травні випало 41,2 і 27,1 мм опадів при нормі 45,0 і 40,0 мм, але двостороннє регулювання водного режиму на осушуваних органомених ґрунтах дало можливість оптимізувати вологозабезпеченість ґрунту і негативного впливу на ріст енергетичних культур у весняний період не відмічалось. У червні в першій декаді проходили зливи і сума опадів за декаду складала 27,1 мм, при нормі 21,0 мм. У другій декаді опади були відсутні і в 3 декаді випало 9,5 мм при нормі 23 мм. Майже бездощовими виявилися серпень і вересень місяці, коли випало всього 16,6 і 7,1 мм опадів за норми 53,0 мм і 40,4 мм. Середня місячна температура повітря у квітні була на 1,5 °С вищою за норму і в абсолютному визначенні становила плюс 10,2 °С. У травні середня місячна температура повітря теж перевищувала і становила +18,6 °С при нормі 15,1 °С.

Літній період був дуже спекотним, особливо посушливим був серпень, коли випало 16,6 мм опадів, а температурний режим перевищував

нормативні показники на $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Середня місячна температура повітря влітку виявилася на $1,2\text{-}4,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ вищою за норму і в абсолютному визначенні становила $19,6\text{-}22,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

У вересні кількість опадів становила $7,1\text{ мм}$ за норми $40,4\text{ мм}$. Середня місячна температура повітря у вересні виявилася вищою за норму на $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. У найтепліші дні вересня максимальна температура повітря підвищувалася до $+27,3\text{-}30,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Висока температура повітря сприяла доброму росту енергетичних культур у осінній період.

В цілому ж погодні умови були сприятливими для росту і розвитку міскантусу гігантського та отримання високих врожаїв із близьким до оптимального водно-повітряним режимом ґрунту.

2.2 Методика та програма проведення досліджень

Дослід закладено в 2016 р. в заплаві річки Супій на ділянці №4 меліоративної системи Панфільської дослідної станції. Лабораторно-польові дослідження проводили протягом 2016-2019 рр.

Польові дослідження проводили за загальноприйнятими науковими та спеціальними агрономічними методами: Єльченка [70], з використанням електронної обчислювальної техніки при опрацюванні та аналізі результатів досліджень [24], в триразовому повторенні. Загальна площа ділянки $40,2\text{ м}^2$ ($5,6\text{ м} \cdot 7,2\text{ м}$), облікова – 35 м^2 .

Ґрунти дослідної ділянки глибокі карбонатні торфовища з вмістом валового азоту $2,2\text{ }\%$, фосфору – $0,7\text{-}0,9\text{ }\%$, калію – $0,12\text{ }\%$, кальцію – $20\text{-}26\text{ }\%$, зольність – $40\text{-}50\text{ }\%$, рН водної витяжки $7,0\text{-}7,5$.

Схема дослідів:

Дослід №1. Ріст, розвиток та продуктивність міскантусу залежно від маси ризомів та глибини їх загортання.

Фактор А – маса ризомів, г: *Фактор В* – глибина садіння, см:

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. 10-30; | 1. 4-6; |
| 2. 30-50; | 2. 7-9; |
| 3. 50-70. | 3. 10-12. |

Дослід №2. Ріст, розвиток та продуктивність міскантусу залежно від щільності садіння та калійного удобрення.

Фактор А – щільність садіння: *Фактор В* – K_2O :

- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| 1. 25 тис. шт./га (70x55 см); | 1. Без добрив (контроль); |
| 2. 20 тис. шт./га (70x70 см); | 2. 60 кг/га; |
| 3. 15 тис. шт./га (70x90 см); | 3. 120 кг/га. |
| 4. 10 тис. шт./га (70x140 см). | |

Крім того, вивчались строки посадки міскантусу гігантського: осінь (1 декада листопада) та весна (2 декада квітня). Загальна площа ділянки – 5,6 м x 7,2 м = 40,2 м², облікова площа 35 м², повторність трикратна. Ділені кореневища (ризомі), що готувались для розмноження, мали не менше 3-4 бруньок.

Обліки, спостереження та аналізи в дослідженнях проводили щорічно протягом вегетаційного періоду міскантусу. Проби ґрунту на агрохімічний аналіз брали на початку вегетації (третя декада квітня) та в кінці (перша декада вересня). У зразках ґрунту визначали вміст нітратного азоту за Грандвальд-Ляжу (ЦИНАО ГОСТ 26488-85, ДСТУ ISO/TS 14256-1:2005 [67]), рухомих фосфору і калію – за Егнером-Рімом з наступним визначенням фосфору колориметрично, калію – на полуменовому фотометрі [228].

Фенологічні спостереження за ростом та розвитком рослин міскантусу проводили візуально, фіксуючи дату початку появи фази (у 10 % рослин на

ділянці і масове її настання у 75 % рослин): одиноких і повних сходів, третього листочка, кушіння, виходу в трубку, появи волоті, цвітіння [119, 57]. Щільність посадки міскантусу визначали після появи повних сходів (у фазі кушіння) і за 5 днів до збирання урожаю визначали шляхом суцільного підрахунку рослин на ділянках.

Биометричні показники було визначено шляхом замірювання раз на місяць рослин на усіх повтореннях:

а) висоту головного пагона рослин заміряли мірною лінійкою від поверхні ґрунту до верхівки найдовшого листка, а у фазі цвітіння волотей – від поверхні ґрунту до вершини волоті;

б) висоту куща вимірювали мірною лінійкою від поверхні ґрунту до верхівки куща;

в) кількість листків на головному пагоні встановлювали шляхом підрахунку послідовної появи листків;

г) кількість пагонів у кущі встановлювали шляхом підрахунку усіх пагонів.

Динаміку наростання маси ризомів (кореневищ) визначали методом пробних копок на початку кожного місяця з червня по жовтень. Проби відбирали по 5 кущів з кожного варіанта по всіх повтореннях. В них визначали масу ризомів, масу та кількість пагонів у кущі, масу та кількість листків на пагоні, висоту рослин.

Зольність у рослинах визначали зольність методом спалювання у муфельній печі. Перезимівлю рослин встановлювали шляхом суцільного підрахунку рослин, які входять у зиму, та після перезимівлі.

Отримані експериментальні дані досліджень обробляли за статистичними методами: дисперсійним, кореляційним, регресійним, аналізами на комп'ютері за прикладними програмами Excel [115].

Економічну оцінку традиційної та вдосконаленої технологій вирощування проводили за методикою: «Визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві результатів науково-

дослідних і дослідно-конструкторських робіт, нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій». Енергетичну оцінку прийомів, що вивчалися, визначали за відповідними методичними рекомендаціями [116]. Витрати на вирощування міскантусу для виробництва біопалива визначали шляхом складання технологічних карт (додаток Е.1-Е.2). Норми виробітку і витрати пального були використані з довідників.

У досліді проводили фенологічні спостереження. Динаміка появи сходів міскантусу визначалась шляхом щоденного підрахунку кількості схожих рослин. Динаміку наростання маси ризомів (кореневищ) визначали методом пробних розкопок на початку кожного місяця з червня по жовтень. Визначення динаміки наростання вегетативної маси та сухої речовини, виконували по календарних датах – 22 травня; 3 липня; 17 жовтня.

Спостереження за водним режимом ґрунту проводили шляхом заміру рівнів ґрунтової води у водомірних колодязях та визначенням вологості у шарі ґрунту (0-30 см). Рівні ґрунтової води визначали у водомірних колодязях через кожні десять днів протягом вегетації (травень-жовтень). За зниження рівнів ґрунтової води за межі оптимальних показників проводили зволоження ґрунту шляхом подачі води по каналах на дослідну ділянку завдяки двосторонньому регулюванню водного режиму на осушуваних органогенних ґрунтах. Вологість ґрунту визначали термостатно-ваговим методом (до постійної ваги) три рази за вегетацію в орному (0-30 см) шарі ґрунту ДСТУ ISO11465-2001 [209]. Ґрунт відбирали буром М.О. Качинського з метою визначення об'ємної маси і повної вологоємності [101].

Заселеність дротяниками ґрунту визначали за методикою В. Г. Доліна [65]. Для визначення заселеності орного шару ґрунту дротяником виконували розкопки (25x25x30 см). Контроль бур'янів проводили за методикою, викладеною в рекомендаціях довідника В. І. Артеменка [5], шляхом підрахунку бур'янів на ділянках площею 0,25 м².

Облік урожайності зеленої маси проводили шляхом зважування з усієї облікової ділянки. Вміст абсолютно сухої речовини (сухої маси) в урожаї

визначали термостатно-ваговим методом. Вміст у сухій масі врожаю органічних речовин та зольних елементів визначали методом спектроскопії на інфрачервоному аналізаторі NR Scamer model 4250 з комп'ютерним забезпеченням, нітратного азоту – іонометричним методом.

2.3 Агротехніка вирощування міскантусу гігантського

У досліді використовували таку технологію вирощування міскантусу гігантського: восени проводили фрезування на 10-12 см пласта багаторічних злакових трав, яке забезпечило підрізання та подрібнення рослинних решток МТЗ 82 + ґрунтофреза IGQN-220 з наступною його оранкою на 25-30 см. New Holland+PON 5-40+1. Весною наступного року на цій площі проводили дворазове дискування New Holland+БП - 4. Під останнє дискування вносили калійні добрива калімагнезія $K_{28}Mg_4Ca_{20}S_6$. Потім проводили до - і післяпосівне прикочування важкими котками ЗКВГ-1,4.

За даними Квака В. М. «Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу для виробництва біопалива в західній частині Лісостепу України», вирощування включає більше технологій, а саме основний обробіток ґрунту складався із кількох операцій: дискування, оранки, культивуації, боронування, шлейфування [91].

Основний обробіток ґрунту починали із серпня-вересня дисковими знаряддями (луцильниками або боронами) УДА-2,4-20, БДТ-7, БДВ-6 на глибину 10-12 см у два сліди перехресним способом з кутом атаки дисків 30-35°. Таку операцію проводили два рази з інтервалом 15-20 днів, після сходів бур'янів, за сильного забур'янення (луки, цілина). Глибоку зяблеву оранку проводили через 10-15 днів після луцення навісними плугами ПЛН-3-35 на глибину 28-30 см. Плуги агрегатуються з тракторами Т-150 К; ХТЗ-120/121; МТЗ-82. Для вирівнювання поверхні поля, контролювання сходів бур'янів та створення сприятливих умов для накопичення ґрунтової вологи у зимовий період через 10-15 днів після оранки проводили суцільну культивуацію поверхні поля. Культивуацію проводили культиваторами КПС-4 на глибину 5-

7 см.

Передпосадкову культивуацію проводили безпосередньо перед садінням. Головною вимогою перед садильного обробітку ґрунту є якісне розпушення поверхневого шару на глибину 12-15 см, що забезпечить хороше садіння ризомів на задану глибину. Цю операцію проводили культиватором АГ-6.

Надалі технологія обробітку під міскантус що на торфовищах, що на меліорованих ґрунтах співпадала. Садіння ризомів на осушених ґрунтах здійснювали вручну. Крок садіння і ширину міжрядь встановлювали згідно зі схемами дослідів.

На наступний день після закінчення садіння проводили коткування поля гладкими водоналивними котками ЗКВГ-1,4.

Система догляду за насадженнями міскантусу була направлена на боротьбу з бур'янами та розпушування верхнього шару ґрунту у міжряддях, що сприяє кращому повітро – та водопроникненню і позитивно впливає на ріст та розвиток рослин. Кількість міжрядних обробітків за період вегетації встановлювали залежно від забур'яненості насаджень та ущільнення ґрунту [72]. Ґрунт у міжряддях розпушували 2-3 рази за період вегетації міскантусу на глибину 8-10 см. Механізований міжрядний обробіток ґрунту проводили спеціальним начіпним просапним культиватором або культиватором КРНВ-5,6.

Для боротьби з бур'янами за необхідності використовували гербіциди, які рекомендовані для кукурудзи [107, 94], в нашому випадку 120 г/л Дикамба+ 344 г/л 2,4-диметиламінна сіль – в нормі 0,6 л/га. У наступні роки, завдяки інтенсивному росту рослин міскантусу, боротися з бур'янами не було потреби [84].

За попередніми даними із звітів Панфільської дослідної станції було встановлено, що за вирощування на торфових ґрунтах після багаторічних трав є загроза від шкідника Ковалика смугастого, а саме його личинки (дротяника), який, за підрахунками після розкопів складав в межах 34-60

екз./м², залежно від варіанта, що відповідає високому ступеню зараженості цим шкідником.

Для зниження чисельності дротяників і його шкодочинності на площі під міскантус в 2015 р. застосовано агротехнічний в поєднанні з біологічним способом боротьби, згідно Патенту «Агротехнічний в поєднанні з біологічним спосіб боротьби з дротяником» Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» [133]. В кінці літа на полі передбаченому під посадку міскантусу, висівали гірчицю білу. У фазу цвітіння — поява стручків гірчиці проводили дискування бороною БДТ-3 з наступною оранкою на глибину 30-32 см з утворенням плугом гребенів висотою 14-18 см для кращого промерзання ґрунту у зимовий період. Завдяки цьому способу боротьби з дротяником було досягнуто кращих результатів зниження чисельності дротяника на 69-83 % і як наслідок загибель рослин в рік посадки міскантусу від цього шкідника в 2016 р. не перевищувала 1%.

Отже, погодні та ґрунтові умови на дослідних ділянках були сприятливими для вирощування міскантусу гігантського, а технологія вирощування відповідала загальним вимогам вирощування міскантусу на біопаливо.

Таким чином, аналіз умов, методики закладання дослідів та проведеної агротехніки закладання дослідів дають змогу зробити наступні висновки:

1. Погодно-кліматичні умови повністю відповідають біологічним особливостям міскантусу гігантського для вирощування на біомасу, як за температурним режимом, так і за атмосферними опадами.

2. Використання методичних принципів та агротехніки вирощування культури забезпечує проведення досліджень, які необхідні для розробки технології вирощування міскантусу гігантського на отримання високих врожаїв біомаси на біопаливо.

Основні результати викладені у розділі, оприлюднені в публікаціях [137].

РОЗДІЛ 3

ВОДНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ

Для органоґенного ґрунту велике значення має його аерація. Насиченість торфу вологою істотно зменшує проникність його для повітря, осушення ж, навпаки, сприяє газообміну. За регулювання повітряного режиму торфових ґрунтів не слід мати максимальні показники насичення його вологою, як і низьку вологість ґрунту, бо за останньої є загроза обезводнення рослин. Поліпшувати аерацію торфового ґрунту потрібно, головним чином, за рахунок обміну самої вологи з ґрунтового повітря та переміщення стоячого басейну в потік. Особливо важливе значення має кисень, який перебуває в ґрунтовому розчині [173, 201].

Висока врожайність сільськогосподарських культур може формуватися лише за певного вмісту вологи в ґрунті. Як відсутність її, так і надлишок призводить до погіршення родючості ґрунту, а одночасно і до зниження продуктивності рослин [12]. Інтенсивність використання органоґенних ґрунтів можливе лише після відводу поверхневої і зайвої ґрунтової води в весняний період, а також підтримання протягом вегетаційного періоду оптимальної вологості в орному шарі ґрунту [118, 120].

Для більшості сільськогосподарських культур оптимальна вологість ґрунту в орному шарі (0-30 см), де зосереджена основна маса коренів рослин, повинна складати 55-75 %, а для багаторічних трав – 75-80 % від повної вологості (ПВ). За декілька днів до збирання врожаю, щоб покращити його якість, доцільно зменшувати вологість ґрунту. Торфові ґрунти, як правило, мають підвищені показники повної вологості, і тому за високих показників зволоження вони проґрівуються повільно. Із збільшенням кількості води в ґрунті теплоємність і теплопровідність його збільшуються, а ступінь проґрівання зменшується [22, 177].

Інтенсивність проґрівання верхнього шару ґрунту значно залежить від вологості ґрунту, а також від загального об'єму щілин, зайнятих повітрям.

Чим більший об'єм щілин буде зайнятий повітрям у верхньому шарі ґрунту, тим менша буде його теплоємність і теплопровідність і тим повільніше буде прогріватись його верхній шар під впливом інсоляції. Разом з цим, за збільшення сумарного обсягу щілин, зайнятих повітрям, інтенсивніше проходять у ґрунті процеси нітрифікації та нагромадження нітратного азоту [240, 235].

Торфові ґрунти мають властивість поглинати велику кількість води і порівняно мало випаровувати її з поверхні ґрунту. Через це вирощувані культури отримують достатню кількість вологи навіть за тривалої відсутності опадів. Потреба міскантусу гігантського у воді протягом вегетації неоднакова. На початку росту рослин і в осінній період вона буває незначною, а у період інтенсивного наростання вегетативної маси – максимальна [223, 227].

У літній період, коли формується основна маса врожаю, рослини міскантусу гігантського випаровують приблизно $2/3$ всієї вологи, яку вони використовують протягом вегетації. Основним завданням раціонального використання торфовища є регулювання водного режиму ґрунту. Багатьма дослідниками доведено, що для того, щоб забезпечити вологість верхнього шару ґрунту близько до оптимальних показників, рівень ґрунтових вод необхідно підтримувати в середньому за вегетацію для багаторічних трав 65-80 см, зернових – 80-90 см та просапних – 100-110 см від поверхні ґрунту [152, 253].

Виходячи із наведеної залежності, за вегетаційний період на різних масивах під різними культурами вологість орного шару торфового ґрунту за одних і тих же рівнів ґрунтових вод має порівняно невеликі коливання. Через це потрібно підтримувати оптимальну вологість ґрунту протягом вегетації рослин, що є однією з важливих задач меліоративних систем двосторонньої дії [225, 128].

Проведені спостереження за водним режимом ґрунту на різних варіантах дослідів під міскантусом показали, що глибина залягання ґрунтових

вод (рис. 3.1) істотно залежала від режиму роботи Супійської осушувально-зволожуючої системи та погодних умов.



Рис. 3.1. Глибина залягання ґрунтових вод на дослідних ділянках, см від поверхні ґрунту

У 2016 р. рівні ґрунтових вод на початку вегетації були: в квітні місяці – 37 см, а в травні – 65 см. У другій половині вегетації ці показники становили у серпні 138 см, у вересні 154 см і в першій половині жовтня за значних опадів і поповнення каналів водою їх рівень піднявся до 107 см, від поверхні ґрунту. В цілому це забезпечило оптимальний режим вологості в орному (0-30 см) шарі ґрунту.

Рівні ґрунтових вод на початку вегетації 2017 р. були у квітні місяці – 39 см, травні – 77 см. У другій половині вегетації ці показники коливались у серпні на рівні 159 см, вересні — 151 см і в першій половині жовтня за значних опадів і поповнення каналів водою їх рівень піднявся до 135 см від поверхні ґрунту.

На початку вегетації 2018 р. рівні ґрунтових вод були у квітні – 41 см, травні – 78 см. У другій половині вегетації ці показники коливались і складали у серпні 133 см, вересні опускались до позначки 155 см і в першій

половині жовтня після значних опадів і поповнення каналів водою їх рівень піднявся до 124 см від поверхні ґрунту.

У 2019 р. за результатом дослідження встановлено, що рівні ґрунтових вод на початку вегетації рослин знаходилися в квітні 38 см від поверхні ґрунту, в травні 55 см і першій половині червня 64 см, що було вище норми на 19 см, в зв'язку з інтенсивними опадами на початку місяця. В липні ці показники склали в межах 113 см і в серпні 137 см, а у вересні через відсутність опадів вони знижувались до критичної відмітки в 159 см. Загалом на посівах міскантусу гігантського за роки дослідження вологість ґрунту знаходилася в оптимальних межах та не опускалась за межі нижньої. Це мало безпосередній вплив і на рівень вологи у ґрунті.

Варто зазначити, що за зниження рівня ґрунтових вод до 151-159 см на поля меліоративної системи подавалась додаткова вода, що давало можливість оптимізувати вологозабезпеченість рослини міскантусу вологою і в такому випадку негативного впливу на їхній ріст і розвиток не спостерігали. За рахунок цього вологість не опускалась нижче вологості розриву капілярів і не перевищувала найменшої вологості ґрунту. Спостереження показали, що незалежно від варіантів дослідження вона знаходилася в оптимальних межах і чіткої залежності від них не спостерігали.

Слід відмітити, що на польову схожість міскантусу гігантського, а в подальшому і на його ріст та розвиток значний вплив мала вологість ґрунту, яка на староорних осушуваних органогенних ґрунтах в основному залежить від рівнів залягання підґрунтових вод та погодних умов.

Так, на початку вегетації 2016 р. у травні вона складала 71,8-77,2 (% від ПВ) в середині вегетації, що відбувалась у липні – 59,2-65,3 (% від ПВ) і в кінці вегетації – жовтні місяці випали значні опади, що спричинило перевищення верхньої межі оптимальних показників до 80,5-84,0 % від ПВ в 0-30 см орному шарі ґрунту.

У 2017 р. вологість ґрунту частіше змінювалась за вегетаційний період. Так, на початку вегетації в травні вона становила 76,8-86,3 % ПВ, в середині вегетації у липні – 54,6-65,4% ПВ і в жовтні місяці – 64,7-73,6 % ПВ в 0-30 см орному шарі ґрунту.

Вологість ґрунту в травні місяці 2018 р. складала 78,8-85,3 % ПВ в середині вегетації в липні – 63,5-75,8 % ПВ і в жовтні місяці 64,5-72,4 % ПВ. В цілому це забезпечило оптимальний режим вологості в орному (0-30 см) шарі ґрунту, хоча в середині вегетації за відсутності опадів вона опускалася до нижньої межі норми 63,5 % ПВ.

Вологість ґрунту в 2019 р. на початку вегетації в травні місяці становила 78,5-82,9 % ПВ, в середині вегетації в липні – 67,5-76,3 % ПВ і в вересні місяці через відсутність опадів і води в зволожувальних каналах вона знижувалась до критичних меж 50,9-54,9 % ПВ в 0-30 см орному шарі ґрунту (табл. 3.1), але була значно вище від нижньої межі оптимальних показників 40 % ПВ [97].

Таблиця 3.1

**Динаміка вологості ґрунту залежно від строків та способів садіння
міскантусу гігантського за роками досліджень, шар ґрунту 0-30 см, % ПВ**

Строки садіння	Схема посадки, м	Травень				Липень				Жовтень				Середнє			
		2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
I. Осінь 1 декада листопад 2015 р.	0,7x0,55	77,2	87,6	86,9	82,9	65,3	72,8	73,5	73,5	81,1	62,6	67,7	57,5	74,5	74,3	76,0	71,3
II. Весна 2 декада квітня 2016р.	0,7x0,55	74,3	84,3	81,8	80,4	59,	54,6	75,8	76,3	79,7	68,4	66,3	54,9	71,1	69,1	74,7	70,5
	0,7x0,7	75,2	84,0	80,7	78,5	63,4	56,9	63,5	67,5	82,	73,1	71,1	62,9	73,6	74,4	72,2	69,6
	0,7x0,9	72,7	76,8	78,8	81,2	62,1	65,1	72,8	71,1	80,5	64,7	64,5	50,9	71,8	68,8	72,0	67,7
	0,7x1,4	71,8	86,3	85,3	80,3	64,2	65,4	68,3	68,6	84,0	73,6	72,4	51,1	73,3	75,1	75,3	66,7

З метою глибокого аналізу взаємозв'язку між погодними умовами, залягання рівнів ґрунтової води та вологості ґрунту проводився детальний аналіз складових подекадно протягом квітня – жовтня 2019 р. За результатом дослідження встановлено, що рівні ґрунтових вод на початку вегетації рослин були в квітні 28-44 см, від поверхні ґрунту, в травні 46-61 см і в першій половині червня – 60-57 см.

У липні ці показники коливались в межах 92-127 см і в серпні 131-148 см, а у вересні через відсутність опадів вони знижувались до критичної відмітки 152-166 см. (табл. 3.2). Це мало безпосередній вплив і на вологість ґрунту.

Таблиця 3.2

Рівні залягання ґрунтових вод у 2019 р. см від поверхні

Декади	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Середнє за вегетацію
1	28	46	60	92	131	152	168	85
2	41	58	57	120	133	159	160	95
3	44	61	74	127	148	166		103
середнє за місяць	38	55	64	113	137	159		107

Вологість ґрунту в 2019 р. на початку вегетації в травні місяці становила 78,5-82,9 % ПВ, в середині вегетації — липні 67,5-76,3 % ПВ і в вересні місяці через відсутність опадів і води в зволожувальних каналах вона знижувалась до критичних меж 50,9-54,9 % ПВ в 0-30 см орному шарі ґрунту. (табл. 3.3). Проте це не мало негативного впливу на завершальний етап формування урожаю міскантусу .

Таблиця 3.3

**Динаміка вологості ґрунту та польова схожість рослин міскантусу
четвертого року вирощування залежно від строків та способів садіння,
за 2019 р.**

Строки садіння	Схема посадки, см	Вологість ґрунту, (% ПВ) в шарі 0-30 см				Польова схожість ризомів, %
		травень	липень	вересень	середнє	
I. Осінь 1 декада листопад 2015 р.	0,7x0,55					97,6
		82,90	73,57	57,52	71,33	
II. Весна 2 декада квітня 2016р.	0,7x0,55	80,43	76,34	54,97	70,58	96,4
	0,7x0,7	78,53	67,58	62,92	69,67	95,1
	0,7x0,9	81,22	71,13	50,90	67,75	97,3
	0,7x1,4	80,39	68,68	51,17	66,74	97,7

Із метою аналізу взаємозв'язку вологості ґрунту та погодних умов на дренованих ґрунтах за вегетаційний період міскантусу гігантського був взятий найбільш характерний період досліджень 2019 р. (табл. 3.4).

Так за вегетаційний період 2019 р. випало 155,9 мм за норми 320,0 мм, що майже в 2 рази було менше норми. Недостатня кількість опадів випала і в першій половині вегетації 2019 р. В квітні і травні випало 41,2 мм і 27,1 мм опадів при нормі 45,0 і 40,0 мм, але двостороннє регулювання водного режиму на осушуваних органогенних ґрунтах дало можливість оптимізувати вологозабезпеченість ґрунту і негативного впливу на ріст енергетичних культур у весняний період не відмічалось. У червні в першій декаді проходили зливи і сума опадів за декаду складала 27,1 мм за норми 21,0 мм.

Сума опадів та температура повітря, 2019 р.

Місяць	Сума опадів, мм		Температура повітря, °С	
	фактично	норма	фактично	норма
Січень	38,5	34,0	-5,5	-5,6
Лютий	33,0	28,0	-0,6	-4,1
Березень	25,8	30,0	4,0	0,5
Квітень	41,2	45,0	10,2	8,7
Травень	27,1	40,0	18,6	15,1
Червень	36,6	66,6	22,9	18,2
Липень	27,3	75,0	19,6	19,3
Серпень	16,6	53,0	20,0	18,8
Вересень	7,1	40,4	15,3	13,9
За вегетаційний період (квітень-вересень)	155,9	320,0	17,8	15,2

У 2 декаді опади були відсутні, а в 3 декаді випало 9,5 мм за норми 23 мм. Найбільш бездошовими виявилися серпень і вересень, в коли випало всього 16,6 мм і 7,1 мм опадів за норми 53,0 мм і 40,4 мм. Середня місячна температура повітря у квітні була на 1,5 °С вищою за норму і в абсолютному визначенні становила плюс 10,2 °С. У травні середня місячна температура повітря теж перевищувала норму і становила +18,6 °С за норми 15,1 °С.

Літній період був дуже спекотним особливо посушливим був серпень, коли випало 16,6 мм опадів, а температурний режим перевищував нормативні показники на 1,2 °С. Середня місячна температура повітря влітку виявилася на 1,2-4,7 °С вищою за норму і в абсолютному визначенні становила +19,6-22,9 °С, і це в значній мірі збільшувало сумарне випаровування з ґрунту і тим самим знижувало вологість ґрунту.

У вересні кількість опадів становила 7,1 мм за норми 40,4 мм. Середня місячна температура повітря у вересні виявилася вищою за норму на 1,4 °С. У найтепліші дні вересня максимальна температура повітря підвищувалася до +27,3-30,0 °С. Висока температура повітря сприяла доброму росту міскантусу гігантського у осінній період, але призводила до значного зниження вологості ґрунту.

Отже, проведені дослідження щодо забезпечення вологою міскантусу гігантського на дренованих органогенних ґрунтах, облаштованою осушувально-зволожуючою системою, показали, що протягом вегетації вологість ґрунту істотно змінювалася і залежала від атмосферних опадів, температури повітря, розвитку міскантусу та глибини залягання рівнів ґрунтової води. Зазначені показники взаємопов'язані і істотно впливали на вологість ґрунту, проте за рахунок регулювання глибини залягання ґрунтових вод шляхом подачі води на поле з водосховищ, або її скидання осушувальним каналом в річку вологість ґрунту протягом вегетації не опускалась за межі нижнього порогу 40 % ПВ і не перевищувала верхньої межі близько 80 % ПВ. Цей параметр є дуже важливим для отримання високих врожаїв біомаси міскантусу гігантського.

Таким чином, спостерігаючи за водно-повітряним режимом ґрунту за роки досліджень, можна зробити такі висновки:

1. Погодні умови на дренованих органогенних ґрунтах за побудови меліоративних систем з осушувально-зволожуючим принципом мало впливають на забезпечення міскантусу гігантського вологою, що пов'язано з його потужною кореневою системою.

2. Глибина залягання рівнів ґрунтової води на глибині 37-159 см від поверхні ґрунту дозволяла рослинам міскантусу гігантського всю вегетацію використовувати кореневою системою підґрунтові води.

3. Вологість ґрунту протягом вегетації міскантусу гігантського не залежала від погодних умов і знаходилась в межах 57,5-81,2 % ПВ, тобто не опускалась за нижню межу і не перевищувала верхніх оптимальних показників.

Основні результати викладені у розділі, оприлюднені в публікаціях [31, 36].

РОЗДІЛ 4

ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ДРЕНОВАНОГО ОРГАНОГЕННОГО ГРУНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО

Основною проблемою використання дренажних органічних ґрунтів є постійне посилене антропогенне навантаження на ґрунтовий покрив, що насамперед, пов'язано з підвищенням інтенсивності використання земельних ресурсів, яке посилює деградаційні процеси. За сучасного стану ведення землеробства, деградаційні процеси продовжують зростати в зв'язку з порушенням основних законів екологічно збалансованого та стабільного стану природи, особливо коли це стосується осушуваних ґрунтів, де під дією людини змінився їх природний стан [47, 56].

Багатьма дослідниками [39, 151, 153] було висвітлено питання впливу водно-повітряного режиму та обробітку ґрунту на мікробіологічні процеси в органічних ґрунтах. У той же час, вплив сівозмінного фактора зі збільшенням лучного періоду як у сівозміні, так і в структурі сільськогосподарських угідь, а також вирощування трав'янистих біоенергетичних культур суцільного посіву потребують в зазначених питаннях уточнення за тривалого сільськогосподарського використання осушуваних ґрунтів [163, 196].

Торфові ґрунти заплавлі є значними природними джерелами поживних речовин. Вони мають високу потенціальну родючість, але природна родючість характеризується несприятливим водно-повітряним режимом, незначною рухомістю поживних речовин і в цілому низькою ефективною родючістю торфовищ [200, 203].

Важливим завданням на органічних ґрунтах є створення таких умов, за яких співвідношення між процесами накопичення і мінералізації органічної речовини максимально були б урівноважені, а якість вирощеної

продукції на цих ґрунтах відповідала б високим вимогам сільськогосподарської продукції [41].

Створення сприятливих умов для живлення рослин тісно пов'язане з діяльністю мікрофлори, яка не тільки забезпечує рослини доступними поживними речовинами, а й закріплює їх у плазмі своїх клітин, чим значно послаблює вимивання рухомих елементів у ґрунтові води. До того ж мікроорганізми змінюють концентрацію ґрунтового розчину та частково усувають шкідливі продукти життєдіяльності рослин [112]. Особливо це стосується органогенних ґрунтів, де переважають процеси мінералізації органіки над її синтезом [123, 76]. Тому кількісне співвідношення між накопиченням та мінералізацією органічної речовини показує спрямованість процесів, що проходять на осушуваних ґрунтах.

Таким чином, на інтенсивність процесів мінералізації значно впливають спосіб і умови використання органогенних ґрунтів. За щільної дернини, коли низька аерація ґрунту, мікробіологічні процеси затухають, і навпаки, за інтенсивного обробітку ґрунту мінералізація посилюється, що забезпечує сільськогосподарські культури рухомими поживними речовинами і в цілому впливає на родючість осушуваних органогенних ґрунтів [179, 252].

4.1 Азотний режим ґрунту

Азот – один із основних елементів, необхідних для рослин. Він входить у склад усіх простих і складних білків, які є головною складовою частиною цитоплазми рослинних клітин, і в склад нуклеїнових кислот, відіграє важливу роль обміну речовин в організмі. Головним джерелом азоту для рослин виступають солі азотної кислоти і амонію [193, 185, 260].

Найважливішим чинником родючості ґрунту є наявність у ньому зольних елементів та азотних речовин у доступній для рослин формі. Основними чинниками впливу на родючість кореневмісного шару органогенних ґрунтів є мікробіологічна активність, обробіток ґрунту, водно-повітряний режим, внесення мінеральних добрив тощо [53, 73].

Органогенні ґрунти багаті азотом і іншими поживними речовинами. Вони на 80 – 90 % складаються з органічної речовини і за вмістом валового азоту, а іноді і фосфору кращі за чорноземні ґрунти. Проте в торфових ґрунтах цей елемент в абсолютній більшості знаходиться в органічній формі, через це недоступний для рослин. Тільки незначна частина органічної маси торфу міститься у формі гумінових і фульвокислот [255].

Внаслідок осушення та сільськогосподарського освоєння торфових ґрунтів у них створюються аеробні умови і активізуються нітрифікаційні процеси, з допомогою яких утворюється рухома форма азоту [117].

Дослідженнями І.Т. Слюсара [147, 162] встановлено, що в окультурених торфових ґрунтах мінералізація органічної речовини іде до кінцевих продуктів розкладу – нітратів, а в новоосвоєних – до стадії утворення аміаку. В окультурених ґрунтах аміачна форма азоту міститься, як правило, в нижніх горизонтах ґрунту на ділянках з поганим дренаванням і за перезволоження ґрунту, що має місце весною і після рясних дощів.

Як відмічає Н. І. Серєда [158], нітрифікаційні процеси затухають за вологості ґрунту більше 80 % від повної вологоємності. За даними Скрипніченко С. В. [159], утворення відновленої форми азоту (амонійного) посилюється з підвищенням вологості ґрунту. Процес відновлення нітратного азоту, на думку зазначеного автора, веде не тільки до утворення аміаку, але і молекулярного азоту.

Важливий вплив на підвищення ефективної родючості торфовищ має його водно-повітряний режим. Водний режим не тільки впливає на розклад торфу, але і змінює наявність його запасу, який створювався в попередній період. Тому вивчення доступних для сільськогосподарських культур запасів поживних речовин у ґрунті, залежно від водного режиму та в комплексі із застосуванням агротехнічних заходів, має важливе практичне значення.

За дотримання науково обґрунтованих меліоративних і агротехнічних заходів у сівозмінах, у торфових ґрунтах утворюється така кількість доступного рослинам азоту, яка забезпечує отримання високих та сталих

врожаїв сільськогосподарських культур. Проведені дослідження показали (табл. 4.1), що кількісні показники рухомого азоту в ґрунті залежать від інтенсивності мінералізації органічної речовини, яка в основному регулюється біологічною активністю ґрунту [48].

Таблиця 4.1

**Вплив щільності садіння міскантусу та добрив на вміст NO₃
в шарі ґрунту 0 – 30 см, мг на кг сухого ґрунту**

Щільність садіння ризомів	Удобрення	2016 р.	2017 р.	2018 р.		2019 р.		Середнє	
		III декада квітня	III декада квітня	III декада квітня	I декада вересня	III декада квітня	I декада вересня	квітень	вересень
25 тис/га	без добрив	350	324	337	420	285	215	324	317
	K ₆₀	360	322	345	376	335	310	340	343
	K ₁₂₀	320	370	365	334	320	411	343	370
20 тис/га	без добрив	320	288	307	280	270	251	296	265
	K ₆₀	330	270	302	390	315	370	304	380
	K ₁₂₀	340	219	283	405	291	275	283	340
15 тис/га	без добрив	410	246	328	278	311	245	324	262
	K ₆₀	370	262	318	244	339	515	322	379
	K ₁₂₀	350	340	345	267	367	316	350	291
10 тис/га	без добрив	290	296	274	422	280	330	285	376
	K ₆₀	340	303	323	378	371	290	334	334
	K ₁₂₀	330	309	322	340	354	238	329	289
посадка восени 25 тис/га	без добрив	320	*	*	*	*	*	320	*
	K ₆₀	310	310	340	282	317	404	319	343
	K ₁₂₀	310	*	*	*	*	*	310	*
	NiP ₀₅	27	25	31	32	28	28		

Примітка: *— не досліджувались.

Поживний режим ґрунту на осушених торфовищах складається так, що ці ґрунти добре забезпечені азотом завдяки високому вмісту органічної маси (60-80 %). Як видно з даних (табл. 4.1), вміст нітратів в ґрунті у весняний період в третю декаду квітня знаходився в межах 274-365 мг/кг ґрунту та

267-422 мг/ кг ґрунту, перша декада вересня за 2018 р. 270-367 мг/кг ґрунту весною та 238-515 мг/кг ґрунту восени у 2019 р. відповідно, що достатньо для отримання високої урожайності міскантусу гігантського.

Отже, проведені спостереження за вмістом нітратного азоту в ґрунті під посівами міскантусу гігантського показали, що запаси його під час вегетації були дуже високі і мало залежали від внесених калійних добрив, щільності посадки та періоду вегетації.

4.2 Фосфатний режим ґрунту

Фосфор є одним найбільш важливих елементів життєдіяльності живих організмів. Основна частина фосфору, яка міститься в рослинах (до 90 % загальної кількості), представлена органічними сполуками. Найбільша кількість фосфору концентрується в насінні рослин – 0,6-0,8 % сухої речовини. Значна частина фосфору органічних сполук припадає на частку фітину, яка є запасною формою фосфату в рослинах. Виключно важливу роль в житті рослин мають нуклеопротейди, простий білок, зв'язаний із молекулою нуклеїнової кислоти, в склад якої обов'язково входить фосфор [99].

Вплив фосфору на життєдіяльність рослин досить багатозначний [221]. Фосфорне удобрення не тільки значно підвищує врожайність сільськогосподарських культур, але і значно підвищує його якість. У злаків збільшується частка зерна у загальній масі, зерно містить більше крохмалю, а іноді й білка, в коренеплодах накопичується більше вуглеводів [257].

Із валовою кількістю фосфору в торфовищах пов'язаний і показник легкодоступних сполук його для рослин. Фосфор у ґрунті перебуває, в переважній кількості, в органічно зв'язаних формах. Фосфати ж, які легко доступні рослинам, належать здебільшого, до мінеральних ґрунтів, і слід відмітити, що кількість таких фосфатів буває більше у тих ґрунтах, де більші валові запаси фосфору і де більше є його мінеральних сполук [45].

Вміст доступного фосфору в досліджуваному ґрунті відповідає середньому ступеню забезпеченості. Фосфорна кислота в торфових ґрунтах міститься в невеликих кількостях. Частина її пов'язана з білковими речовинами, він хоча і не входить в органічні сполуки, але знаходиться в поглинутому стані органічними колоїдами, що значно запобігає його вимиванню з ґрунту [88].

Ефективність фосфорних добрив залежала від забезпеченості торфовищ рухомими фосфатами і співвідношенням між ними та кількістю рухомих форм азоту і калію. Забезпечення ґрунту рухомим фосфором було достатнім і коливалось в межах від 56,7-90,5 мг на кг ґрунту за 2018 р. У 2019 р. забезпечення ґрунту рухомим фосфором було в межах від 60,0-98,3 мг на кг ґрунту (табл. 4.2)

Слід також відмітити, що вміст фосфору в органогенних ґрунтах різний і перебуває, в основному, в органічній формі. У торфах із зольністю до 12 % кількість його зростає до 0,2-0,3 % на окремих масивах боліт, де ґрунтові води багаті на фосфорнокислий закис заліза, трапляються прошарки віваніту, що мають вміст до 20-28 % P_2O_5 . На болотах фосфор перехресно зв'язаний із залізом (лілюніт, віваніт), крім того, може міститися в колоїдних сполуках у міцно зв'язаному стані – мало недоступному для рослин. Тільки незначна частина фосфору в подібних торфових ґрунтах є доступною для живлення рослин [63].

Варто зазначити, що валовий вміст фосфору в торфі не є достатнім для забезпечення рослин. Вміст доступної рослині фосфорної кислоти не перебуває в прямій залежності від валового вмісту P_2O_5 , а зв'язаний з умовами водно-мінерального живлення ґрунтів [197].

Таблиця 4.2

Вплив щільності садіння міскантусу та добрив на вміст рухомого фосфору P₂O₅ в шарі ґрунту 0 – 30 см, мг на кг сухого ґрунту

Щільність садіння ризомів	Удобрення	2016 р.	2017 р.	2018 р.		2019 р.		Середнє	
		III декада квітня	III декада квітня	III декада квітня	I декада вересня	III декада квітня	I декада вересня	квітня	вересня
25 тис/га	Без добрив	76	57	66	82	60	68	65	75
	K ₆₀	88	92	90	67	74	96	86	81
	K ₁₂₀	72	59	65	75	82	84	69	80
20 тис/га	Без добрив	80	50	65	77	69	65	66	71
	K ₆₀	76	50	63	81	77	72	67	77
	K ₁₂₀	60	53	56	69	93	90	66	80
15 тис/га	Без добрив	65	81	73	71	71	63	72	67
	K ₆₀	102	58	80	84	98	84	85	84
	K ₁₂₀	77	36	56	73	80	69	62	71
10 тис/га	Без добрив	82	52	67	79	65	76	65	77
	K ₆₀	114	45	78	110	74	60	78	85
	K ₁₂₀	75	96	85	80	80	108	84	94
посадка восени 25 тис/га	Без добрив	68	*	*	*	*	*		
	K ₆₀	94	86	74	67	82	80		
	K ₁₂₀	56	*	*	*	*	*		
	NiP ₀₅	4,2	3,9	3,2	3,9	4,1	3,8		

Примітка: *—не досліджувались.

В період проведених досліджень виявлено, що посилення процесів розкладу органічної речовини ефективність фосфорних добрив зменшувалась, що пов'язано зі збільшенням вивільненого рухомого фосфору внаслідок мінералізації торфу. Високі дози фосфору без внесення калію навіть можуть викликати зниження врожайності, що підтверджується нашими дослідженнями. Рослини переважно використовують фосфор із ґрунтових запасів, а з добрив – лише 17-24 %.

В основі зазначених вище явищ залежить інтенсивність мікробіологічних процесів, а одночасно і розвиток вбирної здатності

торфовищ, внаслідок чого регулювання співвідношення елементів у рухомих їх формах стає складнішим. Як уже було зазначено, між валовим хімічним складом торфових ґрунтів, рухомістю фосфатів і ефективністю фосфорних добрив існує певний закономірний зв'язок: із збільшенням валових запасів фосфатів знижується ефективність фосфорних добрив. Результати досліджень висвітлені у наукових друкованих працях [168].

Отже, спостереження за показниками рухомого фосфору в органогенному карбонатному ґрунті показали, що кількість його протягом вегетації повністю забезпечила рослини міскантусу гігантського для отримання високого врожаю біомаси для переробки у тверде біопаливо. До того ж встановлено, що вміст у ґрунті рухомого фосфору не залежав від щільності посадки міскантусу гігантського, як і від внесення мінеральних калійних добрив.

4.3 Калійний режим ґрунту

Фізіологічна роль калію в житті рослин проявляється, насамперед, у забезпеченні сприятливих для життєдіяльності клітин фізико-хімічних властивостей протоплазми – її обводненості, в'язкості, пластичності. Калій позитивно впливає на морозостійкість рослин, а також на стійкість їх до зміни водного режиму (наприклад, до посухи) [9, 55].

Найбільша кількість калію міститься у молодих тканинах рослин. Він може піддаватися повторному використанню у зв'язку з пересуванням зі старих листків у нові. Калій у рослинах знаходиться в мінеральній (іонній) формі. Близько 4/5 загального вмісту калію в рослинах припадає на клітинний сік, решта – адсорбована колоїдами [204].

Досить чітко проявляється позитивна дія калію на синтез моноцукрів, їхнього перетворення в більш складні вуглеводи і переміщення в рослинах. Він сприяє синтезу простих вуглеводів і переміщенню цукрів з листків у коріння. До того ж калій посилює синтез високомолекулярних вуглеводів (целюлози, геміцелюлози, пектинових речовин і ін.), у результаті чого

потовщуються клітинні стінки рослин злакових культур, підвищується стійкість до вилягання. Зниження рівня калійного живлення призводить до несприятливого співвідношення між листками та корінням у коренеплодів. Зменшується опір рослин грибним захворюванням [139]. У торфових ґрунтах калій перебуває у невеликій кількості порівняно до азоту і фосфору. Валові запаси його вимірюються сотими частинами відсотку.

Оскільки у рослинах і в органічній речовині ґрунту калій входить до складу міцних органічних комплексів, він легко мігрує і виноситься дренажними водами. І якщо кількість калію в осоках досягає 0,09-0,1 %, то в осоковому торфі вона складає до 0,02-0,04 %. До того ж у верхніх шарах торфу калію буває менше, ніж у нижніх [189].

Із метою виявлення впливу тривалості вирощування міскантусу гігантського та добрив на динаміку поживних речовин у ґрунті, були проведені дослідження на вміст обмінного калію в ґрунті. Вони показали (табл. 4.3), що кількість його була незначною і в більшості випадків рослини були слабо ним забезпечені. Це пов'язано з його високою рухомістю, коли він легко вимивається в ґрунтові води або інтенсивно споживається рослинами. Тому внесення калійних добрив на органогенних ґрунтах має високу ефективність. В той же час спостерігали чітке збільшення вмісту рухомого калію в ґрунті на ділянках із внесенням калійних мінеральних добрив.

Торфово-болотні ґрунти дуже бідні на калій і головним джерелом його поповнення є внесення мінеральних добрив. Вміст калію в ґрунті на початку вегетації рослин міскантусу знаходився у 2018 р.: на варіанті без добрив – 104-131 мг/кг ґрунту, що відповідало недостатній забезпеченості; варіанті K₆₀ — 202-253 мг/кг ґрунту і варіанті K₁₂₀ — 258-309 мг/кг ґрунту, що відповідало середній і високій забезпеченості (табл. 4.3). Вміст калію 2019 р. в ґрунті на початку вегетації рослин міскантусу знаходився: на варіанті без добрив — 122-141 мг/кг ґрунту, що відповідало недостатній забезпеченості; варіанті K₆₀ — 198–241 мг/кг ґрунту і варіанті K₁₂₀ — 246-316 мг/кг ґрунту, що

відповідало середній та високій забезпеченості. Внесення калійних добрив мало безпосередній вплив на динаміку лінійного росту міскантусу і накопичення урожаю сухої речовини.

Таблиця 4.3

Вплив щільності садіння міскантусу гігантського та добрив на вміст обмінного калію, шар ґрунту 0 – 30 см, мг/кг сухого ґрунту

Щільність садіння ризомів	Удобрення	2016 р.	2017 р.	2018 р.		2019 р.		Середнє	
		III декада квітня	III декада квітня	III декада квітня	I декада вересня	III декада квітня	I декада вересня	квітня	вересня
25 тис/га	без добрив	120	140	131	96	122	94	148	95
	K ₆₀	180	274	231	130	198	102	221	116
	K ₁₂₀	260	344	305	146	246	132	289	139
20 тис/га	без добрив	110	93	104	99	140	120	112	110
	K ₆₀	210	192	202	135	220	134	206	135
	K ₁₂₀	320	232	258	161	264	128	268	144
15 тис/га	без добрив	120	140	130	112	120	98	127	105
	K ₆₀	270	236	253	148	241	135	250	141
	K ₁₂₀	340	240	291	170	282	142	143	157
10 тис/га	без добрив	140	102	122	108	141	95	121	102
	K ₆₀	180	228	204	136	235	131	212	133
	K ₁₂₀	320	298	309	158	316	140	311	149
посадка восени 25 тис/га	без добрив	100	*	*	*	*	*		
	K ₆₀	210	188	244	120	212	126		
	K ₁₂₀	320	*	*	*	*	*		
	НІР ₀₅	21,4	23,3	31,1	19,8	22,1	20,2		

Примітка: *—не досліджувались.

Отже, спостереження та аналіз калійного режиму ґрунту під посівами міскантусу гігантського виявили, що найдефіцитнішим елементом в органогенних ґрунтах є калій, що потребує обов'язкового його внесення на посівах міскантусу гігантського.

Майже на всіх варіантах дослідження вміст рухомого калію збільшувався порівняно з ділянками без внесення добрив. До того ж, вміст його

зменшувався від весни і до кінця вегетації. В першу чергу, це пов'язане не тільки з виносом урожаєм калію, а й із сповільненням мінералізації органічної речовини та зменшенням вивільнення розчинного калію з органіки. Спосіб посадки мало впливав на вміст рухомих форм калію в ґрунті.

4.4. Біологічна активність торфового ґрунту залежно від технологічних заходів вирощування міскантусу гігантського

Однією з важливих проблем сільськогосподарського використання осушуваних органогенних ґрунтів є мінералізація органічної речовини та спрацювання торфовищ, яка відіграє основну роль у родючості ґрунту та істотно впливає на врожайності вирощуваних культур [174].

При вивченні мікробіологічних процесів у ґрунті нерідко виникає потреба визначити сумарну активність мікроорганізмів, за якою можна оцінити загальну целюлозну активність ґрунту. При цьому потрібно, насамперед, оцінити її нітрифікаційну здатність, відображаючи мобілізацію рухомого азоту, а також енергію руйнування клітковини [52]. Висока потенційна здатність осушуваних і окультурених торфових ґрунтів до нітрифікації свідчить про активну мобілізацію азоту, «законсервованого» в цілинних ґрунтах [43].

Спостерігаючи руйнування целюлози (шляхом закладки в ґрунт льонової тканини), можна виявити діяльність целюлозоруйнуючих мікроорганізмів, цей метод широко використовується в дослідженні целюлозолітичної активності ґрунту і особливо важливий за вирішення завдань, пов'язаних з меліорацією та надлишковою мінералізацією органічної речовини ґрунту. Облік розкладання клітковини безпосередньо в ґрунті дозволяє контролювати діяльність целюлозоруйнуючих мікроорганізмів. Процес руйнування клітковини, як правило, значно енергійніший в осушуваних торфових ґрунтах, ніж на цілинних заплачних органогенних ґрунтах [75].

Стан поживних речовин у ґрунтовому розчині, напрям і швидкість мінералізації органічної речовини залежать від складу мікрофлори та розподілу її по профілю ґрунту.

Результати багатьох дослідників [206, 202] показали, що інтенсивність мінералізації торфу залежить, в першу чергу, від інтенсивності осушення, кількості та глибини обробітку ґрунту, доз і співвідношень мінеральних добрив, а також від вирощуваної культури (просапні або багаторічні трави). Глибинні шари торфовищ дуже бідні на мікроорганізми і біологічно майже не активні, тому розклад клітковини проходить інтенсивніше в поверхневих шарах, ніж у нижніх [187]. При цьому втрати торфу внаслідок його мінералізації, можуть змінюватися від 2,5-3,5 т/га до 13,5-15,0 т/га і більше в рік, а потужність шару торфу зменшується від 1,5-2,5 до 3-3,5 см, в рік. Інтенсивність мінералізації азоту під просапними культурами у 1,5-2 рази вище, ніж під багаторічними травами [11, 143].

Для характеристики біохімічних процесів, які протікають у ґрунті, широко використовується визначення енергії ґрунтового «дихання» або виділення ґрунтом вуглекислоти. Вуглекислий газ утворюється у ґрунті в результаті життєдіяльності заселяючих її мікроорганізмів, представників ґрунтової фауни, які ростуть на коренях рослин, а також у процесі деяких хімічних реакцій. Продукування вуглекислоти ґрунтом залежить від багатьох чинників. Важливим із них є гідротермічні умови у вегетаційного період, інтенсивність росту коренів, розвиток мікроорганізмів, активність фізичних і хімічних процесів, наявність у ґрунті органічної речовини.

За даними багатьох вчених [210, 140, 232, 251], інтенсивність продукування вуглекислоти ґрунтом достатньо повно відображає біохімічні процеси, які в ньому протікають. Спостерігається прямий зв'язок між інтенсивністю виділення CO_2 із ґрунту і розвитком мікроорганізмів. Встановлена також залежність між кількістю CO_2 і вмістом в ґрунті розкладеної органічної речовини [256], водно-повітряним режимом ґрунту [96] та фізіологічними особливостями коренів рослин [239]. А. Ш. Галстян

[44] відмічає кореляційний зв'язок «дихання» ґрунту з активністю оксидази, спостерігається зв'язок процесу продукування вуглекислоти з енергією нітрифікації, накопиченням вільних амінокислот і активністю окремих ферментів.

Сумарну целюлозну активність ґрунту в наших дослідженнях визначали методом аплікації із льонової тканини, яку закладали на глибину 0-30 см і кількісно визначали інтенсивність її розкладання за 24 дня експозиції.

Спостереження за інтенсивністю розкладання клітковини під міскантусом гігантським в 2016-2019 рр. показали, що цей процес залежав від різних чинників (табл. 4.4).

У перший рік вегетації рослин целюлозна активність ґрунту була більш чіткіше виражена по варіантах досліду. Так, розклад тканини в ґрунті на початку вегетації був нижчим на ділянках осінньої посадки міскантусу і становив 43,1% в порівнянні з весняною, де цей показник був на рівні 55,7%. Це можна пояснити тим, що за весняної посадки проводився передпосівний обробіток ґрунту, дворазове дискування на глибину 10-12 см, що і спричинило активізацію мікробіологічних процесів. Але істотного впливу на вміст рухомого азоту це не мало, як в першому так і другому випадку його наявність в ґрунті була високою і коливалась в межах 283-426 мг/кг сухого ґрунту.

Внесення добрив, особливо в дозі K_{120} і гербіцидів знижувало целюлозну активність ґрунту в середньому на 11 – 16%.

Целюлоторунівна активність ґрунту на четвертому році вегетації в 2019 р. свідчить, що розклад тканини в ґрунті на початку вегетації був на варіанті осінньої посадки міскантусу 51,7%, а з весняною посадкою 50,4 %, що практично було на однаковому рівні, відповідно наявність рухомого азоту коливалась у межах 254-328 мг/кг ґрунту.

Таблиця 4.4

Целюлозолітична активність ґрунту залежно від строків посадки та мінерального удобрення, у чисельнику розкладена тканина в г, у знаменнику - %

Варіант досліджу	Удобрення	Рік			
		2016	2017	2018	2019
Осіньна посадка міскантусу	K ₆₀	<u>4,13</u>	<u>5,24</u>	<u>5,76</u>	<u>6,70</u>
		43,1	47,2	55,3	51,7
Весняна посадка міскантусу	Без добрив	<u>6,16</u>	<u>6,02</u>	<u>5,87</u>	<u>5,94</u>
		66,3	61,2	56,1	53,2
	K ₆₀	<u>5,68</u>	<u>5,45</u>	<u>5,32</u>	<u>6,97</u>
		55,7	54,8	52,4	50,4
	K ₁₂₀	<u>5,36</u>	<u>5,34</u>	<u>5,05</u>	<u>6,16</u>
		47,9	48,9	47,3	48,0
Ділянка з внесенням гербіцидів	K ₆₀	<u>4,84</u>	<u>4,52</u>	<u>4,96</u>	<u>5,56</u>
		45,2	44,3	48,2	46,4
Весняна посадка міскантусу 10 тис/га	Без добрив	*	*	*	<u>7,86</u>
					62,4
	K ₆₀	*	*	*	<u>7,25</u>
					59,7
	K ₁₂₀	*	*	*	<u>6,24</u>
					55,0
НІР ₀₅		<u>0,29</u>	<u>0,32</u>	<u>0,36</u>	<u>0,33</u>
		3,8	3,4	3,1	2,9

Примітка: *—не досліджувались.

Внесення добрив в дозі K₁₂₀ знижувало целюлозолітичну активність ґрунту в середньому на 5-7 %. А за щільністю садіння рослин 10 тис/шт на гектар цей показник підвищувався на 7-10 %, в порівнянні з варіантом 25 тис/га, що пояснюється кращим освітленням і прогріванням ґрунту за такої посадки ризомів міскантусу гігантського, особливо на початку вегетації рослин.

Таким чином встановлено, що активність розкладання клітковини істотно змінювалася залежно від варіантів посадки міскантусу та внесених мінеральних добрив.

Встановлено, що розклад льонової тканини найінтенсивніше відбувається в перший рік вирощування міскантусу гігантського. Це пояснюється тим, що перед посадкою ґрунт добре розробили агрегатами та проводили триразовий обробіток міжрядь, що і спричинило активізацію мікробіологічних процесів зі розкладом тканин на рівні 66,3 % у 2016 р. Наступні роки розклад тканини зменшується до показників 61,2 %, 56,1 % і 53,2 % відповідно за роками. Чітко спостерігається зменшення розкладання тканини з внесенням мінеральних калійних добрив та збільшенням їх доз незалежно від способу вирощування міскантусу.

Отже, проведені дослідження з питань стану поживного режиму дренажного органогенного ґрунту залежно від технологічних заходів вирощування дозволяє зробити такі висновки:

1. Вміст рухомого азоту в ґрунті під посівами міскантусу гігантського був дуже високим і мало залежав від внесених калійних добрив та щільності його посадки.

2. Запаси рухомого фосфору в активному шарі ґрунту протягом вегетації перебували в межах повної забезпеченості рослин міскантусу гігантського для отримання високої урожайності біомаси незалежно від способів його посадки та внесення калійних добрив.

3. Органогенні ґрунти слабо забезпечені рухомим калієм, внесення K_{60} підвищувало вміст його у весняний період проти контролю на 76-134 мг за щільності посадки 25 тис. шт./га, подібне збільшення відбувалось і за іншого способу посадки.

4. Внесення калійних добрив (K_{120}) знижувало целюлозоруйнівну активність ґрунту на 5-7%, а за зниження щільності посадки з 25 тис. шт./га до 10 тис/га спостерігали зворотну залежність; целюлозна активність підвищувалась на 7-10%. Основні результати викладені у розділі, оприлюднені в публікаціях [35, 130].

РОЗДІЛ 5
ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ
ГІГАНТСЬКОГО ТА КОНТРОЛЬ СЕГЕТАЛЬНОЇ РОСЛИННОСТІ І
САНІТАРНИЙ СТАН ПОСІВІВ

5.1. Вплив строків та способів садіння міскантусу гігантського на його відростання

Проведеними дослідженнями встановлено, що польове відростання ризомів залежало від строків садіння, глибини загортання та їхньої маси. Так, пізньоосіннє садіння міскантусу в 2015 р. після перезимівлі забезпечило польову схожість в 2016 р. в межах 85,4 % за схеми посадки – 25 тис. шт/га. Весняна посадка міскантусу в 2016 р. забезпечила польове відростання ризомів за такою ж схемою садіння, як і осіння – 82,8 %. Польове відростання ризомів за інших схем посадки була такою: 20 тис. шт/га – 83,5 %, за 15 тис. шт/га – 81,9 % і 10 тис. шт/га – 79,5 %, (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Польове відростання рослин міскантусу залежно від строків та способів садіння

Строки садіння	Схема посадки, м	Польове відростання ризомів, %			
		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.
I. Осінь 1 декада листопад 2015 р.	0.7x0.55	85,4	95,1	97,6	97,6
		82,8	91,8	98,8	96,4
II. Весна 2 декада квітня 2016 р.	0.7x0.55	83,5	94,9	95,5	95,1
	0.7x0.7	81,9	91,3	96,3	97,3
	0.7x0.9	79,5	93,5	97,0	97,7
	0.7x1.4				

В 2017 р. за пізньо-осінньої посадки міскантусу після перезимівлі було забезпечене польове відростання в межах 95,1 %, за щільністю посадки – 25 тис. шт/га. Весняна посадка міскантусу виявила відростання рослин за такою

ж схемою посадки, як і осіння – 91,8 %. За інших схем посадки відростання були такими: 20 тис. шт/га – 94,9 %, 15 тис. шт/га – 91,3 % і 10 тис. шт/га – 93,5 % відповідно.

У 2018 р. пізньоосіння посадка міскантусу після перезимівлі виявила польове відростання на рівні 97,6 % за схеми посадки 25 тис. шт/га. Весняна посадка міскантусу забезпечила відростання рослин за такої ж схеми посадки, як і осіння – 98,8 %. Польове відростання рослин за інших схем посадки була такою: 20 тис. шт/га – 95,5 %, 15 тис. шт/га – 96,3 % і 10 тис/га – 97,0 % відповідно.

За польовим відростанням ризом міскантусу гігантському 2019 р. було встановлено коливання від 95,1 % за схеми посадки 20 тис. шт/га та 97,7 % за схеми посадки 10 тис. шт/га.

Одним із важливих чинників, які впливають на відростання та врожайність міскантусу, є маса ризомів, збільшення якої призводить до зростання врожайності рослин. Як показали дослідження, після першого і другого років вирощування за маси ризомів 20-30 г урожайність сухої надземної маси міскантусу становила в середньому в перший рік вегетації 2,3 т/га, другий – 19,64 т/га, а за маси 50-70 г – 3,3 т/га і 23,41 т/га відповідно.

У 2018 р. вплив маси ризомів на урожайність був менш помітним в порівнянні з першими двома роками його вирощування і він складав за маси ризомів 20-30 г – 25,86 т/га, а за маси 50-70 г – 27,37 т/га.

У 2019 р. він був ще менш помітним, за маси ризомів 20-30 г показник становив 26,94 т/га, а за маси 50-70 г цей показник був на рівні 28,35 т/га.

Вплив глибини загортання ризомів на врожайність міскантусу в поточному році, як і в попередні роки, виявилась несуттєвим. З іншого боку, як показують попередні дослідження, при сильних весняних заморозках — $-5-7^{\circ}\text{C}$ в 2 і 3 декадах квітня, ефективнішим було загортання ризомів на 10-12 см, оскільки негативна дія заморозків на сходи міскантусу за такої глибини була мінімальною.

Таким чином, аналізуючи дані результатів за 4 роки (2016-2019 рр.), добру приживленість першого року і відростання ризом у наступні роки виявлено, що створена оптимальна вологість та аерація торфових ґрунтів Панфільської дослідної станції, яка забезпечувалась доброю роботою осушувально-зволожуючої Супійської меліоративної системи.

5.2 Вплив терміну садіння та удобрення на контроль сегетальної рослинності в посівах

Староорні торфоболотні ґрунти здебільшого дуже засмічені насінням і вегетативними органами бур'янів. Серед малорічних бур'янів на осушених ґрунтах найбільше розповсюджені з групи ярих: лобода біла, щиріця звичайна, гречка сланка, череда трироздільна, гірчиця польова, редька дика, мишій сизий, куряче просо, голінзога дрібноквіткова, гірчак. Із групи зимуючих бур'янів – мокрець, ромашка непахуча, жовтушник прямий та ін. Із групи багаторічних – пирій повзучий, кульбаба лікарська і звичайна, м'ята болотна, підбіл, подорожник ланцетовидний, осот польовий і жовтий та ін. Бур'яни є невід'ємним явищем у землеробстві: шкода від них велика і різноманітна. Вони значно впливають на продуктивність праці в сільському господарстві, погіршують родючість ґрунту, зменшують врожайність вирощуваних культур. На торфових ґрунтах бур'яни можуть завдавати ще більшої шкоди, ніж на мінеральних ґрунтах, а тому контроль їх повинна проводитись особливо наполегливо [59, 113].

За вирощування міскантусу гігантського в перший рік його вегетації в 2016 р. на осушуваних торфових ґрунтах для захисту рослин від бур'янів застосовували два способи контролю. Агротехнічний, який полягав в проведенні досходового боронування і наступного триразового міжрядного обробітку. Для порівняння застосовували і хімічний спосіб з внесенням гербіциду діален 0,6 л/га по вегетації бур'янів (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

**Рівень забур'яненості посівів міскантусу залежно
від способів захисту, 2016 р.**

Спосіб контролю бур'янів	Кількість схожих бур'янів, шт./м ²					
	до міжрядного обробітку і внесення гербіцидів			перед збиранням урожаю		
	всього бур'янів	в тому числі		всього бур'янів	в тому числі	
		одно річні	багато річні		одно річні	багато річні
Агротехнічний (1-3 міжрядні обробітки)	874	820	54	36	30	6
Хімічний (внесення діален 0,6 л/га)	766	725	42	284	258	26

У 2017 р. в зв'язку з заморозками в 1 декаді травня, що спричинило пошкодження і затримку росту міскантусу, виникла необхідність у проведенні одного міжрядного обробітку і для порівняння внесено по вегетації рослин міскантусу гербіцид діален – 0,6 л/га. Надалі необхідності в проведенні заходів контролю з бур'янами не було (табл. 5.3), що пов'язано з суцільним заростанням рослинами міскантусу гігантського та повністю ним затінення поверхні ґрунту.

Таблиця 5.3

**Контроль сегетальної рослинності в посівах міскантусу залежно
від способів захисту, 2017 р.**

Спосіб контролю сегетальної рослинності	Кількість схожих сегетальних рослин, шт./м ²					
	до міжрядного обробітку і внесення гербіцидів			перед збиранням урожаю		
	всього	в тому числі		всього	в тому числі	
		однорічні	багаторічні		однорічні	багаторічні
Агротехнічний (1 міжрядний обробіток)	564	528	36	44	35	9
Хімічний (внесення діален-0,6л/га)	711	663	58	194	153	41

У 2018 р., як показали результати спостережень, бур'яни, основна маса яких знаходилась в міжряддях, не могли конкурувати з рослинами міскантусу. При цьому в першій половині вегетації міскантусу гігантського сегетальна рослинність знаходилась в нижньому ярусі, не завдаючи шкоди культурним рослинам.

5.3. Вплив технологічних заходів на наявність шкідників (дротяника) у посівах міскантусу гігантського

У комплексі заходів, направлених на підвищення продуктивності міскантусу гігантського на осушуваних ґрунтах, важливе місце відводиться захисту рослин від шкідників. Велика кількість шкідників, які знаходяться на торфових ґрунтах, живляться різними рослинами і відносяться до багатоїдних шкідників. Найбільш поширені і шкодочинні ковалики (личинки-дротяники), озима совка, стебловий метелик, клопи-черепашки, довгоносики, попелиці, квіткоїд ріпаковий [154, 156].

Серед ґрунтових шкідників найпоширеніші ковалики. Шкоду спричиняють їх личинки-дротяники, які поїдають насіння і самі рослини. За даними А. Ф. Кіпенварліц, кукурудза пошкоджується дротяниками протягом всього вегетаційного періоду. Навіть мінімальна їхня чисельність (10-20 екз. на 1 м²) може завдавати відчутної шкоди посівам. На посівах сільськогосподарських культур у торфових ґрунтах України виявлено дротяників до 200 шт. на 1 м², на таких масивах Білорусії – до 280 шт [155].

Контроль чисельності цього шкідника — одна з важливих проблем на органогенних ґрунтах. Тривалий цикл розвитку в ґрунті личинки ковалика смугастого (*Agriotes lineatus*), розповсюдженого на торфових ґрунтах, 5 років, а також особливості біології і морфологічного розвитку шкідника потребують застосування комплексу захисних і винищувальних заходів.

Як за результатами передніх досліджень Панфільської дослідної станції так і перед закладкою нашого досліду було виявлено, що чисельність дротяника коливалась в межах 34-60 екз./м², в залежності від варіанта, що

відповідало високому ступеню зараженості цим шкідником [Річні звіти Панфільської дослідної станції].

Для зниження чисельності дротяників і його шкодочинності на площі під міскантус нами було застосовано агротехнічний в поєднанні з біологічним спосіб контролю, який полягає в попередньому посіві гірчиці польової в першій декаді серпня і проведенні пізньоосінньої оранки на 30-35 см при переході середньодобової температури через 0°C .

Дослідження показали, що завдяки застосуванню даного методу контролю кількість дротяників знизилась в межах 69-83 % від загальної чисельності, а загибель рослин міскантусу від їх пошкодження складала лише 3,4-5,1 % в 2016 р. (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

**Вплив агротехнічного в поєднанні з біологічним способом боротьби
з дротяниками на зниження їх чисельності і шкодочинності
в перший рік вегетації міскантусу, 2016 р.**

Спосіб посадки, м	Чисельність дротяників, штук на 1м ²		Пізно-осіння оранка	Кількість дротяників після перезимівлі, екз./1 м ²	Загибель дротяників		Загибель рослин міскантусу від дротяника, %
	перед сівбою гірчиці	після вегетації гірчиці			штук /м ²	%	
0,70 × 0,55 (25 тис.шт/га)	34-42	23-25	Оранка на 30-35 см при переході середньодобової t ⁰ через 0 ⁰ С	8-11	26-31	74	3,4
0,70 × 0,70 (20 тис.шт/га)	49-56	19-24		12-15	35-41	69	4,2
0,70 × 0,90 (15 тис.шт/га)	54-60	30-33		7-10	47-50	83	3,7
0,70 × 1,40 (10 тис.шт/га)	36-38	15-18		6-9	29-30	79	5,1

Таким чином, сумарна дія проміжної культури, гірчиці польової та пізноосінньої оранки на 30-35 см, при переході середньодобової температури через 0 °С виявилась ефективною в боротьбі з дротяниками в

перший рік вирощування міскантусу. В 2017 р. весною пошкодження дротяниками сходів рослин після їх перезимівлі завдяки застосованому методу контролю не перевищувала 2 %. В 2018 р. пошкодження дротяником не перевищувала 1 %. Слід відмітити, що розроблений і запропонований метод контролю з дротяником є достатньо ефективним із цим шкідником, до того ж він є і екологічно безпечним, що дуже важливо для осушуваних органогенних ґрунтів із високим рівнем підґрунтових вод, де різні речовини вимиваються в ґрунтові і річкові води і цим самим можуть їх забруднювати.

Отже, проведені дослідження за технологічними заходами вирощування, контролем сегетальної рослинності та санітарним станом посівів дають змогу зробити наступні висновки:

1. Дослідженнями виявлено, що весняна та осіння посадка міскантусу гігантського близькі за своїм відростанням ризомів, яка була в перший рік в межах 80-85%, на другий рік — 91-95% і четвертий в межах 95-98% від висаджених рослин. До того ж, відростання мало залежало від ризомів та глибини їх загортання.

2. Контроль забур'яненості слід проводити лише в перший рік посадки, в наступні роки такої необхідності не існує через інтенсивну конкуренцію рослин міскантусу гігантського по відношенню до наявності бур'янів на його плантації.

3. Висівання проміжної культури гірчиці білої із заробкою її у ґрунт та пізньоосінньої оранки виявилась ефективним заходом у контролі з дротяником, шкодочиність якого не перевищувала 2 %.

Основні результати викладені у розділі, оприлюднені в публікаціях [135, 138, 134].

РОЗДІЛ 6

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ СИРОВИНИ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ

6.1. Особливості росту і розвитку рослин та плантацій міскантусу гігантського

Після появи сходів починається активний ріст і розвиток як підземної, так і надземної маси. Рослини міскантусу в перший рік вегетації формують спершу більшу підземну масу, а потім надземну. В зв'язку з цим особливу зацікавленість викликало вивчення розвитку кореневої системи (зокрема кореневищ) за різної густоти садіння та маси ризомів. У перші місяці вегетації рослини формували вегетативну масу та додаткові корені, а починаючи з другої половини вегетаційного періоду, активно розросталися кореневища.

Для розробки сучасних технологій вирощування рослин в умовах дренажних торфовищ Лісостепу України виникає необхідність закладки плантацій та вивчення закономірностей їх росту, розвитку і формування врожаю та його якості залежно від комплексної дії агротехнічних заходів, таких як строки садіння та глибина загортання ризомів, норми мінеральних добрив та ін.

Дослідження показали, що тривалість вегетаційного періоду та тривалість міжфазних періодів у міскантусу змінюються залежно від умов вирощування, в тому числі й від строків садіння, особливо це помітно в перший рік вирощування.

Так, при осінній і весняній посадці тривалість періоду вегетації у міскантусу була різною, тому що рослини розвивалися в різних гідротермічних умовах, що має вплив на тривалість фенологічних фаз.

Нашими дослідженнями за 2016 р. виявлено, що міжфазний період садіння-поява сходів за посадки весною становив 10 діб, а вегетаційний період за осінньої посадки тривав 168 діб, тоді як за весняної – 159 діб.

За результатами досліджень 2017 року встановлено, що вегетаційний період в обох випадках був практично однаковим. Так, за осінньої посадки він тривав 172 доби, а весняної – 169 діб (табл. 6.1).

Таблиця.6.1

Тривалість міжфазних періодів рослин міскантусу протягом вегетації залежно від строків садіння ризомів та добрив, 2017 р.

Міжфазові періоди	Строк садіння, діб	
	I осінь	II весна
садіння – поява сходів	--	--
сходи – три листочки	12	11
три листочки – кущіння	45	43
кущіння – вихід у трубку	12	14
вихід у трубку – викидання волоті	103	101
тривалість вегетаційного періоду	172	169

Тривалість міжфазного періодів в 2018 р. в порівнянні з 2017р. була іншою. Так фаза три листочки–кущіння проходила на 5-6 днів швидше, а вихід у трубку–викидання волоті тривала 112-115 доби, що перевищувало минулорічний показник на 9-11 днів. У цілому вегетаційний період міскантусу в 2018 р. тривав 175-177 діб (табл. 6.2). Підвищення норми добрив до K_{120} збільшувало вегетаційний період на 3-4 доби.

Таблиця 6.2

**Тривалість міжфазних періодів рослин міскантусу протягом вегетації
залежно від строків садіння ризомів, 2018 р.**

Міжфазні періоди	Строк садіння, діб	
	I осінь	II весна
садіння – поява сходів	--	--
сходи – три листочки	11	10
три листочки – кущіння	40	39
кущіння – вихід у трубку	12	13
вихід у трубку – викидання волоті	112	115
тривалість вегетаційного періоду	175	177

У 2019 р. через спекотне літо і відсутність опадів у другій його половині тривалість вегетаційного періоду в порівнянні з 2018 р. була на 6 діб коротшою – 171 доба (табл. 6.3).

Наведені дані свідчать про те, що в умовах осушених торфових ґрунтів тривалість вегетаційного періоду залежить як від строку садіння, так і від мінерального живлення рослин, а також погодних умов.

Таблиця 6.3

**Тривалість міжфазних періодів рослин міскантусу протягом вегетації
залежно від строків садіння ризомів, 2019 р.**

Міжфазні періоди	Строк садіння, діб	
	I осінь	II весна
садіння – поява сходів	--	--
сходи – три листочки	10	9
три листочки – кущіння	39	38
кущіння – вихід у трубку	10	12
вихід у трубку – викидання волоті	110	112
тривалість вегетаційного періоду	168	171

Урожайність кущів міскантусу залежить від ряду чинників, а саме – добрив, щільності посадки ризомів, маси ризомів, агротехніки вирощування, ґрунтово-кліматичних умов.

Наведені дані свідчать про те, що в умовах осушених торфових ґрунтів тривалість вегетаційного періоду залежить, як від строку садіння, так і від мінерального живлення рослин. Отже, від цих елементів технології вирощування значною мірою залежить проходження процесів росту і розвитку рослин міскантусу, а також формування біомаси.

Виявлено, що середнє значення висоти головного пагона за осіннього садіння становило 171 см, за другого строку садіння весною – 162 см. Це пояснюється тим, що при пізньоосінній посадці міскантусу початок вегетації рослин весною наступного року починається дещо раніше і триває в середньому на 8-12 днів довше порівняно з весняною посадкою. Тому, за весняного садіння міскантусу на початку вегетації різниця в рості рослин в порівнянні з осінньою посадкою була помітна навіть візуально. Так, висота головного пагона першого строку садіння в травні була 56 см, а за другого строку садіння в цей же час – 44 см. Однак у другій половині вегетації після формування значної вегетативної маси ці показники вирівнювались (табл. 6.4).

Встановлено, що на кінець вегетації 2016 р. найбільша висота головного пагона рослин була за щільності посадки 10 тис. шт./га і сягала 170 см, а найменша – 154 см за густоти стояння 25 тис шт/га.

Таблиця 6.4

**Динаміка лінійного росту міскантусу залежно
від густоти садіння та добрив**

Щіль- ність посадки ризомів	Удобре ння	Висота за відбором, см								
		12.06			10.08			11.10		
		2016 р.	2017 р.	-+ до 2016	2016 р.	2017 р.	-+ до 2016	2016 р.	2017 р.	-+ до 2016
посадка навесні										
25 тис/га	без добрив	46	58	12	109	154	45	145	198	53
	K ₆₀	44	61	17	126	162	36	154	261	107
	K ₁₂₀	48	63	15	140	170	30	162	266	104
20 тис/га	без добрив	45	60	15	107	149	42	149	193	44
	K ₆₀	47	63	16	119	158	39	155	254	99
	K ₁₂₀	46	64	18	131	167	36	158	268	110
15 тис/га	без добрив	39	65	26	111	159	48	145	201	56
	K ₆₀	42	65	23	123	168	45	158	257	99
	K ₁₂₀	44	67	23	129	171	42	163	269	106
10 тис/га	без добрив	43	63	20	116	162	46	156	203	47
	K ₆₀	41	68	27	129	174	45	159	273	114
	K ₁₂₀	45	69	24	138	176	38	170	286	116
20 тис/га внесення гербіцид діален	K ₆₀	39	60	21	112	152	40	136	225	89
посадка восени (2015 р.)										
25 тис/га	K ₆₀	56	64	8	135	170	35	171	268	97

В 2017 р. найбільша висота пагона сягала 286 см, а найменша 266 см, за такими ж схемами посадки. Це можна пояснити більшою площею живлення рослин за схеми посадки 0,70 x 1,40 м в порівнянні зі схемою 0,55 x 0,70 м. Висота головного пагона у 2016 р. залежала від фону живлення і в кінці вегетації рослин становила на варіанті досліду (0,70 x 0,70 м) K_{120} – 162 см; K_{60} – 154 см, на контролі без добрив – 145 см., та у 2017 р. K_{120} – 268 см; K_{60} – 254 см, на контролі без добрив – 193 см. Позитивний ефект від внесення калійних добрив отримали на всіх варіантах досліду. Слід відмітити, що внесення добрив не впливало на збільшення числа пагонів у кущі. На ризомах пробуджуються сплячі бруньки, з яких утворюються нові пагони незалежно від фону живлення рослин. Збільшення кількості пагонів відбувалось у червні-липні, коли рослини міскантусу знаходились у фазі кущіння.

У наступні два роки — 2018-2019 рр. суттєвих змін у динаміці лінійного росту міскантусу гігантського не спостерігалось, це пояснює, що ризоми розвинулись і наступні роки зміни в урожайності міскантусу гігантського будуть незначні (табл. 6.5).

Таблиця 6.5

**Динаміка лінійного росту міскантусу залежно
від щільності садіння, добрив та строків посадки**

Щільність садіння ризомів, тис шт/га	Удобрення	Висота за відбором, см									
		12.06				10.08				11.10	
		2018	2019	-+ до 2018	2018	2018	2019	-+ до 2018	2018	2019	-+ до 2018
посадка навесні											
25	без добрив	67	71	4	187	196	9	225	228	3	
	K ₆₀	72	86	14	254	278	24	321	325	4	
	K ₁₂₀	75	88	13	267	284	17	329	330	1	
20	без добрив	62	67	5	172	188	16	217	219	2	
	K ₆₀	69	89	20	248	273	25	307	329	22	
	K ₁₂₀	73	90	17	259	305	46	312	331	19	
15	без добрив	69	73	4	194	199	5	230	233	3	
	K ₆₀	76	91	22	260	287	27	311	337	26	
	K ₁₂₀	78	95	17	272	312	40	328	341	13	
10	без добрив	69	76	7	206	208	2	242	237	-5	
	K ₆₀	79	99	20	277	293	16	332	346	14	
	K ₁₂₀	80	101	21	285	317	32	338	351	13	
20 внесення гербіцид. діален	K ₆₀	73	83	10	234	265	31	285	328	43	
посадка восени											
25	K ₆₀	77	87	10	260	268	8	314	330	16	

Таким чином, встановлено, що на ділянках без добрив різниця в приростах мінімальна 0-10 см, і за прогнозами в наступні роки вона не змінюватиметься. На варіантах, де вноситься K₆₀, приріст спостерігається, це підтверджується доцільність внесення мінеральних добрив, особливо калійних. За внесення K₁₂₀ приріст було зазначено, але з кожним роком він

зменшувався, і за щільності посадки 25 тис. шт./га уже на четвертий рік вирощування ставав мінімальний, за рахунок чого можна з прогнозувати недоцільність внесення великих доз калію та використання схеми посадки 70×55 см за щільності посадки 25 тис. шт./га на торфових ґрунтах.

6.2. Урожайність міскантусу гігантського залежно від щільності садіння ризомів та удобрення

Урожайність є інтегральним показником, який залежить від багатьох чинників, насамперед, таких як ґрунтово-кліматичні умови, водно-повітряний та поживний режими ґрунту, особливо коли це стосується осушуваних ґрунтів [58]. Процес формування високоврожайних кущів міскантусу передбачає повне забезпечення фізіологічних вимог факторами зовнішнього середовища за рахунок оптимізації елементів технології його вирощування, а саме залежить від ґрунтово-кліматичних умов, густоти садіння ризомів, якості садивного матеріалу, агротехнічних прийомів вирощування тощо. Тому є великою необхідністю у визначенні оптимальних параметрів кожного із цих чинників та їх взаємодії один з одним.

Одним з досить важливих факторів, які впливають на ріст і розвиток рослин міскантусу, є щільність садіння ризомів, тому що вона впливає на площу живлення, водний режим, освітленість, а також розростання кореневої системи та стебел. Зважаючи на це, важливими елементами технології вирощування міскантусу потрібно вважати спосіб садіння ризомів і щільність стояння рослин, що зумовлено їх морфологічними особливостями. Також потрібно врахувати те, що садіння здійснюється один раз на 15-20 років.

Тому, вплив щільності стояння рослин на кінцевий результат – урожайність, може проявитися в певній мірі, залежно від умов та заходів технології вирощування. У зв'язку з цим існує необхідність вивчення конкурентних взаємовідносин у агробіоценозах міскантусу, як чинник, що піддається регулюванню заходів технології вирощування цієї культури [220].

Ріст і розвиток рослин відображають усю сукупність процесів взаємодії з факторами зовнішнього середовища. Вивчення темпів росту і розвитку рослин міскантусу в онтогенезі дає можливість розкрити найбільш важливі залежності процесу формування високої продуктивності цієї культури. Перший період росту і розвитку міскантусу характеризується тим, що молоді проростки живляться за рахунок пластичних речовин кореневища і лише після появи 3-4-го листка рослина починає засвоювати поживні речовини з ґрунту. Тому створення у цей період сприятливих умов для росту й розвитку рослин із застосуванням тих чи інших технологічних заходів має важливе значення у формуванні високої врожайності міскантусу [247].

Формування продуктивності рослин міскантусу залежало від елементів технології його вирощування. Результати досліджень залежності продуктивності рослин міскантусу від досліджуваних чинників викладено в (табл. 6.6). Визначальними чинниками у підвищенні продуктивності міскантусу першого року вегетації були, густина садіння ризомів і внесення мінеральних добрив. Отже, зі збільшенням щільності стояння рослин міскантусу врожайність біомаси також зростає.

Урожайність зеленої маси міскантусу з однієї площі зростала зі збільшенням щільності стояння рослин. За щільності стояння рослин 10 тис. шт./га урожайність зеленої маси з 1 га у перший рік вегетації в середньому становила 3,6 т/га, а за густоти стояння 25 тис. шт./га – 5,1 т/га без внесення добрив. Внесення калійних добрив суттєво підвищило урожайність міскантусу. Так, по схемі посадки 25 тис/га на варіанті без добрив урожайність складала – 5,1 т/га, а за внесення K_{60} – 6,4 т/га і K_{120} – 6,8 т/га зеленої маси. Прибавка урожаю при внесенні калійних добрив відмічалась і на решті варіантів досліджу.

За 2017 р. урожайність зеленої маси міскантусу з однієї площі зростала зі збільшенням щільності стояння рослин. За щільності стояння рослин 10 тис.шт./га урожайність зеленої маси з 1 га, за другий рік вегетації в

середньому становила 26,2 т/га, а за щільності стояння 25 тис.шт./га – 40,2 т/га без внесення добрив.

Таблиця 6.6

**Урожайність біомаси міскантусу гігантського залежно від строків
посадки мінерального удобрення та щільності садіння, т/га, сухої маси**

Щільність садіння, посадка весною	Удобрення	Роки				
		2016	2017	2018	2019	Середнє за 2016-2019
посадка навесні						
25 тис/га	без добрив	1,42	17,25	18,96	17,54	17,92
	K ₆₀	2,25	23,73	26,13	27,24	25,70
	K ₁₂₀	2,43	21,10	27,44	28,37	26,62
20 тис/га	без добрив	1,26	16,34	18,23	16,85	17,14
	K ₆₀	2,02	21,43	23,08	26,49	23,67
	K ₁₂₀	2,28	23,35	26,37	27,40	25,71
15 тис/га	без добрив	1,27	14,31	16,59	15,98	15,62
	K ₆₀	1,48	18,44	24,88	25,82	23,05
	K ₁₂₀	1,51	21,13	26,51	27,02	24,89
10 тис/га	без добрив	1,15	13,26	16,42	16,35	15,34
	K ₆₀	1,43	19,32	23,74	25,04	22,70
	K ₁₂₀	1,54	20,03	24,91	26,13	23,69
посадка восени						
25 тис/га	K ₆₀	3,13	24,39	27,11	28,07	26,52
НІР05		за добривами 0,59 за схемою 0,45 загальне 1,76				

Внесення калійних добрив також суттєво підвищило урожайність міскантусу. Так, за схемою посадки 20 тис/га на варіанті без добрив урожайність становила 37,5 т/га, а за внесення K_{60} – 47,5 т/га і K_{120} – 48,3 т/га зеленої маси. Прибавка урожаю при внесенні калійних добрив відмічалась і на решті варіантів досліду.

В 2018 р. показники урожайності залежали, як у попередні періоди від щільності садіння та доз внесення мінеральних добрив.

Отже, за результатами дослідження встановлено, що найбільший вплив на урожайність міскантусу гігантського мали такі елементи технології його вирощування: добрива, щільності садіння, а в перший рік його вирощування — заходи контролю з бур'янами та дротяниками, що забезпечило на четвертий рік його вирощування на варіанті з внесенням K_{60} за щільності садіння 25 тис.шт/га вихід 66,2 т/га зеленої маси, 20 тис.шт/га – 69,0 т/га; 15 тис.шт./га – 59,5 т/га; та 10 тис.шт/га – 58,5 т/га відповідно.

6.3. Вплив маси ризомів та глибини садіння на продуктивність куща міскантусу гігантського

Важливими елементами технології вирощування міскантусу гігантського є маса ризомів та глибина їх садіння. Встановлено, що збільшення кількості пагонів міскантусу гігантського за період дослідження відбувалось у червні-липні в рік посадки, до того ж кількість пагонів знаходиться в прямій залежності від маси ризомів. За маси ризомів 20-30 г, найбільша кількість пагонів у кущі в середньому становить 7,8 шт., а за маси 50-70 г – 13,9 шт. (табл. 6.7). Зі збільшенням щільності посадки рослин кількість пагонів у кущі зменшувалась. Так, за щільності посадки 25 тис. шт/га в середньому було 7,3 шт., а за щільності 10 тис. шт/га – 9,6 шт. пагонів.

Таблиця 6.7

**Середня кількість пагонів у кущі залежно
від маси ризомів, штук, 2016 р.**

Маса ризомів, г	Кількість пагонів у кущі, штук			
	Червень	Липень	Серпень	Жовтень
20-30	6,3	7,5	7,7	7,8
30-50	7,7	10,5	10,8	11,4
50-70	8,4	11,8	12,5	13,9

Глибина загортання ризомів на 4-6 см, в 2016 р. виявилась ефективнішою в порівнянні з посадкою на 10-12 см, оскільки весна була без заморозків і сходи за мілкої посадки появлялись на 4-6 днів раніше. Спостереження за щільністю посадки та масою висаджених ризомів міскантусу гігантського показали (табл. 6.8), що вони істотно впливають на збільшення пагонів у кущі. За результатами досліджень виявлено, що збільшення щільності посадки від 10 тисяч ризом до 25 тисяч ризом на га за внесення K_{120} в середньому за три роки мали менше пагонів на 6,4 шт/кущ, тоді як маса кореневищ збільшувалась із зменшенням щільності посадки, за внесення K_{60} на 229 грам.

Вплив щільності посадки рослин на кількість пагонів у кущі та масу кореневищ в період максимального накопичення біомаси міскантусу гігантського

Щільність садіння, посадка весною, тис/га	Удобрення	Маса кореневищ за 1-го року, г	Кількість пагонів у кущі, шт.			Середнє за три роки
			2016 р.	2017 р.	2018 р.	
25	без добрив	485	8,4	17,4	22,0	15,9
	K ₆₀	610	9,2	19,8	25,3	18,1
	K ₁₂₀	*	9,6	20,6	26,0	18,7
20	без добрив	524	8,8	15,5	19,0	14,4
	K ₆₀	671	9,0	20,2	24,3	17,8
	K ₁₂₀	*	9,8	21,4	25,2	18,8
15	без добрив	540	9,2	18,3	23,3	16,9
	K ₆₀	728	9,9	22,8	28,3	20,3
	K ₁₂₀	*	9,7	23,7	32,3	21,9
10	без добрив	567	10,3	20,4	29,0	19,9
	K ₆₀	839	10,0	25,9	38,7	24,8
	K ₁₂₀	*	10,6	24,4	40,3	25,1
НІР ₀₅		30,6	0,9	2,3	3,1	

Примітка: *—не досліджували.

Спостереження протягом чотирьох років за зміною кількості пагонів у кущі показало (табл. 6.9), що кількість пагонів у кущі збільшується протягом трьох років, а на четвертий — зменшується.

Таблиця 6.9

Вплив маси ризомів за калійного удобрення K_{60} на кількість пагонів у кущі, штук

Маса ризомів, г	Маса кореневищ куща, г	Кількість пагонів у кущі, штук			
		2016	2017	2018	2019
10-30	471	6,7	12,5	18,0	12,4
30-50	692	8,5	18,8	26,0	17,8
50-70	812	9,6	22,7	32,0	21,4
Осіньна посадка	854	9,0	24,3	33,6	22,3
НІР ₀₅		0,8	2,1	2,9	2,5

Спостереження за урожайністю сухої маси міскантусу залежно від маси ризомів показало, що у 2019 році урожайність за маси ризомів 20-30 г становила 26,9 т/га, а за маси 50-70 г цей показник був на рівні 28,3 т/га (табл. 6.10).

Таблиця 6.10

Урожайність сухої маси міскантусу залежно від глибини загортання та маси ризомів, т/га, 2016-2019 рр.

Строк садіння		Глибина загортання ризомів, см			Маса ризомів, г		
Осінь, 1 декада листопада	рік	4-6	6-8	10-12	20-30	30-50	50-70
	Осінь, 1 декада листопада	2016	3,3	3,2	3,2	2,4	3,0
2017		23,8	24	24,4	20,4	23,0	24,4
2018		26,8	27,0	26,4	24,4	25,0	26,1
2019		28,2	28,1	28,6	28,2	29,0	29,8
Весняне, 2 декада квітня	2016	3,1	2,8	2,7	2,3	2,8	3,3
	2017	22,6	21,9	22,0	19,6	22,1	23,4
	2018	25,6	26,7	25,0	23,8	25,3	26,3
	2019	27,4	28,5	28,0	26,9	27,6	28,3
НІР ₀₅		0,28			0,25		

Глибина загортання ризом впливала на урожайність іскантусу в перший рік вирощування і мала показники кращі за осінньої посадки та весняної на

глибині 4-6 см. З іншого боку, як показують попередні дослідження, за сильних весняних заморозків $-5 - -7^{\circ}\text{C}$ в другій та третій декадах квітня, ефективнішим було загортання ризомів на 10-12 см, оскільки негативна дія заморозків на сходи міскантусу по такій глибині була мінімальною. В наступні роки дослідження вплив глибини загортання ризомів на врожайність міскантусу виявилась несуттєвою.

Маса ризом впливала на урожайність міскантусу в перший рік вирощування і мала кращі показники за маси ризом 50-70 г, осінньої та весняної посадки. За другий рік дослідження маса ризом мала частково перевагу за врожайністю як за осінньої, так і весняної посадки. В наступні роки дослідження урожайність за різної маси ризом різнилась несуттєво.

6.4. Вплив технологічних заходів вирощування на хімічний склад міскантусу гігантського

На час збирання біомаси міскантусу в стеблах у середньому міститься близько 65 % сухої речовини та 35 % води. В свою чергу, суха речовина складається з целюлози – 42,9 %, лігніну – 24,4 %, пентозами – 23,4 %, смол, жирів, восків – 2,2 % та інших речовин [240]. Відповідно вміст сухої речовини в стеблах найбільшою мірою визначає накопичення у них целюлози. Як правило, за вищого вмісту целюлози – більший вміст сухої речовини.

Інтенсивність накопичення органічної речовини в будь-яких сільськогосподарських рослинах, у першу чергу, серед контрольованих факторів залежить від фактора мінерального живлення. Крім того, різні сільськогосподарські рослини впродовж усього вегетаційного періоду неоднаково інтенсивно накопичують у своєму складі суху речовину. Але більшість із них, у тому числі й рослини міскантусу, найбільш інтенсивно накопичують у своєму складі суху речовину в другій половині вегетаційного періоду [241]. Найбільш активний період формування сухої речовини в стеблі міскантусу становить близько 70 днів (середина липня – кінець

вересня), впродовж якого утворюється близько 45-50 % маси стебла.

Встановлено, що найважливішим у даний період розроблення технологій є встановлення закономірності впливу мінеральних добрив на динаміку накопичення сухої речовини рослинами міскантусу. Доведено, що формування продуктивності рослин міскантусу за першій рік вегетації істотно залежало від елементів технології його вирощування. Результати досліджень залежності продуктивності рослин міскантусу від досліджуваних факторів викладено в (табл. 6.11).

Таблиця 6.11

Динаміка накопичення сухої речовини міскантусом в рік посадки, т/га

Щільність посадки, тис/га	Удобрення	Дата збирання врожаю та урожайність, т/га		
		6.07	29.08	17.10
посадка навесні				
25	без добрив	0,52	0,95	1,42
	K ₆₀	0,64	1,33	2,25
	K ₁₂₀	0,68	1,62	2,43
20	без добрив	0,50	0,88	1,26
	K ₆₀	0,57	1,24	2,02
	K ₁₂₀	0,62	1,55	2,28
15	без добрив	0,53	0,72	1,27
	K ₆₀	0,59	1,18	1,48
	K ₁₂₀	0,64	1,36	1,51
10	без добрив	0,45	0,76	1,15
	K ₆₀	0,49	0,84	1,43
	K ₁₂₀	0,58	1,19	1,54
20 внесення гербіцид. діален	K ₆₀	0,51	0,96	1,63
посадка восени				
25	K ₆₀	0,87	1,96	3,17
НІР ₀₅		0,03	0,11	0,21

Продуктивність міскантусу на другий рік вирощування залежно від технологічних заходів викладено в (табл. 6.12).

Встановлен, що маса сухих речовин у рослинах міскантусу впродовж періоду вегетації постійно збільшувалась. При цьому інтенсивність їх накопичення була різною. З травня по липень процес протікав повільніше, а далі пришвидшувався. Встановлено, що максимальний вихід сухих речовин

припадає на початок жовтня. В залежності від щільності посадки рослин він складав – на ділянках без добрив 13,26-17,25 т/га, а за внесення K_{60} – 18,44-23,73 т/га і K_{120} – 20,03-24,10 т/га.

Важливими факторами у підвищенні продуктивності міскантусу другого року вегетації були щільність садіння ризомів і внесення мінеральних добрив, зі збільшенням щільності стояння рослин міскантусу врожайність біомаси також зростала.

Таблиця 6.12

Динаміка наростання сухої маси міскантусу гігантського, т/га, 2017 р.

Щільність садіння, тис. га	Удобрення	Урожайність сухої маси, т/га					
		11.06	10.07	10.08	10.09	10.10	10.11
посадка навесні							
25	без добрив	1,00	2,12	4,79	10,29	17,25	16,12
	K_{60}	1,12	2,58	5,67	14,18	23,73	21,88
	K_{120}	1,20	2,88	6,77	14,33	24,10	23,05
20	без добрив	0,96	2,37	4,99	9,94	16,34	15,30
	K_{60}	1,06	3,06	5,83	11,10	21,43	21,09
	K_{120}	1,07	3,18	7,36	13,19	23,35	22,46
15	без добрив	1,01	2,30	3,81	9,18	14,31	13,67
	K_{60}	1,14	2,36	6,00	10,86	18,44	17,20
	K_{120}	1,15	2,38	6,11	11,72	21,13	19,12
10	без добрив	0,98	1,91	4,25	7,98	13,26	11,39
	K_{60}	0,96	2,46	5,91	10,07	19,32	16,88
	K_{120}	1,22	2,51	5,99	9,98	20,03	19,09
посадка восени							
25	K_{60}	1,18	2,75	8,38	13,70	24,39	23,07

За третій рік вегетації формування продуктивності рослин міскантусу залежало також від елементів технології його вирощування. Результати

досліджень залежності продуктивності рослин міскантусу від досліджуваних факторів викладено в (табл. 6.13) за 2018 р.

Суха маса впродовж як років вирощування, так і в період одної вегетації постійно збільшувалась. Інтенсивність її накопичення була різною — з травня по липень повільніше, а далі пришвидшувалася. Таку залежність спостерігали за всі роки досліджень (2016-2019 рр.).

Таблиця 6.13

Динаміка наростання сухої маси міскантусу гігантського, т/га, 2018 р.

Щільність садіння, тис. га	Удобрення	Урожайність сухої маси, т/га					
		11.06	10.07	10.08	10.09	10.10	10.11
посадка навесні							
25	без добрив	2,66	7,14	14,25	18,96	18,11	17,24
	K ₆₀	3,82	10,67	18,89	26,13	25,43	24,85
	K ₁₂₀	4,75	12,84	19,72	27,44	25,19	23,63
20	без добрив	2,94	6,23	13,93	18,23	17,44	16,90
	K ₆₀	3,17	9,65	17,81	23,08	22,30	21,79
	K ₁₂₀	4,22	13,10	20,35	26,37	24,87	23,05
15	без добрив	2,43	5,35	12,73	16,59	15,81	15,00
	K ₆₀	3,19	9,30	16,90	24,88	24,30	23,22
	K ₁₂₀	4,12	12,41	17,52	26,51	25,62	25,19
10	без добрив	2,23	5,90	12,27	16,42	16,04	15,59
	K ₆₀	2,94	9,14	15,82	23,74	23,30	22,80
	K ₁₂₀	4,20	11,52	16,65	24,91	24,06	23,56
20 внесення гербіцид.	K ₆₀	3,26	10,43	18,21	23,26	23,00	22,62
осіння посадка восени							
25	K ₆₀	4,11	11,25	19,40	27,11	26,52	26,08
НІР ₀₅		0,96	1,1	1,9	2,2	2,6	2,4

За результатами дослідження 2019 р. встановлено, що найбільший вплив на продуктивність міскантусу гігантського мали добрива та щільність садіння, що забезпечило на четвертий рік його вирощування на ділянках із внесенням K_{60} за щільності садіння 25 тис.шт/га вихід – 27,2 т/га сухої маси, відповідно 20 тис.шт/га – 26,49 т/га, 15 тис.шт/га – 25,8 т/га, та 10 тис.шт/га – 25,0 т/га. За осінній посадці 25 тис.шт/га енергетична продуктивність складає 28,1 т/га сухої речовини. Внесення K_{120} хоч і привело до незначного накопичення маси рослинами міскантусу — на 0,91-1,2 т/га сухої біомаси більше в порівнянні з K_{60} , але приріст маси був не значним.

Аналіз показників якості біомаси залежно від щільності садіння та добрив показав, що найбільший вміст золи в біомасі міскантусу був на ділянках без добрив при щільності посадки 25 тис/га – 4,88 % відповідно 10 тис/га – 5,23 %, а на варіантах із внесенням K_{60} цей показник знижувався до 3,54-4,79 % (табл. 6.14).

Таблиця 6.14

Хімічний склад, показники сухої біомаси міскантусу залежно від щільності садіння та добрив на 3-4 рік після посадки

Показники якості	Одиниця виміру	0,7-0,55м (25 тис.шт/га)			0,7-1,40м (10 тис.шт/га)		
		без добрив	K_{60}	K_{120}	без добрив	K_{60}	K_{120}
Зольність	%	4,88	3,54	5,26	5,23	4,79	3,92
Азот	%	1,29	1,03	1,38	1,04	1,06	0,86
P_2O_5	%	0,18	0,06	0,25	0,09	0,11	0,06
K_2O	%	0,56	0,28	1,76	0,12	0,62	0,28
Свинець Pb	мг/кг	1,2	1,0	1,4	1,8	1,5	1,3
Кадмій Cd	мг/кг	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Залізо Fe	мг/кг	161,0	116,8	61,1	152,2	170,6	131,0
Марганець Mn	мг/кг	22,9	23,5	10,2	14,1	27,0	18,9
Мідь Cu	мг/кг	2,5	1,5	3,4	1,6	2,7	2,1
Цинк Zn	мг/кг	10,5	3,5	11,6	5,9	9,0	4,7
Нікель Ni	мг/кг	5,5	5,4	3,9	6,8	6,1	4,9

Дещо підвищений був і вміст азоту в біомасі, він коливався залежно від варіантів досліду: без добрив складав 1,04-1,29 %, з внесенням калійних добрив він знижувався до рівня 0,86-1,03 %, за допустимих показників 1,0 %.

Аналіз технологічних показників якості біомаси залежно від щільності садіння та добрив показав, що найбільший вміст золи в біомасі міскантусу був на ділянках без добрив за щільності посадки 25 тис/га – 4,88 % відповідно 10 тис/га – 5,23 %, а на ділянках з внесенням K_{60} цей показник знижувався до 3,54-4,79 %.

Дещо підвищений був і вміст азоту в біомасі, він коливався на варіантах без добрив 1,04-1,29 %, з внесенням калійних добрив він знижувався до рівня 0,86-1,03 % при допустимих межах в 1,0%. Решта показників була в межах норми відповідно до чинних стандартів.

Отже, найбільший вплив на урожайність міскантусу гігантського мали такі елементи технології його вирощування: добрива, щільність садіння, та в перший рік його вирощування заходи контролю з бур'янами і дротяниками, що забезпечило на четвертий рік його вирощування на варіанті з внесенням K_{60} за щільності садіння 25 тис.шт/га вихід 27,24 т/га сухої маси і 463,1 ГДж/га теплової енергії, за густоти 20 тис. шт/га – 26,49 т/га і 450,4 ГДж/га; 15 тис.шт./га – 25,82 т/га і 439,1 ГДж/га, та 10 тис.шт/га – 25,04 т/га і 425,6 ГДж/га відповідно. При осінній посадці 25 тис.шт/га енергетична продуктивність складала 28,07 т/га сухої маси і 477,2 ГДж/га.

Таким чином, проведені дослідження з впливу технологічних заходів вирощування міскантусу гігантського на його врожайність та хімічний склад біомаси дають можливість зробити такі висновки:

1. В умовах дренажних органогенних ґрунтів тривалість вегетаційного періоду першого року вирощування після посадки збільшується за осінньої посадки, в наступні роки ця залежність вирівнюється.

2. Урожайність біомаси міскантусу гігантського істотно залежить від

мінерального удобрення. Протягом всіх досліджень спостерігали приріст врожаю 48-54%, в той же час практично мало впливали на врожайність період посадки, щільність посадки та вага ризомів.

3. Зі збільшенням щільності стояння рослин у куці міскантусу гігантського, кількість рослин у самому куці зменшується, загалом ця залежність мало впливала на врожайність плантації.

4. Хімічний аналіз біомаси міскантусу гігантського показав, що кількість його в рослинах мало залежала від технологічних заходів вирощування, можна лише констатувати, що з внесенням калійних добрив збільшується вміст калію, марганцю, міді та знижується – азоту. Загалом вміст хімічних елементів та їх сполук не перевищував допустимих меж.

Основні результати викладені у розділі, оприлюднені в публікаціях [33, 129].

РОЗДІЛ 7

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО

7.1. Економічна оцінка технології вирощування міскантусу гігантського

Розрахунки економічної ефективності проводили на основі складання технологічної карти вирощування міскантусу з врахуванням досліджуваних елементів технології. Середні витрати грошових коштів за роки вирощування міскантусу станом на 01.01.2020 р. становили за максимальної щільності посадки (25 тис/га) та внесенням K_{60} – 8222 грн/га а за мінімальною (10 тис/га) – 6544 грн/га, що пов'язано насамперед з великими витратами на садівний матеріал.

Перший рік вирощування міскантусу був збитковим, в зв'язку з низькою його врожайністю – 1,43-3,13 т/га сухої речовини та великими витратами в першу чергу на посадковий матеріал, а також проведенні основного обробітку ґрунту і агрозаходах в боротьбі з дротяником та бур'янами. Розрахунки показали, що витрати в перший рік вегетації склали 77,3-80,5% від усіх витрат за три роки або в грошовому еквіваленті.

Посеред елементів технології вирощування міскантусу, які найбільше впливали на його продуктивність, а, отже, і на економічну ефективність були добрива і способи посадки. Внесення калійних добрив K_{60} і K_{120} в порівнянні з варіантом без добрив призводить до суттєвого збільшення урожайності, а, отже, і економічні показники теж зростали. Так, на варіантах без добрив собівартість сухої біомаси була на рівні 335-377 грн/т, а за внесення K_{60} вона коливалась в залежності від варіанта вирощування в межах 288 і 320 грн/т, при цьому рівень рентабельності вирощеної продукції в першому випадку був нижчим і складав 119-146 %, а в другому з внесенням калійних добрив він був на рівні 158-186 %. Внесення K_{120} в порівнянні з K_{60} хоч і привело до незначного зростання врожайності на 0,9-2,0 т/га сухої речовини, але

економічні показники в зв'язку з дорожнечою добрив не покривали затрат (табл.7.1).

Таблиця 7.1

Економічна ефективність вирощування міскантусу гігантського для виробництва твердого біопалива залежно від елементів технології вирощування за роки вегетації, середнє (2017-2019 рр).

Щільність садіння, тис шт/га	Удобрення	Вихід сухої біомаси, т/га	Вартість сухої біомаси, грн/га	Матеріально грошові витрати, грн/га	Собівартість сухої біомаси, грн/т	Чистий прибуток, грн/га	Рівень рента-бельності, %
посадка навесні							
25	без добрив	17,92	14784	6763	377	8021	119
	K ₆₀	25,70	21203	8222	320	12981	158
	K ₁₂₀	26,64	21978	9140	643	12838	140
20	без добрив	17,14	14140	6103	356	8037	132
	K ₆₀	23,67	19528	7133	301	12395	174
	K ₁₂₀	25,70	21203	8170	318	13033	159
15	без добрив	15,62	12887	5491	352	7396	135
	K ₆₀	23,04	18983	6789	295	12194	180
	K ₁₂₀	24,89	20534	7549	303	12985	172
10	без добрив	15,34	12656	5143	335	7513	146
	K ₆₀	22,70	18727	6544	288	12183	186
	K ₁₂₀	23,69	19544	7032	297	12512	178
20 внес. герб	K ₆₀	20,97	17300	7296	348	10004	137
посадка восени							
25	K ₆₀	26,52	21879	8922	336	12957	123

Аналіз економічної ефективності виробництва міскантусу показав, що за різних способів посадки показники собівартості вирощеної продукції та

рівень рентабельності були такими, за посадки 25 тис/га та внесенні K_{60} собівартість продукції була на рівні – 320 грн/т, а рентабельність становила 158 %, за посадки 20 тис/га – 301 грн/га та 174%, за посадки 15 тис/га – 295 грн/га та 180 %, а за посадки 10 тис/га ці показники були на рівні 288 грн/га і 186 % відповідно.

Таким чином, економічні показники вирощування міскантусу за три роки були невисокими, що пов'язано в першу чергу з значними затратами в перший рік його вирощування та низькою урожайністю в цей період. Проте в наступні роки витрати на вирощування різко скорочуються, вони полягають тільки у внесенні добрив весною і збиранні та транспортуванні вирощеної продукції в осінньо-зимовий період.

Серед елементів технології вирощування міскантусу у 2019 р. були також добрива і способи посадки. Внесення калійних добрив K_{60} і K_{120} в порівнянні з варіантом без добрив призводить до суттєвого збільшення урожайності, а, отже, і економічні показники теж зростали. Так, на варіантах без добрив собівартість сухої біомаси складала 436-490 грн/т, а за внесення K_{60} вона коливалась в залежності від варіанта вирощування в межах 376,5 і 414,4 грн/т, при цьому рівень рентабельності вирощеної продукції в першому випадку був нижчим і складав 68,0-89,0 %, а в другому – з внесенням калійних добрив, він збільшувався до 99,0-119,2 %. Внесення K_{120} в порівнянні з K_{60} хоч і призвело до незначного зростання врожайності на 2,99-3,36 т/га сухої маси за чотири роки, але економічні показники в зв'язку з високими цінами на добрива, не покривали затрат. Так, рентабельність на варіантах дослідів з внесенням K_{60} складала 99,0-119,2 %, а за внесення K_{120} – 86,3-113,5 %.

7.2. Енергетична оцінка технології вирощування міскантусу гігантського

За результатами розрахунку енергетичної ефективності встановлено, що коефіцієнт енергетичної ефективності істотно залежав від внесених мінеральних добрив. Так, на варіанті без добрив він знаходився на рівні від 2,8 до 3,1 в залежності від щільності садіння, а за внесення K_{60} він збільшувався до 3,4-4,6, а за удобрення в дозі і K_{120} відповідно 3,6-4,4. Кращим способом вирощування міскантусу за енергетичної оцінки ефективності виявився варіант із щільністю садіння 10 тис/га і внесенні K_{60} . (табл.7.2).

Таблиця 7.2

Енергетична ефективність вирощування міскантусу гігантського для виробництва твердого біопалива залежно від елементів технології вирощування за роки вегетації, середнє (2017-2019 рр).

Щільність садіння, тис шт/га	Удобрення	Вихід сухої біомаси, т/га	Вихід теплової енергії, ГДж/га	Витрати сукупної (поновлювальної) енергії, на 1га, ГДж.	K_{ee}
25	Без добрив	17,92	305	109,1	2,8
	K_{60}	25,70	437	118,3	3,7
	K_{120}	26,64	453	125,0	3,6
20	Без добрив	17,14	291	99,5	2,9
	K_{60}	23,67	402	103,4	3,4
	K_{120}	25,70	437	117,4	3,7
15	Без добрив	15,62	266	88,9	3,0
	K_{60}	23,04	347	90,4	3,8
	K_{120}	24,89	493	99,6	4,9
10	Без добрив	15,34	261	84,4	3,1
	K_{60}	22,70	386	83,8	4,6
	K_{120}	23,69	403	92,4	4,4
20 внес.герб.	K_{60}	20,97	356	114,0	3,1
посадка восени 25	K_{60}	26,52	451	116,2	3,9

Таким чином, проведені енергетичної оцінки різних способів вирощування міскантусу та враховуючи економічну та екологічну складову, а також фактор довготривалого вирощування міскантусу гігантського в плантаціях, найдоцільнішим варіантом виявився за схемою посадки 0,7x1,4 м, за щільності рослин 10 тис/га та внесенням K_{60} . На цьому варіанті отримали найбільші показники енергетичної ефективності з рівнем рентабельності 186 %, собівартістю сухої біомаси 288 грн/га та коефіцієнтом енергетичної ефективності – 4,6.

Основні результати викладені у розділі, оприлюднені в публікаціях [34, 136].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі викладено теоретичне обґрунтування та нове вирішення наукової задачі, яка полягає в розробці технології вирощування міскантусу гігантського, виявлені впливи окремих її елементів на показники родючості, екологію довкілля староорного органогенного ґрунту, та особливості формування врожайності на біомасу. Визначено оптимальні біометричні параметри садивного матеріалу, строки та щільність садіння, глибину загортання ризомів на показники росту та розвитку досліджуваної культури.

1. Влаштована осушувально-зволожуюча меліоративна система та погодні умови протягом всієї вегетації забезпечували вологість ґрунту в оптимальних межах (не перевищувала оптимальних показників верхньої межі 80 % ПВ та нижньої 40 % ПВ) для вирощування міскантусу гігантського.

2. Найвищу целюлозолітичну активність староорного органогенного ґрунту спостерігали в перший рік вирощування міскантусу гігантського незалежно від строків та щільності його посадки. Розклад льонової тканини складав за перший рік близько 66%, а на четвертий — 53-56%, подібну залежність має і виділення CO_2 . З внесенням калійних добрив целюлозоруйнівна активність ґрунту зменшувалась.

3. Рослини міскантусу гігантського були добре забезпечені рухомими формами азоту (283-380 мг/кг ґрунту) та фосфором (62-94 мг/кг ґрунту) незалежно від елементів технології вирощування і потребували щорічного внесення калійних добрив, оскільки вміст калію у ґрунті зменшувався з весни до осені майже в два рази— з 127-311 до 95 мг/кг сухого ґрунту.

4. Маса ризомів, призначена для садіння міскантусу гігантського, мала значний вплив на ріст кореневищ. У кінці першого року вегетації висаджені ризоми масою 20-30 г у мали кореневище вагою 471 г, 30-50 г – 692 г і за посадки ризомів 50-70 г – 812 г. Це забезпечило безпосередній вплив на кількість пагонів у кущі та сплячих бруньок. Так, кількість пагонів у кущі в

кінці першого року вегетації за маси ризомів 20-30 г становила 6,7 штук на кущ, за маси 30-50 г збільшувалась до 8,5 шт і 50-70 г до 9,6 шт відповідно.

5. Збільшення маси ризомів істотно впливали на врожайність рослин першого і другого року вирощування. Так, за маси ризомів 20-30 г урожайність сухої надземної маси міскантусу становила в середньому в перший рік вегетації 2,3 т/га, другий — 19,64 т/га, а за маси 50-70 г — 3,3 і 23,4 т/га відповідно.

6. Встановлено, що поєднання агротехнічного та біологічного способів боротьби з дротяником забезпечило зниження шкідника на 64-82 % від загальної чисельності і він включав: посів проміжної культури гірчиці білої з наступним подрібненням і заорюванням її посівів у фазу формування стручків; оранку ґрунту на глибину 30-35 см, з утворенням гребенів висотою 14-18 см за переходу середньодобової температури через 0 °С.

7. Встановлено, що рослини міскантусу в перший рік вегетації більше формують підземну масу, а потім надземну. Урожайність сухої біомаси першого року вирощування за внесення K_{60} була низькою і становила – 1,43-2,25 т/га, на другий рік вирощування культури становила – 19,32- 23,73 т/га; найбільшу врожайність сухої біомаси відмічено на третій рік вирощування – 23,74-26,13 т/га і четвертий — 25,64-27,24 т/га.

8. Внесення калійних добрив в дозі K_{60} і K_{120} сприяло підвищенню урожайності сухої маси в порівнянні з контролем без добрив на всіх інших варіантах досліду за щільності садіння 25 тис. шт/га на 9,70 і 10,83 т/га; 20 тис.шт/га — на 9,64 і 10,55 т/га; 15 тис.шт/га — на 9,84 і 11,04 т/га; 10 тис.шт/га — на 8,69 і 9,68 т/га відповідно, а внесення K_{120} забезпечило незначне збільшення маси міскантусу (на 0,91-1,2 т/га сухої біомаси) в порівнянні з K_{60} .

9. Найвищим лінійним ростом в умовах четвертого року вирощування міскантусу були рослини за схемою посадки 0,7 x 1,40 м та внесення K_{120} висота головного пагона рослин сягала 351 см, K_{60} - 346 см і без добрив — 237 см відповідно, що пояснюється рівнем удобрення культури.

10. Встановлено, що найбільший вплив на продуктивність міскантусу гігантського мало внесення калійних добрив та щільність садіння, які забезпечували на четвертий рік його вирощування з внесенням K_{60} за щільності садіння 25 тис. шт/га вихід 27,24 т/га сухої маси і 463,1 Гдж/га теплової енергії, за щільності – 20 тис. шт/га – 26,49 т/га і 450,4 Гдж/га; 15 тис.шт./га – 25,82 т/га і 439,1 Гдж/га, та 10 тис.шт/га – 25,04 т/га і 425,6 Гдж/га відповідно. За осінньої посадки – 25 тис.шт/га енергетична продуктивність складала 28,07 т/га сухої маси і 477,2 Гдж/га.

11. Аналіз економічної ефективності виробництва міскантусу показав, що за різних способів посадки показники собівартості вирощеної продукції та рівень рентабельності були такими: за посадки 25 тис/га і внесенні K_{60} собівартість продукції була на рівні 320,0 грн/т, а рентабельність складала 158%; за посадки 20 тис/га – 301,0 грн/т – 174 % за посадки 15 тис/га – 295,0 грн/т і 180 %; за 10 тис/га ці показники були на рівні 288 грн/т та 186 % відповідно.

12. На ділянках без добрив коефіцієнт енергетичної ефективності знаходився в межах 2,8-3,1 в залежності від щільності садіння, а за внесення K_{60} він збільшувався до 3,7-4,6 і за K_{120} відповідно 3,6-4,4. Кращим способом посадки міскантусу за енергетичними показниками виявився варіант із щільністю садіння 10 тис/га та за внесення K_{60} .

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для збереження родючості та усунення надлишкової мінералізації дренажних карбонатних органогенних ґрунтів із запобіганням забруднення ґрунтових та річкових вод рекомендується створити плантації міскантусу гігантського за технологією вирощування, яка включає: для боротьби з дротяником післяжнивню висівають гірчицю білу з послідуєчим подрібненням у фазу цвітіння та приоруванням біомаси на глибину 30-35 см, з наступною схемою посадки 0,7 x 1,40 м, масою ризомів 50-70 г, восени або навесні за прогрівання ґрунту 5-7⁰С та щорічного внесення в ґрунт К₆₀.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: підруч. для енергет. і еколог. спец. вищих навч. закладів / О. Адаменко та ін. ; ред. В. Льотко ; Інститут менеджменту та економіки, Радомська політехніка (м. Радом). Івано-Франківськ 2000. 255 с.
2. Андрієнко Т. Л. Біорозмаїття боліт України та його охорона. Конвенція про біологічне розмаїття: громадська обізнаність і участь. К.: Стилос, 1997. 154 с.
3. Андрущенко Г. О., Козій Г. В., Красіцький П. Р., Ступаков В. П. Культура боліт. Львів: Вид-во Львівського університету, 1965. 180 с.
4. Алпатьєв С. М. Зрошення і осушення земель. Київ: Урожай, 1971. 320 с.
5. Артеменко В.І. Довідник по використанню осушених земель. Київ: Урожай, 1987. С. 114-127.
6. Балан А.Г. Справочник по освоению и использованию мелиорированных земель. К.: Урожай, 1986. 278 с.
7. Бачуріна Г. Ф. Торфові болота Українського Полісся. К.: Наук. думка, 1964. 207 с.
8. Бережняк Е., Бережняк М., Карпенко М. (2021). Вплив тривалого осушення і сільськогосподарського використання заплави річки Трубіж на агроекологічний стан ґрунтів і довкілля. *SWorldJournal*, 2 (10-02), 6–11. DOI: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2021-10-02-024>
9. Бескровний А. К. Осушений гектар / А.К. Бескровний, М. Г. Цюпа – Київ: Радянська Україна, 1975. – 48 с.
10. Бескровний А. К. Методичні рекомендації по сільськогосподарському використанню осушених земель в колгоспах і радгоспах Української РСР / МСГ УРСР, Південне відділення ВАСГНІЛ. Київ, 1981. 54 с.

11. Безкровный А. К. Агротехнические основы севооборотов на осушенных торфяно-болотных почвах УССР: автореф. дис. на соискание степени доктора. с.-х. наук спец. 06.01.09 / А.К. Безкровный – К.: 1973. – С. 6-22.
12. Беспалов Н. А. Вологість ґрунту як фактор формування врожаю. М.: *Агронаука*, 1978. 192 с.
13. Біленко О. П., Філіпась Л. П. Вплив зволоження на накопичення наземної та підземної біомаси міскантусу гігантського. Матеріали міжнародної наукової конференції «Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування». 27-28 квітня 2023 р, Харків, с. 164-166.
14. Бондар О. І., Коніщук В. В. Онтологія природоохоронних досліджень боліт і торфовищ України. *Агроекол. журн.* 2012. № 2. С. 57-60
15. Божко Л. Ю. Агрометеорологічні основи сільськогосподарських меліорацій: Конспект лекцій. - Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2007, 187 с.
16. Брадїс Є. М. Рослинний покрив боліт УРСР. Рослинність УРСР. Болота. К.: Наук. думка, 1969. С. 34-133.
17. Брадїс Є. М., Бачурїна А. Н. Народногосподарське значення боліт та основні напрямки їх використання. Бачурїна А. Н. К.: Наук. думка, 1969. С. 221-228.
18. Брадїс Є.М. Торфово-болотний фонд УРСР, його районування та використання. – К.: Наукова думка, 1973. – 264 с.
19. Булдей В. Р., Вознюк С. Т. Осушительные мелиорации и охрана природы: учебник. Львов : Вища школа, 1987. 160 с.
20. Булигін С. Ю., Вітвіцький С. В. Агрофізика ґрунту. Підручник. К.: Видавництво, 2021. 315 с.
21. Василенко М., Стадник А., Душко П., Драга М., Кічігіна О., Зацарїнна Ю. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту рослин. *Агроекологічний журнал* 2018. № 1. С. 96-101.

22. Вербицький О. П. Тепловий режим ґрунту та його регулювання в умовах підвищеної вологості. Львів: Видавництво ЛНУ, 2001. 178 с.
23. Вергунов В. А. Міграція біогенних елементів на заплавах ґрунтах Лісостепу. Зб. наук. праць Ін-ту землеробства УААН. Київ, 1999. С. 136-174.
24. Вергунова І. М. Основи математичного моделювання для аналізу та прогнозу агрономічних процесів. Київ: Нора-прінт, 2000. 146 с.
25. Веремеєнко С. І., Стріха В. А., Озерчук А. М. Перспективи використання торфу для відтворення родючості ґрунтів. *Вісник ЖНАЕУ*, 2017, № 1 (58), т. 1. С. 21-29.
26. Вернандер Н. Б., Годлин М. М., Самбур Г. Н., Скорина С. А. Почвы УССР. / Под ред. М. М. Годлина. Киев – Харьков: Госсельхозиздат, 1951. 326 с.
27. Використання торфу та торфових родовищ. Частина 1: Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2007. – 175 с.
28. Вимивання поживних речовин поверхневим і внутрішнім стоками на меліорованих землях / К. П. Терещенко та ін. Львів, 1984. 4 с.
29. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві / за ред. М. К. Шикула. Київ, 1998. 680 с
30. Вирощування біоенергетичних культур / за ред. М. Я. Гументика. Київ: Компринт, 2018. 178 с.
31. Вірьовка В. М., Опанасенко О. Г., Перець С. В. Агроекологічний моніторинг осушуваних органогенних ґрунтів Лівобережного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2020. Том 98. №11. С. 54-61. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202011-07>
32. Вірьовка В. М., Опанасенко О. Г., Перець С. В. Енергетичні – однорічні та багаторічні трав'янисті культури на вилучених з інтенсивного обробітку осушуваних торфових ґрунтах. *Міжвідомчий тематичний збірник «Землеробство»*: Київ: ВП «Едельвейс». 2017. випуск 2 (93). С. 28-34.
33. Вірьовка В. М., Опанасенко О. Г., Перець С. В. Особливості технології вирощування міскантусу гігантського на осушуваних

органогенних ґрунтах Лівобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. Том 97, №8, 2019. С. 60-66. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201908-10>

34. Вірьовка 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>

35. Вірьовка В. М., Перець С. В., Гелевера С. В. Лісові фітоценози на осушуваних органогенних ґрунтах та їхня роль у вуглецевому балансі. with the Proceedings of the 5 th International Scientific and Practical Conference «Scientific Community: Interdisciplinary Research» (May 26-28, 2022). Hamburg, Germany: Busse Verlag GmbH, 2022. 693 p. *Журнал Scientific Collection “Inter Conf”*. Випуск 110. 2022/5/28. С. 511-515.

36. Вірьовка В.М., Опанасенко О. Г., Перець С. В., Тарасенко О. А. Водоспоживання енергетичних культур. *Agricultural sciences science, world vie and modern youth*. 2023/8/8. С.15-19.

37. Водно-болотні угіддя України. Довідник / Під ред. Марушевського Г. Б., Жарук І. С. – К.: Чорноморська програма Ветландс Інтернешнл, 2006. – 312 с.

38. Вознюк С. Т. Науково-практичні аспекти високоефективного використання ґрунтів гумідної зони. України / С. Т. Вознюк, Д. В. Лико, Н. В. Давидова / Водне господарство України: Спецвипуск. – 1997. – С. 11-13.

39. Вознюк С.Т., Perezvolozheni ґрунти та їх меліорація / С. Т. Вознюк, В. О. Оліневич, В. О. Олійник та ін. – К.: 1964. – 104 с.

40. Вознюк С. Т. Про стан окультурення торфових ґрунтів України залежно від строків їх сільськогосподарського використання / С. Т. Вознюк, Ю. Т. Коробченко, Н. М. Скочинська / За високий урожай на осушуваних землях: збірник наук. ст. – К.: Держсільгоспвидав УРСР, 1962. – С. 42-45.

41. Вознюк С. Т., Мошинський В. С., Клименко М. О. та ін. Торфво-земельний ресурс Північно-Західного регіону України : монографія. Рівне : НУВГП, 2017. 116 с.
42. Вознюк С. Т., Трускавецький Р. С. Горин Н. А. Про втрати продуктів мінералізації торфового ґрунту з дренажними водами. *Вісник с.-г. Науки*. Київ. 1968. №1. С. 92-96.
43. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія : монографія; за наук ред. В. В. Волкогона. К. : Аграрна наука, 2010. 464 с.
44. Галастян А. Ш. Ферментативная активность почв Армении / А. Ш. Галастян Ереван.: 1960. – 89 с.
45. Галушка С. Логістика фосфору: як дешево доставити його рослинам. *Superagronom*. 11.04.2024. Режим доступу: <https://superagronom.com/blog/1021-logistika-fosforu-yak-deshevo-dostaviti-yogo-roslinam>
46. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Олійник Є. М. Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні. *Журнал НАН України «Промислова теплотехніка»*, 2013, т. 35, № 5. <https://uabio.org/materials/10308/>
47. Гера О. М. Вплив агротехнічних заходів на біологічну активність осушеного торфовища / Гера О.М. // Зб. наук. праць ННЦ «Інститут землеробства УААН». – К.: ЕКМО, 2008. – Вип. 3 – 4. С. 19-25.
48. Герасименко В. Г., Дегтярьов Ю. В. Вміст азоту, фосфору і калію у чорноземах типових під різними фітоценозами. Збалансоване використання та відтворення родючості ґрунтів в умовах глобальних змін клімату. Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присв. Всесвітньому Дню Ґрунту та 130-річчю заснування кафедри ґрунтознавства ДБТУ, 5–6 грудня 2023 р. / Держ. біотехнологічний ун-т. – Електрон. дані. – Харків, 2023. С. 160-163.

49. Гімбражевський В. Р., Коваленко В. Р., Слюсар І. Т. та інші Сільськогосподарське використання осушених земель гумідної зони України / Методичні рекомендації – К.: Аграрна наука. 2000. 76 с.

50. Гнатенко О. Ф., Капштик М. В., Петренко Л. Р., Вітвицький С. В. Грунтознавство з основами геології : навчальний посібник – К.: Оранта, 2005. – 648 с.

51. Гнатенко О. Ф., Петренко Л. Р., Капштик М. В. Практикум з грунтознавства. – К. : РВЦНАУ, 2002. 230 с.

52. Гордієнко Т. І. Вплив способів поліпшення лукопасовищних угідь на поживний режим осушуваних ґрунтів Лісостепу / Т.І. Гордієнко, Г.В. Левковська, О.П. Соляник // *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»* – К.: ЕКМО, – Вип. 2 – 2008. – С. 21-26.

53. Господаренко Г. М. Агрохімія. Умань, 2018. 560 с.

54. Господаренко, Г. М., Черно О. Д., Нікітіна О. В. Агрохімія калію / За заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 264 с.

55. Господаренко Г. М. Агрохімія мінеральних добрив: – К. Наук. світ, 2003. – 136 с.

56. Готмалк Ю. Ф. Агротехніка сільськогосподарських культур на осушених землях / Ю.Ф. Готмалк. – М.: Колос, 1975 – 70 с.

57. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методика біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів: метод. рекоменд. – Київ: ЗАТ «Нічлава», 2003. 30 с.

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

59. Гументик М. Я., Хіврич О. Б., Квак В. М., Замойський О. І. Ефективність впливу способів захисту від бур'янів на ріст і розвиток рослин міскантусу в умовах західної частини Лісостепу України / Наук. пр. ІБКіЦБ : зб. наук. праць / Ін-т біоенергет. культур і цукр. буряків, Нац. акад. аграр. наук України. К.: ФОП Корзун Д.Ю., 2013. Вип. 19. С.24-27.

60. Дековець В. О., Кулик М. І. Вплив удосконалення елементів технології вирощування на врожайність надземної вегетативної маси міскантусу гігантського. *Аграрні інновації*. 2023 (№ 17). С. 46-53. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.6>

61. Дідур І. М. Гайдай Л. С. Агрохімія. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт для студентів першого бакалаврського освітнього ступеня денної та заочної форми навчання агрономічного факультету з галузі знань 20 – «Аграрні науки та продовольство» спеціальності 206 – «Садово-паркове господарство». Вінницький національний аграрний університети. Вінниця, 2018. 50 с.

62. Дмитренко Д. Г. Проблеми екологічного стану зрошуваних та осушених угідь в Україні // *Агросвіт*. №9. 2011. С. 24-28.

63. Довідник з агрохімічного та агроекологічного стану ґрунтів України; за ред. Б. С. Носка, Б. С. Прістера, М. В. Лободи. — К.: Урожай, 1994. — 330 с.

64. Долін В. Г. Методичні вказівки щодо обліку сільськогосподарських культур. Київ: Урожай, 1975. С. 6-28.

65. Долін В. Г. Методичні вказівки щодо обліку сільськогосподарських шкідників. – Київ: Урожай, 1975. – С. 6-28.

66. 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/vumnu_2017_2.

67. ДСТУ ISO/TS 14256-1:2005. — [Чинний від 2006-10-01]. — К., 2006. — IV, 11 с.

68. Дячук О. та ін.; за заг. Ред. Ю. Огаренка, О. Алієвої. Перехід України на відновлювальну енергетику до 2050 року: звіт за результатами моделювання базового та альтернативних сценаріїв розвитку біоенергетичного сектору. Київ: ТОВ «АРТ КНИГА». 2017. 88 с.

69. Екологія боліт і торфовищ (збірник наукових статей) // головний редактор В. В. Коніщук. – Київ: ДІА, 2012. – 187 с.
70. Єльченко В. А. Методологія та організація польових досліджень в агрономії. Київ: Урожай. (1986). 217 с.
71. *Энерго-Аграр 2016*. Общая информация о мискантусе гигантском. Режим доступу: <https://miscanthus-ukraine.com/o-miskantuse/obshhaya-informatsiya-o-kulture/>
72. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П. та ін. Загальне землеробство / за ред. Єщенко В. О. – К.: Вища школа, 2004. – 336 с.
73. Забалуєв В. О., Петренко Л. Р., Піковська О. В. Практикум з охорони і відновлення родючості ґрунтів. К.: Знання, 2004. 398 с.
74. Забродоцька Л. Ю. Основи агрономії : навч. посіб. Луцьк : Інформ.-вид. відділ Луцького НТУ, 2019. 360 с.
75. Загуральська Л. М. Кристаллоносные микроорганизмы и перспективы их использования / Л. М. Загуральська. – М.: 1967. – 78 с.
76. Задорожній Ю. В. Сільськогосподарська меліорація: курс лекцій / Ю. В. Задорожній. – Миколаїв: МНАУ, 2014 – 76 с.
77. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» від 20 лютого 2003 року (№ 555IV).
78. Закон України «Про енергозбереження» від 01 липня 1994 року (№74/94-ВР).
79. Засульська Т. М., Захарченко І. Г. Ґрунти Київської області. К.: Урожай, 1969. 40 с.
80. Зеров Д. К. Болота УРСР. Рослинність і стратиграфія. – К. : Вид-во АН УРСР, 1938. – 166 с.
81. Зинченко В.А., Яшин М.Н. Энергия мискантуса. *Леспромформ*, 2011. № 6 (80). С. 134-140.
82. Зінченко В. О. Біогеліоенергія – наше енергетичне майбутнє / В. О. Зінченко, В. П. Кусайло // *Пропозиція*. – 2006. – т. 8. – С. 130-132.

83. Зінченко В. О. Міскантус – джерело енергетичної біомаси / В. О. Зінченко // *Новини Агротехніки*. – 2008. – №3(63). – С. 40-41.

84. Зінченко В., Кусайло В., Зінченко О. Міскантус, як альтернативне джерело енергії — наше енергетичне майбутнє. Електронний ресурс. Режим доступу. ©*Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу*. 2008. Режим доступу: <https://propozitsiya.com/ua/miskantus-yak-alternativne-dzherelo-energiyi-nashe-energetichne-maybutnie>

85. Зузук Ф. В., Колошко Л. К., Карпюк З. К. 3-93 Осушені землі Волинської області та їх охорона : монографія / Ф. В. Зузук, Л. К. Колошко, З. К. Карпюк. – Луцьк : Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2012. – 294 с.

86. Івченко А. Болотні масиви України. Вісник Світогляд – 2000. - №4 – с.42-47 <https://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/svitogliad/svit-2009-18-4/svit-2009-18-4-42-ivchenko.pdf>

87. Ільїна О. В. Болотні геокомплекси Волині : монографія / Ільїна О. В., Кукурудза С. І. – Львів: Видавн. Центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. – 242 с.

88. Іуланська Г. О. Ґрунтова мікробіологія: Навчальний посібник. - К.: Арістей, 2006. 284 с.

89. Карта торфових ресурсів України 1 : 500000 / Уклад. Білобловська Н. О., Остапій А. П. Державна геологічна служба ПДРГП “Північгеологія”. 2000.

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

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

92. Кирильчук А. М., Шило Л. Г., Запасний В. С., Стецюк Л. М. Кислотність ґрунтів Київської області. *Вісник НУВГП*. Серія

«Сільськогосподарські науки». Випуск 4 (100) 2022 р. С. 135-149. Режим доступу: <https://visnyk.nuwm.edu.ua/index.php/agri/article/view/1155>

93. Клименко В. Г. Гідрологія України: Навчальний посібник для студентів географів. – Харків:ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2010 . 124 с.

94. Князюк О. В. Вплив агроекологічних факторів і технологічних прийомів на ріст, розвиток і формування продуктивності кукурудзи // *Вісник Білоцерківського державного аграрного університету*. – Біла Церква, 2004. – Вип. 30. – С. 59–65.

95. Коваль С. І. Агроекологічний стан осушуваних торфових ґрунтів та розробка заходів їх збереження і забезпечення високої продуктивності : монографія / С. І. Коваль. – Рівне : НУВГП, 2013. – 168 с.

96. Козловський Б. І. Меліоративний стан осушуваних земель західних областей України: монографія / Б. І. Козловський. – Львів: Євросвіт, 2005. 420 с.

97. Козловський Б. І. Наукові основи моніторингу осушених земель. – Львів: Місіонер, 1995. – 189 с.

98. Коніщук В.В. Класифікація торфових боліт у розвитку і типології геоландшафтів // *Агроекологічний журнал*. №4. 2015. С. 22-31.

99. Кравченко В. П., Герасименко П. І., Порицький Г. О. Меліорація з основами геодезії.-К.: Вища школа, 1983 – 264 с.

100. Кравчук В., Новохацький М., Кожушко М. та ін. На шляху до створення плантацій енергетичних культур / *Техніка та технології АПК*. – 2013. – № 2. – С. 31–35.

101. Кулик Г. А., Семеняка І. М., Малаховська В. О. Методи визначення агрофізичних властивостей ґрунту. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для здобувачів ОПІ 201 «Агрономія» спеціальності 201 «Агрономія» освітнього ступеню «Бакалавр» денної форми навчання // Кропивницький: ЦНТУ, 2023 рік. 55 с.

102. Купчик В. І., Іваніна В. В., Нестеров Г. І. та ін. Ґрунти України : властивості, генезис, менеджмент родючості: навч. посіб.– К. : Кондор, 2007. – 414 с.

103. Кургак В. Г., Віршовка В. М., Опанасенко О. Г. Технології вирощування багаторічних і однорічних енергетичних трав'янистих культур для виготовлення твердих видів палива (паспорт технологій) ННЦ «Інститут землеробства НААН». Чабани, 2018 р. 21 с.

104. Курило В. Л., Ганженко О. М., Гументик М. Я. та ін. Методичні рекомендації з технології вирощування і переробляння міскантусу гігантського. Київ : Компринт, 2016. 40 с.

105. Курило В. Л., Гументик М. Я., Квак В. М. Міскантус - перспективна культура для виробництва біопалива. *Агробіологія*. 2010. № 4 (80). С. 62-66.

106. Кюрчев В. М., Дідур В. А., Грачова Л. І. Альтернативне паливо для енергетики АПК: навч. посібник; за ред. В. А. Дідура. — К.: Аграрна освіта, 2012. — 416 с.

107. Кухарчук П. І., Войтовик М. В. Технологічні аспекти підвищення урожайності зерна кукурудзи// *Агробізнес сьогодні*. – 2006. –№ 11. – С. 18-20.

108. Kharchenko O. V., Petrenko Y. M. Залежність коефіцієнта використання основних елементів живлення з добрив очеретянкою звичайною від рівня удобрення та вмісту їх в осушуваних торфових ґрунтах. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Агрономія і біологія», випуск 9 (30), 2015. С. 142-147.

109. Левківський С. С., Хільчевський В. К. [та ін.] Загальна гідрологія [Текст] : підручник; за ред. С. М. Лісогора. – К. : Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с.

110. Лозовіцький П.С. Водні та хімічні меліорації ґрунтів. Навчальний посібник – К. Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”. 2010. 276 с.

111. Лось Л. В. Вирощування і газифікація біопалив – ефективний шлях вирішення енергетичних і екологічних проблем на прикладі міскантуса гігантеуса / Л. В. Лось, В. О. Зінченко, В. Р. Жайвороновський // *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. Наук.–теор. зб. – 2011. – Т.1, №2(29). – С. 46-58.

112. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Ф50 Фізіологія рослин. /За редакцією професора М. М. Макрушина. Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2006. – 416 с.

113. Макух Я. П. Контролювання бур'янів у агрофітоценозах міскантусу гіганського. Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва: матер. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 90-річчю від дня народж. проф. Наумова Г. Ф. та 80-річчю заснування кафедри генетики, селекції та насінництва (23–24 жовтня 2017 р., м. Харків). Харків, 2017. С. 22-225.

114. Малиновський Б. Міскантус: секрети вирощування від найдосвідченіших. *Головний журнал з агробізнесу Пропозиція*. 17 квітня 2018. Режим доступу: <https://propozitsiya.com/ua/miskantus-sekrety-vyrashchivaniya-biotopliva-ot-samyh-opytnyh>

115. Малкіна В. М., Зінов'єва О.Г. Математична статистика в агрономії, Практикум. – Мелітополь: Люкс, 2021. – 130 с.

116. Медведовський О. К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві / О. К. Медведовський, П. І. Іваненко. Київ: вид-во. Урожай, 1988. 208 с.

117. Меліорація та облаштування Українського Полісся: [колективна монографія] / за ред. д.с-г.н., професора, акад. НААН Я. М. Гадзала, д.т.н., професора, член-кор. НААН В. А. Сташука, д.т.н., професора А. М. Рокочинського. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. – Т.2. – 854 с.

118. Мельник, В. П. Водний режим органічних ґрунтів та його регулювання. Київ: Урожай, 1992. – 198 с.

119. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Методи визначення показників якості рослинницької продукції. – К.:, 2000. Вип. 7. 144 с.
120. Микитюк І. О. Роль осушення у підвищенні родючості органогенних ґрунтів. Львів: Видавництво ЛНУ, 1983. – 165 с.
121. Міскантус як поновлюваний ресурс (Miscanthus als Nachwachsender Rohstoff - Ergebnisse aus bayerischen Forschungsarbeiten - Dr. Maendy Fritz (TFZ) * Beate Formowitz (TFZ). Berichte aus dem TFZ 18 Straubing, Oktober 2009. С. 156-170).
122. Мошинський В. С., Солодка Т. М. Моніторинг осушувальних земель: біологічно-індикаційний підхід. Монографія. Рівне: НУВГП, 2018 р. 220 с.
123. Назаренко І. І., Смага І. С., Пальчишина С. С., Черлінка В. Р. Землеробство та меліорація [Підручник] /Чернівці: Книги XXI, 2006. 543 с. Землеробство на осушених землях. К.: Урожай, 1990.
124. Недільська У. І. Ріст, розвиток і продуктивність міскантусу гігантського. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. Випуск 31. 2019. С. 15-22. Режим доступу: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/959163>
125. Нецик М. Валовий хімічний склад торфових ґрунтів Малого Полісся [Текст] / М. Нецик // *Вісник Львівського національного університету*. Серія географічна. – 2013. – Вип. 44. – С. 244–249.
126. Носко Б. С, Прістер Б. С, Лобода М. 15. та ін. Довідник з агрохімічного і агроекологічного стану ґрунтів України. К.: Урожай, 1994. 336 с.
127. Образова О. А., Скорочинська Н. М., Коробченко Ю. Т., Мікробіологічні та фізико-хімічні властивості низинних торфово-болотних ґрунтів України та зміна їх під впливом окультурення. Український науково-дослідний інститут ґрунтознавства. К.: Урожай 1989. С. 28-33.

128. Овчаренко, В. О. Фізіологічні основи водного режиму рослин. Львів: Видавництво ЛНУ, 1994. – 160 с.
129. 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.
130. Опанасенко О. Г. Технологічні аспекти вирощування міскантусу гігантського в умовах осушуваних органогенних ґрунтів Північного Лісостепу України. V Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур» 21 квітня 2021 р. Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла.
131. Опанасенко О. Г., Тарасенко О. А., Перець С. В., Бебех Ю. М. Технологія формування бобово-злакових смугових агрофітоценозів в органічному лукувництві на осушуваних органогенних ґрунтах Лівобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. Том 102 № 4. 2024. С. 22-28. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202404-03>
132. Осадчук В.Д., Семенчук В.Г., Гунчак Т.І., Сандуляк Т.М. Продуктивність міскантусу залежно від площі живлення в умовах Лісостепу західного. *Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб.* 2018. Вип. 64. С. 128–133.
133. Патент на корисну модель 127596 Україна МПК А01В 79/02 (2006.01). Агротехнічний в поєднанні з біологічним спосіб боротьби з дротяником. /Заявник і власник патенту Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН» заявлено 19.03.2018; Опубл. 10.08.2018, Бюл. №15.
134. Перець С. В. Вплив агротехнічного та біологічного способів боротьби з Коваликом смугастим на продуктивність міскантусу гігантського. Матеріали X міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Поєднання науки, освіти, практичного виробництва

справедливого продажу якісної органічної продукції», 12 вересня 2019 р., ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ. ТОВ «Твори». 2019. С. 247-250.

135. Перець С. В. Вплив строків, маси ризомів та глибини їх садіння на ріст та приживлюваність міскантусу гігантського. Матеріали науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Наукові основи ефективного розвитку галузі землеробства та використання земельно-ресурсного потенціалу України», 1-3 листопада 2016 р., ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ. ВП «Едельвейс». 2016. С. 78-80.

136. Перець С. В. Міскантус гігантський – перспективи вирощування на енергетичні цілі в умовах осушуваних торфових ґрунтів Лісостепу. III-я Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Науково-інноваційний супровід збалансованого природокористування» присвяченій пам'яті професора С. Т. Вознюка та 95-річчю з Дня народження, 29-30 вересня 2022 року Національний університет водного господарства та природокористування. Рівне. НУВГП. 2023. С. 96-97.

137. Перець С. В. Особливості вирощування міскантусу гігантського на органогенних ґрунтах. Матеріали науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Актуальні проблеми та інновації в сучасному землеробстві» (до 100-річчя Національної академії аграрних наук України), 20-22 листопада 2018 р., ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ. ВП «Едельвейс». 2018. С. 28-29.

138. Перець С. В., Гелевера С. В. Спосіб боротьби з дротяником на торф'яному ґрунті при закладанні енергетичних плантацій. Матеріали науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Наукові основи ефективного розвитку галузі землеробства та використання земельно-ресурсного потенціалу України», 22 листопада 2017 р., ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ. ВП «Едельвейс». 2017. С. 42-44.

139. Підоплічко О. П. Технічні властивості основних видів торфів УРСР / О. П. Підоплічко // Праці Укрінсторфу. – 1938. – Вип. V.

140. Позняк С.П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів : підручник. У двох частинах. Ч. 1 / С. П. Позняк. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 270 с.
141. Позняк С. П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів: підручник /С. П. Позняк. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. Ч. 2. 270 с.
142. Полупан М. І., Соловей В. Б., Величко В. А. Класифікація ґрунтів України: за ред. М.І. Полупана. К.: Аграрна наука. 2005. 300 с.
143. Прістер Б. С. Підвищення родючості і охорона осушених земель / Б. С. Прістер, Р. С. Трускавецький, М. М. Мостовий та ін. // Довідник. – К.: Урожай, 1993. – 136 с.
144. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року — Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність. Розпорядження КМУ ґ 605-р від 18 серпня 2017 р.
145. Рахметов Д. Б. Міскантус в Україні: інтродукція, біологія, біоенергетика / Д. Б. Рахметов, Т. О. Щербакова, С. Д. Рахметов – К.: Фітосоціоцентр, 2015. – 158 с.
146. 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.
147. Рижок С. М., Слюсар І. Т. Агроекологічні основи ефективного використання осушених ґрунтів Полісся і Лісостепу України. Київ, 2006. 424 с.
148. Розпорядження Кабінету міністрів України «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року» від 21 квітня 2023 р. № 373-р.
149. Роїк М. В. Енергетичні культури для виробництва біопалива. Наукові праці Полтавської аграрної академії. Енергозбереження та альтернативні джерела енергії: проблеми і шляхи їх вирішення. Полтава, 2010. Т7 (26). С. 12-17.

150. Роїк М. В., Сінченко В. М., Пиркін В. І., Квак В. М., та ін. Міскантус в Україні: Монографія. К. ФОП Ямчинський О. В. 2019. 256 с.
151. Романов В. В. Эффективность пастбищного содержания скота / В. В. Романов // Кормопроизводство. – К.: Урожай, 1999. – № 1. – С 12 – 13.
152. Ромащенко М. І., Балюк С. А. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення. – К. : Видавництво «Світ», 2000. – 114 с.
153. Рябцева Г. П., Иванушка П. И. Формирование водного и гидрохимического режимов осушаемых территорий Полесья и их оптимизации в процессе освоения. Комплексное использование мелиорируемых земель. Киев, 1986. С. 28–34.
154. Саблук В. Т., Грищенко О. М., Смірних В. М., Педос В. П., Суслик Л. О., Квак В. М. Шкідники міскантусу гігантського. Міскантус в Україні: монографія / [М. В. Роїк, В. М. Сінченко та ін.]. К.: ФОП Ямчинський О.В, 2019. С. 159-172.
155. Саблук В. Т., Грищенко О. М., Смірних В. М., Педос В. П. Шкідники біоенергетичних культур. Новітні агротехнології: теорія та практика: тези міжнародн. науково-практичної конф. ІБКіЦБ. Вінниця: Нілан-ЛТД. 2017. С. 144-145.
156. Саблук В. Т., Сінченко В. М., Грищенко О. М., Запольська Н. М., Шендрик К. М., Смірних В. М., Педос В. П., Суслик Л. О., Ворожко С. П., Тищенко М. В. Рекомендації з технології захисту сільськогосподарських та біоенергетичних культур від шкідників та хвороб. К.: ІБКіЦБ, 2019. 28 с.
157. Сало Л.В. Вміст рухомого фосфору та ступінь його рухомості залежно від застосування фосфорних добрив на торфових низинних ґрунтах / Л.В. Сало // Агрохімія і ґрунтознавство. — 2009. — Вип. 70. — С. 179-183.
158. Серета Н. І. Вимоги с/г культур до водного режиму на осушених торфо-болотних ґрунтах / Н.І. Серета // Збір. наукових праць: За високий урожай на осушених землях. – К.: Держсільгоспвидав, 1962. – С. 55- 66.

159. Скрипніченко С. В. Еволюція торфового ґрунту під впливом осушення та сільськогосподарського використання / С. В. Скрипніченко // Меліорація і водне господарство. - К., 2002. - Вип. 88.- С. 101-104.

160. Скрипніченко С. В., Скиба Г. В. Зміна водно-фізичних властивостей осушуваних торфових ґрунтів під впливом антропогенних факторів. ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії, №3, 2016. С. 28-31. <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2016/03/8.pdf>

161. Слюсар І. Т. Вплив мінеральних добрив і польового періоду на продуктивність багаторічних трав у сівозмінах на осушуваних органогенних ґрунтах / І. Т. Слюсар, М. І. Денисенко, С. О. Ткачук // Зб. Наукових праць Інституту землеробства УААН. – Київ.: Урожай, 1996. – Вип. 2. – С. 16-22.

162. Слюсар. І. Т. Вплив сільськогосподарського використання на родючість торфо-болотних ґрунтів / І. Т. Слюсар // Агрохімія і ґрунтознавство. – К.: Урожай. – 1983. Вип. 46. – С. 56-60.

163. Слюсар І. Т. Корми з осушеного гектара / І. Т. Слюсар, М. І. Штакал, М. К. Царенко. – К.: Аграрна наука, 1998. – С. 166-168.

164. Слюсар І. Т. Особливості системи землеробства на осушуваних землях гумідної зони України: проблеми, шляхи вирішення – Житомир. Державний екологічний університет, 2005. С. 38-42

165. Слюсар І. Т. Охорона органогенних ґрунтів та навколишнього середовища при сільськогосподарському використанні осушуваних заплавлених земель / І. Т. Слюсар, В. А. Вергунов // Землеробство. К.: Урожай. 1994. Вип. 69. С. 70-74.

166. Слюсар І. Т. Продуктивність багаторічних травосумішок у травопільних сівозмінах на торфових ґрунтах Полісся / І. Т. Слюсар, О. М. Гера // Зб. наук. праць ННЦ «Інститут землеробства УААН». – К.: ЕКМО, 2010. – Вип. 1. – С. 19-25.

167. Слюсар І. Т. Проміжні посіви кормових культур і поживний режим осушених торфових ґрунтів / І. Т. Слюсар, І. П. Бурба, Л. О. Теплинська // Вісник с.-х. науки. – Київ.: 1984. – № 9. – С. 25-27.

168. Слюсар І. Т. Фосфорно-калійний режим торфових ґрунтів Полісся / І. Т. Слюсар, О. П. Соляник, О. М. Гера, В. О. Сербенюк, Л. О. Різник // *Зб. наук. праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. – К.: ЕКМО, 2009. – Вип. 4. – С. 17-23.

169. Слюсар І. Т., Левковська Г. В. Сільськогосподарське використання осушених органічних ґрунтів. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН»*. К. 2008. Вип. 1. С. 34–40.

170. Слюсар І. Т., Соляник О. П., Віршовка В. М. Гера О. М., Сербенюк В. О., Ткачов В. О. Методичні рекомендації з технології вирощування енергетичних культур на осушуваних органічних ґрунтах – К.: «Компринт», 2015. 27 с.

171. Стариков Х. М. Вирощування сільськогосподарських культур на осушених землях / Х. М. Стариков, М. М. Мостовий. – К. : Вид-во «Урожай», 1969. – 159 с.

172. Стариков Х. М. Характеристика торфових ґрунтів та їх зміни внаслідок меліорації / Х. М. Стариков, М. П. Подоляка // Підвищення врожайності сільськогосподарських культур на торфовищах. – Київ, 1968. – С. 12-26.

173. Стельмах, С. М. Осушення торфових земель: Агротехнічні заходи. Київ: Урожай, 1985. – 189 с.

174. Стецюк М. Г., Зосимчук М. Д. Рациональне сільськогосподарське використання осушуваних торфових ґрунтів Західного Полісся. Меліорація та облаштування Українського Полісся: [колективна монографія] Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. – Т.2 С. 155-193.

175. Сучасний стан, основні проблеми водних меліорацій та шляхи їх вирішення; за ред. П. І. Коваленка, К.: Аграрна наука, 2001. 214 с.

176. Тараріко Ю. О., Іваненко О. О., Бердніков О. М. та ін. Сучасні технології відтворення родючості ґрунтів та підвищення продуктивності агроєкосистем. К.: Аграрна наука, 2004. 126 с.

177. Тимофеев, С. М. Теплопровідність та вологоємність ґрунтів. Київ: Наукова думка, 1976. – 145 с.
178. Тихоненко Д. Г., Бачуріна А. Н., Дегтярьов В. В., Щуковський М. А. та ін. Геологія з основами мінералогії: навч. Посіб. за ред. д-ра с.-г. наук, проф. Д. Г. Тихоненка. – Київ: Вища освіта, 2003. – 287 с.
179. Томашівський З. М. Ефективність фосфорно-калійних добрив при вирощуванні багаторічних трав на низинних торфовищах Західного Лісостепу УРСР / З. М. Томашівський, Е. І. Щепанкевич, З. О. Царик // *Вісник с.-г. науки*. – К.: 1981. – № 8. – 38-40.
180. Томашівський З. М. Характеристика перезвожених та заболочених земель. Ефективне використання осушених земель західних областей України. Львів, 1977. С. 8–19.
181. Томашівський З. М., Коник Г. С. Наукові основи системи землеробства в західному регіоні України (текст): монографія [за наук. ред. Томашівського З. М.]. Львів : СПОЛОМ, 2020. 286 с.
182. Торфовища України (статистичний довідник). – Київ : Українська філія Інсторфу, 1930. – 116 с. – (Центральний науково-дослідчий інститут торфової промисловості).
183. Троцький О. В., Ковалевич М. К. Агротехніка лучних трав на осушених торфових ґрунтах заплави р. Супій. Осушення та освоєння заплавної землі Лісостепу УРСР. Київ, 1964. С. 85-105.
184. Трускавецький Р. С. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції / Р. С. Трускавецький. – Х.: Нове слово, 2003. – 225 с.
185. Трускавецький Р. С. Система агроекологічного моніторингу торфових земель. Методичні рекомендації – Х.: Нове слово, 1995. 39 с.
186. Трускавецький Р. С. Торфові ґрунти і торфовища України / Р. С. Трускавецький. – Х. : «Міськдрук», 2010. – 278 с.
187. Трускавецький Р. С., Зубковська В. В., Хижняк І. М. Роль гідроморфізму в родючості ґрунтів. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58 (I). С. 199-211.

188. Трускавецький Р. С., Шматок В. І. Особливості ґрунтового покриву в гумідній зоні та напрямки його використання. Сучасний стан, основні проблеми водних меліорацій та шляхи їх вирішення. Київ: Аграрна наука, 2001. С. 161–164
189. Тюленев М. О. Використання заплавних земель та шляхи підвищення їх родючості / М. О. Тюленев. – М. – К.: Облсільгоспуправління, 1953. – 36 с.
190. Тюленев М. О. Освоєння Поліської низовини – справа великого народногосподарського значення / М. О. Тюленев // *Вісник АН УРСР*. – 1954б. – № 9 (214).
191. Тюленев М. О. Осушення та освоєння боліт і заболочених земель. Київ, 1952. 88 с.
192. Тюленев М. О. Перспективи використання осушених боліт в заплавах приміської зони Києва / М. О. Тюленев // *Вісник АН УРСР*. – 1954а. – №7 (212).
193. Філон В. І. Вплив різних форм мінеральних добрив на органічну речовину ґрунтів / В.І.Філон // *Вісник аграрної науки*. – 1998. – № 8. – С. 5-9.
194. Хотиненко О. М. Ґрунти, їх класифікація і номенклатура. Методичні рекомендації. Миколаївський національний аграрний університет. 2015. 87 с.
195. Ціпоренко О. Л. Вплив площі живлення на біометричні показники міскантусу (*Miscanthus*) в умовах зони Полісся України / О. Л. Ціпоренко // Матер. наук. конф. «Біологічні ресурси і новітні біотехнології виробництва біопалив». – К.: Фітосоціоцентр. – 2014. – С. 60-62.
- 196.. Цюпа М. Г. Землеробство на осушених землях / М. Г. Цюпа, В. С. Бистріцький, І. Т. Слюсар та ін. – К.: Урожай, 1990. 184 с.
197. Чорний С. Г. Основи агрономічної хімії: навчальний посібник / С.Г. Чорний. – Миколаїв: МНАУ, 2020. – 284 с.
198. Чорний С. Г. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник/ С. Г. Чорний. – Миколаїв: МНАУ, 2018. – 233 с.

199. Шаповал П. Міскантус – перспективи і проблеми. *Всеукраїнський аграрний журнал «Агроеліта»*. 05.06.2022. Режим доступу <https://agroelita.info/miskantus-perspektyvy-i-problemy/>
200. Шевченко В. П. Удобрение лугов и пастбищ на мелиорируемых землях / В. П. Шевченко. – К.: УСХА. – 1979. – 64 с.
201. Шевченко, І. М. Вплив вологості на агротехнічні властивості ґрунтів. Харків: Видавництво ХНУ, 1992. – 175 с.
202. Шевченко Н. Н. Особенности земледелия на мелирированных землях Полесья Украины / Н. Н. Шевченко, Д. В. Лико, Н. А. Клименко. – К.: 1992. – 176 с.
203. Шевченко Н. Н. Теоретические и технологические основы осушаемо-мелиоративного земледелия / Н. Н. Шевченко, В. П. Шевченко, Н. Г. Городний. – К.: Наукова думка, 1976. – 326 с.
204. Шейко М. К. Влияние калийных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур и агрохимические показатели торфяных почв р. Супой / М. К. Шейко // автореф. дис. на соискание ступеня канд. с.-х. наук. спец. 06.01.02 – К., 1970. – 26 с.
205. Шейко М. К. Характеристика торфових ґрунтів. Осушення та освоєння заплавної землі Лісостепу УРСР. Київ, 1964. С. 6-8.
206. Шейко М. К., Теплинський М. Г. Ефективність застосування добрив під однорічні кормові культури на торфових ґрунтах. Землеробство. 1981. № 55. С. 35–38
207. Штакал М.І., Штакал В.М. Теоретичні основи лучного кормовиробництва на осушених торфовищах: монографія; за науковою редакцією доктора сільськогосподарських наук Штакала М.І. – Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. – 184 с.
208. Ягольник О. О. (2022). Міскантус витримав удар і виграв перший раунд в Україні. Біоенергетика, (2), 18-24. Режим доступу: <http://be.bio.gov.ua/article/view/253944>

209. Якість ґрунту. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод : ДСТУ ISO 11465-2001 [чинний від 2003-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2001. 10 с.

210. Anderson JPE (1982). Soil respiration. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (eds) *Methods of soil analysis, part 2*. Am Soc Agron, Soil Sci Soc Am, Madison, Wisconsin, pp. 831-871.

211. Anderson E., Arundale R., Maughan M., Olandeinde A., Wycislo A., Voigt T. (2011). Growth and agronomy of *Miscanthus giganteus* for biomass production. *Biofuels*. Vol. 2(1). 71–87. <https://doi.org/10.4155/bfs.10.80>

212. Annual Statistical Report on the contribution of biomass to the energy system in the EU 27, *AEBIOM*, 2011. Режим доступу: <http://ru.scribd.com/doc/73012151/2011-AEBIOM-Annual-Statistical-Report>

213. Barry Caslin. *Miscanthus best Practice Guidelines* / Barry Caslin, Dr. John Finnan, Dr. Lindsay Easson. - 2011. – 50 p.

214. Beale C. V., Morison J. I. L., Long S. P. Water use efficiency of C4 perennial grasses in a temperate climate. *Agricultural and Forest Meteorology*. 1999. Vol. 96, Iss. 1–3. P. 103–115. doi: 10.1016/S0168-1923(99)00042-8

215. Biomass Crop Assistance Program [Proposed BCAP Giant *Miscanthus* (*Miscanthus X giganteus*) Establishment and Production in Arkansas, Missouri, Ohio, and Pennsylvania]. – USDA: Farm Service Agency, 2011. – 190 p.

216. Burke W. (1975). Fertilizer and other chemical losses in drainage water from blanket bog // *Irish. I. Agric. Res.* – Vol.14. – N2. – P. 163-178

217. Davis J. F. (1959). Organic soils, their formation, distribution, utilization and management / J. F. Davis, R. E. Lucas. – «Mich. Agr. Exp. Sta. Spec. Bull.», 1959. – 425 p.

218. Department of Trade and Industry (DTI) 2003a. B/CR/00783/GUIDELINES/GRASSES URN 03/882 Grasses for energy production. *Hydrological guidelines*. 15 p.

219. Deuter M. Breeding approaches to improvement of yield and quality in *Miscanthus* grown in Europe / Deuter M., Lewandowski I., Clifton-Brown J.,

Eds C. European Miscanthus improvement-Final Report, September 2000. Stuttgart: Institute of Crop Production and Grassland Research, University of Hohenheim, p. 28–52.

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

221. Cantliffe D.J. Nitrate accumulation in greenhouse vegetable crops / D.J. Cantliffe, S.C. Phatak // *Canadian Journal of Plant Science.* – 1974, v. 54. – N 4. – p. 738-788.

222. Clifton-Brown J. Performance of 15 Miscanthus genotypes at five sites in Europe / Clifton-Brown J., Lewandowski I., Andersson B. et al. // *Agronomy Journal.* – 2001. – 93. – P. 1013-1019.

223. Clifton-Brown, J. C., & Lewandowski, I. Water use efficiency and biomass partitioning of three different Miscanthus genotypes with limited and unlimited water supply. *Annals of Botany*, 2000, 86 (1), p. 191-200.

224. Clifton-Brown J.C., Lewandowski I., Andersen B., Nash G., Christian D.G., Kjeldsen J.K., Jørgensen U., Mortensen J.V., Riche A.B., Schwarz K.U., Tayebi K., Teixeira F.: 2001. Performance of 15 Miscanthus genotypes at five sites in Europe. *Agron. J.*, 93, 1013-1019.

225. Charman, D. J. *Peatlands and Environmental Change.* – Chichester: John Wiley & Sons, 2002. – 292 p.

226. Chramiec-Głąbik. (2012). Cytogenetic analysis of *Miscanthus x giganteus* and its parent forms / Andrzej Chramiec-Głąbik, Aleksandra Grabowska-Joachimciak, Elwira Sliwinska, Justyna Legutko et al. // *Caryologia.* – 2012. – P. 234.

227. Christian, D. G., & Haase, E. Agronomic practices for growing *Miscanthus x giganteus* successfully in Europe. *Biomass and Bioenergy*, 2001, 20(1), 1-5.

228. Egner H., Riehm H., Domingo W., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes

der Böden. II. Chemische Extraktions- methoden zur Phosphor- und Kalium Bestimmung. Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler. 26, 199–215.

229. Ernst Häfliger. Grass Weeds 1 / Ernst Häfliger Basel & Hildemar Scholz – Berlin: Documenta CIBA – GEIGY Ltd., 1980. 142 p.

230. Fisher R.A. Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.

231. Global peat resources (1998). UNESCO. International Peat Society. Geological Survey of Finlande. 370 p.

232. Grey P. H., Microbiology / P. H. Grey, R. H Wallace. – Canad. J.: 1957, N 2. – 123 p.

233. Heuvelen B. (1960). Soil formation in organic soils / B. Heuvelen, A. Van Jongerius, L. J. Pons. // Trans. 7 th Intern. Congr., «Soil Sci.» (Madison, Wia), 4. – P. 195–204.

234. Hnyeushev V. (2000). Peat in the Ukraine. Reflection on the Threshold of a New Millennium. //Peatland International.– №1.– C. 54-57.

235. Holden, J., & Burt, T. P. Peatland Hydrology and Carbon Release: Why Small-Scale Process Matters. Philosophical Transactions of the Royal Society A, 2003, 363(1837), 2891-2913.

236. Jackson, M. L. Chemical Weathering of Minerals in Soils / M. L. Jackson and G. D. Sherman // Advances in Agronomy. – 1953. – № 5. – P. 219-318

237. Jeżowski S.: 1999. Miskant chiński (*Miscanthus sinensis* (Thum) Anderson) – źródło odnawialnych surowców dla Polski. Zeszyty Probl. Post. Nauk Rol. z. 468, 159-166.

238. Ka Yeon Lee, Lili Zhang, Geung-Joo Lee. Botanical and germinating characteristics of *Miscanthus* species native to Korea. // Horticulture, Environment, and Biotechnology.– 2012. – F 53.– P. 49-54.

239. Kuster E. Microbiologia Espania / E. Kuster. – Madrid.: 1963. – N 1. – 119 p.

240. Lal, R., & Shukla, M. K. Principles of Soil Physics. – New York: Marcel Dekker, 2004. P. 736. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203021231>
241. Lewandowski I. (2000). Miscanthus: European experience with a novel energy crop / I. Lewandowski, J. C. Clifton-Brown, J. M. O. Scurlock, W. Huisman // *Biomass & Bioenergy*. – 2000. – Vol. 19, N 4. – P. 210-217.
242. Lewandowski I. Propagation method as an important factor in the growth and development of Miscanthus species with potential for agricultural use // *Industrial Crops and Products*. – 1999. – N 8. – P.229-245.
243. Maciak P. Intensywnosc rozkladu torfu niskiego pod wplywem dodatku roznych skladnikow organicznych i mineralnych // *Roczniki glebosnawcze*. 1971. Vol.1(1). P. 139-151.
244. McKervey Z., Woods V. B., Eason D. L. (2008). Miscanthus as an energy crop its potential for Northern Ireland. [publication NO. 8]. Hillsborough: AFBI Hillsborough, 80 p.
245. Michael B. Jones. (2001). Miscanthus for energy and fibre. Michael B. Jones, Mary Walsh. London: Earthscan, 192 p.
246. Miscanthus (*Miscanthus x giganteus*) for Biofuel Production. Режим доступа: <https://farm-energy.extension.org/miscanthus-miscanthus-x-giganteus-for-biofuel-production/>
247. Miscanthus sinensis Giganteus. Produktion, Inhaltsstoffe und Verwertung / [Frühwirth P., Liebhard P., Graf A. und and.]. – Oberösterreich, 2005. – 65 s.
248. Planting miscanthus for biomass - contractor shows how it's done / Andrew Collings. – Режим доступа: <http://www.fwi.co.uk/Articles/2008/03/11/109731/planting-miscanthusfor-biomass>.
249. Pude R. Uprawa i zbiory trzciny Miscanthus w Europie / R. Pude // Polsko-Niemiecka Konferencja na temat wykorzystania trzciny chińskiej (Polczyn Zdoj, 27-29 września 2000). – Polczyn Zdoj, 2000. – P. 11–25.
250. Pyter R. (2007). Giant miscanthus: Biomass crop for Illinois / Pyter R., Voigt T., Heaton E., Dohleman F. and Long S. // Proc. Sixth National Symposium. Issues in New Crops and New Uses In: Issues in New Crops and New Uses. P. 39-42.

251. Rawald W/Ztb. Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hugiene / W. Rawald. – 1970. – N 4 P. – 46 – 50.

252. Rydin, H., Jeglum, J.K. and Hooijer, A. (2006) *The Biology of Peatlands*. Oxford University Press, Oxford. 382 p.
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198528722.001.0001>

253. Slyusar I. T., Serbenyuk V. O., Solianik O. P., Tarasenko O. A. Environmental protection and efficient methods of using drained organic soils using different methods of calculating mineral fertilizer application. *Agriculture and plant sciences: theory and practice* No. 3 (2022) P. 26-39.
DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2022.03.03>

254. Slyusar I. T., Solyanik O. P., Serbenyuk V. O., Zadubinna E.V., Perets S. V. Energy crops safe cultivation on drained organic soils. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Volume 11. Issue 1. P. 415-418. doi: 10.15421/2021_60
Режим доступу: <https://www.ujecology.com/articles/energy-crops-safe-cultivation-on-drained-organic-soils.pdf>

255. *Soil Microbiology and Biochemistry*, Second Edition. By E. A. Paul and F. E. Clark, San Diego: Academic Press (1996), pp. 340

256. Stevenson, F. J. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. – New York: Wiley, 1994, 512 p.

257. Stevenson, F.J., Cole M.A. *Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*. – New York: Wiley, 1999. 448 p.

258. Tinplant Biotechnik und Pflanzenvermehrung GmbH. Режим доступу: www.tinplant-gmbh.de

259. What Is Giant Miscanthus? Режим доступу: <http://homeguides.sfgate.com/giant-miscanthus-74644.html>

260. Uticaj NPK-dubriva na process kontaminacije drenaznih voda / Н. Pesulovit. – *Vodoprivreda.*: 1982. – v. 14, N 4/5. – P. 261 – 266.

ДОДАТКИ

Додаток А

**Урожайність міскантусу та вихід енергії залежно від щільності садіння
та добрив, т/га., 2016 р.**

Щільність садіння	Добрива	Урожайність по повтор. (зелена маса)				Урожайність по повтор. (суха речовина)				Вихід енергії ГДж/га
		I	II	III	середнє	I	II	III	середнє	
25 тис/га	без добрив	4,6	4,9	5,8	5,1	1,29	1,37	1,62	1,42	24,1
	K ₆₀	5,5	6,7	6,9	6,4	1,94	2,36	2,43	2,25	38,8
	K ₁₂₀	6,4	7,0	7,4	6,8	2,29	2,50	2,64	2,43	42,2
20 тис/га	без добрив	4,2	3,8	4,5	4,2	1,26	1,14	1,35	1,26	21,4
	K ₆₀	4,7	5,0	5,7	5,1	1,86	1,98	2,25	2,02	34,3
	K ₁₂₀	5,6	6,0	6,7	5,9	2,17	2,32	2,60	2,28	38,7
15 тис/га	без добрив	3,8	4,2	3,7	3,9	1,23	1,36	1,20	1,27	21,5
	K ₆₀	4,7	4,8	4,4	4,6	1,51	1,54	1,41	1,48	25,1
	K ₁₂₀	5,3	5,6	4,8	5,2	1,54	1,63	1,40	1,51	25,6
10 тис/га	без добрив	3,9	3,7	3,2	3,6	1,25	1,18	1,02	1,15	19,5
	K ₆₀	4,5	4,8	4,1	4,4	1,46	1,55	1,33	1,43	24,3
	K ₁₂₀	4,8	4,9	4,4	4,7	1,57	1,60	1,44	1,54	26,2
20т/га внесен. гербіц.	K ₆₀	3,8	4,6	4,2	4,2	1,35	1,63	1,49	1,49	25,3
посадка восени 25тис/га	K ₆₀	6,9	7,4	7,7	7,3	2,95	3,17	3,30	3,13	53,1
НІР05		За добривами 0,47 За схемою 0,40 Загальне 0,83				За добривами 0,17 За схемою 0,15 Загальне 0,30				

Додаток Б

Урожайність міскантусу та вихід енергії залежно від щільності садіння та добрив, т/га., 2017р.

Щільність садіння	Удобрення	Урожайність зеленої маси за повтореннями				Урожайність сухої речовини за повтореннями				Вихід енергії ГДж/га
		I	II	III	середнє	I	II	III	середнє	
25 тис/га	без добрив	40,3	37,4	42,9	40,2	17,3	16,0	18,4	17,3	293,3
	K ₆₀	49,6	52,5	55,7	52,6	22,4	23,7	25,1	23,7	403,4
	K ₁₂₀	53,1	58,2	54,6	55,3	23,1	25,4	23,8	24,1	409,7
20 тис/га	без добрив	36,2	37,6	38,8	37,5	15,8	16,4	16,9	16,3	227,8
	K ₆₀	47,8	45,7	49,0	47,5	21,6	20,6	22,1	21,4	364,3
	K ₁₂₀	46,1	48,4	50,3	48,3	22,3	23,4	24,4	23,4	397,1
15 тис/га	без добрив	32,3	30,2	31,6	31,4	14,7	13,8	14,4	14,3	243,4
	K ₆₀	40,4	42,5	38,2	40,4	18,4	19,4	17,4	18,4	313,5
	K ₁₂₀	38,1	43,1	42,6	41,3	19,7	22,3	21,8	21,1	359,2
10 тис/га	без добрив	27,1	24,7	26,8	26,2	13,7	12,5	13,6	13,3	225,4
	K ₆₀	36,6	37,6	39,5	37,9	18,7	19,2	20,2	19,3	328,4
	K ₁₂₀	37,7	41,2	36,3	38,4	19,7	21,5	18,9	20,0	328,4
20т/га внесення гербіциду.	K ₆₀	39,0	37,8	35,1	37,3	19,0	18,3	17,3	18,1	307,2
посадка восени 25 тис/га	K ₆₀	50,5	53,4	51,6	51,8	23,8	25,1	24,3	24,4	414,6
НІР ₀₅		за добривами 3,82 за схемою посадки 1,95 Загальне 7,8				за добривами 0,59 за схемою посадки 0,45 Загальне 1,76				

Динаміка наростання зеленої маси міскантусу, т/га 2018 р.

Щільність садіння	Удобрення	Урожайність зеленої маси, т/га					
		1	2	3	4	5	6
		11.06	10.07	10.08	10.09	10.10	10.11
25 тис/га	без добрив	15,5	25,9	49,7	50,8	43,8	34,0
	K ₆₀	22,9	39,6	57,5	63,1	61,3	48,2
	K ₁₂₀	30,3	45,6	68,4	74,1	72,4	51,8
20 тис/га	без добрив	16,1	24,5	47,6	49,1	43,2	30,2
	K ₆₀	17,6	33,2	58,0	59,2	55,2	43,7
	K ₁₂₀	25,2	44,8	62,6	65,0	59,9	44,6
15 тис/га	без добрив	13,0	18,9	38,2	42,0	36,2	31,3
	K ₆₀	16,5	33,7	52,2	57,6	56,3	45,1
	K ₁₂₀	24,4	42,43	56,0	65,8	64,7	49,5
10 тис/га	без добрив	12,0	20,6	36,3	40,2	35,9	31,7
	K ₆₀	18,2	31,9	46,0	61,5	57,7	45,7
	K ₁₂₀	22,0	40,2	47,1	66,0	58,4	47,5
20 тис/га внесення гербіцид.	без добрив	*	*	*	*	*	*
	K ₆₀	21,4	34,6	48,2	68,2	51,7	40,0
	K ₁₂₀	*	*	*	*	*	*
посадка восени 25 тис/га	без добрив	*	*	*	*	*	*
	K ₆₀	27,0	42,9	49,5	67,9	63,9	43,5
	K ₁₂₀	*	*	*	*	*	*

Примітка: *—не досліджували

Динаміка наростання зеленої маси міскантусу, т/га 2019р.

Щільність садіння	Удобрення	Урожайність зеленої маси, т/га					
		1	2	3	4	5	6
		11.06	10.07	10.08	12.09	11.10	10.11
25 тис/га	Без добрив	16,6	27,4	39,5	43,2	40,6	35,4
	K ₆₀	23,6	41,4	59,2	66,2	61,5	53,1
	K ₁₂₀	29,4	48,8	66,8	70,1	65,4	55,9
20 тис/га	Без добрив	15,3	25,6	31,2	37,7	33,2	31,4
	K ₆₀	19,7	35,2	60,7	69,0	59,2	48,6
	K ₁₂₀	26,5	42,3	64,8	71,2	64,9	54,8
15 тис/га	Без добрив	15,0	24,9	32,3	35,0	33,0	31,0
	K ₆₀	18,5	37,8	51,4	59,5	52,5	47,2
	K ₁₂₀	25,6	41,3	55,9	62,2	55,8	59,0
10 тис/га	Без добрив	14,2	23,5	35,8	40,7	36,9	33,2
	K ₆₀	19,1	38,0	50,0	58,5	56,4	55,9
	K ₁₂₀	24,0	41,3	57,5	68,2	63,4	57,0
20 тис/га внесення гербіцид. агелон	Без добрив	*	*	*	*	*	*
	K ₆₀	22,6	35,4	58,3	65,2	61,0	56,3
	K ₁₂₀	*	*	*	*	*	*
посадка восени 25 тис/га	Без добрив	*	*	*	*	*	*
	K ₆₀	21,0	43,2	61,5	71,6	66,4	58,7
	K ₁₂₀	*	*	*	*	*	*

Примітка: *—не досліджували

Додаток Д

**Урожайність міскантусу за 4 роки досліджень (т/га)
2016 – 2019 рр**

Щільність садіння	Удобрення	Урожайність по роках досліджень. (зелена маса)				Урожайність по роках досліджень. (суха речовина)				Вихід сухої біомаси в сумі за 4 роки
		2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	
посадка навесні										
25 тис/га	без добрив	5,1	40,2	50,8	43,2	1,42	17,25	18,96	17,54	55,19
	K ₆₀	6,4	52,6	63,1	66,2	2,25	23,73	26,13	27,24	79,35
	K ₁₂₀	6,8	55,3	74,1	70,1	2,43	24,10	27,44	28,37	82,34
20 тис/га	без добрив	4,2	37,5	44,1	37,7	1,26	16,34	18,23	16,85	52,68
	K ₆₀	5,1	47,5	59,2	69,0	2,02	21,43	23,08	26,49	73,02
	K ₁₂₀	5,9	48,3	59,9	71,2	2,28	23,35	26,37	27,40	79,38
15 тис/га	без добрив	3,9	31,4	42,0	35,0	1,27	14,31	16,59	15,98	48,15
	K ₆₀	4,6	40,4	57,6	59,5	1,48	18,44	24,88	25,82	70,69
	K ₁₂₀	5,2	41,3	73,8	62,2	1,51	21,13	26,51	27,02	76,17
10 тис/га	без добрив	3,6	26,2	40,2	40,7	1,15	13,26	16,42	16,35	47,18
	K ₆₀	4,4	37,9	61,5	58,5	1,43	19,32	23,74	25,04	69,53
	K ₁₂₀	4,7	38,4	56,0	68,2	1,54	20,03	24,91	26,13	72,86
20т/га внесен. гербіц.	K ₆₀	4,2	37,3	68,3	65,2	1,49	18,07	23,26	21,57	64,39
посадка восени 25тис/га	K ₆₀	7,3	51,8	67,9	71,6	3,13	24,39	27,11	28,07	82,70

Затверджую
 Директор Панфільської ДС ННЦ
 «ІЗ НААН»
 Вірвонка В.М.
 « » жовтня 2019 р.

Затверджую
 Директор МП «Супій»
 Ткачов О.І.
 « » жовтня 2019 р.

АКТ

апробації, виробничої перевірки рекомендованих елементів технології вирощування міскантусу по тематиці дослідження 16.00.03.24 П Панфільської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН»

У 2019 році в МП «Супій» Яготинського району Київської області проведено виробничу перевірку ефективності застосування елементів технології вирощування міскантусу гігантського.

За результатами виробничої перевірки застосування рекомендованих технологічних процесів, зокрема технології вирощування міскантусу: садіння ризомів 50-70 г. на глибину 10-12 см, з густиною 10 тис. шт/га та внесення K_{60} , на третій рік вегетації вихід зеленої маси складав -61,0 т/га, сухої біомаси -25,3 т/га і теплової енергії 430,1 ГДж/га.

Економічні показники вирощування міскантусу гігантського були такими: собівартість вирощеної продукції -376,5 грн/т. і рентабельність 119,2%.

Відповідальні за проведення виробничої перевірки:

Від МП «Супій»
 Директор
 О.І. Ткачов

Від Панфільської ДС ННЦ «ІЗ
 НААН»
 Зав. лабораторії Панфільської дослідної
 станції к.с.-г. наук
 О.Г. Опанасенко
 Науковий співробітник
 С.В. Перець

ЗАТВЕРЖУЮ:



Директор ДП ДГ Панфільської
дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН»
М.А. Коваленко
« 7 » вересня 2018р.

АКТ

Впровадження наукової розробки

лабораторії «Технологія вирощування сільськогосподарських та енергетичних культур» Панфільської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» способу боротьби з дротяником на посівах соняшнику.

Ми, що нижче підписалися, представники ДП ДГ Панфільської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» - провідний агроном В.І. Гопкало, головний бухгалтер Н.Й. Ільєнко з одного боку і представники лабораторії технологія вирощування сільськогосподарських та енергетичних культур Панфільської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» - завідувач лабораторії, канд., с.-г. наук О.Г. Опанасенко, науковий співробітник лабораторії С.В. Перець з другого боку, склали даний акт про впровадження у виробництво наукових досліджень за темою: Агротехнічний в поєднанні з біологічним способом боротьби з дротяником. Дане дослідження було впроваджене в посівах соняшника.

Термін виконання 2018р.

Площа, на якій проведено впровадження – 10 га.

В результаті впровадження встановлено: підвищення рівня врожайності соняшника на 11%, в порівнянні з контролем.

Провідний агроном
Головний бухгалтер
Завідувач лабораторії
Науковий співробітник

Гопкало В.І.
Ільєнко Н.Й.
Опанасенко О.Г.
Перець С.В.