

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ, СЕЛЕКЦІЇ ТА
ЕКОЛОГІЇ

Кафедра селекції, насінництва і генетики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «**Вихід та якість біомаси енергетичних культур у бінарних
посівах**»

Виконав: здобувач вищої освіти
за ОПП Еколого-економічне
рослинництво
спеціальності 201 Агрономія
ступеня вищої освіти магістр
заочної форми навчання
Ратушний А.С.

Керівник: Максим КУЛИК, доктор
сільськогосподарських наук, професор

Рецензент: Єремко Людмила, кандидат
сільськогосподарських наук, старший
науковий співробітник

Полтава – 2024 року

ЗМІСТ

Загальна характеристика роботи	3
РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ВИРОЩУВАННЯ (огляд літератури)	5
1.1. Формування врожайності енергокультур залежно від умов вирощування	17
1.2. Вплив способу сівби й вирощування на врожайність біомаси енергетичних культур	
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
2.1. Ботанічна характеристика енергетичних культур.....	24
2.2. Адаптивні та екологічні особливості енергетичних культур.....	34
РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	40
3.1. Характеристика місця проведення досліджень	40
3.2. Програма і методика досліджень	45
3.3. Характеристика сортів квасолі	47
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	51
4.1. Мінливість структури фітоценозу залежно від способу вирощування енергетичних культур.....	51
4.2. Урожайність та вихід біомаси у енергетичних культур залежно від виду посіву	53
4.3. Якість біомаси енергетичних культур.....	57
4.4. Економічна ефективність виробництва біомаси енергетичних культур.....	59
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА	
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	63
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	66
ДОДАТКИ	72
Анотація	

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Актуальність вивчення урожайності та виходу біомаси у енергетичних культур обумовлена важливістю цих культур в сільському господарстві, її високим потенціалом продуктивності та енергетичною цінністю. Біомаса енергокультур використовується переважно як сировина для виробництва біопалива. Також вона застосовується для тваринництва та одержання продуктів з доданою вартістю (біопластик, папір, картон). Рослини енергокультур мають здатність добре адаптуватися до стресових кліматичних умов, таких як посуха та високі температури. Високий потенціал продуктивності енергетичних культур мають здатність до формування високої врожайності завдяки добрій адаптації до різних кліматичних умов, особливо в посушливих регіонах.

Вирощування енергетичних культур, таких як міскантус, світчграс, сорго, та менш поширені енергокультури, у бінарних посівах набуває актуальності на сьогодні. Це обумовлено реаліями необхідності забезпечення енергетичної безпеки та зменшення залежності від викопних палив нашої країни. Ці культури слугують основою для виробництва біопалива, що сприяє зниженню викидів парникових газів і відкривають можливість переходу до «зеленої» енергетики.

Бінарні посіви дозволяють оптимізувати використання земельних ресурсів та підвищити ефективність агроєкосистеми. Спільне вирощування енергетичних культур з іншими культурами на одній площі сприяє кращому використанню вологи, світла та поживних речовин. Як наслідок вони сприяють збереженню ґрунтів, зниженню ерозії та підвищенню біорізноманіття.

Енергетичні культури в бінарних посівах демонструють високу стійкість до стресових умов, таких як посуха чи перепади температур (завдяки мікроклімату посівів). Це важливо в умовах глобальних змін клімату. Окрім цього, бінарні посіви можуть забезпечувати вищу продуктивність біомаси, ніж

монокультурні посіви. Взаємодія культур часто сприяє синергетичному ефекту, підвищуючи врожайність кожної культури.

Поєднання різних культур знижує витрати на агротехнічні заходи, підвищує рентабельність вирощування та забезпечує стабільний дохід для аграріїв.

Таким чином, дослідження в сфері біоенергетики, що стосуються т удосконалення технології вирощування енергетичних культур є актуальним. Адже збільшення врожайності біомаси й обсягів її дозволить забезпечити споживачів дешевою енергією. Це однозначно сприятиме покращенню економічної ефективності вирощування енергокультур та сталому розвитку територіальних громад.

Мета і завдання дослідження. *Мета дослідження* – встановити врожайність та обсяг біомаси енергокультур залежно від способу вирощування рослинних компонентів у фітоценозі.

Відповідно мети роботи завдання полягали у:

- визначенні мінливості структури фітоценозу енергетичних культур;
- встановити урожайність та обсяг біомаси енергетичних культур;
- визначити якість біомаси енергетичних культур;
- визначити економічну результативності виробництва біомаси енергетичних культур.

Програма досліджень включала вивчення енергетичних культур за за врожайністю та виходом рослинної біомаси

Об'єкт досліджень – рівень врожайності та обсяг біомаси енергетичних культур.

Предмет досліджень – рослини енергетичних культур, продуктивність, якість біомаси.

Методи досліджень. Під час виконання дослідження застосовували методикку дослід справи в агрономії, затверджені наукові рекомендації щодо польових та лабораторних досліджень в агрономії. Аналізування та

проведення математичної обробки отриманих даних проводили за допомогою методів математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів. Дослідження бінарних посівів енергетичних культур є новим підходом до підвищення продуктивності їх біомаси. Застосування сучасних моделей дозволяє оцінити взаємодію культур, наприклад, таких як: міскантус, свічграс чи соргові культури впливають один на одного в умовах обмежених ресурсів. Це сприяє розробці більш точних прогнозів і рекомендацій щодо оптимального поєднання культур у фітоценозі. Окрім цього, вивчення синергетичного ефекту між енергетичними культурами може підвищувати продуктивність їх біомаси.

Наукова новизна роботи полягає й у вивченні адаптивних властивостей бінарних посівів енергокультур на зміну кліматичних умов. Такого плану дослідження розкривають закономірності поєднання енергетичних культур на площі та підвищення їх стійкості до стресових умов вегетації.

Наукова новизна полягає у проведенні економічної оцінки бінарних посівів, що включає аналіз витрат, рентабельності та економічної віддачі для аграрних підприємств, що має суттєве значення для розвитку агропромислового комплексу.

Особистий внесок здобувача. Здобувач самостійно спланував схему експерименту, провів лабораторні та польові дослідження, здійснив аналіз отриманих результатів, сформулював висновків та рекомендацій.

Апробація результатів роботи. Участь у міжнародній науковій конференції: Іщенко Т., Ратушний А., Барвінко О. Біологічні особливості та врожайність енергетичних культур у сумісних посівах. SPC “Sci-conf.com.ua”, Lviv, Ukraine. 2024. С. 40-44 (див. Дод. А).

Структура та обсяг роботи. Робота містить основного тексту – 51 с., 5 таблиць, 17 рисунків та додатки. Структурні складові роботи містять: загальну характеристику роботи, 6 змістовних розділів, висновки та пропозиції виробництву, 72 використаних літературних джерел.

РОЗДІЛ 1
ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР
ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ВИРОЩУВАННЯ
(огляд літератури)

1.1. Формування врожайності енергокультур залежно від умов вирощування

Енергетичні культури, такі як міскантус, сорго, верба, тополя та світчграс, на сьогодні є важливими джерелами біомаси для виробництва енергії. Ефективність їх вирощування значною мірою залежить від вибору технології, яка включає правильний підбір сорту, агротехнічні прийоми, норми висіву, системи удобрення та зрошення.

Міскантус (*Miscanthus spp.*) показує високу врожайність у різних кліматичних умовах завдяки своїй адаптивності. Дослідження свідчать, що оптимальні врожаї біомаси досягаються при щільності висіву 12-15 тис. рослин на гектар із застосуванням органо-мінеральних добрив.

Світчграс, просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.) – багаторічна трав'яниста рослина, що має високий коефіцієнт кущення та висоту стеблостою. Рослини посухостійкі та здатні формувати високу врожайність на різних за родючості ґрунтах.

Сорго (*Sorghum spp.*) є одним із перспективних видів для біоенергетики завдяки високій продуктивності навіть у посушливих умовах. Рослини цього роду є однорічні: сорго цукрове та багаторічне (сорго чорне).

Верба та тополя (*Salix spp.*, *Populus spp.*) – деревні енергокультури, ефективні для довготривалого використання на маргінальних землях. Застосування інтенсивної обрізки дозволяє стабільно отримувати біомасу через кожні 3-5 років [2].

Висока продуктивність енергетичних культур залежить не лише від природно-кліматичних умов, але й від елементів технології вирощування [3].

Оптимальне використання азотних добрив є ключовим фактором для підвищення продуктивності енергорослин. Наприклад, для міскантусу рекомендовано вносити 60-80 кг N/га на рік [4, 5].

Для трав'янистих культур, таких як світчграс, оптимальною є густина 10-12 тис. рослин на гектар. Застосування вискоєфективних сівалок і збиральної техніки мінімізує втрати біомаси. Ефективне зрошення підвищує врожайність енергокультур у 1,5-2 рази. Особливо це стосується сорго та міскантусу у посушливих регіонах [6].

Застосування сучасних технологій вирощування може значно знизити витрати на вирощування та збільшити рентабельність отриманої біомаси енергокультур. Водночас біомаса є стабільним джерелом доходу для аграріїв, оскільки попит на неї постійно зростає [7]. Що також стосується й деревних енергокультур – верби енергетичної [8].

Світчграс (*Panicum virgatum*) є перспективною енергетичною культурою завдяки високій продуктивності біомаси, стійкості до посухи, а також адаптації до різних типів ґрунтів. Вивчення впливу елементів технології вирощування на врожайність світчграсу є актуальним у контексті глобального попиту на поновлювані джерела енергії[9].

Оптимальна щільність посіву світчграсу залежить від типу ґрунту і погодних умов. Дослідження вказують на досягнення найкращих результатів при сівбі 6-8 кг насіння на гектар. Оптимальна густина посіву забезпечує високу врожайність біомаси, але може знижувати якість фуражу через погіршення структури рослин [10].

Ефективне використання азотних добрив має вирішальне значення для енергокультур. Внесення 50-150 кг/га азоту може підвищити врожайність світчграсу на 30-50%. Надмірне удобрення, однак, призводить до деградації ґрунту і підвищення витрати [11].

Світчграс має високу посухостійкість, але в умовах дефіциту вологи врожайність значно знижується. Тому, оптимізація водного режиму має

важливе значення для цієї культури, особливо на етапах проростання насіння та початкових періодах росту й розвитку рослин [12].

Застосування мінімальної обробки ґрунту знижує витрати на вирощування та сприяє збереженню органічної речовини в ґрунті. Однак для важких ґрунтів може бути необхідний глибокий обробіток для забезпечення гарного старту рослин [13].

Світчґрас можна вирощувати в монокультурі, але включення його в у сумісні посіви з іншими енергетичними культурами, наприклад, сорго, сприяє зниженню ризику хвороб та деградації ґрунту [14].

Світчґрас є універсальною культурою для вирощування як на родючих, так і на деградованих землях. Його врожайність може значно варіюватися залежно від щільності висіву, рівня удобрення, способів обробки ґрунту і режиму зрошення. Ефективне поєднання технологічних прийомів дозволяє отримати врожайність до 20 т/га біомаси [15].

Густота посіву є одним з найважливіших факторів, що впливають на врожайність проса прутоподібного. Як показали дослідження, оптимальна густота посіву світчґрасу варіює в межах 3-5 млн. рослин на гектар. При надмірній щільності постерігається зниження врожайності через конкуренцію між рослинами за поживні речовини, світло та вологу [16].

Внесення добрив впливає на продуктивність культури. Особливо важливим є оптимальний баланс між азотними та фосфорними добривами. Високі дози азоту можуть призвести до збільшення зеленої маси, але при цьому негативно впливають на розвиток зерна, що може знизити його врожайність. Фосфорні добрива сприяють кращому розвитку кореневої системи та збільшують врожайність [17].

Просо є посухостійкою культурою, але в умовах дефіциту вологи його врожайність суттєво знижується. Застосування краплинного зрошення в періоди активного росту дозволяє значно покращити врожайність, особливо в сухих регіонах [18].

Вибір методів обробітку ґрунту має значний вплив на врожайність проса. Глибокий обробіток забезпечує краще розкриття ґрунту і доступність води для кореневої системи. Застосування мінімальної обробки ґрунту дозволяє зберігати вологу в ґрунті та знижує витрати на обробіток [19].

Вибір сортів проса також має важливе значення для досягнення високої врожайності. Виведення нових сортів, стійких до хвороб і посухи, дозволяє збільшити врожайність, зберігаючи стійкість до стресових умов [20].

Технологія вирощування проса прутоподібного включає оптимізацію кількох елементів: щільності посіву, системи удобрення, режиму зрошення та методів обробітку ґрунту. Удосконалення цих аспектів дозволяє значно підвищити врожайність культури. Крім того, гібридизація і розвиток нових сортів дозволяють поліпшити продуктивність при змінних кліматичних умовах [21].

Міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*) є перспективною енергетичною культурою, яка здобула популярність завдяки своїй високій продуктивності біомаси та потенціалу для використання у виробництві біоенергії. Технологія вирощування є одним з ключових факторів, що визначають ефективність цієї культури, оскільки вона впливає на ріст, розвиток та врожайність міскантусу [22].

Ґрунтова підготовка є важливим аспектом за вирощування міскантусу. Як показують дослідження, культура краще росте на добре дренованих, багатих органічними речовинами ґрунтах. Внесення органічних та мінеральних добрив сприяє підвищенню продуктивності. Підготовка ґрунту, зокрема глибоке рихлення, покращує доступність води та поживних речовин для кореневої системи міскантусу, що позитивно впливає на врожайність [23].

Щільність посіву та відстань між рослинами є важливими для ефективного використання площі та забезпечення оптимальних умов для розвитку кожної рослини. Встановлено, що підвищена щільність посадки може призвести до зменшення врожайності через конкуренцію між рослинами за світло, воду та поживні речовини. Оптимальна відстань між рослинами

варіюється залежно від регіону та технології вирощування, але зазвичай вона знаходиться в межах 45-100 см [24].

Міскантус гігантський є досить посухостійкою культурою, але наявність достатньої кількості вологи в періоди активного росту є важливим чинником для досягнення високої врожайності. Дослідження показали, що на зрошуваних полях врожайність може збільшуватися на 30-50% порівняно з умовами, де відсутнє зрошення [25].

Правильне використання добрив сприяє зростанню рослин і підвищує їх стійкість до стресів. Внесення азотних добрив значно збільшує біомасу, але важливо дотримуватися оптимальних норм, оскільки надмірне внесення азоту може негативно вплинути на врожайність через засолення ґрунту та інші проблеми. Також значну роль відіграє застосування калійних та фосфорних добрив, що покращують якість та стійкість рослин [26].

Міскантус є досить стійким до хвороб і шкідників, проте іноді виявляються проблеми з деякими видами інфекцій, особливо в умовах вологого клімату. Для підтримки високих врожаїв необхідно впроваджувати профілактичні заходи та обробки рослин для запобігання хворобам, які можуть знизити продуктивність культури [27].

Технологія вирощування міскантусу гігантського значною мірою визначає його продуктивність. Правильний вибір агротехнічних заходів, таких як підготовка ґрунту, щільність посіву, водний режим, удобрення та боротьба зі шкідниками, може забезпечити високі врожаї біомаси. Потрібно враховувати місцеві умови, оскільки технологія вирощування має варіюватися в залежності від клімату та ґрунтових характеристик [28].

Sorghastrum nutans (L.) Nash, або південна сорго, є багаторічною трав'яною рослиною, що має важливе значення в аграрному секторі, зокрема для виробництва біомаси, кормів та покращення родючості ґрунтів. Для досягнення оптимальної врожайності цієї культури необхідно враховувати численні умови її вирощування [29].

Кліматичні умови, зокрема температура і кількість опадів, значно впливають на продуктивність *Sorghastrum nutans*. Дослідження показують, що ця культура віддає перевагу теплим кліматом з помірною кількістю опадів. Найкращі врожаї отримують при помірних температурах (20-30°C) та середньому рівні опадів, оскільки рослина має низьку посухостійкість, але хорошу стійкість до високих температур [30].

Ґрунтова родючість і структура також є важливими факторами, що визначають врожайність цієї рослини. Найкращі врожаї спостерігаються на добре дренованих ґрунтах з помірною кислотністю (рН 6.0-7.0). На важких, погано дренованих ґрунтах врожайність знижується через ризик застою води та недостатнє постачання кисню кореням [31].

Оптимальне внесення добрив забезпечує хороші результати в плані врожайності. Азотні добрива, як і для інших трав, важливі для стимулювання росту *Sorghastrum nutans*, однак надмірне внесення може призвести до відмирання коренів та зниження стійкості до посухи. Також важливими є калій і фосфор, які підвищують стійкість рослин до стресів [32].

Технологія вирощування *Sorghastrum nutans* включає правильну підготовку ґрунту, управління водними ресурсами та застосування агрономічних заходів, таких як оптимальний посівний матеріал, щільність посіву і контроль за бур'янами. У деяких випадках, покращення структури ґрунту через мінімальний обробіток допомагає зберегти вологу в ґрунті та покращити умови для росту рослин [33].

Різні умови вирощування (температура, вологість, вид добрив) можуть суттєво змінювати рівень біомаси, що збирається з одного гектару. Загалом, оптимальні агротехнічні заходи дозволяють досягати врожайності до 10-15 тон сухої біомаси з гектара на рік в умовах, коли культура має доступ до достатньої кількості води та поживних елементів [34].

Врожайність соргових культур залежить від багатьох факторів, зокрема кліматичних умов, типу ґрунту, системи добрив та загальної технології вирощування. Для досягнення високої продуктивності необхідно зважати на

усі ці умови та адаптувати технології вирощування відповідно до специфіки кожного регіону [35, 36].

Рослини *Andropogon gerardii* (гірка тростина) та *Sorghum alatum* (алюм тростинний) є важливими трав'яними культурами, які застосовуються для виробництва біомаси, кормів, а також як складова частина сільськогосподарських систем, спрямованих на покращення якості ґрунтів та збереження біорізноманіття. Вивчення впливу умов вирощування на врожайність цих видів є важливим для оптимізації їх використання в аграрному секторі.

Кліматичні умови мають значний вплив на врожайність *Andropogon gerardii* та *Sorghum alatum*. Для обох культур характерна висока теплостійкість, проте оптимальні температурні умови для росту варіюються в залежності від виду. *Andropogon gerardii* має кращі результати при середньорічних температурах від 20 до 30°C, тоді як *Sorghum alatum* може витримувати як високі температури, так і стресові умови, наприклад, короткочасні засухи [37, 38].

Ґрунтова структура та родючість суттєво визначають врожайність обох культур. *Andropogon gerardii* віддає перевагу добре дренованим ґрунтам з помірною кислотністю (рН 6.0-7.5), однак добре росте також на бідних ґрунтах за умови наявності достатнього вмісту органічних речовин. Водночас, *Sorghum alatum* виявляє кращі результати на більш важких ґрунтах з високим вмістом вологи, що дозволяє максимізувати біомасу в умовах помірного або достатнього зволоження [39, 40].

Внесення органічних добрив та мінеральних добавок суттєво підвищує врожайність як *Andropogon gerardii*, так і *Sorghum alatum*. Азотні добрива сприяють активному росту та збільшенню маси рослин, однак надлишок азоту може призвести до зниження стійкості рослин до посухи, особливо у *Sorghum alatum*. Більш стійкими до таких умов є системи з комбінованим внесенням органічних та мінеральних добрив [41, 42].

Як і для багатьох інших трав'яних культур, водний режим є важливим чинником для досягнення високої врожайності *Andropogon gerardii* та *Sorghum alatum*. Для обох видів важливим є достатнє зволоження, однак *Sorghum alatum* більш стійкий до посухи, що робить його придатним для вирощування в районах з обмеженим водопостачанням [43, 44].

Агрономічні практики, зокрема правильний вибір часу посіву, глибини посіву та щільності посівів, впливають на врожайність обох культур. *Sorghum alatum* може потребувати ширших міжрядь для забезпечення оптимального розвитку кореневої системи в умовах конкурентного зростання, в той час як *Andropogon gerardii* можна вирощувати за щільнішою схемою посіву, що дозволяє досягти високої біомаси на одиницю площі [45, 46].

Вирощування *Andropogon gerardii* та *Sorghum alatum* потребує ретельного підбору умов середовища, ґрунту, зрошення та внесення добрив для максимізації врожайності. Врахування цих факторів дозволить значно підвищити ефективність вирощування цих культур як для біомаси, так і для кормових цілей [47].

1.2. Вплив способу сівби й вирощування на врожайність біомаси енергетичних культур

Вирощування енергетичних культур для виробництва біомаси є важливим напрямом сільського господарства, зокрема для виробництва відновлювальних джерел енергії. До основних енергетичних культур, які використовуються для цієї мети, відносяться *Miscanthus giganteus* (міскантус гігантський), *Switchgrass* (світчґрас), *Sorghum bicolor* (сорго), *Andropogon gerardii* (гірка тростина) та інші. Спосіб сівби та агротехнологія мають значний вплив на їх продуктивність та врожайність біомаси [48].

Способи сівби можуть суттєво змінювати структуру посівів, а отже й біологічну продуктивність. Традиційний рядковий спосіб сівби забезпечує рівномірний розподіл насіння, що дозволяє зберігати оптимальну відстань між

рослинами для росту та розвитку. Водночас широкорядкові методи можуть знижувати конкуренцію між рослинами, покращуючи доступ до сонячного світла та зменшуючи витрати води, що позитивно впливає на врожайність.

Правильний вибір технології вирощування значною мірою визначає кількість та якість біомаси, яку можна отримати з енергетичних культур. Внесення добрив, зокрема органічних, є одним з основних факторів, що впливає на ростові процеси рослин, сприяючи збільшенню їх біомаси. Дослідження показали, що застосування органічних добрив у поєднанні з мінеральними може підвищити врожайність до 20% у порівнянні з традиційними методами.

Інтеграція нових підходів до вирощування енергетичних культур, таких як агроекологічні практики, може суттєво покращити ефективність використання земельних ресурсів. Останнім часом особливу увагу приділяють поліпшенню стійкості рослин до екстремальних погодних умов, таким як посуха або надмірні опади. Для цього застосовують покращені методи сівби, інтеграцію різних культур (бінарні посіви), а також технології збереження вологи в ґрунт [49, 50].

Для енергетичних культур, особливо таких як *Sorghum bicolor* та *Miscanthus giganteus*, кліматичні умови є визначальними. Змінюваність клімату, зміни в зразках опадів та температури можуть значно впливати на загальний обсяг біомаси. Проте, рослини, такі як *Miscanthus* та *Switchgrass*, здатні адаптуватися до різних кліматичних умов і продовжують демонструвати хороші результати навіть у менш сприятливих районах [51, 52].

Спосіб сівби та технологія вирощування енергетичних культур мають суттєвий вплив на врожайність біомаси. Застосування оптимальних агрономічних практик, включаючи правильну густоту сівби, внесення добрив і зрошення, а також інтеграція екологічних підходів, дозволяє досягти високих результатів. Врахування специфічних вимог до ґрунту та клімату дозволяє максимізувати ефективність вирощування енергетичних культур в різних регіонах [53].

У вирощуванні енергетичних культур, таких як *Miscanthus giganteus*, *Switchgrass*, *Sorghum bicolor* та інших, ключовим фактором є правильний вибір агротехнології та способу сівби. Ці методи мають величезний вплив на врожайність, особливо в контексті біомаси, що використовується для виробництва біоенергії.

Способи сівби в значній мірі визначають структуру посівів та забезпечення рослин необхідними умовами для росту. Рядкові схеми сівби часто забезпечують оптимальну відстань між рослинами, що дозволяє краще використовувати сонячну енергію та вологу. У той же час, широкорядні методи сівби можуть знижувати конкуренцію між рослинами, покращуючи доступ до ресурсів і сприяючи збільшенню біомаси.

Рядковий метод найбільш популярний спосіб сівби, що забезпечує рівномірне розташування рослин і зменшує конкуренцію за світло та воду.

Широкорядковий метод застосовується для культур, які потребують простору для зростання, наприклад, *Miscanthus* або *Switchgrass*, де рослини використовують більшу площу для розвитку кореневої системи та надземної біомаси [54, 55].

Агротехнологія охоплює не тільки способи сівби, але й численні інші фактори, такі як обробіток ґрунту, внесення добрив, зрошення, а також управління шкідниками та хворобами. Для енергетичних культур важливо забезпечити оптимальне живлення та вологозабезпечення рослин. Особливо це актуально при зміні клімат умов.

Енергетичні культури мають різні адаптаційні можливості до зміни кліматичних умов. Рослини, такі як *Switchgrass* і *Miscanthus*, добре адаптуються до різних кліматичних умов, включаючи посушливі й жаркі регіони. Однак, для досягнення високої врожайності необхідно враховувати конкретні потреби кожної культури, зокрема щодо температури, вологості та типу ґрунту.

Наприклад, *Miscanthus* може адаптуватися до різних кліматичних умов, зокрема до більш посушливих регіонів, що робить його ідеальним кандидатом для вирощування на біомасу в умовах зміни клімату [56, 57].

Належний обробіток ґрунту є важливим аспектом для вирощування енергетичних культур, оскільки він впливає на структуру ґрунту, доступність води і поживних речовин. Метод обробітку ґрунту залежить від типу ґрунту та культур, що вирощуються. Також важливим є правильний вибір сівозміни для уникнення виснаження ґрунтів.

Вибір обраної агротехнології та способу сівби має вирішальний вплив на врожайність біомаси енергетичних культур. Оптимальні методи включають правильне управління густотою посівів, належну агротехніку, зрошення та внесення добрив. Оскільки енергетичні культури відрізняються вимогами до умов вирощування, адаптація технологій до локальних кліматичних умов може забезпечити високі показники продуктивності [58].

Бінарні та змішані посіви стають популярними у контексті вирощування енергетичних культур завдяки своїй здатності підвищувати біомасу, знижувати ризики для екосистем та покращувати стійкість агроекосистем до змін клімату. Ці системи сівби поєднують два або більше видів рослин, які ростуть разом, взаємодіючи між собою та допомагаючи забезпечити оптимальне використання ресурсів [59-60].

Підвищення врожайності біомаси: Бінарні та змішані посіви енергетичних культур часто дають вищий рівень біомаси порівняно з монокультурами. Це зумовлено різними екологічними нішами, які займають різні рослини, та їхньою здатністю взаємно покращувати умови для росту.

Управління біорізноманіттям: Комбінація рослин з різними характеристиками може знизити вплив шкідників та хвороб, а також забезпечити більш сталий розвиток агроекосистем.

Покращення ефективності використання ресурсів: Змішані посіви можуть допомогти зменшити витрати на добрива та водозабезпечення,

оскільки рослини з різними потребами у воді та поживних речовинах можуть більш ефективно використовувати доступні ресурси.

Miscanthus giganteus та *Switchgrass* — два основних види енергетичних культур, які часто використовуються в змішаних посівах завдяки їхній стійкості до різних кліматичних умов і здатності давати високу біомасу. Вони можуть доповнювати один одного в системах бінарного посіву, коли одна культура (наприклад, *Miscanthus*) займає високу зону, а інша (*Switchgrass*) — низьку.

Sorghum та *Sorghastrum nutans* є ще одними рослинами, які можуть бути ефективно використані в змішаних посівах для підвищення врожайності біомаси.

Змішані посіви забезпечують більш високу стабільність у виробництві біомаси, зменшують ерозію ґрунтів та покращують структуру ґрунту. У зв'язку з підвищенням потреби в енергії з біомаси, використання таких посівів є економічно вигідним, оскільки дозволяє знизити витрати на обробіток та збір урожаю.

Недоліки та виклики змішаних посівів.

- *Конкуренція між культурами:* Якщо рослини в змішаних посівах мають схожі вимоги до світла, води чи поживних речовин, це може призвести до конкуренції, яка знизить загальну продуктивність.
- *Ускладнення в управлінні:* Вибір оптимальних сортів і технологій вирощування для змішаних посівів може бути складним, оскільки необхідно враховувати не тільки агрономічні, але й економічні та екологічні аспекти.
- *Системи комбінованого вирощування:* Дослідження показали, що комбіновані посіви, які включають енергетичні культури разом з кормовими або лікарськими рослинами, можуть збільшити врожайність на одиницю площі і поліпшити якість ґрунту, підвищуючи його родючість.

Експерименти в Україні та Європі. У країнах ЄС проводяться численні дослідження щодо впливу змішаних посівів енергетичних культур на

врожайність та стійкість сільськогосподарських систем. У тому числі в Україні, де поширення біоенергетичних культур набирає популярності.

Бінарні та змішані посіви енергетичних культур є перспективним напрямом у сільському господарстві, оскільки вони сприяють підвищенню продуктивності біомаси, покращенню родючості ґрунтів та забезпеченню стабільного виробництва енергії. Проте їх використання потребує глибокого вивчення кожного компонента посівної системи, щоб уникнути конкуренції між культурами та оптимізувати використання ресурсів [61-62].

Таким чином, вивчення бінарних посівів енергетичних культур є новаторським напрямком, який відкриває нові можливості для підвищення врожайності біомаси, раціонального використання ресурсів і забезпечення екологічної стійкості. Подальший розвиток цих досліджень сприятиме інтеграції нових технологій у сільськогосподарську практику.

РОЗДІЛ 2

Об'єкт досліджень

2.1. Ботанічна характеристика енергетичних культур

Енергетичні культури – це трав'янисті або деревні рослини, які вирощуються з метою виробництва біомаси й послідууючої її використання в енергетичних цілях. До найбільш поширених енергетичних культур належать міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*), просо прутоподібне, або світчграс (*Panicum virgatum* L.), сорго багаторінче, або трава Колумба (*Sorghum almum* Parodi), а також малопоширені культури: Сорговник поникаючий, або індіанграс, лат. *Indiangrass*, *Sorghastrum nutans* L. Nash (також зустрічаються назви *Indian Grass*, *Wood Grass*, *Sorghastrum avenaceum*), Біг-Блуестем (*Andropogon gerardii* Vitman), також поширені назви *BigBlueStem*, *Turkeyfoot*. Ці рослини мають високу продуктивність біомаси, що робить їх ідеальними для виробництва біопалива, біогазу або як сировина для виробництва енергії.

Окрім основного свого призначення (біопаливного напрямку використання) для розвитку біоекономіки та зниження енергозалежності територіальних громад, енергетичні культури є [63]:

- джерелом вуглець-нейтральної сировини;
- захищають ґрунт від різних видів ерозії;
- покращують біологічне різноманіття і мікроклімат фітоценозу;
- накопичують в ґрунті органічну речовину й гумус;
- використовуються для фітореMediaції, мінімізують використання пестицидів і мінеральних добрив
- є сировиною для виробництва продуктів з доданою вартістю, та ін.

Коротка характеристика та біологічні й морфологічні особливості енергокультур наведено на рис. 2.1-2.5.

	<p>Міскантус гігантський (<i>Miscanthus giganteus</i>) - це багаторічна трав'яниста рослина з родини злакових, висотою до 4 м. Має дуже високий рівень фотосинтетичної активності, що дозволяє йому швидко нарощувати біомасу. Ця культура добре адаптована до різних кліматичних умов, стійка до посухи та має високу врожайність біомаси (до 40 т/га). Міскантус також здатен до значної акумуляції вуглецю в ґрунті, що підвищує його екологічну цінність.</p> <p>Коренева система – мичкувата (наявні крупні ризоми), стебло – соломина, листки – дуже довгі, ланцетні. Суцвіття – волоть. Насіння – не формує (стерильна). Вегетативний спосіб розмноження.</p>
<p>Міскантус гігантський (<i>Miscanthus giganteus</i>)</p>	

Рис. 2.1. Міскантус


	<p>Просо прутоподібне, або світчграс (<i>Panicum virgatum L.</i>) – енергетична культура, що формує потужну фітомасу та є придатною сировиною для виробництва біопалива. Ця багаторічна трава, родом із Північної Америки, яку використовують як енергетичну культуру в багатьох країнах світу. Він добре переносить посуху, має високу стійкість до різних шкідників та хвороб. У той час як звичайна врожайність може варіювати від 10 до 20 т/га, цей вид виявляє високий потенціал для біомаси в умовах змішаного використання з іншими культурами.</p> <p>Коренева система – мичкувата, стебло – соломина, листки – довгі, ланцетні. Суцвіття – волоть. Насіння - дуже дрібне.</p> <p>Генеративний та вегетативний спосіб розмноження.</p>
<p>Просо прутоподібне, або світчграс (<i>Panicum virgatum L.</i>)</p>	

Рис. 2.2. Просо прутоподібне

	<p>Сорго багаторічне, або трава Колумба (<i>Sorghum almum Parodi</i>) – багаторічна кормова культура, що відноситься до роду соргових (<i>Sorghum</i>). Батьківщиною трави Колумба є Аргентина, де вона вперше була описана в 1943 році. Трава Колумба є природнім гібридом гумаю (<i>S.Halepense</i>) и суданської трави (<i>S.Sudanense</i>). Відзначається високою стійкістю до сухих умов і посухи. Його врожайність може досягати 15-20 т/га, залежно від кліматичних умов та технологій вирощування. Сорго є важливою культурою в районах з недостатнім водозабезпеченням, оскільки здатне ефективно використовувати вологу в ґрунті.</p> <p>Коренева система – мичкувата, стебло – соломина, листки – довгі, ланцетні. Суцвіття – волоть. Насіння – середнє.</p> <p>Генеративний та вегетативний спосіб розмноження.</p>
<p>Сорго багаторічне, або трава Колумба (<i>Sorghum almum Parodi</i>)</p>	

Рис. 2.3. Сорго багаторічне



Сорговник поникаючий, або індіанграс, лат. *Indiangrass, Sorghastrum nutans L. Nash* (також зустрічаються назви *Indian Grass, Wood Grass, Sorghastrum avenaceum*) – багаторічна рослина, що походить зі східної та центральної частини США. Вона формує розлоге скупчення тонких, дугоподібних, насичено-зелених або синьо-зелених листків.

Коренева система – мичкувата, стебло – соломина, листки – довгі, ланцетні. Суцвіття – волоть. Насіння -дрібне.

Генеративний спосіб розмноження.

Сорговник поникаючий, або індіанграс (*Indiangrass, Sorghastrum nutans L. Nash.*)

Рис. 2.4. Сорговник поникаючий


	<p>Біг-Блуестем (<i>Andropogon gerardii</i> Vitman), також поширені назви <i>BigBlueStem</i>, <i>Turkeyfoot</i> – це багаторічна рослина «теплого сезону». Вона походить з Північної Америки, Мексики. Рослини Біг-блюестему утворюють вертикальні стебла з листям злегка блакитного відтінку.</p> <p>Коренева система – мичкувата, стебло – соломина, листки – довгі, ланцетні. Суцвіття – волоть. Насіння -дрібне.</p> <p>Генеративний спосіб розмноження.</p>
<p>Біг-Блуестем (<i>Andropogon gerardii</i> Vitman)</p>	

Рис. 2.5. Біг-блюестем

Таким чином, обрані для дослідження енергетичні культури відносять до родини тонконогових (*Poaceae*), вони мають схожу морфологічну будову та відношення до умов навколишнього середовища й здатні формувати потужну надземну вегетативну масу за багаторічного циклу вирощування.

2.2. Адаптивні та екологічні особливості енергетичних культур

Енергетичні культури набувають дедалі більшої популярності у світі завдяки їхній здатності забезпечувати екологічно чисті джерела енергії, таких як біомаса для виробництва біопалива, біогазу або електричної енергії. Однак успішність їхнього вирощування та ефективність у використанні для відновлювальної енергетики значною мірою залежать від адаптивних і екологічних особливостей цих культур, зокрема їх здатності адаптуватися до різних кліматичних і ґрунтових умов [64]

Енергетичні культури, такі як міскантуси, соргові культури, світчґрас та інші здатні адаптуватися до різних кліматичних умов. Зокрема, міскантус добре росте в районах з поміркованим кліматом, де температура варіюється між 10 і 30°C. Вони також є досить стійким до посухи та холодних зимових умов свою чергу, проявляє високу стійкість до посухи, що робить його перспективною культурою для регіонів з низьким рівнем опадів. Так енергокультури, зокрема міскантус, здатні використовувати менше води порівняно з традиційними сільськогосподарськими культурами, що сприяє їхній популярності в умовах зміни клімату [65]

Енергетичні культури демонструють різні ступені вимогливості до ґрунтових умов. Для міскантусу, наприклад, важливо мати добре дреновані ґрунти, багаті на органічні речовини, але ця культура також здатна успішно розвиватися на ґрунтах, що не є надзвичайно родючими. На менш родючих ґрунтах вирощування сорго також є ефективним, особливо завдяки його здатності пристосовуватися до умов з низьким рівнем поживних елементів. З точки зору ґрунтів, вирощування енергетичних культур, таких як міскантус або світчґрас, може допомогти зменшити ерозію ґрунтів, оскільки ці культури мають густе кореневе покриття, яке утримує ґрунт від змивання [66]

Енергетичні культури можуть мати як позитивний, так і негативний вплив на біорізноманіття. Вони можуть забезпечити додаткові джерела їжі та притулку для диких тварин, однак монокультури енергетичних культур можуть знижувати біорізноманіття, особливо в випадках, коли вони

заміняють природні екосистеми або сільськогосподарські землі з високою біорізноманітністю. Тому його вкрай важливо використовувати в агроекосистемах, де проводяться ефективні заходи для підтримки різноманітності флори та фауни [67]

Багато енергетичних культур мають високу здатність до поглинання вуглецю з атмосфери завдяки великій кількості біомаси, яку вони продукують. Це дозволяє знижувати рівень викидів парникових газів, що важливо для боротьби зі змінами клімату. Наприклад, міскантус має високу здатність накопичувати вуглець, оскільки він швидко росте та має велику біомасу. Проте важливо також зазначити, що негативні екологічні наслідки можуть виникнути через зміну землекористування, якщо вирощування енергетичних культур відбувається на землях, що раніше використовувалися для інших сільськогосподарських культур [68]

Адаптивні та екологічні особливості енергокультур визначають їх потенціал для вирощування в різних кліматичних і ґрунтових умовах. Це важливий фактор для забезпечення стабільності поставок біомаси для енергетичних потреб. Для досягнення максимальних екологічних та економічних переваг від вирощування енергетичних культур необхідно ретельно вибирати сорти та стратегії землевпорядкування, що забезпечать гармонійний баланс між енергією, збереженням біорізноманіття та захистом навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 3

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Характеристика місця проведення досліджень

Досліди закладено й були проведено в умовах Полтавської області. Ця територія належить до центральної частини України, зони Лісостепу. Вона характеризується нестійкими умовами зволоженням.

Більшість ґрунтів області забезпечені поживними речовинами. До них відносять: гумус та основні мінеральні елементи (азот, фосфор, калій). Останні мають значний вплив на ріст й розвиток рослин, в т.ч. і енергокультур.

Досліди, що закладено і проведено в умовах Лісостепу територіально належать до Полтавської області розташовані на маргінальних ґрунтах упродовж 2020–2024 років.

Ґрунтоутворююча порода – польовий карбонатний лесовидний суглинок. Характеристика ґрунту – лучно-чорноземний намитий середньо-осолоділі ґрунти (западинний). Агрохімічна характеристика ґрунтів: вміст гумусу – низький, на рівні 2,7 %, лужно-гідролізованого азоту – 120,1 мг/кг ґрунту, фосфору – 86,5 мг/кг ґрунту, рН сольове становить 6,2.

Клімат місця проведення досліджень помірно-континентальний з середнім (в деякі роки – недостатнім) зволоженням, холодною зимою і жарким, а, в деяких роках, сухим літом.

Період проведення досліджень в умовах центрального Лісостепу характеризувався нестійкими кліматичними умовами, що були відмінними за останні роки (рис. 3.1-3.2)

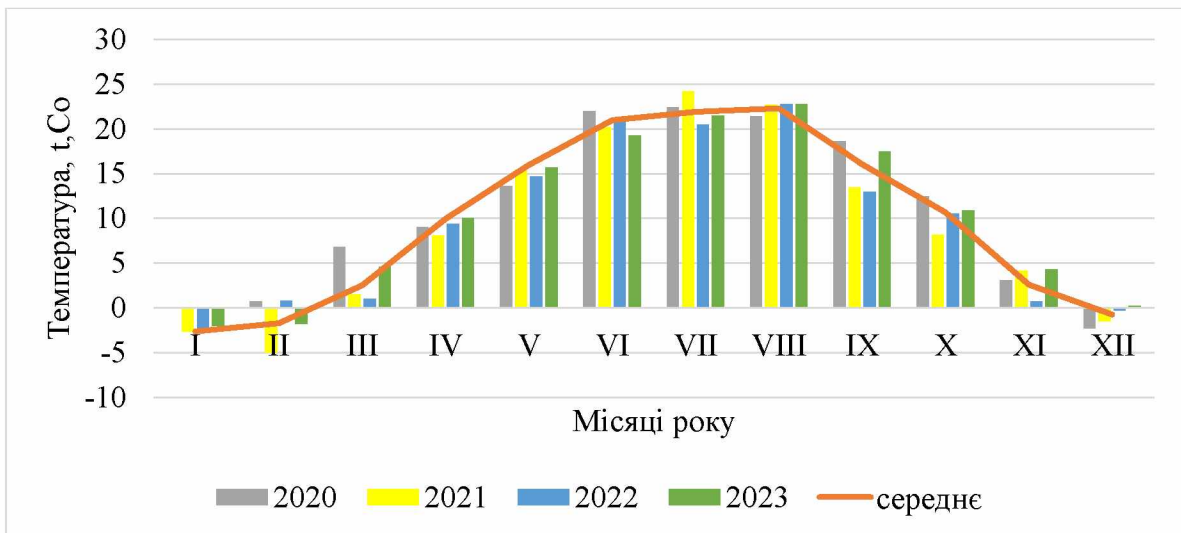


Рис. 3.1. Середньомісячна температура за 2020-2023 рр.

В умовах Лісостепу упродовж 2020-2023 років спостерігалось відхилення середньодобової температури повітря від середньобаторічних показників. Ці відхилення у бік збільшення, порівняно із середніми фіксували у наступні періоди: березні та червні 2020 року, липні 2021 року, серпень 2022-2023 рр.

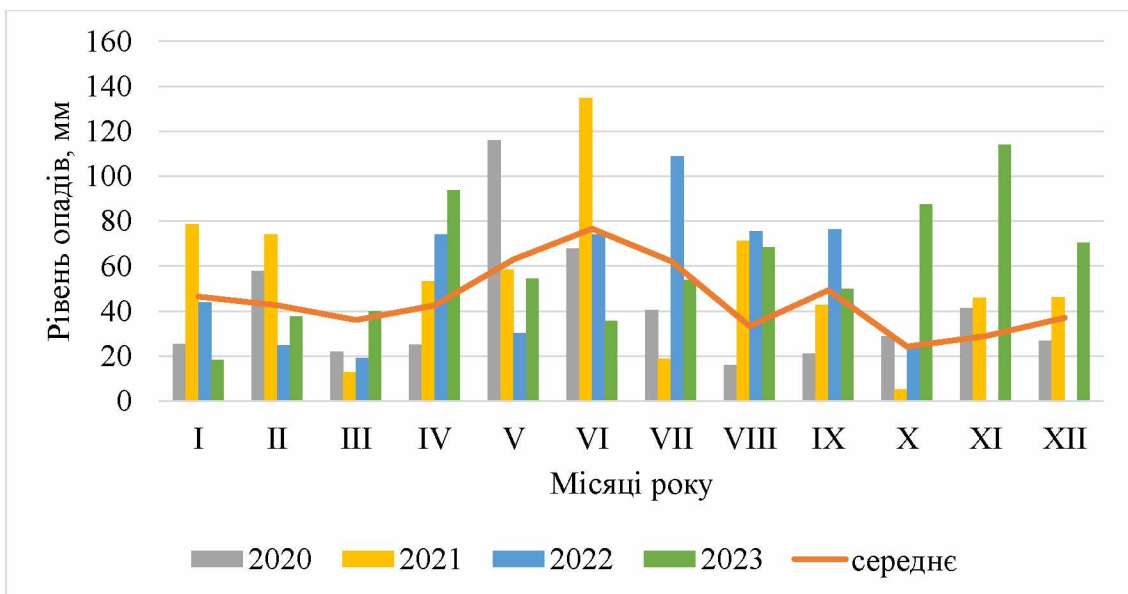


Рис. 3.2. Середньомісячна кількість опадів 2020-2023 рр.

Впродовж 2020-2023 років в умовах центрального Лісостепу відмічали відхилення середньомісячної кількості опадів від середньобаторічних показників. Найбільше значення за даним показником відмічали у квітні та

червні 2020 року. Надмірне зволоження було у квітні та червні 2021 року, а також у квітні, червні, серпні та вересні 2022 року. Збільшення опадів порівняно із середніми даними відмічали також у квітні, серпні, жовтні-листопаді 2023 року. Протягом періоду вегетації енергетичних культур, що вирощували в умовах Лісостепу спостерігали й окремі посушливі періоди, що припадали на весняні місяці 2018-2019 років та частково 2022 рік, нестачу опадів також відмічали у літні місяці 2020-2022 років та 2023 року.

Таким чином, Полтавська область має розташовування на території із сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами. Земельні ресурси мають агропоказники близькі до середніх по області.

3.2. Мета, завдання і методика проведення досліджень

Мета дослідження – встановити врожайність та обсяг біомаси енергокультур залежно від способу вирощування рослинних компонентів у фітоценозі.

Відповідно мети роботи завдання полягали у:

- визначенні мінливості структури фітоценозу енергетичних культур;
- встановити урожайність та обсяг біомаси енергетичних культур;
- визначити якість біомаси енергетичних культур;;
- визначити економічну результативність виробництва біомаси енергетичних культур.

Матеріалом для дослідження були рослини енергетичних культур: міскантус гігантський, просо прутоподібне (світчграс), сорго багаторічне, індіан-грас та біг-блуестем.

Агротехніка вирощував енергетичних культур в досліді – загальноприйнята для зони Лісостепу, окрім чинників, що були поставлені на вивчення. Попередником для усіх енергокультур було різнотрав'я, що зростало на цілинних землях. Під час закладки досліді мінеральні добрива не застосовували в основне внесення та для підживлення посівів.

Підготовка дослідних ділянок складалася з оранки ґрунтового профілю на 20-22 см, послідуєчого дискування, та літньо-осіннього культивування у міру з'явлення бур'янів.

Сівбу насіння проводили як вручну з шириною міжрядь 45 см, з послідуєчим коткуванням посівів. Насінневий матеріал відповідав базовим показникам якості насіння для даних сортів.

Міжрядний обробіток проводився тільки на перший і другий рік вегетації по одновидових посівах, міжрядний обробіток на бінарних посівах енергокультур з другого року вегетації не проводився.

Методика проведення експерименту – відповідно рекомендацій дослід справи в агрономії. Схема польового дослідження поєднувала вивчення варіантів у 4-кратній повторності. Дослід закладався методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти дослідження розміщуються на ділянках рендомізовано [69, 70]

Програма досліджень включала вивчення енергетичних культур за врожайністю та виходом рослинної біомаси відповідно схеми: вар.1 – одновидові посіви міскантуса, вар 2 – одновидові посіви світчграсу, вар. 3 – одновидові посіви біг-блуестему, вар. 4– одновидові посіви індіанграсу, 5 – бінарні посіви світчграсу та міскантусу, вар. 6 – бінарні посіви світчграсу та Біг-блуестему, вар. 7 – бінарні посіви світчграсу та індіанграсу, вар. 8 – бінарні посіви індіанграсу та Біг-блуестем.

Обліки та спостереження за рослинами енергокультур проводили відповідно до методики державної науково-технічної експертизи сортів рослин [71]. Облік врожайності біомаси енергетичних культур вміст сухих речовин у стеблах визначали поділяючи в межах кожного з чотирьох повторень.

Статистичний обрахунок цифрових даних здійснювали відповідно статистичного аналізу агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0 [72].

Отже, вивчення енергокультур адаптованих до місцевих умов, є важливим кроком у забезпеченні продовольчої безпеки та підвищенні

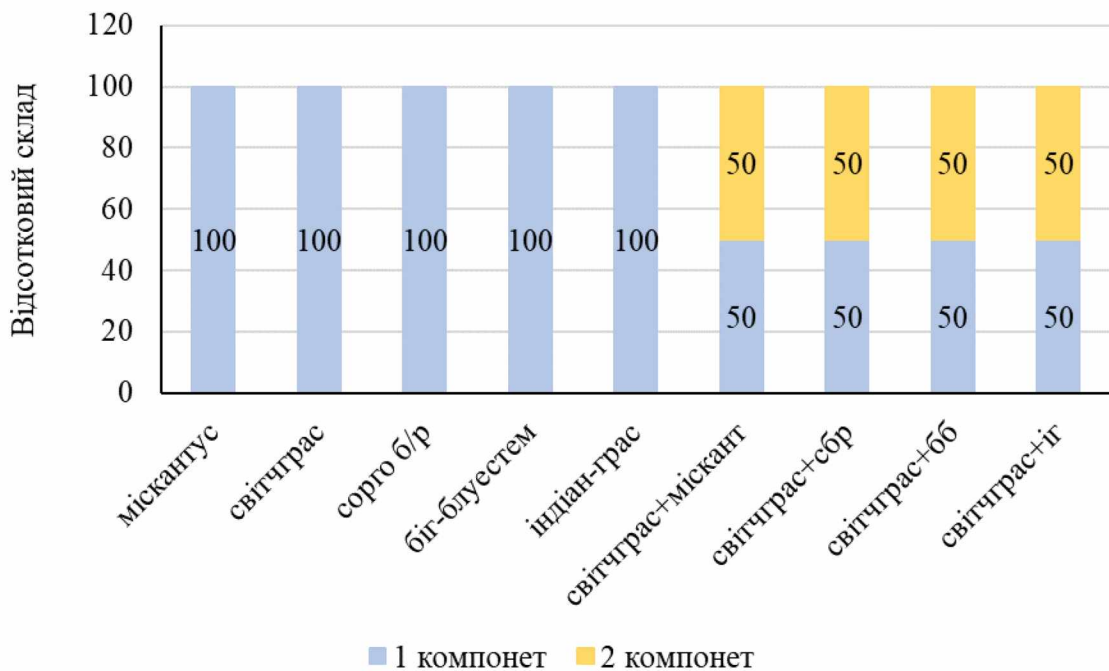
продуктивності сільського господарства. Ці сорти характеризуються високою врожайністю та стійкістю до несприятливих погодних умов, що робить їх конкурентоспроможними на ринку. Успішне вирощування цих сортів також сприяє розвитку біоекономіки та зменшенню залежності від імпортованих продуктів.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Мінливість структури фітоценозу залежно від способу вирощування енергетичних культур

Залежно від способу вирощування енергетичних культур змінювалася структура фітоценозу за роками дослідження (Рис. 4.1-4.2).



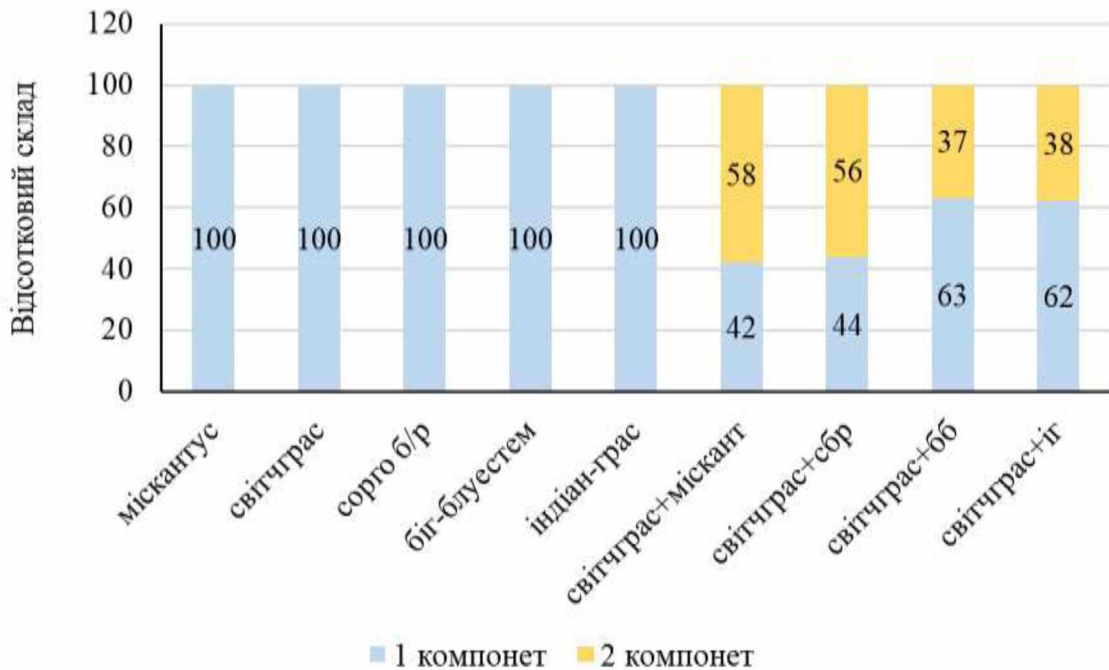
**Примітка:* вар.1 – одновидові посіви міскантуса, вар 2 – одновидові посіви світчграсу, вар. 3 – одновидові посіви біг-блуестему, вар. 4 – одновидові посіви індіанграсу, 5 – бінарні посіви світчграсу та міскантуса, вар. 6 – бінарні посіви світчграсу та Біг-блуестему, вар. 7 – бінарні посіви світчграсу та індіанграсу, вар. 8 – бінарні посіви індіанграсу та Біг-блуестему.

**Рис. 4.1. Структура фітоценозу енергетичних культур,
2021 р.**

Визначено, що на перший рік вегетації енергокультур у фітоценозі рослинні компоненти розміщувалися рівномірно –50 на 50%. В послідуєчому під час росту й розвитку рослин ця тенденція змінювалася. На 4-й рік вегетації

перевага була за більш посухостійкими енергетичних культур, які у бінарних посівах мали вищий відсоток ніж супутня культура.

На четвертий вегетаційний рік у структурі фітоценозу переважали високорослі та більш посухостійкі енергетичні культури (рис. 4.2).



**Примітка:* вар.1 – одновидові посіви міскантуса, вар. 2 – одновидові посіви світчграсу, вар. 3 – одновидові посіви біг-блуестему, вар. 4 – одновидові посіви індіанграсу, 5 – бінарні посіви світчграсу та міскантуса, вар. 6 – бінарні посіви світчграсу та Біг-блуестему, вар. 7 – бінарні посіви світчграсу та індіанграсу, вар. 8 – бінарні посіви індіанграсу та Біг-блуестему.

**Рис. 4.2. Структура фітоценозу енергетичних культур,
2024 р.**

Визначено, що на 4 рік вегетації енергокультур у фітоценозі перевага була за більш посухостійкими енергетичними культурами, які у бінарних посівах мали вищий відсоток ніж супутня культура: міскантус 58,0 %, сорго багаторічне 56,0 %, світчграс у бінарних посівах з біг-блуестем та індіанграсом мав наступний відсотковий склад, відповідно – 63,0 і 62,0 %.

Вищенаведене свідчить про те, що протягом років дослідження компонентний склад фітоценозу енергокультур змінюється: переважають у ньому більш високорослі та посухостійкі рослини.

4.2. Урожайність та вихід біомаси у енергетичних культур залежно від виду посіву

Структура фітоценозу мала вплив і на врожайність біомаси енергетичних культур, що варіювала за роки дослідження – від 6,8 до 14,5 т/га. В одновидових посівах продуктивність змінювалася – від 6,8 до 14,2 т/га, в бінарних – від 10,2 до 14,5 т/га. На цей показник мали суттєвий вплив способи вирощування рослин у фітоценозі – їх компонентні сумішки (табл. 4.1).

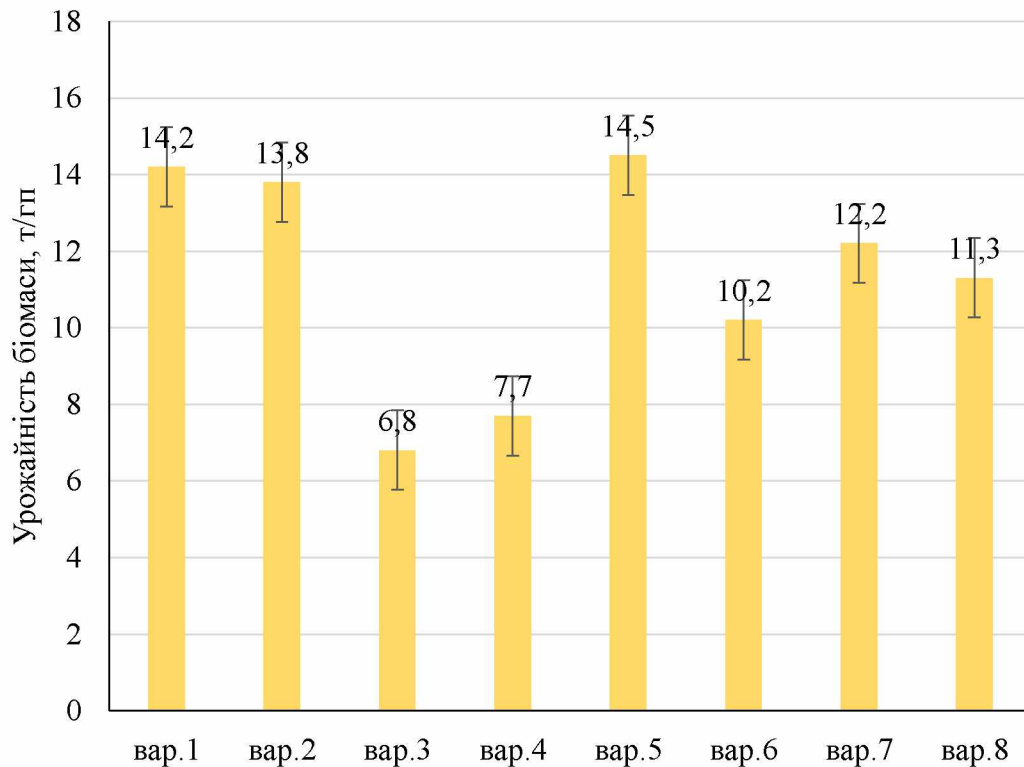
Таблиця 4.1

Урожайність біомаси енергетичних культур на 4 рік вегетації (т/га), 2024 р.

Варіанти	Повторення				Середнє
	I	II	III	IV	
вар.1	14,1	14,2	14,2	14,2	14,2
вар.2	13,9	13,7	13,7	13,8	13,8
вар.3	6,8	6,7	6,8	6,8	6,8
вар.4	7,6	7,7	7,7	7,7	7,7
вар.5	14,4	14,5	14,4	14,5	14,5
вар.6	10,2	10,2	10,1	10,2	10,2
вар.7	12,1	12,2	12,3	12,1	12,2
вар.8	11,3	11,3	11,2	11,3	11,3
НІР ₀₅					0,5

*Примітка: вар.1 – одновидові посіви міскантуса, вар 2 – одновидові посіви світчграсу, вар. 3 – одновидові посіви біг-блуестему, вар. 4– одновидові посіви індіанграсу, 5 – бінарні посіви світчграсу та міскантуса, вар. 6 – бінарні посіви світчграсу та Біг-блуестему, вар. 7 – бінарні посіви світчграсу та індіанграсу, вар. 8 – бінарні посіви індіанграсу та Біг-блуестему.

В розрізі варіантів дослідження (4-го вегетаційного періоду) відмічено суттєве збільшення врожайності біомаси на усіх варіантах досліду: у монопосівів – від 6,8 до 14,2 т/га, у бінарних – від 10,2 до 14,5 т/га (рис. 4.3).



**Примітка:* вар.1 – одновидові посіви міскантуса, вар 2 – одновидові посіви світчграсу, вар. 3 – одновидові посіви біг-блуестему, вар. 4– одновидові посіви індіанграсу, 5 – бінарні посіви світчграсу та міскантуса, вар. 6 – бінарні посіви світчграсу та Біг-блуестему, вар. 7 – бінарні посіви світчграсу та індіанграсу, вар. 8 – бінарні посіви індіанграсу та Біг-блуестему.

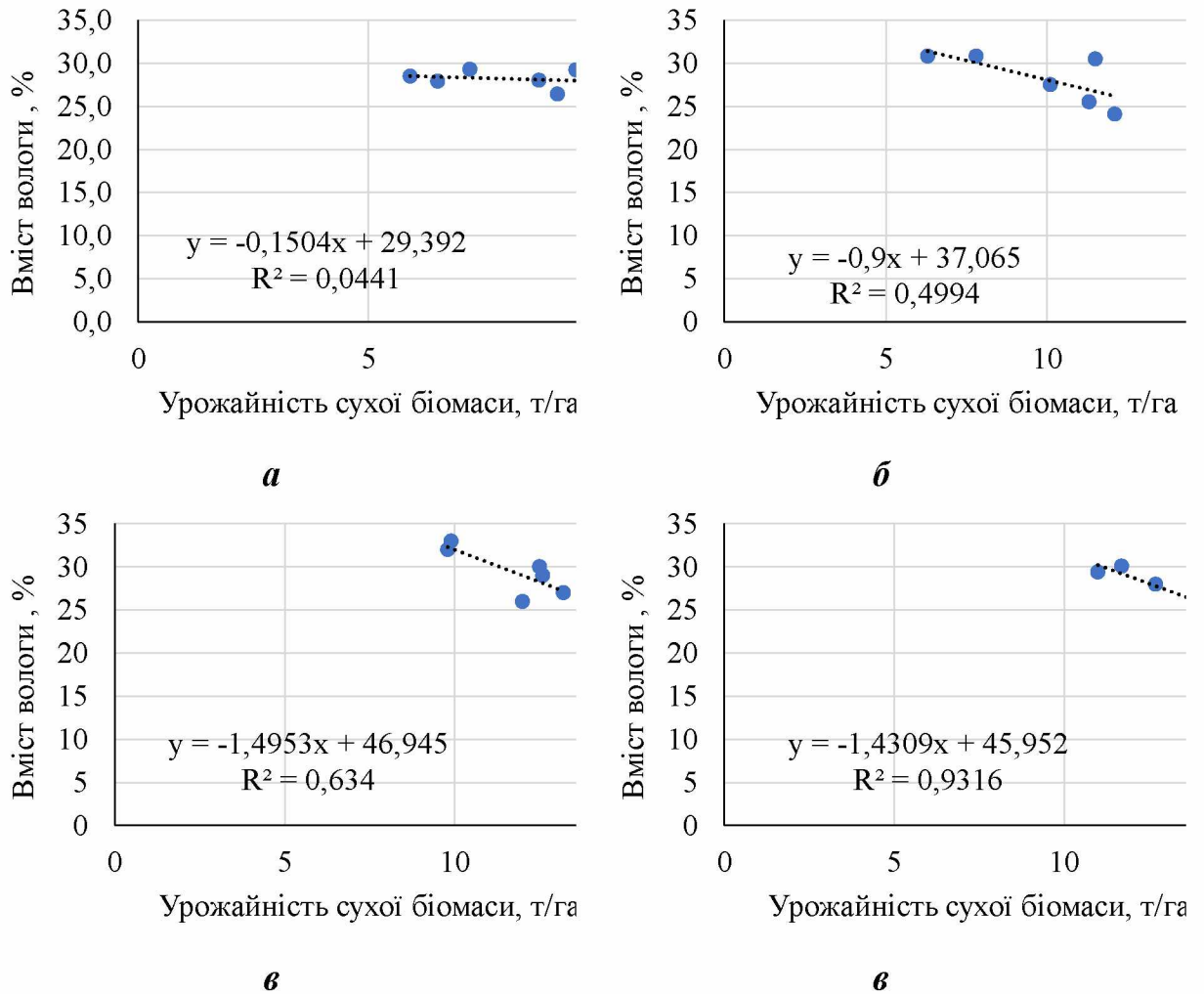
Рис. 4.3. Урожайність біомаси енергетичних культур, в динаміці років дослідження в умовах Лісостепу, 2024 р.

У середньому з-поміж варіантів досліду, порівняно із одновидовими посівами, найбільшу прибавку врожаю забезпечило бінарне вирощування міскантуса і світчграсу (14,5 т/га), світчграсу ба біг-блуестему (10,2 т/га), світчграсу та індіан-грасу (12,2 т/га), а також – індіанграсу та біг-блуестему (11,3 т/га).

Найбільшу врожайність біомаси за сухою речовиною у середньому забезпечили варіанти бінарного вирощування світчграсу та міскантуса (14,5 т/га), на противагу одновидових посівів, де міскантус формував врожай – на рівні 14,2 т/га, а світчграс у монопосівах – на рівні 13,8 т/га. Суттєво нижчим цей показник був на варіантах бінарних посівів інших варіантів досліду.

4.3. Якість біомаси енергетичних культур

Вміст вологи у фітомасі має теж суттєвий вплив на рівень врожайності за сухою біомасою енергетичних культур. Цей показник в умовах Лісостепу був досить мінливим й варіював за варіантами досліду у межах – від 20,7 до 27,8 % (рис. 4.4).



Примітка: а – перший рік дослідження, б – другий рік дослідження, в – третій рік дослідження, г – четвертий рік дослідження.

Рис. 4.4. Зв'язок між вмістом вологи у фітомасі та врожайністю сухої біомаси за усіма видами посіву

Встановлено, що вміст вологи у фітомасі та врожайність сухої біомаси енергетичних культур були мінливими показниками. Відповідно регресійного аналізу встановлено, що у перший рік дослідження зв'язку між цими показниками не має. На другий-третій рік вегетації – зв'язок посилюється до

середнього рівня з оберненим знаком. На четвертий рік – зв’язок стає сильним: на 93,0 % ці показники мають взаємозалежність за коефіцієнтом апроксимації ($R^2 = 0,93$).

У зв’язку з вищенаведеним, для кожної з культур, без прив’язки до кліматичних умов, визначений рівень вуглецю в сухій біомасі енергетичних культур (висушеній до рівня $< 20\%$), який є важливим показником для переробки рослинної сировини вбіопалива.

Загальний елементарний склад біомаси енергокультур наведений в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

**Елементарний хімічний склад сухої біомаси енергетичних рослин,
2024 р.**

Енерге-тичні культури	C, %	H, %	O, %	N, %	NaCl, %	S, %	інше (зола), %
Misk	44,0	5,5	33,1	1,8	0,70	0,16	5,1
Sw	43,9	5,4	33,2	1,6	0,72	0,16	4,9
Sa	42,4	5,5	34,2	1,7	0,65	0,17	5,2
Bb	44,8	4,8	33,3	1,7	0,75	0,17	4,6
Ig	43,7	5,4	34,3	1,6	0,74	0,16	4,2

Примітка: Misk – міскантус, Sw – світчграс, Sa – сорго багаторічне, Bb – Біг-блуестему, Ig – індіан-грас.

Для всіх енергетичних культур вміст вуглецю виявився в межах C 42,4-44,8 %. Вміст H був у межах 4,8-5,5%, кисню – від 33,1 до 34,3 %, азоту – 1,6-1,8 %. Тобто у всіх енергетичних культур виявлений майже однорідний хімічний склад біомаси. При цьому, біомаса багаторічного сорго, має невеликі відхилення по зольності і вуглецю (рис. 4.5).

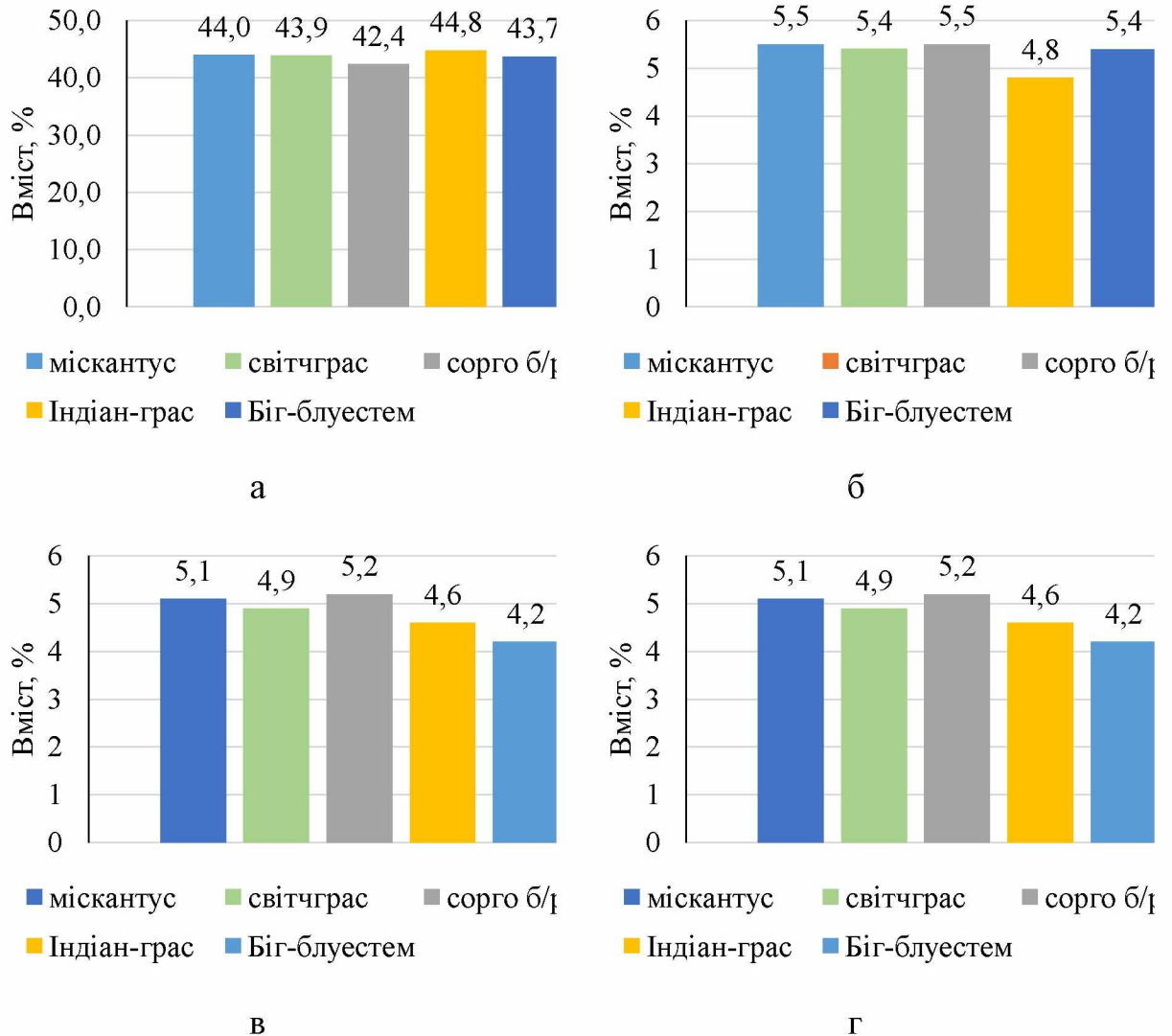


Рис. 4.5. Хімічний склад біомаси енергетичних культур в досліді: а – вміст С (%), б – вміст Н (%), в – вміст N (%), г – вміст золи (%)

Встановлено, що у всіх енергетичних культур, окрім багаторічного сорго та біг-блуестему, виявлений майже однорідний хімічний склад. Біомаса біг-блуестему містить найбільше вуглецю, найменше водню, має невеликі відхилення по зольності.

Виходячи з вищенаведених даних можна зробити висновок що, для цілей подальшої переробки і для виробництва біопалива можливо використовувати біомасу енергетичних культур, які культивуються і в бінарних посівах: міскантусу, світчграсу, сорго багаторічного, сорговника поникаючого і біг-блуестему.

Отримані дані щодо хімічного складу енергетичних культур підтверджує тезу про можливість сумісної переробки біомаси в сумішках рослин, що вивчалися.

4.4. Економічна ефективність виробництва біомаси енергетичних культур

Результативність виробництва продукції енергетичних культур оцінюють за рядом показників економічної ефективності з урахуванням рівня врожайності. До них відносять: виробничі затрати (грн/га), вартість валової продукції (грн/га), собівартість вартість продукції, (грн/га) й рівень рентабельності (%).

Оцінюючи економічну результативність за вирощування енергокультур задля отримання біомаси ми порівняти їх за основними економічними показниками.

Вартість виробництва вирощування продукції (біомаси) за досліджуваними енергетичними культурами включає всі виробничі витрати, в т.ч. відрахування, виплати та затрати на амортизацію. Загальна вартість вирощування продукції енергокультур – це сума виробничої собівартості та додаткових витрат.

Умовний дохід від продажу біомаси енергокультур визначається шляхом множення обсягу продажу на ціну реалізації на час збуту продукції.

Валовий прибуток від продажу отриманої продукції енергокультур визначається шляхом діленням доходу від продажу на загальну вартість вирощування культури.

Рівень рентабельності виробництва – це відношення валового прибутку від реалізації продукції до загальної вартості за вирощування енергокультур.

Користуючись відповідними формулами методики визначення результативності виробництва продукції (біомаси), ми здійснили розрахунки з урахуванням основних показники економічної ефективності виробництва усіх

енергокультур.

Економічні показники за досліджуваними варіантами досліду досить різнилися й залежали як від обсягу врожаю біомаси, її вартості продукції з урахуванням затрат на її виробництво (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Економічна ефективність виробництва біомаси енергокультур

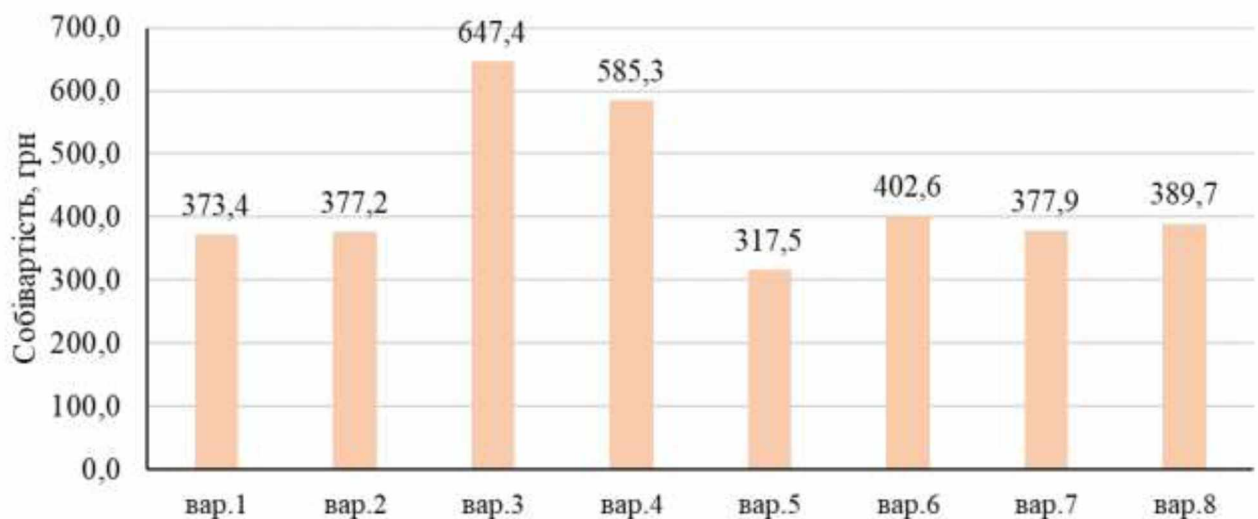
Варіанти	Урожай- ність, т/га	Показники				
		виробничі затрати, грн/га	ціна реалізації продукції, грн/га	умовний прибуток, грн/га	собі- вартість продукції, грн.	рівень рента- бельності, %
вар.1	14,2	5302,4	15500,0	214797,6	373,4	154,0
вар.2	13,8	5205,3	15500,0	208694,7	377,2	146,7
вар.3	6,8	4402,5	15500,0	100997,5	647,4	24,1
вар.4	7,7	4506,7	15500,0	114843,3	585,3	33,5
вар.5	14,5	4603,4	15500,0	220146,6	317,5	218,4
вар.6	10,2	4106,6	15500,0	153993,4	402,6	95,0
вар.7	12,2	4610,2	15500,0	184489,8	377,9	129,2
вар.8	11,3	4403,5	15500,0	170746,5	389,7	112,4

**Примітка:* вар.1 – одновидові посіви міскантусу, вар. 2 – одновидові посіви світчграсу, вар. 3 – одновидові посіви біг-блуестему, вар. 4– одновидові посіви індіанграсу, 5 – бінарні посіви світчграсу та міскантусу, вар. 6 – бінарні посіви світчграсу та Біг-блуестему, вар. 7 – бінарні посіви світчграсу та індіанграсу, вар. 8 – бінарні посіви індіанграсу та Біг-блуестему.

З-поміж досліджуваних варіантів різновидового вирощування енергокультур за рівнем отриманого умовного прибутку виокремлено монопосіви міскантусу й світчграсу (на рівні або більше 20,0 тис./га). Ці ж варіанти мали найнижчу собівартість виробництва продукції біомаси (менше 400 грн.). Інші варіанти монопосівів енергокультур мали більшу собівартість

за виробництва одиниці продукції, що пов'язано як з виробничими витратами на вирощування культур, так і з врожайністю біомаси.

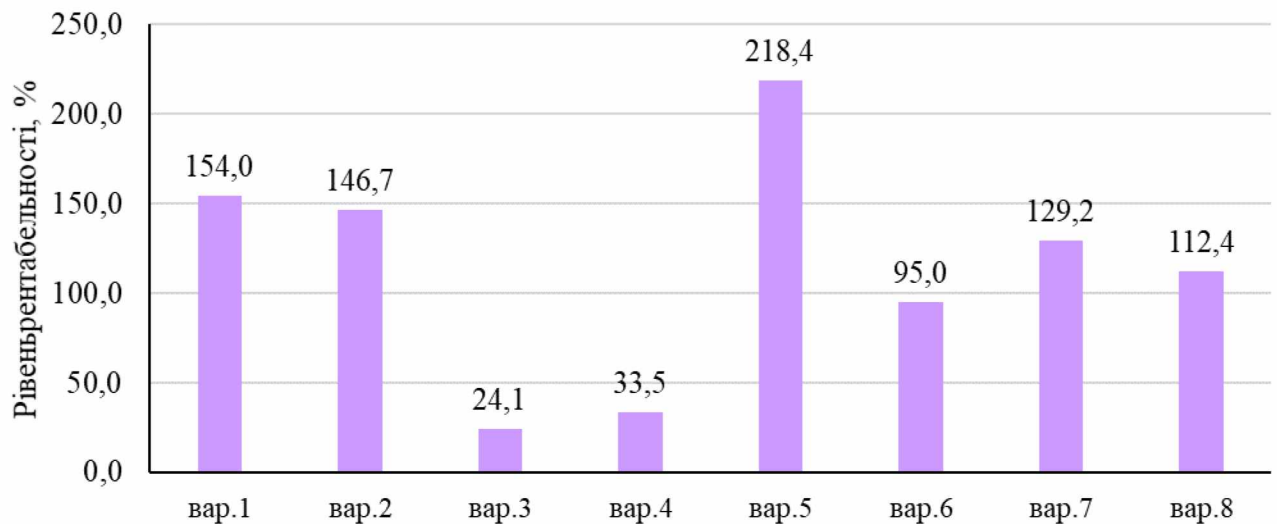
З-поміж варіантів бінарних посівів енергетичних культур виокремлено бінарні посіви міскантусу й світчграсу за рівнем умовного прибутку (на рівні 22,0 тис./га). Високоприбутковим були виробництво біомаси з бінарних посівів світчграсу та індіан-грасу (18,5 тис. грн) та бінарних посівів індіан-грасу та Біг-блуестему (17,1 тис. грн). Ці ж варіанти мали найнижчу собівартість виробництва продукції (менше 400,0 грн.). Собівартість виробництва біомаси енергетичних культур наведено на рис. 4.6.



**Примітка:* вар.1 – одновидові посіви міскантуса, вар. 2 – одновидові посіви світчграсу, вар. 3 – одновидові посіви біг-блуестему, вар. 4 – одновидові посіви індіанграсу, 5 – бінарні посіви світчграсу та міскантуса, вар. 6 – бінарні посіви світчграсу та Біг-блуестему, вар. 7 – бінарні посіви світчграсу та індіанграсу, вар. 8 – бінарні посіви індіанграсу та Біг-блуестему.

Рис. 4.6. Собівартість виробництва біомаси енергетичних культур

Результати обчислень економічної ефективності свідчать, що найбільш рентабельним було виробництво біомаси на наступних варіантах дослідження ефективності моно- та бінарних посівів енергетичних культур (рис. 4.7).



**Примітка:* вар.1 – одновидові посіви міскантуса, вар. 2 – одновидові посіви світчграсу, вар. 3 – одновидові посіви біг-блуестему, вар. 4– одновидові посіви індіанграсу, 5 – бінарні посіви світчграсу та міскантуса, вар. 6 – бінарні посіви світчграсу та Біг-блуестему, вар. 7 – бінарні посіви світчграсу та індіанграсу, вар. 8 – бінарні посіви індіанграсу та Біг-блуестему.

Рис. 4.7. Рівень рентабельності виробництва біомаси енергетичних культур

Отже, з економічної точки зору виявилось найбільш ефективним виробництво біомаси енергокультур за вирощування їх у моно- та у бінарних посівах. При цьому найбільш кращі рослинні компоненти для вирощування – міскантус гігантський, світчграс та індіан-грас.

РОЗДІЛ 6

ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Міністерство охорони навколишнього природного середовища України здійснює державну екологічну експертизу генеральних схем розвитку і розміщення продуктивних сил країни і галузей народного господарства, контроль за екологічними нормами при розробці нової техніки, технологій, матеріалів, проектів на будівництво (реконструкцію) підприємств, що впливають на навколишнє середовище і природні ресурси. Воно орієнтується насамперед на широке застосування в усіх галузях і безвідходних технологій, інших досягнень, спрямованих на раціональне природокористування. Такі функції виконуються не тільки в центрі, але й територіальними підрозділами міністерства. Все це повинно значно посилити профілактичний контроль за екологічним обґрунтуванням господарсько-технічних рішень.

Екологічна експертиза проводиться з метою раціонального використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини.

Основною задачею законодавства про охорону навколишнього природного середовища є регулювання відносин в області охорони, використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, попередження і ліквідація негативного впливу господарчої та іншої діяльності на навколишнє середовище, забезпечення природних ресурсів, генетичного фонду живої природи, унікальних територій і природних об'єктів.

Сільськогосподарське виробництво тісно і нерозривно пов'язане з навколишнім, природним середовищем, зокрема з землею, яка є головним засобом виробництва, з водним і повітряним середовищем та кліматичними умовами.

Недостатньо ефективне ведення сільськогосподарського виробництва в умовах дослідної станції призводить до погіршення екологічного стану навколишнього природного середовища, це насамперед:

1. Забруднення повітряного середовища внаслідок попадання оксидів азоту та інших шкідливих газоподібних речовин, аерозолів, тощо.

2. Забруднення водного середовища, внаслідок попадання в ріки і водойми шкідливих речовин, що застосовується в сільськогосподарському виробництві (пестициди, мінеральні добрива, регулятори росту рослин, відходи тваринницьких ферм).

3. Ерозія ґрунту, внаслідок недостатньо якісного обробітку ґрунту, що призводить до змивання і вивітрювання поверхневого родючого шару.

Інтенсифікація рослинництва не тільки сприяла підвищенню продуктивності полів, але й створила сприятливі для розвитку і розповсюдження шкідників і хвороб сільськогосподарських рослин. Для захисту врожаю від шкідливих організмів широко застосовуються хімічні препарати. Використання пестицидів у великих об'ємах веде до забруднення навколишнього середовища та продукції токсичними речовинами. Потенційна загроза від використання пестицидів полягає, як у їх гострій токсичності при потраплянні в організм людини чи тварини, так і в їх хронічній дії в кумулятивному ефекті, в міграції залишків пестицидів водними і повітряними шляхами на значні відстані. Саме тому необхідно впроваджувати і більш широко використовувати біологічні препарати на основі мікроорганізмів, які збільшують врожайність с.-г. культур і не завдають шкоди навколишньому середовищу.

Суть екологічної експертизи полягає у системі комплексної оцінки усіх можливих екологічних і соціально-економічних наслідків здійснення проектів, функціонування народногосподарських об'єктів; приймання рішень, направлених на запобігання їх негативного впливу на навколишнє середовище і рішення намічених завдань з найменшою затратою ресурсів та мінімальними наслідками.

Нераціональне застосування добрив і пестицидів на полях енергокультур може призвести до накопичення в сільськогосподарській продукції нітратів і нітритів, що перевищують граничнодопустимі концентрації ГДК, які встановлені всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВОЗ).

Проаналізувавши екологічний стан дослідних полів енергокультур слід відмітити ряд недоліків:

1. З метою зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище необхідно проводити систему заходів по боротьбі з шкідниками, хворобами і бур'янами, яка б включала сукупність наступних заходів: агротехнічний, біологічний, фізичний, хімічний.
2. З урахуванням агрономічного порогу шкодочинності застосовувати хімічні препарати – в оптимальні строки, для зменшення напруги на агрофітоценози – проводити крайові і локальні обробки посівів.
3. Із хімічних засобів захисту необхідно застосовувати лише ті препарати, які швидко розкладаються в ґрунті і не мають кумулятивної післядії.

Висновки і пропозиції:

1. На посівах енергетичних культур необхідно посилити контроль за дотриманням норм і вимог щодо охорони навколишнього середовища згідно з існуючим законодавством.
2. Більш ширше застосовувати агрегати для обробітку ґрунту плоскорізного типу, для зменшення антропогенного навантаження на ґрунти під час його обробітку.
3. Енергокультури розміщувати по елементах рельєфу, диференційовано з врахуванням еродованості землі, водного режиму ґрунту і біологічних властивостей рослин.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОНА ПРАЦІ

Згідно визначення охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на створення безпечних умов, збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці.

Закон України “Про охорону праці” визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи і організації або уповноваженим ним органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Основним завданням організації охорони праці є створення здорових і безпечних умов праці. При цьому номенклатура заходів з охорони праці є основою для підготовки комплексного плану поліпшення умов, охорони праці й санітарно-оздоровчих заходів, розділу колективного договору.

Завданням охорони праці і безпеки життєдіяльності в умовах сільськогосподарського виробництва є забезпечення нормальних умов праці для працівників сільського господарства. Це заходи по дальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Всі заходи, що застосовуються з метою зменшення ступеня небезпеки в процесі виробництва і направлені на покращення умов праці, можна поділити на декілька груп: організаційні, санітарно-гігієнічні, технічні і технологічні, протипожежні.

Організаційні заходи включають в себе проведення навчання робітників правилам експлуатації машин і механізмів; проведення інструктажів з техніки безпеки, навчання правилам надання першої долікарської допомоги і діям при виникненні критичних ситуацій; проведення інструктажів перед початком виконання сезонних робіт.

Місця розташування джерел підвищеної небезпеки повинні позначатися відповідними знаками. Місця відпочинку людей в непристосованих для цього місцях повинні позначатися віхами висотою не менше 2,5-3м, на відстані не менш 10-15 м.

Основну роль грає контроль за дотриманням правил і вимог техніки безпеки, що здійснюється керівниками роботи на місцях.

Санітарно-гігієнічні вимоги направлені на попередження попадання шкідливих і отруйних речовин в організм людини через шкіру, дихальні шляхи, з їжею. Для цього потрібно забезпечити робітників, що зайняті на роботах де можливе попадання отруйних речовин в організм працівника, спеціальним одягом, засобами індивідуального захисту (респіратори, окуляри, рукавиці). При виконанні таких робіт місця прийому їжі і води, забезпечуються водою і миючими засобами. Крім того, працівники, що безпосередньо пов'язані з продуктами харчування або кінцевою продукцією, повинні регулярно проходити медичний огляд і мати особову медичну книжку з відповідними позначеннями. Не залежно від місця роботи, всі робітники повинні проходити медичний огляд не рідше одного разу в три місяці.

Технічні і технологічні заходи. Потрібно відмітити суворий контроль за станом техніки перед виїздом із парку або технологічних ліній перед початком роботи, так як від цього залежить не тільки стан здоров'я і життя працівників, а й життя і здоров'я оточуючих людей.

Протипожежні заходи направлені на попередження, а в випадку їх виникнення на швидку їх локалізацію і гасіння пожеж. Для цього на виробничих місцях організуються місця для куріння, облаштовуються пожежні щити, магістральні, або автономні гідранти. На найбільш пожежо

небезпечних ділянках призначаються штатні або вахтові пожежники, у складі (по мірі необхідності) 2-5 чоловік. Найбільш важливою і відповідальною операцією в сільському господарстві є збирання врожаю, але в силу того, що більшість культур збираються, коли вегетативна маса має низьку вологість, тобто є сухою і цей етап виробництва характеризується підвищеною пожежонебезпекою. Під час збирання всі машини обладнуються додатковими засобами пожежогасіння. Поле перед початком збирання обкошується і оборюється. На полі необхідно мати постійно черговий трактор з плугом і дві людини.

Під час організації роботи машинно-тракторних агрегатів повинні бути передбачені заходи, які б забезпечували безпеку обслуговуючого персоналу.

Виконання сільськогосподарських робіт і рух машин та агрегатів повинен проводитися згідно розробленою технологією і маршрутах, затверджених керівником чи головними спеціалістами господарства. При обробі ґрунту місце робочого механізатора, який обслуговує машину, повинно відповідати заводському. Важелі управління причіпної машини повинні мати справні, надійні фіксатори. Управління причіпним плугом повинно проводитися з кабіни трактора. Робочі органи фрез культиваторів повинні бути закриті кожухами. Обслуговуючий персонал повинен бути забезпечений необхідними засобами для очищення робочих органів. Не допускати очистку робочих органів на рухомому агрегаті, допускати заміну і регулювання робочих органів тільки після прийняття заходів, які попереджають самовільне опускання або падіння робочих органів.

При навантаженні добрив в транспортні ті інші машини механізованими засобами необхідно дотримуватись мір безпеки при транспортних і навантажувально-розвантажувальних роботах. Мінеральні добрива, які будуть вноситися повинні пройти попередню підготовку. Гноєрозкидачі повинні мати на карданній передачі захисний кожух, а на передньому борті – захисну сітку. Працівники не допускаються до роботи без засобів індивідуального захисту.

При посівних роботах, сівалки повинні мати справне сидіння, площадку, або підніжну дошку, перила зі сторони спини сіяльника, захисні огорожі біля зубчатих і цепних передач, обладнання для очистки робочих органів.

Особливо гостро постає питання техніки безпеки механізаторів, що працюють на тракторах, комбайнах та машинах під час таких робіт як протруювання насіння протруйниками, внесення гербіцидів, застосування засобів захисту рослин (пестициди), внесення добрив та інші.

До роботи під час оранки допускаються особи, що добре знають їх принцип дій і правила безпеки роботи з ними. Перед початком роботи подають сигнал. Під час ремонту або регулювання забороняється знаходитись під плугом. Не слід очищати робочі органи в час роботи плуга.

На початку роботи з навісними машинами переконуються в справності органів управління гідросистеми і перевіряють центральну тягу механізму навішування. Трактор може розпочинати рух тільки після закінчення піднімання навісного агрегату в транспортне положення.

При використанні хімічних засобів захисту рослин агрегати внесення повинні бути перевірені на точність. Організація робіт, пов'язана з використанням отрутохімікатів, повинна проводитися в відповідності з санітарними правилами по зберіганню, транспортуванню і використанню пестицидів в сільському господарстві під керівництвом спеціаліста. До роботи з отрутохімікатами допускати осіб, які пройшли медичний огляд і навчання по мірах безпеки при проведенні робіт. Не допускати до роботи з отрутохімікатами людей без спецодягу і засобів індивідуального захисту, підлітків до 18 років, вагітних жінок, а також осіб, яким протипоказані роботи з отрутохімікатами. Оброблену площу відмічати попереджувальними знаками. Всі місця роботи з мінеральними добривами і отрутохімікатами необхідно забезпечити аптечками. При збиральних роботах машини повинні мати справне сидіння, сигналізацію, рульове управління, гальма, технічно справний двигун, вогнегасник, медичну аптечку, термос для питної води, або кабінку. Запасні ножі збиральних машин повинні зберігатися в дерев'яних чохлах на

стані бригади. З метою запобігання нещасних випадків при транспортуванні, виїзд автомобіля допускається тільки при наявності у водія водійського посвідчення відповідної категорії, дорожнього листа чи наряду підписаного завідуючим гаражем.

Санітарно-гігієнічні вимоги направлені на попередження попадання шкідливих і отруйних речовин в організм людини через шкіру, дихальні шляхи, з їжею. Для цього потрібно забезпечити робітників, що зайняті на роботах де можливе попадання отруйних речовин в організм працівника, спеціальним одягом, засобами індивідуального захисту (респіратори, окуляри, рукавиці). При виконанні таких робіт місця прийому їжі і води, забезпечуються водою і миючими засобами. Крім того, працівники, що безпосередньо пов'язані з продуктами харчування або кінцевою продукцією, повинні регулярно проходити медичний огляд і мати медичну книжку з відповідними позначеннями. Не залежно від місця роботи, всі робітники повинні проходити медичний огляд не рідше одного разу в три місяці.

Для покращення умов праці та підвищення їх безпеки при вирощуванні енергетичних культур необхідно:

1. Під час підготовки спеціалістів біопаливної сфери звернути увагу на покращення якості навчання з охорони праці.
2. Провести аналіз показників і причин виробничих травм і захворювань на робочих місцях, знайти шляхи їх усунення.
3. Забезпечити усіх працівників, які задіяні при вирощуванні енергокультур необхідними засобами індивідуального захисту.
4. Інспекторам пожежного нагляду періодично проводити перевірку всіх об'єктів на ступінь протипожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

1. Визначено, що на 1-й рік вегетації енергокультур у бінарному фітоценозі рослинні компоненти розміщувалися рівномірно відповідно пропорції 50 на 50 %, на 4-й рік – переважають високорослі та більш посухостійкі рослини: які у бінарних посівах мали вищий відсоток ніж супутня культура: міскантус 58,0 %, сорго багаторічне 56,0 %, світчграс у бінарних посівах з біг-блуестем та індіан-грас мали відповідно – 63,0 і 62,0 %.

2. Встановлено суттєве збільшення врожайності біомаси на усіх варіантах досліду: у монопосівів – від 6,8 до 14,2 т/га, у бінарних – від 10,2 до 14,5 т/га.

3. Визначено, що порівняно із одновидовими посівами, найбільшу прибавку врожаю забезпечило бінарне вирощування міскантусу і світчграсу (14,5 т/га), світчграсу ба біг-блуестему (10,2 т/га), світчграсу та індіан-грасу (12,2 т/га), а також – індіанграсу та біг-блуестему (11,3 т/га).

4. Встановлено, що у всіх культур, окрім сорго багаторічного, виявлений майже однорідний хімічний склад біомаси за вмістом вуглецю, водню, кисню, азоту, сірки та ін. Біомаса сорго багаторічного, має незначні відхилення по зольності і вуглецю.

5. Визначено, що з економічної точки зору найбільш ефективним виявилось виробництво біомаси енергокультур за вирощування їх у моно- та бінарних посівах (міскантус, світчграс та індіан-грас).

Пропозиції виробництву

Для отримання стабільно високої врожайності та виходу біомаси енергетичних культур рекомендовано їх розміщення у бінарних посівах. Найкраще поєднання їх рослинних компонентів – це міскантус і світчграс, світчграс та індіан-грас, а також – індіанграс та біг-блуестем. Що також підтверджується економічними розрахунками ефективності вирощування енергетичних культур для отримання біомаси.