

УДК: 633.282:631.559

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІШАНОГО ВИРОЩУВАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА

ГУМЕНТИК М. Я.,

кандидат с. — г. наук с.н.с.

Інститут біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН України, 03141,
м. Київ, вул. Клінічна, 25. hmy@ukr.net

Постановка проблеми. Світові тенденції розвитку енергетичної галузі свідчать про постійне зростання частки відновлювальних джерел енергії в загальній структурі енергоспоживання.

Енергетичною стратегією України до 2035 року передбачено зростання виробництва енергії з рослинної біомаси у 4 рази від — 2,8 млн. т.н.е. в 2018 р. до 11 млн. т.н.е. в 2035 році. Для досягнення даної мети необхідно розширити площі під високопродуктивними біоенергетичними культурами до 500 тис. га. [1,2,3], наростити обсяги виробництва біомаси, впровадити ефективні технології вирощування біоенергетичних культур та адаптувати їх до конкретних ґрунтово-кліматичних зон України; здійснити інтродукцію нових видів високопродуктивних біоенергетичних культур з якісними характеристиками.

Серед широкого спектру біоенергетичних культур, що використовуються в біоенергетиці України, найбільш перспективними для виробництва біопалива є злакові — міскантус гігантський та просо прутіподібне. Ці багаторічні трав'янисті культури швидко нарощують біомасу, мають розвинуту кореневу систему, яка досягає глибини більше 2,5 м, що сприяє використанню вологи з нижніх горизонтів ґрунту. Біомаса злакових культур відзначається високою вмістом целюлози та лігніну і є високоякісною сировиною для виробництва біопалива [4]. Однак, існуючі технології вирощування таких культур в значній мірі є недосконалими, мало адаптованими до ґрунтово-кліматичних умов України, до того ж високовитратними. В зв'язку з цим стає актуальним завдання удосконалення існуючих елементів технологій вирощування біомаси та обґрунтування нових прогресивних, направлених для застосування на великих енергетичних плантаціях, особливо в умовах Лісостепу України.

Аналіз основних досліджень та публікацій. Злакові культури — просо прутіподібне та міскантус гігантський — добре пристосовані до ґрунтово-кліматичних

умов вирощування в Україні і можуть забезпечувати щорічно високу врожайність біомаси [5]. Попередні дослідження з розробки елементів технології вирощування злакових культур [4,7] та особливостей біомаси [8] переконливо свідчать про значну зацікавленість виробників у використанні сировини для виробництва біопалива. Одержані автором в умовах Лісостепу України результати [4] свідчать про високі, стабільні врожаї біомаси таких культур за рахунок удосконалення елементів технології їх вирощування, що формуються під впливом абіотичних і біотичних чинників [6]. При цьому було встановлено, що злакові культури в перший рік вегетації значно піддаються негативному впливу бур'янів, які згубно впливають на ріст та розвиток рослин. В подальшому рослини проса прутіподібного та міскантуса самостійно борються і пригнічують бур'яни за рахунок інтенсивного кущення та саморегуляції травостою. Особливістю вирощування проса прутіподібного є вилягання біомаси в зимовий період, що пов'язане з трудомістким процесом її збирання. В той же час стебла рослин міскантуса відрізняються високою стійкістю до механічних пошкоджень, оскільки містять значну кількість лігніну і целюлози. Рослини досить добре перезимовують, стійкі до опадів і сильного вітру, особливо в зимовий період, що є суттєвим фактором для створення змішаних посівів цих культур на одній і тій же плантації.

Виклад основних результатів досліджень. Удосконалення елементів технології спільного вирощування двох злакових культур є актуальним, так як дає можливість збільшити урожайність біомаси, як за рахунок сортових особливостей цих культур так і пристосування їх до погодних умов, від яких великою мірою залежать кінцеві результати. Тому, основним елементом запропонованої технології вирощування є змішані посіви, які забезпечують оптимальну площу живлення, зменшують відсоток вилягання біомаси в зимовий період та забезпечують досить високі сталі врожаї біомаси впродовж багаторічного використання плантації.

Мета досліджень — вдосконалення технології вирощування біомаси багаторічних злакових культур міскантуса та проса прутіподібного на основі змішаного способу їх посіву і посадки на одній і тій же плантації для збільшення об-

сягів виробництва якісної сировини для виготовлення біопалива.

Для досягнення мети в процесі досліджень вирішувались такі завдання:

— встановити оптимальні строки посіву насіння проса прутіподібного та посадки ризом міскантуса на спільній енергетичній плантації;

— розробити та обґрунтувати найбільш ефективні способи догляду за рослинами в процесі вегетації.

Матеріали та методика проведення досліджень. Дослідження з розробки і обґрунтування агротехнічних прийомів вирощування біомаси злакових культур проводили рендомізовано за методом розщеплювання ділянок упродовж 2012–2016 рр. на полях Борщівського агротехнічного коледжу Тернопільської обл. Площа під дослідними ділянками становила 0,90 га, повторність чотириразова. Дослідження проводились згідно методики польового дослідження [9,10, 11]. Схема дослідження передбачала вивчення продуктивності біомаси залежно від строків схем посадки та способів догляду за плантацією.

Дослідні ділянки, на яких проводилися дослідження, розташовані в західній частині Лісостепової зони України в м. Борщів Тернопільської області.

На ділянках досліджень переважали сірі ґрунти. До даної групи відносились також світло-сірі та сірі лісові ґрунти. Вони не мають реліктових чорноземних ознак, це, по суті, справжні підзолисті ґрунти Лісостепової зони [11,12].

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки, де проводились польові дослідження, характеризується такими показниками:

Ґрунт світло-сірий лісовий, вміст рухомого фосфору (за методом Кірсанова) в шарі ґрунту 0...30 см становить 9,5 мг на 100 г ґрунту, вміст обмінного калію (за методом Кірсанова) — 6 мг на 100 г ґрунту, вміст азоту (за Корнфілдом) — 28 мг на 100 г ґрунту, кислотність ґрунту (рН) — 6,0.

Клімат району помірно-континентальний з незначними амплітудами коливань температур, характеризується короткою м'якою зимою, теплим вологим літом і достатньою кількістю опадів. Кліматичні особливості району визначаються річним ходом головних метеорологічних елементів погоди (температури, опадів) і розподілом їх по регіону.

За сумою активних температур, кількістю опадів і періодом вегетації терито-

рія господарства відносяться до мікрокліматичного району «Тепле Поділля», яке характеризується м'яким, достатньо зволеним, помірно континентальним кліматом [13]. Сума позитивних температур за роки досліджень становить 2500...2600°C. Період з середньодобовою температурою понад 10°C триває 160–165 днів. Протягом цього періоду випадає 370...420 мм опадів, а за рік — 570...680 мм, величина гідротермічного коефіцієнта — 1,4...1,6. Впродовж 2012–2016 років досліджень, за винятком 2014 року, спостерігалась посушлива погода з підвищеними температурними показниками порівняно із середніми багаторічними значеннями. При цьому атмосферні опади впродовж вегетаційного періоду були не рівномірними.

Результати досліджень. Технологія вирощування біомаси високопродуктивних злакових культур при змішаному посіві проса прутюподібного та міскантусу гігантського включала проведення основного і передпосівного обробітків ґрунту, створення оптимальної ширини міжрядь з відповідною густрою посіву насіння проса прутюподібного та забезпечувала сприятливі умови для його проростання і механізації виробничих процесів по догляду за рослинами, створення щільного покриття стебел проса прутюподібного на всій площі та наступну висадку ризом міскантусу у його міжряддях, яка здійснювалась восени, в другій декаді жовтня.

Дослідженнями доведено, що у змішаних посівах злакових культур інтенсивніше проходить процес фотосинтезу, рослини більш рівномірно споживають елементи живлення з ґрунту, зменшується водна та вітрова ерозія, поліпшуються мікрокліматичні умови та повніше



Рис. 1 Біомаса багаторічних злакових культур при змішаній технології вирощування проса прутюподібного та міскантусу а) весною; б) осінню БАТК 2016 р.

використовуються ресурси середовища, що сприяє формуванню стійкого агробіоценозу (рис. 1)

Просо прутюподібне є надто вибагливим до умов посіву і потребує відповідної ретельної підготовки ґрунту у короткі строки, а саме мілкого загортання насіння в ущільнений ґрунт, оскільки швидка втрата вологи у верхньому шарі може призвести до зменшення урожайності біомаси. Посів насіння проса прутюподібного проводили за раннього строку сівби на глибину 1,0–1,5 см., з шириною міжрядь 0,60 м, що дало можливість ефективно механізувати процес міжрядного обробітку, вести успішну боротьбу з бур'янами та підвищити фотосинтетичну діяльність рослин у перший рік вегетації рослин.

Для зниження ґрунтової кірки проводились міжрядні обробітки легкими або

середніми зубовими боронами; після проростання насіння — кільчато-шпоровими катками, що дало можливість створити необхідні умови для росту і розвитку рослин, отримати заплановану урожайність біомаси. Післясходовий обробіток включав захист від бур'янів, який здійснювали культиватором КРН-4,2 з спеціальними лапами-бритвами в поєднанні з голчастими дисками, що розпушували ґрунт поблизу рослин і очищали від сходів однорічних бур'янів та створювали оптимальну структуру верхнього шару ґрунту, сприятливі умови регулювання водно-повітряного та поживного режиму для інтенсивного проростання насіння. Протягом періоду вегетації до змикання надземної частини рослин проводили двох — трьох разовий механізований догляд за посівами, Перший міжрядний обробіток ґрунту

Таблиця 1.

Урожайність сухої біомаси проса прутюподібного залежно від ширини міжрядь та способів посіву (т/га)

Зміст варіанту	Рік					Середнє
	2012	2013	2014	2015	2016	
Ширина міжрядь 30 см, посів з маячною культурою	9,5	16,1	17,2	18,1	17,2	15,2
Ширина міжрядь 45 см, посів з маячною культурою	12,3	16,7	17,1	18,3	18,6	16,6
Ширина міжрядь 45 см, посів без маячної культури	11,8	14,0	17,3	17,9	18,0	15,8
Ширина міжрядь 60 см, з маячною культурою та ризомами міскантусу	16,1	19,7	23,6	24,9	24,2	21,7
НІР05 загальна						0,29
НІР05 для ф-ра року						0,13
НІР05 для ф-ра ширини міжрядь						0,15

Таблиця 2.

Енергетична продуктивність біомаси високопродуктивних злакових культур проса прутюподібного та міскантусу залежно від способу вирощування, (середнє за 2012–2016 рр.)

Способи використання енергетичних плантацій біомаси	Урожай сирової біомаси, т/га	Суха речовина %	Урожай сухої біомаси, т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
Традиційний спосіб 45 см	21,0	79,5	16,6	19,9	346,5
Змішаний спосіб 60 см	30,8	70,2	21,7	26,0	455,0

проводили по орієнтуру на рядки маячної культури на глибину 3...4 см культиваторами типу УСМК-5,4; КРНВ-5,6–02. Другий етап формування високопродуктивної енергетичної плантації проводили восени у другій-третьій декаді жовтня шляхом садіння підготовлених ризом відповідної фракції 20–30 г міскантусу гігантського по центру в міжряддях рослин проса прутоподібного за нормою посадки 8–10 тис./га, на глибину загортання 10 см., що на 50% менше норми посадки ризом при традиційній технології вирощування міскантусу.

Результатами досліджень встановлено, що вирощування біомаси проса прутоподібного за ширини міжрядь 60 см порівняно з традиційною шириною 45 см, в перший рік вегетації збільшує приріст біомаси на 30%. Паралельно при застосуванні широкорядного способу посіву насіння проса прутоподібного створювалась оптимальна ширина для посадки ризом міскантусу в міжряддях на одній і тій плантації.

Складністю в технології вирощування проса прутоподібного є підвищена чутли-

вість рослин до умов життєзабезпечення, найперше таких як вологість та забур'яненість на початку росту й розвитку першого року вегетації. Враховуючи агробіологічні особливості проса прутоподібного та міскантусу застосування змішаної технології вирощування сприяло збільшенню урожайності з енергетичної плантації біомаси вцілому. (табл. 2)

Найбільший вихід енергії 455,0 ГДж/га отримали за посадки за змішаним способом при ширині міжрядь 60 см з мінімальними затратами в порівнянні з традиційним способом вирощування при ширині міжрядь 45 см.. Технологія змішаного вирощування біомаси злакових культур сприяє отриманню якісної сировини для виробництва твердих видів біопалива, що значно впливає на зменшення її собівартості та терміну окупності енергетичної плантації.

Висновки

1. Злакові культури просо прутоподібне та міскантус завдяки високій продуктивності, потужній кореневій системі та можливостям довготривалого використання, є перспективними, економіч-

но вигідними біоенергетичними культурами для вирощування на еродованих і малопродуктивних землях Лісостепу України;

2. Варіант змішаних посівів двох злакових культур проса прутоподібного і міскантусу на одній ділянці забезпечив найбільший вихід сухої біомаси та вихід енергії з 1 га плантації, завдяки вдосконаленню також елементів технології вирощування шляхом використання під час посіву маячної культури, збільшення площі живлення, що в загальному підсумку забезпечує високу продуктивність біомаси виключає її вилягання під покривом снігу, забезпечує раціональне використання площі плантації, економію матеріальних затрат коштів при збиранні біомаси на 30%.

3. Позитивний вплив строків посіву, садіння та забезпечення оптимальної площі живлення багаторічних злакових рослин спостерігається не тільки у перший рік вегетації, а й у подальшому підтримується за рахунок збільшення густоти стояння рослин їх куціння та щільності травостою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Бондар В. С., Фурса А. В. Економічне обґрунтування технології вирощування і переробки рослинної біосировини на тверді види палива. Економіка АПК. 2015. № 3. С. 22–27.
- Відновлювана енергетика в Україні: сьогодення та перспективи. Українська асоціація відновлюваної енергетики. URL: <https://vse.energy/docs/OEW-orgel.pdf> (дата звернення: 02 липня 2018).
- Перехід України на відновлювальну енергетику до 2050 року: звіт за результатами моделювання базового та альтернативних сценаріїв розвитку біоенергетичного сектору / Дячук О. та ін.; за заг. ред. Ю. Огаренко, О. Алієвої. Київ: ТОВ «АРТ КНИГА». 2017. 88 с.
- Гументик М. Я. Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу в умовах західного Лісостепу України / М. Я. Гументик, В. М. Квак; [Зб. наук. праць Вінницького національного аграрного університету / Ред.: Калетнік Г. М.]. — [вип. 1(57)], Серія: Сільськогосподарські науки]. — Вінниця, 2012. — С. 168–173.
- Курило В. Л. Методичні рекомендації з проведення передсадильного обробітку ґрунту і садіння ризом міскантусу. / Курило В.Л., Ганженко О.М., Гументик М.Я., Квак В.М., Замойський О. І. // Київ — 2012. — 21 с.
- Патент на корисну модель 126244 Україна, МПК А01В 79/00. Спосіб догляду за посівами рослин проса прутоподібного при вирощуванні біомаси / Гументик М.Я., Сінченко В.М., Мандровська С.М. (Україна); Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. — Заявлено.04.01.2018. Опубл. 11.06.2018, Бюл. № 11.
- Kharytonov M. Agricultural and Mechanical Engineering. comparative analysis of miscanthus productivity parameters under the forest — steppe and steppe zones conditions of Ukraine. / Kharytonov M., Martynova N., Opanasenko V. // International symposium. university politehnica of Bucharest. 28 October. — 2016. — P. 55–58.
- Кулик М. І. Вплив умов вирощування на кількісні показники рослин світчґрасу (*Panicum virgatum* L.) першого року вегетації / М. І. Кулик // Вісник Полтавської державної аграрної академії. — Полтава, 2012. — № 3. — С. 62–67.
- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
- Ермантраут Е. Р. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica-6 / Е. Р. Ермантраут, О. І. Присяжнюк, І. Л. Шевченко // Методичні вказівки. — Київ, 2007. — 55 с.
- Сборник методов исследования почв и растений / [В. П. Ковальчук, Васильев, Л. В. Бойко, В. Д. Зосимов] — К.: Труд–ГриПол–XXI вік, 2010–252 с.
- Грицаєнко З. М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. / З. М. Грицаєнко, А. О. Грицаєнко, В. П. Карпенко; [за ред. Грицаєнко З. М.]. — К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. — 320 с.
- Дроздовський Й. П. Ґрунтовий покрив Борщівського району / Дроздовський Йосип Петрович. — Борщів: 2003. — 254 с.

АНОТАЦІЯ

УДК: 633.282:631.559

Гументик М. Я. Особливості технології змішаного вирощування біоенергетичних злакових культур для виробництва біопалива.

Мета статті — удосконалення технології вирощування багаторічних злакових культур міскантусу та проса прутоподібного на основі агротехнічних прийомів спільного їх посіву, посадки на одній і тій же плантації з метою збільшення обсягів виробництва високоякісної сировини для виготовлення біопалива в умовах Лісостепу України.

Методика дослідження. Дослідження проводилися шляхом рандомізації за методом розщеплення ділянок. Площа ділянки 0,90 га, повторність чотириократна. Продуктивність біомаси в залежності від термінів і схем посадки, посіву визначалася відповідно до методики польового досвіду.

Результати дослідження. Розроблено елементи технології спільного вирощування проса прутоподібного і міскантусу.

Елементи наукової новизни. Запропоновано новий спосіб вирощування проса прутоподібного і міскантусу на основі змішаного посіву та посадки на одній і тій же плантації.

Практична значимість. Зазначений спосіб змішаних посівів може бути використаний для істотного збільшення обсягів виробництва високоякісної сировини для біопалива при зниженні загальних витрат на 30%.

Ключові слова. Біопаливо, біомаса, просо прутоподібне, міскантус, елементи технології, строки садіння, посів, ширина міжрядь, продуктивність біомаси.

ABSTRACT

Humentyk M. Ya. Features of the technology of bioenergy crops mixed cropping for the production of biofuels.

Purpose. The purpose of the article is to improve the cultivation technology and increase the biomass productivity of perennial miscanthus and switchgrass based on agrotechnical techniques of mixed cropping to obtain high-quality feedstock for the production of biofuels in the Forest-Steppe Ukraine. **Methods.** Randomized split plots in four replication. Plot area 0.90 hectares. Productivity of biomass depending on planting date and design was determined in accordance with the method of field experiment. **Results.** A method of mixed cropping of switchgrass and miscanthus is proposed. Elements of scientific novelty. Joint seeding and planting of cereal plants. **Practical significance.** This method of mixed crops can be used to increase the production of high-quality raw materials for biofuels while reducing total costs by 30%.

Keywords: biofuel, biomass, switchgrass, miscanthus, technology elements, planting dates, sowing, inter-row spacing, biomass productivity.