

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**

МАНДРОВСЬКА Світлана Миколаївна

УДК 633.283:631.559:620.952

**АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВВЕДЕННЯ В КУЛЬТУРУ
ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО (*PANICUM VIRGATUM* L.)
В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.09 – рослинництво

**АВТОРЕФЕРАТ
на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук**

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України

Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор
Балан Василь Миколайович,
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
НААН, головний науковий співробітник лабораторії
насінництва і насіннезнавства буряків та
біоенергетичних культур

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
Вишнівський Петро Станіславович,
Національний науковий центр «Інститут
землеробства НААН», заступник директора з
інноваційної та наукової діяльності

доктор сільськогосподарських наук, професор
Мельник Андрій Васильович,
Сумський національний аграрний університет,
професор кафедри садово-паркового та лісового
господарства

Захист відбудеться «28» вересня 2016 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.360.01 в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН за адресою: 03141, м. Київ, вул. Клінічна, 25, корпус 1.

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН за адресою: 03141, м. Київ, вул. Клінічна, 25, корпус 2.

Автореферат розіслано «26» серпня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат сільськогосподарських культур

Л. І. Сторожик

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Виробництво енергії з відновлювальних джерел стрімко розвивається в більшості європейських країн і США. В Україні ж у структурі енергоспоживання нетрадиційні види палива займають незначну частку – близько 1,5 %. Однак, зважаючи на те, що в аграрному секторі добре розвинуто рослинництво, Україна має всі підстави стати країною «зеленої» енергетики.

Джерелами, придатними для виробництва енергетичної сировини – біопалива, можуть бути як побічна продукція рослинництва, так і високоврожайні культури довготривалого використання, зокрема міскантус, енергетична верба, цукрове сорго та інші види, які добре адаптовані до ґрунтово-кліматичних зон країни. Серед останніх перевага надається багаторічним видам, що мають ефективнішу систему використання сонячної енергії. Проте генофонд таких культур є обмеженим. Тому виникла необхідність в інтродукції нових видів рослин, за вирощування яких можна отримати високий вихід біомаси та, як наслідок, енергії. Серед таких культур важливе місце відводиться просу прутоподібному.

Питаннями вивчення цієї культури займаються вітчизняні та зарубіжні вчені М. В. Роїк, С. М. Петриченко, В. Л. Курило, В. А. Доронін, М. Я. Гументик, Г. С. Гончарук, О. В. Герасименко, Д. Б. Рахметов, W. Elbersen, L. Moser, K. Vogel, D. Parrish, C. Porter, M. Sanderson, S. Wulschleger, D. Lee.

В Україні просо прутоподібне, або світчграс (*Panicum virgatum* L.) – це нова біоенергетична культура, яка може використовуватися для виробництва твердого палива (брикети, пелети).

Тому актуальним є вивчення особливостей росту, розвитку і формування продуктивності цієї культури та розроблення технологічних процесів її вирощування, підготовки насіння до сівби, а також добору сортів для конкретних агроекологічних зон як перспективного інтродуцента для виробництва біопалива в Україні.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи проводили протягом 2008–2015 рр. в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України згідно з ПНД 22 «Біоенергетичні ресурси» за завданнями 22.05.02.01.Ф. «Розробити теоретичні основи зонального розміщення та адаптивних технологій вирощування нових видів фітоенергетичних культур» (номер державної реєстрації 0111U003124) та 22.05.01.05.Ф. «Вивчити особливості формування насіння світчграсу та розробити спосіб підготовки і зберігання насіння до сівби з доброю схожістю» (номер державної реєстрації 0111U002480).

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень було інтродукувати культуру проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) і встановити агроекологічні чинники формування її продуктивності та енергетичної цінності,

розробити способи підготовки насіння до сівби та елементи технології її вирощування в Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішити такі завдання:

- встановити біологічні особливості росту й розвитку рослин проса прутоподібного та формування його продуктивності залежно від ґрунтово-кліматичних умов України;
- провести порівняльний аналіз кращих світових зразків проса прутоподібного за господарсько-цінними показниками та виділити перспективні форми з високою енергетичною цінністю у зонах недостатнього та нестійкого зволоження Лісостепу України;
- вивчити фізико-механічні та біологічні властивості насіння проса прутоподібного та розробити ефективні способи його підготовки до сівби, які б забезпечували високу польову схожість;
- визначити особливості формування високопродуктивних агрофітоценозів проса прутоподібного залежно від густоти стояння рослин та сортових особливостей;
- розробити елементи технології вирощування проса прутоподібного;
- дати екологічну оцінку інтродукованих зарубіжних зразків і новоствореного сорту вітчизняної селекції Морозко;
- здійснити економічну та енергетичну оцінку елементів технології вирощування проса прутоподібного як нового інтродуцента для виробництва біопалива.

Об'єкт дослідження: процеси росту й розвитку рослин, формування врожаю та енергетична цінність проса прутоподібного залежно від генотипових особливостей, погодних умов, густоти стояння рослин та способів стимуляції насіння.

Предмет дослідження: зарубіжні зразки насіння культури для інтродукції, вітчизняний сорт Морозко, передпосівна підготовка насіння та елементи технології вирощування рослин, тривалість використання та продуктивність агрофітоценозів.

Методи дослідження: польовий і лабораторний, зокрема візуальний і вимірювально-ваговий – спостереження за фазами росту й розвитку рослин, визначення їх біометричних показників та продуктивності; формування фотосинтетичного апарату; хімічний – визначення агрохімічних показників ґрунту; статистичний – обґрунтування достовірності отриманих результатів; розрахунково-порівняльний – встановлення економічної та енергетичної ефективності застосування елементів технології вирощування проса прутоподібного.

Наукова новизна одержаних результатів.

Уперше в зоні Лісостепу України теоретично обґрунтовано та експериментально доведено доцільність введення в культуру проса прутоподібного. Проведено експертизу зразків проса прутоподібного різного еколого-географічного походження та виділено його високопродуктивні форми. Визначено особливості формування морфо-біологічних ознак, урожайності надземної маси та енергетичної цінності проса прутоподібного залежно від

сортових особливостей, вихідної густоти стояння рослин та передпосівної підготовки насіння. Виявлено зразки з високою адаптивною здатністю до умов вирощування різних ґрунтово-кліматичних зон України. Розроблено нові елементи технології вирощування проса прутоподібного.

Удосконалено способи передпосівної обробки насіння проса прутоподібного (патент України на корисну модель № 97776) та способи розмноження проса прутоподібного (патенти України на корисну модель № 76085, № 76599 та № 85560).

Набули подальшого розвитку питання розширення генофонду біоенергетичних культур як цінних альтернативних джерел енергії та розроблення й вдосконалення елементів технології їх вирощування.

Практичне значення отриманих результатів. На основі морфологічних особливостей росту й розвитку рослин зразків проса прутоподібного, вперше інтродукованих в Україні, розроблено Методику проведення експертизи сортів проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) на відмінність, однорідність та стабільність (К. : Нілан-ЛТД, 2014).

Відібрано кращі високопродуктивні енергетично цінні зразки проса прутоподібного для вирощування у зонах недостатнього і нестійкого зволоження, що забезпечують урожайність сухої біомаси на рівні 7,5–16,2 т/га, вихід твердого біопалива – 8,2–17,2 т/га, енергії – 112,5–243 ГДж/га.

На основі проведених лабораторних і польових досліджень фізико-механічних і біологічних властивостей насіння розроблено методичні рекомендації Визначення схожості насіння проса прутоподібного (світчграсу) *Panicum virgatum* L. (К. : ІБКіЦБ НААН, 2015).

У результаті досліджень виділено високопродуктивні форми на основі яких в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків створено сорт проса прутоподібного Морозко, який забезпечує врожайність сухої біомаси на рівні 17,3 т/га, вихід енергії – 259,5 ГДж/га.

Розроблено елементи технології вирощування проса прутоподібного, які впроваджено у виробничих умовах Веселоподільської (Полтавська обл., Семенівський р-н.) та Ялтушківської (Вінницька обл., Барський р-н.) дослідно-селекційних станцій ІБКіЦБ НААН протягом 2014–2015 рр. Річний економічний ефект становив 6,4–9,4 і 6,3–9,5 тис. грн/га відповідно.

Зразки культури передано до Національного центру генетичних ресурсів рослин України.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним дослідженням. Здобувачем проаналізовано літературні джерела за темою дисертації, розроблено програму та схему дослідів, закладено й проведено польові та лабораторні дослідження згідно з чинними методиками, узагальнено експериментальний матеріал, сформульовано наукові положення, висновки та рекомендації виробництву. За результатами проведених досліджень підготовлено наукові публікації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати досліджень доповідалися на засіданнях методичної комісії з питань рослинництва Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків (2011–

2015 рр.), Міжнародних науково-практичних конференціях «Наукові пошуки молоді у третьому тисячолітті» (Біла Церква, 2011 р.) та «Біоенергетика: вирощування біоенергетичних культур, виробництво та використання біопалива» (Київ, 2011 р.), I і IV Міжнародній конференції молодих вчених «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур» (Київ, 2012, 2015 рр.), Всеукраїнських науково-практичних конференціях «Підвищення ефективності ресурсозберігаючих технологій на зернопереробних підприємствах (Умань, 2013 р.) та «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем АПК (Житомир, 2015 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 25 наукових праць, у тому числі сім статей у фахових виданнях України, три статті у наукових виданнях інших держав, три науково-практичні рекомендації, одна методика, вісім патентів України на корисну модель та три тези доповіді наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація викладена на 198 сторінках комп'ютерного тексту і складається зі вступу, 6 розділів, висновків та рекомендацій виробництву. Робота містить 36 таблиць, 27 рисунків і 20 додатків. Список використаних джерел – 283, з яких 108 – латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ ПРОСО ПРУТОПОДІБНЕ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ ІНТРОДУЦЕНТ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ (огляд літератури)

У розділі наведено аналіз досліджень зарубіжних та вітчизняних вчених щодо біології культури проса прутіподібного. Проаналізовано та узагальнено експериментальні дані стосовно екотипів та ефективності застосування агротехнічних заходів з метою введення проса прутіподібного в культуру та формування його високопродуктивних агрофітоценозів як можливого джерела відновлювальної енергії. На цій основі обґрунтовано й розроблено програму досліджень за темою дисертації.

МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводились протягом 2008–2015 рр. на Веселоподільській (ВПДСС) (Полтавська обл.) та Ялтушківській (ЯДСС) (Вінницька обл.) дослідно-селекційних станціях і в лабораторії насінництва та насіннезнавства біоенергетичних культур і цукрових буряків Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН.

Ґрунт дослідних ділянок на Веселоподільській ДСС – чорнозем типовий потужний, слабосолонцюватий, малогумусний. Вміст гумусу в шарі ґрунту 0–30 см – 3,7–4,3 %, рухомого фосфору – 22,4–25,2 мг/кг, обмінного калію – 128,7–136,6, легкогідролізованого азоту – 105–110 мг/кг ґрунту, кислотність ґрунту (рН) – 7,3–7,6. Ґрунти Ялтушківської ДСС – світло сірі й сірі опідзолені. Вміст гумусу – 1,87 %, загального азоту – 81 мг/кг, обмінного калію – 118, рухомого фосфору – 139 мг/кг ґрунту.

Агрокліматичні умови в роки проведення досліджень були в основному типовими для Лісостепу України. У зоні недостатнього зволоження (Веселоподільська ДСС) вегетаційний період 2009, 2012 та 2013 рр. був посушливим (ГТК становив 0,7–0,9), 2010, 2011 та 2014 рр. – помірно вологим (ГТК – 1,0–1,1). У зоні нестійкого зволоження (Ялтушківська ДСС) вегетаційний період 2011 та 2012 рр. був посушливим – ГТК становив 0,6 і 0,9 відповідно, 2008–2010 та 2013 рр. – помірно вологим – ГТК – 1,9–1,1–1,5 та 1,1 відповідно.

Програмою науково-дослідних робіт було передбачено проведення наступних дослідів.

Дослід 1. Встановити продуктивність зразків проса прутоподібного різного еколого-географічного походження. Зразки: 1) Форестбург; 2) Небраска; 3) Дакота; 4) Шелтер; 5) Санберст; 6) Морозко; 7) Кейв-ін-Рок; 8) Картадж 9) Аламо; 10) Канлоу. Площа посівної ділянки – 44,8 м², повторність дослідів – чотириразова.

Дослід 2. Розробити способи стимуляції насіння проса прутоподібного. Схема дослідів: *фактор А* – зразок: 1) Кейв-ін-Рок; 2) Аламо; *фактор В* – спосіб стимуляції: 1) без стимуляції (контроль); 2) замочування у воді; 3) стратифікація; 4) замочування насіння в розчині солей цинку (0,05 %); 5) замочування насіння в розчині солей марганцю (0,05 %); 6) замочування насіння в розчині солей кобальту (0,05 %); 7) замочування насіння в розчині мікродобрив Аватар (0,7 л/кг); 8) замочування насіння в розчині мікродобрив Рост-концентрат (1,0 л/кг).

Дослід 3. Встановити продуктивність проса прутоподібного залежно від вихідної густоти рослин (норми висіву насіння) та сортових особливостей. Схема дослідів: *фактор А* – зразок: 1) Кейв-ін-Рок; 2) Аламо; *фактор В* – густота рослин/норма висіву насіння, млн шт./га, кг/га: 0,5 (1,54); 1,0 (3,08); 1,5 (4,62); 2,0 (6,16) – контроль; 2,5 (7,70); 3,0 (9,20). Площа посівної ділянки – 44,8 м², повторність дослідів – чотириразова.

Дослід 4. Визначити оптимальні умови пророщування насіння проса прутоподібного. Визначали кількість насіння, що проросло за змінної та постійної температури (10±2 та 20±2 °С відповідно).

Дослід 5. Встановити терміни пророщування насіння проса прутоподібного. Визначали кількість насіння, яке проросло, протягом 28 діб (на 4, 7, 10, 14, 20 та 28 добу після сівби) за методикою М. К. Фірсової (1969).

Дослід 6. Ефективність сортування насіння проса прутоподібного за аеродинамічними властивостями. Сортування насіння проводили на лабораторній аеродинамічній колонці фірми «Петкус» за різної швидкості повітря в аспіраційному каналі (5,2–7,0 м/с).

Дослід 7. Сортування насіння за питомою масою. Передпосівну підготовку насіння (після первинної очистки) проводили на лабораторному пневмостолі фірми «Веструб» за поперечного кута нахилу його робочої поверхні від 2,0 до 2,5°, повздовжнього 0,5°, подачі повітря 1,7 м/с та частоти її коливань (від 425 до 440 коливань за хвилину).

Обліки, спостереження та аналізи щорічно проводили впродовж періоду вегетації проса прутоподібного. Фенологічні спостереження за рослинами відповідно до фаз їх росту й розвитку проводили за Методикою державного сорто випробування сільськогосподарських культур (В. В. Волкодав, 2000); густоту стояння рослин після появи сходів і перед збиранням та облік врожаю за варіантами дослідів – за методикою А. О. Баби́ча (1994). Площу листової поверхні, фотосинтетичний потенціал і чисту продуктивність фотосинтезу визначали за А. А. Ничипоровичем (1972). Маса 1000 насінин визначали за ДСТУ 4232-2003, відбір середніх проб насіння для визначення його посівних якостей проводили за ДСТУ 4328-2004. Показники пластичності й стабільності оцінювали відповідно до методики Еберхарта й Рассела (1966). Вихід твердого біопалива та енергії оцінювали за методичними рекомендаціями (В. Л. Курило та ін., 2015). Економічну оцінку досліджуваних факторів – за методикою М. В. Роїк та ін. (2013). Енергетичну ефективність оцінювали за методикою О. К. Медведовського, П. І. Іваненка (1985). Статистичну обробку результатів досліджень виконували за допомогою методів дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізу з використанням прикладної комп'ютерної програми Statistica–6.

ІНТРОДУКЦІЯ, БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ, РІСТ І РОЗВИТОК ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО ЗА ДОВГОТРИВАЛОГО ВИКОРИСТАННЯ

Встановлено, що досліджувані зразки належали до двох екотипів: низовинні (Аламо, Канлоу) та височинні (Кейв-ін-Рок, Картадж, Форестбург, Санберст, Небраска, Шелтер, Дакота). Низовинні екотипи вирощуються на вологих ґрунтах, мають високі, товсті та грубі стебла. Вегетаційний період у них подовжений – 190–200 діб. Височинні екотипи адаптовані до сухого клімату, як правило, ранньо- та середньостиглі з тривалістю вегетаційного періоду 150–160 і 160–170 діб відповідно.

Сорт Морозко віднесено до височинного екотипу з тривалістю вегетаційного періоду 160–170 діб (середньостиглий).

Досліджувані зразки різняться як за біологічними, так і кількісними ознаками. В середньому за зразками різниця в строках відновлення вегетації між ранніми та пізніми екотипами становила 5 діб, тривалість міжфазного періоду «початок викидання волоті–початок цвітіння» 13–23 діб, «цвітіння–дозрівання насіння» 65–75 діб (зона недостатнього зволоження, Веселоподільська ДСС), у той час цей показник був зміщений на 1-3 доби в умовах нестійкого зволоження (Ялтушківська ДСС).

Моніторинг забур'яненості посівів проса прутоподібного показав, що рослини цієї культури мають низьку конкурентну здатність щодо бур'янів. Найбільш шкодочинною є забур'яненість посівів культури у перші роки її використання. Встановлено зворотну кореляційну залежність між густиною сходів рослин та загальною кількістю бур'янів ($r = -0,85$).

Визначено показники площі листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу. На Веселоподільській ДСС у

фазі виходу в трубку найбільша площа асиміляційної поверхні була у зразка Кейв-ін-Рок (43,3 тис. м²/га), найменша – у зразка Дакота (18,5 тис. м²/га). У фазі цвітіння максимальні значення площі листкової поверхні відмічено у зразків Канлоу, Кейв-ін-Рок та Аламо – 55,8, 52,6, та 52,3 тис. м²/га відповідно. Найменше значення цього показника – 39,0 тис. м²/га – зафіксовано у зразка Небраска. В умовах Ялтушківської ДСС найбільшою площа асиміляційної поверхні у фазі цвітіння була у зразків Кейв-ін-Рок, Морозко та Шелтер – 56,3, 55,6 та 54,9 тис. м²/га відповідно, найменшою – у зразка Дакота – 43,0 тис. м²/га. У зоні недостатнього зволоження найбільші значення чистої продуктивності фотосинтезу – 4,12 та 3,84 г/м² за добу – відмічено у зразків Канлоу та Кейв-ін-Рок, найменші – 2,65–2,66 г/м² за добу – у Дакота й Небраска. У зоні нестійкого зволоження виділилися зразки Канлоу, Кейв-ін-Рок та Морозко, максимальні значення досліджуваного показника в яких досягали 4,13, 4,11 та 3,91 г/м² за добу відповідно.

За результатами комплексного оцінювання всі інтродуковані зразки проса прутноподібного як височинного, так і низовинного еко типу є придатними для поширення в зоні Лісостепу України. В середньому за 2010–2014 рр. як на Веселоподільській ДСС найвищу продуктивність відмічено у зразка Канлоу, дещо нижчу – в Картадж та Аламо, найменшу – в зразка Дакота (табл. 1).

Зразки Кейв-ін-Рок, Канлоу та Санберст характеризувалися високою продуктивністю в зоні нестійкого зволоження. Вихід твердого біопалива в них становив 14,4–17,6 т/га, вихід енергії – 196,5–240,0 ГДж/га відповідно. Однак найвищі значення досліджуваних показників продуктивності мав вітчизняний сорт Морозко, який забезпечив вихід твердого біопалива на рівні 19,0 т/га, енергії – на рівні 259,5 ГДж/га.

Таблиця 1

Господарсько-цінні показники проса прутноподібного довготривалого використання залежно від сортових особливостей та різних ґрунтово-кліматичних умов зон вирощування (середнє за 2010-2014 рр.)

Зразок/сорт	Веселоподільська ДСС			Ялтушківська ДСС		
	Урожайність сухої маси, т/га	Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га	Урожайність сухої маси, т/га	Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
Форестбург	9,4	10,3	141,0	9,3	10,2	139,5
Небраска	9,2	10,1	138,0	9,4	10,3	141,0
Дакота	7,5	8,2	112,5	7,8	8,6	117,0
Шелтер	11,8	12,9	177,0	12,8	14,0	192,0
Санберст	11,2	12,3	168,0	13,1	14,4	196,5
Морозко	–	–	–	17,3	19,0	259,5
Кейв-ін-Рок	12,4	13,6	186,0	16,0	17,6	240,0
Картадж	13,2	14,5	198,0	12,3	13,5	184,5
Аламо	13,1	14,4	196,5	12,5	13,7	187,5
Канлоу	14,1	15,5	211,5	14,2	15,6	213,0
НІР _{0,05}	0,3	0,3	15,7	0,4	0,5	19,7

За результатами кластерного аналізу комплексу господарсько-цінних ознак серед досліджуваних зразків виділено дві групи кластерів, до першої з яких належать Кейв-ін-Рок, Аламо, Картадж та Санберст, решта зразків – до другої (рис. 1).

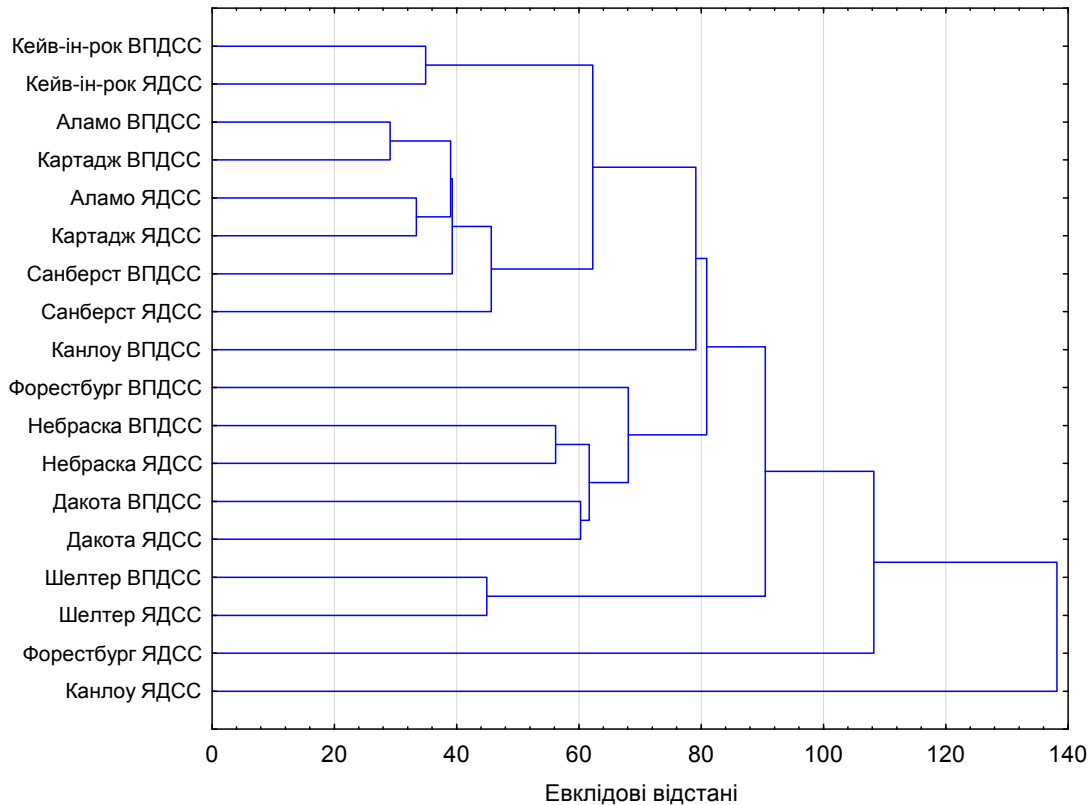


Рис. 1. Кластерний аналіз зразків проса прутоподібного за комплексом господарсько-цінних ознак

За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що врожайність сухої біомаси проса прутоподібного формується відповідно на 37 % залежно від біологічних особливостей досліджуваних зразків, на 31 % – за рахунок впливу умов вирощування, частка впливу взаємодії факторів складає 26 %.

У цілому, в умовах недостатнього зволоження кращими з погляду використання у виробництві виявилися зразки Канлоу, Картадж та Аламо, в зоні нестійкого зволоження – високопродуктивний стабільний сорт Морозко та зразки Кейв-ін-Рок, Канлоу, Санберст.

СХОЖІСТЬ НАСІННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО ТА СПОСОБИ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

Важливим етапом у технології вирощування проса прутоподібного є отримання своєчасних, дружних та повноцінних сходів оптимальної густоти. Проте перешкодою цьому є низка чинників, пов'язаних, насамперед, з морфобіологічними та анатомічними особливостями насіння, зокрема тривалим станом його спокою, дуже незначними розмірами, наявністю щільної оболонки та ін. Як свідчать результати проведених досліджень, найвищі значення енергії проростання (46–47 %) і схожості насіння (56–57 %) у зразка Кейв-ін-Рок

отримано у варіантах, де насіння замочували в розчині мікродобрих Аватар та Рост-концентрат. В інших варіантах із замочуванням насіння в розчинах солей цинку, марганцю та кобальту його енергія проростання та схожість були на 3–9 % і на 6–10 % відповідно вищими порівняно з контролем. У зразка Аламо, порівняно з Кейв-ін-Рок, зазначені показники якості насіння загалом були дещо нижчими, проте мали таку ж закономірність до підвищення залежно від варіантів досліду (табл. 2).

Таблиця 2

Інтенсивність проростання насіння проса прутоподібного залежно від способів його стимуляції та сортових особливостей (ІБКіЦБ, середнє за 2010–2013 рр.)

Варіанти досліду	Зразки									
	Кейв-ін-Рок					Аламо				
	проросло насіння на ... добу, %									
	5	7	10 – енергія проростання	14	20 – схожість	5	7	10 – енергія проростання	14	20 – схожість
1. Без стимуляції (контроль)	9	20	38	40	42	7	20	31	34	41
2. Замочування у воді	8	21	39	42	44	6	21	33	38	43
3. Стратифікація	10	23	47	43	51	8	22	38	40	48
4. Замочування насіння в розчині солей цинку (0,05 %)	11	24	42	45	52	10	23	38	41	48
5. –//– марганцю (0,05 %)	10	24	40	43	50	9	22	34	40	44
6. –//– кобальту (0,05 %)	11	23	38	43	48	10	24	35	40	45
7. –//– в розчині мікродобрих Аватар (0,7 л/кг)	12	37	46	47	56	11	35	45	48	55
8. –//– Рост-концентрат (1,0 л/кг)	11	37	47	48	57	11	36	46	48	55
НІР _{0,05}	–	–	2,1	–	2,1	–	–	2,1	–	2,1

Протягом років досліджень показники польової схожості насіння та густоти сходів в усіх варіантах досліду були вищими порівняно з контролем (табл. 3).

Таблиця 3

Польова схожість насіння проса прутоподібного залежно від способів його стимуляції та сортових особливостей, % (ВПДСС, 2010–2013 рр.)

Варіанти досліду	Зразки									
	Кейв-ін-Рок					Аламо				
	2010	2011	2012	2013	середнє	2010	2011	2012	2013	середнє
1. Без стимуляції (контроль)	22	44	23	28	29	21	43	18	20	26
2. Замочування у воді	28	50	21	23	31	23	50	21	22	29
3. Стратифікація	34	60	22	23	35	26	58	24	25	33
4. Замочування насіння в розчині солей цинку (0,05 %)	34	61	26	28	37	26	57	24	26	33
5. –//– марганцю (0,05 %)	33	57	25	27	36	24	52	22	23	30

6. -- кобальту (0,05 %)	31	58	25	27	35	24	54	23	24	31
7. -- в розчині мікродобрив Аватар (0,7 л/кг)	38	87	30	31	42	31	66	31	24	39
8. -- Рост-концентрат (1,0 л/кг)	38	67	30	31	42	31	66	29	24	39
НІР _{0,05}	1,2	1,3	1,2	1,1	–	1,1	1,2	1,1	1,1	–

Найістотніше підвищення польової схожості насіння – на 13 % у зразка Кейв-ін-Рок та Аламо – відмічено у варіантах, де насіння замочували в розчинах мікродобрив Аватар і Рост-концентрат, а також солей цинку.

Густота сходів, залежно від варіантів досліду, в середньому коливалась у зразка Кейв-ін-Рок від 61 шт./м² на контролі до 74 шт./м² у варіанті 7, в Аламо – від 63 до 72 шт./м² відповідно. Найвищі значення цього показника в обох зразків відмічено у варіантах із замочуванням насіння в розчинах мікродобрив Аватар (72 та 74 %) та Рост-концентрат (71 та 73 % відповідно).

За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що основний вплив на формування показника густоти сходів проса прутоподібного мали погодні умови року та способи стимуляції насіння (по 48 %). Вплив сортових особливостей та взаємодії факторів був неістотним – по 2 %.

Встановлено, що за всіх способів стимуляції насіння істотно зростали показники структури продуктивності проса прутоподібного. Зокрема, на цих варіантах висота рослин обох зразків на 12–13 см, кількість стебел – на 12–30 шт./м² були більшими ніж на контролі. Найрозвиненіші рослини відмічено у варіантах замочування насіння в розчинах мікродобрив Аватар, Рост-концентрат та солей цинку.

Аналогічну закономірність зафіксовано й щодо впливу способів стимуляції насіння на накопичення рослинами культури сирої та сухої біомаси. Найвищий приріст урожайності у зразків Кейв-ін-Рок та Аламо (сирої маси – на 5,6 і 6,6 т/га, сухої – по 4,9 т/га відповідно) виявлено на варіанті із замочуванням насіння в розчині мікродобрив Рост-концентрат.

Дослідження особливостей проростання насіння проса прутоподібного за різних умов пророщування виявили, що попереднє його охолодження з різною експозицією мало істотний вплив на інтенсивність процесів проростання. Зокрема, охолодження навіть упродовж 4 діб забезпечило підвищення кількості пророслого насіння на сьому добу після сівби за пророщування при постійній температурі 20 °С на 15 %, на 10-у добу – на 25 % порівняно з контролем (НІР_{0,05} = 4,1 %). Попереднє охолодження насіння за пониженої температури 10 °С протягом 14 діб з подальшим його пророщуванням за постійної температури 20 °С сприяло скороченню тривалості стану спокою насіння та підвищенню інтенсивності його проростання на 10-у добу з 15 до 61 % (табл. 4).

За М. К. Фірсовою (1969), термін обліку показника енергії проростання насіння досліджуваної культури визначається мінімальною кількістю діб, упродовж яких проростає максимальна його кількість. Проаналізувавши за цією методикою кількість насіння з відносно високою інтенсивністю проростання, яке проросло протягом 28 діб, встановлено, що максимальну його кількість – 32 з 37 % можливих – зафіксовано на 10-ту добу. Аналогічні результати отримано й під час аналізу насіння із низькою інтенсивністю проростання. За таких умов,

на 10-ту добу проросло 16 % насіння з 18 % можливих. Кількість насіння, що проросло на 10-ту добу, в середньому за всіма повтореннями, становила за пророщування насіння з відносно високою інтенсивністю 86 %, із низькою – 89 % від його загальної кількості.

Таблиця 4

Інтенсивність проростання насіння проса пругоподібного залежно від умов його пророщування (середнє за 2011-2015 рр.)

Варіанти досліджу		Проросло насіння на ... добу, %					
Температура пророщування (фактор А)	Термін охолодження за температури 10 °С, діб (фактор Б)	4	7	10	14	20	28
20°C	без охолодження (контроль)	0	12	15	19	22	22
	4	9	27	36	38	39	39
	7	27	36	40	41	42	43
	14	58	59	61	62	63	63
за змінної температури: 10 °С – 8 годин, 20 °С – 16 годин	без охолодження (контроль)	0	0	0	25	41	49
	4	0	1	35	38	44	48
	7	0	9	22	37	43	49
	14	25	37	42	48	55	56
НІР ₀₅ загальне		5,8	5,8	6,5	7,7	8,1	6,6
НІР ₀₅ фактор А		2,9	2,9	3,2	3,7	4,0	3,3
НІР ₀₅ фактор Б		4,1	4,1	4,6	5,5	5,7	4,7

На основі проведених досліджень встановлено високу ефективність сортування насіння проса за аеродинамічними властивостями. Навіть за швидкості повітря в аспіраційному каналі 5,8 м/с енергія проростання зразків відібраного насіння підвищувалася на 9 %, схожість – на 10 %, маса 1000 штук – на 0,24 г порівняно з контролем.

Подальше збільшення швидкості повітря в аспіраційній колонці (до 7 м/с) також забезпечувало істотне підвищення схожості насіння та маси його 1000 шт. порівняно з контролем. Водночас, 68,9 % насіння при цьому направлялося у відходи (рис. 4).

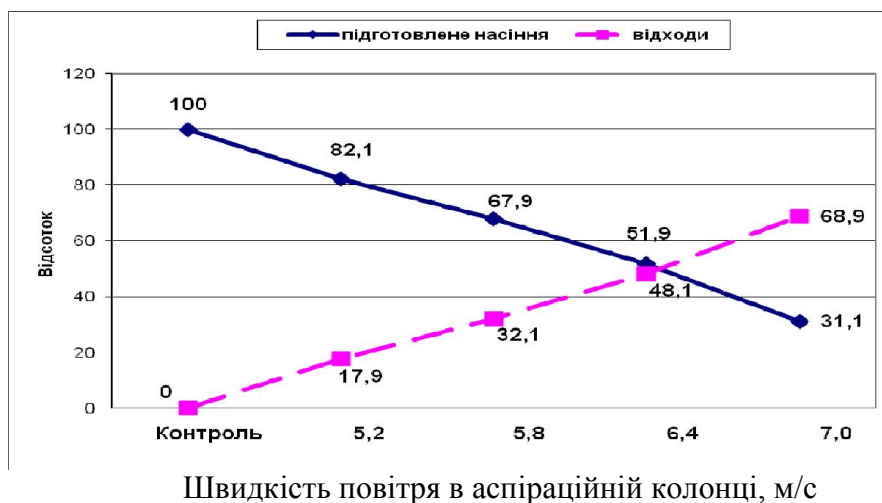


Рис. 4. Вихід насіння проса пругоподібного та його втрати у разі сортування за аеродинамічними властивостями (середнє за 2011–2015 рр.)

Встановлено, що сортування насіння за питомою масою доцільно проводити в два етапи. За першого основного сортування поздовжній кут нахилу робочої поверхні пневмостолу повинен становити $2,0^\circ$, поперечний – $0,5^\circ$, за повторного – поздовжній – $2,5^\circ$, поперечний – $0,5^\circ$. За обох етапів сортування швидкість повітря має бути достатньою для забезпечення рівномірного покриття робочої поверхні пневмостолу насінням. Оптимальна частота коливання робочої поверхні пневмостолу – 440 коливань/хв.

ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ВИХІДНОЇ ГУСТОТИ РОСЛИН І СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ

У середньому за роки досліджень густина рослин у зразка Кейв-ін-Рок весною коливалася в межах від 51 шт./м² (0,5 млн шт./га) до 182 шт./м² (3,0 млн шт./га), перед зимівлею – від 182 до 634 шт./м² відповідно, в Аламо – навесні – від 53 до 625 шт./м², перед зимівлею – від 178 до 625 шт./м² відповідно. Взаємозв'язок густоти сходів і норми висіву насіння проса прутіподібного характеризувався тісною позитивною залежністю ($r = 0,94$).

На основі дисперсійного аналізу встановлено, що густина стояння рослин культури була найвагомим чинником формування її господарсько-цінних показників, зокрема сирої (63 %) та сухої (82 %) біомаси. Частка впливу умов року становила 21 та 11 % відповідно.

Найвищу врожайність сухої біомаси (12,4–13,2 т/га) та вихід твердого біопалива (13,6–14,5 т/га) зафіксовано у варіанті з вихідною густиною рослин 2,5 млн шт./га – 3,0 млн шт./га. За розрахунковими даними ці ж варіанти показали найбільший вихід енергії (186,0–198,0 ГДж/га) (табл. 6).

Таблиця 6

**Господарсько-цінні показники проса прутіподібного
за довготривалого використання (ВПДСС, середнє за 2009–2014 рр.)**

Вихідна густина рослин, млн шт./га	Зразки					
	Кейв-ін-Рок			Аламо		
	урожайність сухої маси, т/га	вихід твердого біопалива, т/га	вихід енергії, ГДж/га	урожайність сухої маси, т/га	вихід твердого біопалива, т/га	вихід енергії, ГДж/га
0,5	3,0	3,3	45,0	2,8	3,1	42,0
1,0	4,9	5,4	73,5	5,6	6,2	84,0
1,5	7,4	8,1	111,0	7,8	8,6	117,0
2,0 (контроль)	9,0	9,9	135,0	10,4	11,4	156,0
2,5	12,4	13,6	186,0	13,1	14,4	196,5
3,0	12,5	13,7	187,5	13,2	14,5	198,0
НІР _{0,05}	0,4	0,6	12,2	0,5	0,6	14,0

Встановлено кореляційну залежність між густиною рослин (x) проса прутіподібного та виходом енергії (y), яка описується рівнянням: $y = 1,32x - 4,224$. Коефіцієнт кореляції між ними мав лінійний тип зв'язку ($r = 0,99$) (рис. 5).

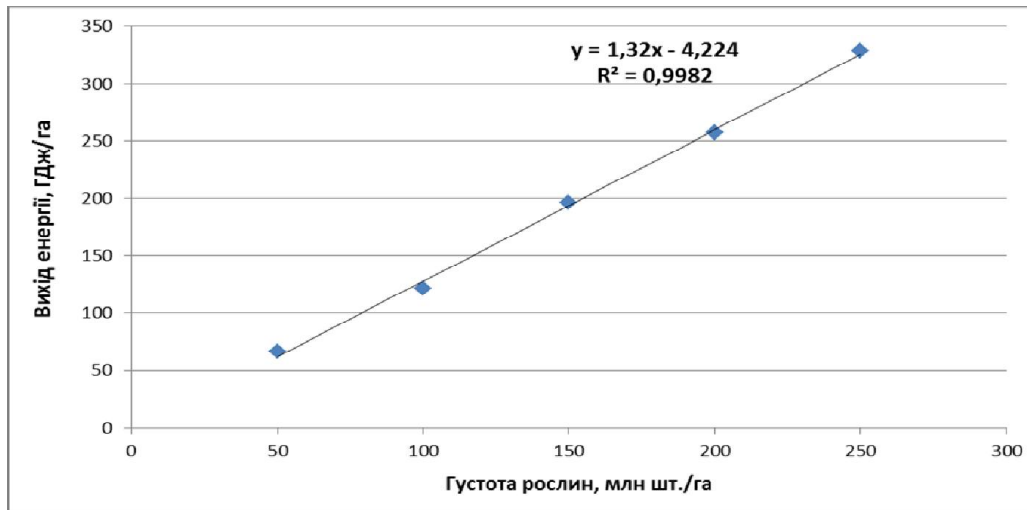


Рис. 5. Кореляційна залежність між нормою висіву насіння проса прутноподібного та виходом енергії, ГДж/га

Таким чином, за довготривалого використання культури економічно обґрунтованим був варіант з вихідною густиною рослин 2,5 млн шт./га (норма висіву – 7,70 кг/га), де отримано вихід енергії (186,0–196,5 ГДж/га).

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Результати виробничої перевірки показали, що вирощування проса прутноподібного за вихідної густоти рослин 2,5 млн шт./га (норма висіву – 7,70 кг/га) забезпечило підвищення врожайності сухої – на 2,7–3,4 т/га порівняно з густиною рослин 2,0 млн шт./га. Річний економічний ефект становить 4,8–9,4 тис. грн/га.

Енергетичний еквівалент продукції за вирощування зразка Канлоу дорівнював 587,4 ГДж/га, витрати – 116,4 ГДж/га, K_{ee} – 5,0. Умовно чистий прибуток становив 11,8–12,1 тис. грн/га за рівня рентабельності 120 %.

За врожайності зразка Кейв-ін-Рок 16,5 т/га енергетичний еквівалент продукції становив 279,3 ГДж/га, енергетичні витрати – 78,9 ГДж/га, K_{ee} – 3,5; за врожайності сорту Морозко на рівні 22,5 т/га – 380,8 і 82,8 ГДж/га відповідно, K_{ee} – 4,6.

Вищий енергетичний еквівалент продукції відмічено за сівби стимульованим насінням. Зокрема, на Ялтушківській ДСС (2015 р.) він становив 585,7 ГДж/га, K_{ee} – 6,17, що відповідно на 167,5 ГДж/га і 1,58 K_{ee} більше, ніж за сівби нестимульованим насінням.

ВИСНОВКИ

1. У дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано та наведено нове вирішення наукової задачі, що проявляється у встановленні особливостей росту, розвитку рослин, формування продуктивності агрофітоценозів і поліпшення посівних якостей насіння вперше інтродукованої в Україні культури проса прутноподібного залежно від тривалості використання, погодних

умов, густоти стояння рослин та способів стимуляції насіння в умовах зони Лісостепу. На основі проведених експериментальних досліджень удосконалено елементи технології вирощування культури як можливого джерела відновлювальної енергії. Встановлено тривалість вегетаційного періоду зразків проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) інтродукованих в Україні та адаптованих до умов недостатнього та нестійкого зволоження. У низовинних екотипів він становив 190–200 діб, у височинних – 150–170 діб. Різниця у відновленні вегетації між цими екотипами становить 5 діб, тривалість міжфазного періоду «викидання волоті–цвітіння» – 18–20 і 25–27 діб, «цвітіння–дозрівання насіння» – 48–50 і 51–53 діб відповідно.

2. Найбільшу шкодочинність посівам проса прутоподібного спричиняє забур'яненість посівів у перші роки його використання. Встановлено зворотну кореляційна залежність між густиною сходів та загальною кількістю бур'янів ($r = -0,85$). За густоти стояння 2,5 млн шт./га забур'яненість агрофітоценозу була в 3–5 разів меншою, ніж за густоти 0,5 млн шт./га. Найпоширенішими видами бур'янів в агрофітоценозах культури були гірчак березковидний (*Polygonum convolvulus* L.), березка польова (*Convolvulus arvensis* L.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.), мишій сизий (*Setaria glauca* L.), плоскуха (*Echinochloa crusgalli* L.).

3. Всі інтродуковані зразки проса прутоподібного як височинного, так і низовинного екотипів придатні для поширення на малопродуктивних землях і добре адаптовані до зон недостатнього та нестійкого зволоження Лісостепу України. На Веселоподільській і Ялтушківській ДСС у групі пізньостиглих зразків кращими за врожайністю сухої маси та виходом енергії виявився Канлоу (14,1–14,2 т/га, 211,5–213,0 ГДж/га), серед середньостиглих – Кейв-ін-Рок (12,4–16,0 т/га, 186,0–240,0 ГДж/га), ранньостиглих – Форестбург (9,3–9,4 т/га, 139,5–141,0 ГДж/га).

4. В умовах Ялтушківської ДСС було створено вітчизняний сорт проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) Морозко, який внесено до Державного Реєстру сортів рослин, придатних для поширення у Україні в 2015 р. Він виявився найбільш адаптованим до ґрунтово-кліматичних умов Лісостепу України і характеризується високою врожайністю сухої маси (17,3 т/га), виходом твердого біопалива (19,0 т/га) та енергії (259,5 ГДж/га).

5. У зоні Лісостепу України встановлено адаптивну здатність, екологічну пластичність і стабільність досліджуваних зразків проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) різного еколого-географічного походження. В умовах зони недостатнього зволоження Лісостепу України (Веселоподільська ДСС) високопластичними виявилися зразки Аламо, Шелтер, Картадж, Канлоу та Санберст ($b = 1,08–1,95$), зони нестійкого зволоження (Ялтушківська ДСС) – Аламо, Картадж, Шелтер, Санберст та Кейв-ін-Рок ($b = 1,03–2,09$) і сорт вітчизняної селекції Морозко ($b = 0,34$).

6. На основі розроблених способів стимуляції насіння виявлено, що стратифікація за температури 10 °С упродовж 14 діб з подальшим пророщуванням за температури 20 °С, забезпечувала скорочення терміну стану його спокою та підвищення інтенсивності проростання. Експериментальним

шляхом встановлено, що оптимальним терміном визначення показника енергії проростання насіння є 10-та доба, схожості – 20-а доба пророщування.

7. Стимуляція насіння проса прутоподібного шляхом замочування в розчинах мікроелементів і мікродобрих є найефективнішим способом його передпосівної підготовки. Зокрема, у варіантах з використання мікродобрих Аватар (0,7 л/кг) і Рост-концентрат (1,0 л/кг) лабораторна схожість насіння, незалежно від генотипу, підвищувалась на 14–15 %.

8. Сортування насіння проса прутоподібного за аеродинамічними властивостями також є вагомим чинником покращення його посівних якостей (за енергією проростання частка його впливу становила – 56 %, за схожістю – 44 %). Оптимальним режимом виявився такий, за якого у відходи потрапило 32,1 % насіння. Сортування насіння за питомою масою доцільно проводити в два етапи. За першого основного сортування поздовжній кут нахилу робочої поверхні пневмостолу повинен становити $2,0^\circ$, поперечний – $0,5^\circ$, за повторного – поздовжній – $2,5^\circ$, поперечний – $0,5^\circ$. За обох етапів сортування швидкість повітря має бути достатньою для забезпечення рівномірного покриття робочої поверхні пневмостолу насінням. Оптимальна частота коливання робочої поверхні пневмостолу – 440 коливань/хв.

9. Найвищу економічно обґрунтовану продуктивність зразків Кейв-ін-Рок та Аламо одержано за довготривалого їх використання у варіанті з вихідною густиною 2,5 млн шт./га рослин (норма висіву насіння – 7,70 кг/га): врожайність сухої біомаси була 12,4–13,1 т/га, вихід біопалива – 13,6–14,4 т/га та енергії – 186,0–196,5 Гдж/га.

10. Виробнича перевірка та впровадження науково-обґрунтованих елементів технології вирощування інтродукованих зразків проса прутоподібного в дослідних господарствах Полтавської і Вінницької областей підтвердили їх високу ефективність. Сорт вітчизняної селекції Морозко забезпечив річний економічний ефект 6,3 тис. грн/га, K_{ee} – 4,60, що є значно вищим за аналогічні показники зразка іноземного походження Кейв-ін-Рок. За сівби стимульованим насінням з нормою висіву 7,7 кг/га річний економічний ефект становив 9,4–9,5 тис. грн/га, K_{ee} – 6,17 і 4,09 відповідно.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для отримання врожайності сухої маси проса прутоподібного на рівні 17 т/га у зоні Лісостепу України рекомендується:

- висівати сорт вітчизняної селекції Морозко;
- підготовку насіння проводити сортуванням за аеродинамічними властивостями та питомою масою;
- для покращення посівних якостей насіння попередньо замочувати в розчині мікродобрих Аватар (0,7 л/кг) і Рост-концентрат (1,0 л/кг);
- норма висіву насіння з розрахунку на кінцеву густиною не менше 2,5 млн шт./га рослин;
- для розширення сортового асортименту залучати іноземні зразки, які інтродуковано в Україні.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях України:

1. Гументик М. Я. Вдосконалення елементів технології вирощування проса лозоподібного в умовах Західного Лісостепу України / М. Я. Гументик, В. М. Каськів, **С. М. Мандровська** // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. пр. – К. : ЗАТ «Віпол», 2011. – Вип. 12. – С. 135–142. *(проведення досліджень, узагальнення та аналіз результатів, підготовка статті)*.

2. Перспективи вирощування світчграсу як альтернативного джерела енергії в Україні / С. М. Петриченко, О. В. Герасименко, Г. С. Гончарук, **С. М. Мандровська** // Цукрові буряки. – 2011. – № 4. – С. 13–14. *(проведення досліджень, узагальнення та аналіз результатів, підготовка статті)*

3. Філіпась Л. П. Продуктивність різних сортів світчграсу / Л. П. Філіпась, А. М. Горобець, **С. М. Мандровська** // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. пр. – К. : ФОП Корзун Д. Ю., 2012. – С. 359–361. *(проведення досліджень, узагальнення та аналіз результатів, підготовка статті)*

4. Мандровська С. М. Світчграс (*Panicum virgatum* L.) – перспективний інтродуцент для виробництва біопалива в Лісостепу України / **С. М. Мандровська** // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. пр. – К. : ФОП Корзун Д. Ю., 2013. – Вип. 19. – С. 82–85.

5. Мандровська С. М. Моніторинг забур'яненості в агрофітоценозах світчграсу / **С. М. Мандровська** // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. пр. – К. : ФОП Корзун Д. Ю., 2014. – Вип. 21. – С. 134–137.

6. Мандровська С. М. Продуктивність проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.) залежно від норми висіву та сортових особливостей / **С. М. Мандровська**, В. М. Балан // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : зб. наук. пр. – К. : ФОП Корзун Д. Ю., 2015. – Вип. 23. – С. 44–49. *(проведення досліджень, узагальнення та аналіз результатів, підготовка статті)*

7. Мандровська С. М. Вплив передпосівного оброблення насіння на продуктивність проса прутіподібного / **С. М. Мандровська** // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – К. : ВП «Едельвейс», 2015. – Вип. 3. – С. 56–63.

Статті в наукових виданнях інших держав:

8. Мандровская С. Н. Интродукция проса прутьевидного (*Panicum virgatum* L.) на Украине / **С. Н. Мандровская** // Иновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2015. – № 2. – С. 63–68.

9. Визначення енергії проростання та схожості насіння світчграсу / В. А. Доронін, Ю. А. Кравченко, М. В. Бусол, В. В. Доронін, **С. М. Мандровська** // Вісник Уманського національного університету садівництва. – 2015. – № 1. – С.

64–68. (проведення досліджень, узагальнення та аналіз результатів, підготовка статті)

10. Сторожик Л. И. Адаптивность и продуктивность сортов проса прутьевидного при продолжительном использовании посевов в условиях Лесостепи Украины [Электронный ресурс] / Л. И. Сторожик, **С. Н. Мандровская** // Электронный периодический научный журнал «SCI-ARTICLE. RU». – 2015. – № 21. – С. 27–33. – Режим доступа: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1428252629> (проведення досліджень, узагальнення та аналіз результатів, підготовка статті)

Патенти:

11. Патент на корисну модель № 74261, Україна. Спосіб передпосівного обробітку ґрунту під світчграс / Курило В. Л., Ганженко О. М., Гументик М. Я., Зиков П. Ю., Гончарук Г. С., Каськів В. В., **Мандровська С. М.** (ІБКіЦБ НААН, Україна). – Заяв. № у 201203389 від 21.03.2012; Опубліковано 25.10.2012, Бюл. «Промислова власність». – № 20.

12. Патент на корисну модель № 75542, Україна. Спосіб прогнозування польової схожості насіння сільськогосподарських культур / Балан В. М., Сторожик Л. І., **Мандровська С. М.**, Щегловський М. М. (ІБКіЦБ НААН, Україна). – Заяв. № у 201204501 від 10.04.2012; Опубліковано 10.12.2012, Бюл. «Промислова власність». – № 23.

13. Патент на корисну модель № 76085, Україна. Спосіб клонального мікророзмноженні світчграсу (*Panicum virgatum L.*) / Войтовська В. І., Курило В. Л., Бех Н. С., Недяк Т. М., **Мандровська С. М.** (ІБКіЦБ НААН, Україна). – Заяв. № у 201206475 від 29.05.2012; Опубліковано 25.12.2012, Бюл. «Промислова власність». – № 24.

14. Патент на корисну модель № 76599, Україна. Спосіб розмноження проса лозоподібного (*Panicum virgatum L.*) / Войтовська В. І., Роїк М. В., Бех Н. С., Недяк Т. М., **Мандровська С. М.** (ІБКіЦБ НААН, Україна). – Заяв. № у 201207523 від 20.06.2012; Опубліковано 10.01.2013, Бюл. «Промислова власність». – № 1.

15. Патент на корисну модель № 78945, Україна. Спосіб відбору рослинних зразків у тимчасових дослідках у зернових колоскових культур / Войтовська В. І., Сухомуд О. Г., Любич В. В., **Мандровська С. М.**, Половинчук О. Ю. (ІБКіЦБ НААН, Україна). – Заяв. № у 201209678 від 10.08.2012; Опубліковано 10.04.2013, Бюл. «Промислова власність». – № 7.

16. Патент на корисну модель № 79702, Україна Спосіб отримання поліплоїдних форм світчграсу / Войтовська В. І., Роїк М. В., Бех Н. С., **Мандровська С. М.**, Недяк Т. М. (ІБКіЦБ НААН, Україна). – Заяв. № у 2012132401 від 23.11.2012; Опубліковано 25.04.2013, Бюл. «Промислова власність». – № 8.

17. Патент на корисну модель № 85560, Україна. Спосіб прискороного відтворення світчграсу / Войтовська В. І., **Мандровська С. М.** (ІБКіЦБ НААН, Україна). – Заяв. № у 201306037 від 16.05.2013; Опубліковано 25.11.2013, Бюл. «Промислова власність». – № 22.

18. Патент на корисну модель № 97776 Україна, МПК А01С1/00. Спосіб стимуляції насіння проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) / Балан В. М. **Мандровська С. М.** (ІБКіЦБ НААН, Україна). – Заяв. № у 201409073 від 12.08.2014; Опубліковано 10.04.2015, Бюл. «Промислова власність». – № 7.

Методики:

19. Методика проведення експертизи сортів проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) на відмінність, однорідність і стабільність / М. В. Роїк, Д. Б. Рахметов, С. М. Гонтаренко, В. Л. Курило, М. Я. Гументик, Я. Б. Блюм, Т. О. Щербакова, С. О. Рахметова, **С. М. Мандровська**, А. В. Андрющенко // Методика проведення експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність та стабільність (ВОС-тест). Кормові та коренеплідні / за ред. С. О. Ткачик – К. : Нілан-ЛТД, 2014. – С. 637–651. *(проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання методики)*

Науково-практичні рекомендації:

20. Методичні рекомендації з проведення основного та передпосівного обробітків ґрунту і сівби проса лозовидного / В. Л. Курило, М. Я. Гументик, Г. С. Гончарук, В. М. Смірних, А. М. Горобець, В. В. Каськів, О. В. Максименко, **С. М. Мандровська** – К. : ІБКіЦБ, 2012. – 28 с. *(проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій)*.

21. Організаційно-економічні нормативи витрат та інформаційно-статистичні матеріали з виробництва рослинницької продукції за біоадаптивними технологіями : методичні рекомендації / М. В. Роїк, В. М. Сінченко, В. І. Пиркін, О. В. Балагура, В. С. Бондар, А. В. Фурса, В. І. Гореленко, Я. П. Цвей, П. Г. Борисюк, Я. П. Макух, В. В. Іваніна, В. Т. Саблук, В. Й. Стефанюк, С. Д. Орлов, В. М. Балан, О. Г. Кулік, М. Я. Гументик, О. М. Грищенко, С. М. Тимошенко, М. В. Бузинний, Г. Д. Гапоненко, Л. І. Сторожик, О. В. Широкоступ, Л. Н. Гізбулліна, В. П. Москаленко, **С. М. Мандровська**, Н. О. Кононюк, О. П. Кирковська, А. В. Шамсутдінова, В. Р. Аскарів, В. С. Власенко, О. П. Кирковська – К. : Нілан-ЛТД, 2014. – 194 с. *(проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій)*

22. Визначення схожості насіння проса прутоподібного (світчграсу) *Panicum virgatum* L. : методичні рекомендації / В. А. Доронін, Ю. А. Кравченко, В. В. Доронін, **С. М. Мандровська**, Г. С. Гончарук. – К. : – ІБКіЦБ, 2015. – 10 с. *(проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання рекомендацій)*

Тези доповідей конференціях:

23. Мандровська С. М. Світчграс як альтернативне джерело енергії в Україні / **С. М. Мандровська**, В. М. Балан // Наукові пошуки молоді у третьому тисячолітті : матер. Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених,

аспірантів та докторантів (19–20 травня 2011 р., м. Біла Церква). – Біла Церква : БНАУ, 2011. – С. 38–39.

24. Мандровська С. М. Способи вирощування світчграсу / С. М. Мандровська, В. І. Войтовська // Підвищення ефективності ресурсозберігаючих технологій на зернопереробних підприємствах : тези доповідей Всеукр. наук. конф. (24–25 жовтня 2013 р., м. Умань). – Умань : ВПЦ «Візаві», 2013. – С. 63–65. (проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів, підготовка та написання статті)

25. Мандровська С. М. Просо прутоподібне – перспективне джерело енергії в Україні / С. М. Мандровська // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем АПК : матер. наук.-практ. конф. молодих вчених (25 червня 2015 р., м. Житомир). – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2015. – С. 20–21.

АНОТАЦІЯ

Мандровська С. М. Агроекологічні основи введення в культуру проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) в Лісостепу України. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 – рослинництво. – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. – Київ, 2016.

Досліджено особливості росту, розвитку та формування продуктивності агрофітоценозів і посівних якостей насіння вперше інтродукованої в Україні культури проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) і новоствореного сорту вітчизняної селекції Морозко в умовах Лісостепу.

На основі розробленої Методики проведення експертизи сортів проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) на відмінність, однорідність і стабільність диференційовано дев'ять зразків різного еколого-географічного походження за належністю до височинних і низовинних екотипів, тривалістю проходження фаз і міжфазних періодів протягом їх вегетації, проведено кластеризацію за комплексом господарсько-цінних показників та їх адаптивною здатністю.

Встановлено залежність формування врожайності сирової та сухої біомаси, виходу твердого палива та енергії від агроекологічних чинників (погодні умови, густина стояння рослин і норми висіву, способи передпосівної обробки насіння) та визначено їх частки впливу. Всі досліджувані зразки проса прутоподібного є придатними для поширення у зонах недостатнього й нестійкого зволоження Лісостепу України. На основі проведених досліджень розроблені елементи технології вирощування культури.

Розроблено способи скорочення тривалості стану спокою та підвищення схожості насіння проса прутоподібного. Встановлено, що найефективним способом є замочування насіння в розчинах мікродобрив Аватар (0,7 л/га) і Рост-концентрат (1,0 л/га) за якого забезпечується істотне підвищення схожості насіння як у лабораторних, так і польових умовах, незалежно від генотипу. Доведено, що стратифікація насіння протягом 14 діб за температури 10 °С з

подальшим пророщуванням за температури 20 °С скорочує термін спокою насіння та підвищує інтенсивність його проростання.

Експериментальним шляхом виявлено оптимальні режими сортування насіння за його аеродинамічними властивостями і питомою масою. Встановлено оптимальні терміни визначення показників посівних якостей насіння проса прутюподібного: енергія проростання – на 10-та добу, лабораторна схожість – на 20-ту.

Виробнича перевірка та впровадження науково-обґрунтованих елементів технології вирощування інтродукованих зразків проса прутюподібного в дослідних господарствах Полтавської й Вінницької областей підтвердили їх високу ефективність. Сорт вітчизняної селекції Морозко забезпечив річний економічний ефект 6,3 тис. грн/га, за сівби стимульованим насінням – 9,4–9,5 тис. грн/га.

Ключові слова: просо прутюподібне, інтродукція, зразки культури, погодні умови, стимуляція та стратифікація насіння, вихідна густина стояння (норма висіву насіння), продуктивність, біопаливо, економічна та енергетична ефективність.

АННОТАЦІЯ

Мандровская С. Н. Агроэкологические основы введения в культуру проса прутьевидного (*Panicum virgatum* L.) в Лесостепи Украины. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.01.09 – растениеводство. – Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины. – Киев, 2016.

Исследованы особенности роста, развития и формирования продуктивности агрофитоценозов и посевных качеств семян впервые интродуцированной в Украине культуры проса прутьевидного (*Panicum virgatum* L.) и созданного сорта отечественной селекции Морозко в условиях Лесостепи.

На основе разработанной Методики проведения экспертизы сортов проса прутюподібного (*Panicum virgatum* L.) на отличие, однородность и стабильность, девять образцов различного эколого-географического происхождения по принадлежности к возвышенным и низменным экотипам, продолжительности прохождения фаз и межфазных периодов в течение вегетации, проведено кластеризацию по комплексу хозяйственно-ценных показателей и их адаптивной способности.

Установлена зависимость формирования урожайности сырой и сухой биомассы, выход твердого топлива и энергии от агроэкологических факторов (погодные условия, плотность стояния растений и нормы высева, способы предпосевной обработки семян) и определены их доли влияния. Все исследуемые образцы проса прутьевидного пригодны для распространения в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения Лесостепи Украины. На

основании проведенных исследований разработаны новые элементы технологии выращивания культуры.

Разработаны способы сокращения продолжительности состояния покоя и повышения всхожести семян проса прутьевидного. Установлен, что наиболее эффективным способом является замачивание семян в растворах микроудобрений Аватар (0,7 л/га) и Рост-концентрат (1,0 л/кг), при котором обеспечивается существенное повышение всхожести семян как в лабораторных, а и полевых условиях, независимо от генотипа. Доказано, что стратификация семян в течение 14 суток при температуре 10 °С с дальнейшим проращиванием при температуре 20 °С сокращает срок покоя семян и повышает интенсивность его прорастания.

Экспериментальным путем определены оптимальные режимы сортировки семян по их аэродинамическим свойствам и удельному весу. Установлены оптимальные сроки определения показателей посевных качеств семян проса прутьевидного: энергия прорастания – 10-ые сутки, лабораторная всхожесть – 20-ые.

Доказана экономическая целесообразность выращивания проса прутьевидного при исходной густоте растений 2,5 млн шт/га всхожих семян (норма высева – 7,7 кг/га).

На основании результатов производственной проверки и внедрения научно-обоснованных элементов технологии выращивания интродуцированных образцов проса прутьевидного в опытных хозяйствах Полтавской и Винницкой областей подтверждена их высокая эффективность. Отечественный сорт Морозко обеспечил годовой экономический эффект 6,3 тыс. грн/га, при высева стимулированными семенами – 9,4–9,5 тыс. грн/га.

Ключевые слова: просо прутьевидное, интродукция, образцы сортов, погодные условия, стимуляция и стратификация семян, исходная густота стояния (норма высева семян), продуктивность, биотопливо, экономическая и энергетическая эффективность.

SUMMARY

Mandrovskaya, S.M. (2016). Agroecological basics of the introduction of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) in the Forest-Steppe of Ukraine. - The manuscript.

Thesis for a degree in Agricultural Sciences. Specialty 06.01.09 Plant production. Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine, Kyiv.

The study is dedicated to the features of growth and development of newly introduced in Ukraine crop switchgrass (*Panicum virgatum* L.), in particular, new domestic variety Morozko, as well as to the agrophytocenosis productivity and seed quality under the conditions of Forest-Steppe.

Based on the developed methods on the difference, uniformity and stability, nine specimens of switchgrass of various eco-geographical origin were differentiated in terms of their uniformity and stability, highland or lowland ecotype, duration of development stages and inter-stages periods. Clustering in terms of complex agronomic characteristics and their adaptive capacity has been carried out.

Determined are such characteristics as green and dry biomass yields, solid fuel yield, and energy output as affected by agricultural and environmental factors (i.e. weather conditions, stand density and seeding rate, methods of seed pre-treatment) and determined their share of influence. The collection of switchgrass is suitable for distribution in zones of low and unstable wetting in the Forest-Steppe of Ukraine.

The methods of reducing the dormancy period and improving the seed germination of switchgrass have been developed. Soaking seeds in solutions of micronutrients Avatar and Rost-Kontsentrat at the concentrations of 0.7 and 1.0 L/g, respectively, proved to be the most effective treatment, which enhanced seed germination under laboratory and field conditions, regardless of genotype. It was proved that the stratification of seeds for 14 days at the temperature of 10 °C along with subsequent germination at 20 °C shortens the dormancy period of the seeds and increases the intensity of germination. Optimal modes of sorting seeds in terms of their aerodynamic properties and specific weight have been determined. Based on the results of the experiment, criteria of germination vigour (10 days) and seed germination (20 days) have been determined.

Production tests of scientifically substantiated elements of farming practices carried out in the research farms of Poltava and Vinnytsia regions proved their high efficiency. Domestic variety Morozko provided an annual economic effect of 6,300 UAH per hectare. When seeds treated with stimulants, this figure increased to 9,400-9,500 UAH per hectare.

Keywords: switchgrass, introduction, assays of crop, weather conditions, stimulation and stratification of seeds, initial stand density (seeding rate), productivity, biofuel, economic and energy efficiency.