

harvested separately by Sampo-500 combine. **Results.** In spring rapeseed, the highest yield was marked by variety 'Aidar' (2.52 t/ha) and the lowest by 'Heros' (2.43 t/ha). In spring camelina, the highest yield was in variety 'Zevs' (2.31 t/ha) and lower in 'Hirska' (2.15), 'Mirazh' (2.27), and 'Slavutych' (2.22 t/ha). The highest oil content among rapeseed varieties demonstrated 'Aidar' (43.7%). Slightly lower it was in 'Belinda' (43.2%), 'Jerry' (42.8) and 'Heros' (42.6%). Depending on the varietal characteristics, the highest percentage of oil content was found in spring camelina varieties 'Zevs' (45.1%). It was lower by 0.5 and 0.9% in 'Mirazh' and 'Slavutych'. The lowest percentage of oil content (43.7%) was determined in camelina variety 'Hirska. In spring rapeseed varieties, the highest content of glucosinolates was in 'Aidar' – 20.5 $\mu\text{mol/g}$, 0.3 and 0.5 $\mu\text{mol/g}$ less in 'Belinda' and 'Jerry', and the lowest in 'Heros' (19.8 $\mu\text{mol/g}$). In spring camelina, the highest value was in the variety 'Zevs' (22.0 $\mu\text{mol/g}$), and the lowest in 'Hirska' (21.0 $\mu\text{mol/g}$). 'Mirazh' and 'Slavutych' contained 21.7 and 21.4 $\mu\text{mol/g}$ of glucosinolates respectively. **Conclusions.** The productivity of oilseed crops varies under the same growing conditions: spring rapeseed, regardless of varietal characteristics, demonstrated higher yield compared to camelina. On average over the years of research and varieties, this indicator was 2.47 t in spring rapeseed, and 2.24 t/ha in spring camelina, which is 0.23 t/ha less. In rapeseed, the oil content of the seeds was 43.07%, the content of glucosinolates varied from 19.8 to 20.5 $\mu\text{mol/g}$. In spring camelina, the oil content of seeds was 1.33–44.40% higher, the content of glucosinolates ranged from 21.0 to 22.0 $\mu\text{mol/g}$. The level of profitability of the studied oilseed crops was high and varied as affected by varietal characteristics: in rapeseed from 122 to 141%, and in spring camelina from 182 to 196%.

Keywords: cultivation; oilseed crops; crop yield; oil content; glucosinolates.

Надійшла / Received 16.08.2021

Погоджено до друку / Accepted 23.09.2021

УДК 633.81 (477.60)

DOI: <https://doi.org/10.47414/np.29.2021.244460>

Продуктивність агрофітоценозів проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) за довготривалого використання

С. М. Мандровська

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e-mail: mandrovskasveta@gmail.com

Мета. Встановити продуктивність агрофітоценозів проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) за довготривалого використання. **Методи.** Польовий, статистичний, розрахунково-порівняльний. **Результати.** За довготривалого вирощування проса прутоподібного відмічено, що найнижча урожайність була отримана за першого року вегетації і становила – у контрольному варіанті – 19,7 т/га і на дослідних – 25,3 і 17,5 т/га. В середньому урожайність сирової маси проса прутоподібного становила: контроль 'Cave-in-Rok' – 30,3 т/га, дослідний варіант зразок 'Kanlow' – 32,6 т/га і сорт 'Морозко' – 26,5 т/га. Вихід твердого біопалива вказує на перевагу досліджуваного зразка 'Kanlow' – 17,3 т/га над контролем – 11,7 т/га. А найменший вихід було отримано з сорту 'Морозко' – 15,7 т/га. Вихід енергії з варіантів становив: контроль – 312,8 ГДж/га, досліджувані 397,5 і 367,2 ГДж/га відповідно. Собівартість вирощеної продукції залежно від варіантів була така: у контролю (зразок 'Cave-in-Rok') – 416,03 грн/т, зразок 'Kanlow' – 312,01 грн/т, сорт 'Морозко' – 366,42 грн/т. За рівнем рентабельності встановлено, що контроль (зразок 'Cave-in-Rok') становив – 69,5 %, зразок 'Kanlow' – 101,4 %, сорт 'Морозко' – 66,8 %. Економічна оцінка продуктивності агрофітоценозів проса прутоподібного вказує на таку послідовність:

за перевагою найвищі показники були у зразка 'Kanlow', контрольний варіант зразок 'Cave-in-Rok' і найнижчі у сорту 'Морозко'. Аналізуючи енергетичний еквівалент виробництва біомаси проса прутоподібного та енерговитрати, встановлено, що за дослідного варіанта 'Kanlow' отримано 588,8 ГДж/га, а у контрольного – 468,3 ГДж/га, що нижче на 120,5 ГДж/га. **Висновки.** Продуктивність агрофітоценозів проса прутоподібного в середньому за роки досліджень (2014–2019 рр.) становила: 'Cave-in-Rok' (контроль) – 30,3 т/га, 'Kanlow' – 32,6, 'Морозко' – 26,5 т/га. При цьому енергетичний еквівалент продукції оцінюється: 'Cave-in-Rok' (контроль) у 468,3 ГДж/га, 'Kanlow' у 588,8 ГДж/га, що більше на 120,5 ГДж/га.

Ключові слова: світчграс; врожайність; сира і суха маса; вихід біопалива; собівартість.

Вступ

Зменшення використання традиційних енергоносіїв може сприяти застосуванню енергетичного потенціалу сільськогосподарських культур як альтернативних видів біоенергетики [1–3].

За останні 15 років виробництво енергії з біоенергетичних рослин у світі зросло удвічі, рідкого біопалива – у 5 разів. Лідером у виробництві біопалива є Північна Америка. Проте найбільші темпи розвитку спостерігались у країнах Євросоюзу, де упродовж останнього десятиріччя ці показники зросли у 23 рази. Біоенергетика стрімко розвивається і в країнах Азії, зокрема в Індії та Китаї. Значний ріст у цьому сегменті показала також Бразилія [4, 5].

Крім того, джерелом енергетичної сировини можуть стати не тільки біоенергетичні рослини, які спеціально вирощуються для цих цілей, але і побічні продукти рослинного походження, зокрема солома, соняшникове лушпиння, стебла кукурудзи. Щорічні обсяги побічної продукції цих культур можуть сягати до 50 млн т [6, 7].

Основним поновним ресурсом є тверда біомаса. Від загального виробництва первинної енергії на її частку припадає 9,9 %, або 71,7 % виробництва цієї енергії з відновлюваних джерел. Найбільшу частку первинної енергії з твердої біомаси (86,5 %) виробляють у країнах, які розвиваються. Це країни Африки (28,1 %), Латинської Америки (9,1 %), Китай (17,4 %) та інші країни Азії (30,4 %). Найбільша частка біомаси у виробництві енергії є характерною для таких країн ЄС, як Латвія – 26 %, Фінляндія – 20 %, Швеція – 19 %, Данія – 13 %, Португалія та Австрія – 12 %. Отже, сьогодні відновлювані джерела енергії мають достатній потенціал й набувають важливе значення для заміщення традиційних викопних видів палива та скорочення викидів парникових газів [8].

У ринкових умовах виробництву необхідні високоефективні економічно обґрунтовані технології, які б забезпечували стабільний збір урожаю біосировини проса прутоподібного, не погіршували при цьому родючість ґрунту і зменшували витрати на одиницю продукції [3, 9].

Розвиток подальшого виробництва біосировини проса прутоподібного має відбуватися шляхом його інтенсифікації, запровадження високоефективних технологій. Такі технології базуються на оптимальному використанні ґрунтово-кліматичних умов, біологічного потенціалу сортів інтенсивного типу, забезпеченні культури елементами мінерального живлення в необхідній кількості та співвідношенні, інтенсивної системи захисту рослин, своєчасному і якісному виконанні технологічних процесів, матеріальній зацікавленості у збільшенні виробництва сировини та її економічній ефективності [3, 10, 11].

Мета досліджень – встановити продуктивність агрофітоценозів проса прутоподібного за довготривалого використання.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження із оцінювання продуктивності агрофітоценозів проса прутоподібного проводили упродовж 2014–2019 рр. в умовах Веселоподільської ДСС Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, яка розташована в Східному Лісостепу України.

Досліджували різні культивари проса прутіподібного: зразки 'Cave-in-Rok' (контроль) і 'Kanlow' та сорт 'Морозко'.

За плоідністю 'Kanlow' та 'Морозко' є тетраплоїдами, а 'Cave-in-Rok' – октаплоїдом. Екотип: височинний – 'Морозко' і 'Cave-in-Rok', низинний – 'Kanlow'. Вегетаційний період у 'Cave-in-Rok' – середньо-пізньостиглий (174–180 діб); 'Kanlow' – надпізньостиглий (190–200 діб); 'Морозко' – середньостиглий (160–170 діб). Походження: 'Морозко' – Україна; 'Cave-in-Rok' – Південний Іллінойс; 'Kanlow' – Центральна Оклахома. Маса 1000 шт.: 'Cave-in-Rok' – 1,63 г, 'Морозко' – 1,65 г, 'Kanlow' – 0,79 г. Висота рослин: 'Cave-in-Rok' – 260 см, 'Kanlow' – 275 см, 'Морозко' – 185 см.

Облікова площа кожного варіанту становила 2 га. У процесі дослідження оцінювали як продуктивні (урожайність сирової та сухої біомаси, вихід біопалива й енергії), так і економічні показники вирощування культури (собівартість вирощеної продукції, реалізаційна ціна, умовно чистий прибуток).

Показники енергетичної ефективності вирощування проса прутіподібного та витрати сукупної енергії на одиницю площі визначали за технологічною картою за такими статтями: добрива, паливно-мастильні матеріали, механізовані й ручні роботи та ін. Ефективність використання енергії визначали за коефіцієнтом енергетичної ефективності (*Kee*) – відношенням різниці між відтвореною енергією (енергоємністю врожаю) і спожитою.

Коефіцієнт енергетичної ефективності визначається за формулою:

$$Kee = \frac{(U_{op} \times Ee) + (U_{n} \times Ee)}{Ve}$$

де U_{op} – урожайність основної продукції, т/га;

U_{n} – урожайність побічної продукції, т/га;

Ee – енергоємність продукції, ГДж/га;

Ve – енергетичні затрати, ГДж/га.

Річний економічний ефект рекомендованих елементів технології розраховували за формулою згідно методичних рекомендацій «Визначення економічної ефективності технологій, нової техніки, винаходів та завершених наукових розробок в рослинництві». Отримані дані обробляли за допомогою пакета прикладних програм [12–16].

Результати досліджень

Експериментальні дослідження вказують, що за довготривалого вирощування проса прутіподібного істотний вплив на урожайність сирової маси мали погодні умови та роки вирощування. Як видно із даних таблиці 1, найнижча урожайність була отримана за першого року вегетації і становила: у контрольному варіанті 19,7 т/га, на дослідних 25,3 і 17,5 т/га. Другий рік досліджень характеризувався збільшенням урожайності порівняно із першим роком, і показники були: контрольний варіант – 29,9 т/га і на дослідних – 31,2 і 28,7 т/га відповідно. Сприятливі погодні умови дозволили отримати у 2012 році вихід сирової маси на контрольному варіанті 31,9 т/га, на 0,8 т/га більше у 'Kanlow', та на 4,0 т/га менше у 'Морозко' порівняно із контролем. Досліджено у 2013 році таку ж саму закономірність, як і в попередніх. Згідно із даних, отриманих упродовж довготривалого вирощування проса прутіподібного, урожайність у 2014 році знизилась, що зумовлено несприятливими погодними умовами, і показники її по варіантах становили: контроль – 29,3 т/га, 'Kanlow' – 32,3 і 'Морозко' – 26,8 т/га. Урожайність сирової маси у проса прутіподібного у 2015 і 2016 роках збільшилась і становила: зразок 'Cave-in-Rok' (контроль) – 31,1 і 33,4 т/га, дослідний варіант зразок 'Kanlow' – 33,1 і 34,7 т/га та сорт 'Морозко' – 27,8 і 29,6 т/га відповідно. Показники у 2017 році дещо змінилися: у варіанті 'Морозко' встановлено зменшення урожайності до контролю на 2,2 т/га, переважав контроль на 4,4 т/га, а дослідний 'Kanlow' переважав на 6,6 т/га, що зумовлено насамперед сортовими особливостями досліджуваних зразків. Урожайність сирової маси проса прутіподібного у 2018 році встановлено на рівні: зразок 'Cave-in-Rok' (контроль) – 31,6 т/га, дослідний варіант зразок 'Kanlow' – 34,1 т/га і сорт 'Морозко' – 22,4 т/га відповідно. Погодні умови 2019 року забезпечили отримання

РОСЛИНИЦТВО

вегетативної маси дещо більше, ніж у 2018 році, і показники були такі: контроль – 33,8 т/га, дослідні варіанти: 32,3 і 29,0 т/га. В середньому урожайність сирової маси проса прутіподібного становила: зразок 'Cave-in-Rok' (контроль) – 30,3 т/га, дослідний варіант зразок 'Kanlow' – 32,6 т/га і сорт 'Морозко' – 26,5 т/га (рис. 1).

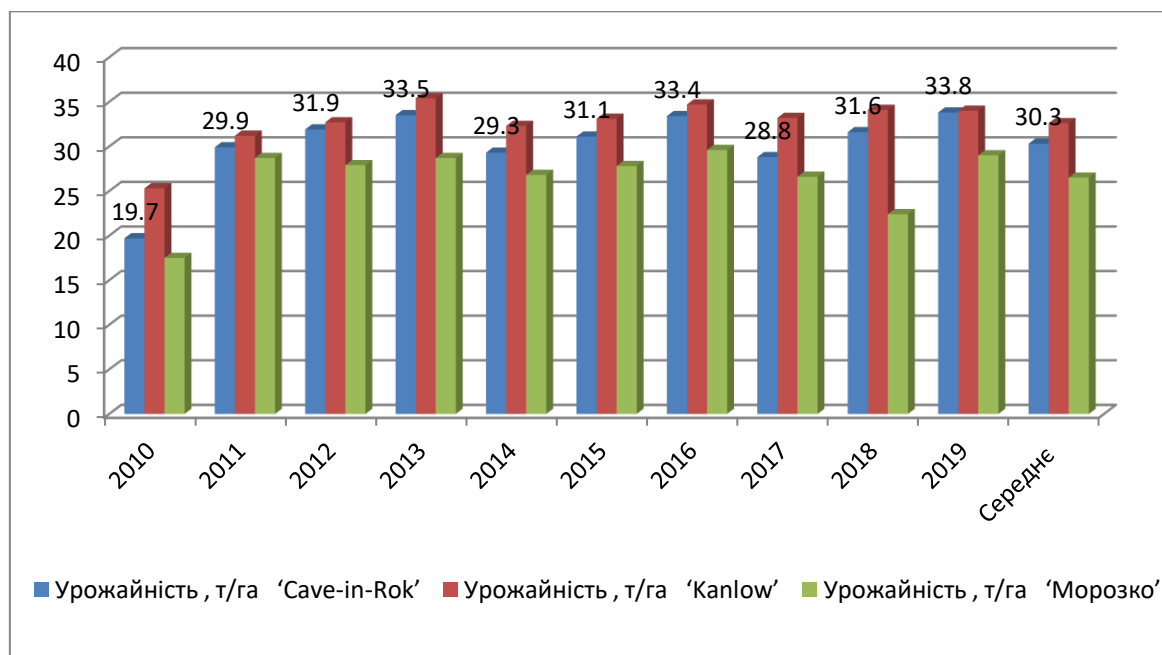


Рис. 1. Урожайність проса прутіподібного залежно від довготривалого вирощування, т/га

Проведені дослідження дають можливість зробити висновок, що урожайність сирової маси, а в подальшому сухої та вихід твердого біопалива і енергії істотно залежать від повного використання ресурсного потенціалу у системі: рослина – сорт – насіння – погодні умови. Встановлено, що продуктивність агрофітоценозів проса прутіподібного за довготривалого використання забезпечує в середньому урожайність сирової маси від 26,5 до 32,6 т/га.

Результати економічної оцінки продуктивності агрофітоценозів проса прутіподібного показали, що в середньому за роки досліджень (2014–2019 рр.) і за однакової площі (2 га) було отримано залежно від досліджуваних варіантів урожайність сирової маси: зразок 'Cave-in-Rok' (контроль) – 30,3 т/га, зразок 'Kanlow' – 32,6 т/га, сорт 'Морозко' – 26,5 т/га.

Встановлено, що залежно від довготривалого вирощування сухої маси проса прутіподібного в середньому було: контроль – 12,1 т/га, 'Kanlow' – 16,1 і сорт 'Морозко' – 14,4 т/га.

Вихід твердого біопалива вказує на перевагу досліджуваного зразку 'Kanlow' (17,3 т/га) над контрольним зразком 'Cave-in-Rok' – 11,7 т/га. А найменший вихід було отримано з сорту 'Морозко' – 15,7 т/га. Вихід енергії з варіантів становив: контроль – 312,8 ГДж/га, 'Kanlow' – 397,5 і сорт 'Морозко' – 367,2 ГДж/га відповідно.

Собівартість вирощеної продукції залежно від варіантів була така: контроль (зразок 'Cave-in-Rok') – 416,03 грн/т, зразок 'Kanlow' – 312,01 грн/т, сорт 'Морозко' – 366,42 грн/т.

Реалізаційна ціна у дослідних варіантах була однаковою 785,00 грн/т, а у контрольному варіанті – на 120 грн/т нижчою.

Розрахунок умовно чистого прибутку показав, що з контрольного варіанту (зразок 'Cave-in-Rok') можливо отримати – 7487,6 грн/га, а із дослідного сорту 'Морозко' – 7219,2 грн/га, що менше на 268,4 грн/га. Зразок 'Kanlow' переважав контрольний на 6410,8 грн/га.

Рівень рентабельності становив: контроль (зразок 'Cave-in-Rok') – 69,5 %, зразок 'Kanlow' – 101,4 %, сорт 'Морозко' – 66,8 % (таблиця).

**Економічна оцінка продуктивності агрофітоценозів проса прутоподібного
(середнє за 2010–2019 рр.)**

Показники	Варіанти		
	'Cave-in-Rok'	'Kanlow'	'Морозко'
Площа, га	2,0	2,0	2,0
Урожайність, т/га			
– сирої маси	30,3	32,6	26,5
– сухої маси	12,1	16,1	14,4
Вихід:			
– твердого біопалива, т/га	11,7	17,3	15,7
– енергії, ГДж/га	312,8	397,5	367,2
Собівартість вирощеної продукції, грн/т	416,03	312,01	366,42
Реалізаційна ціна, грн/т	665,00	785,00	785,00
Умовно чистий прибуток, грн/га	7487,6	13898,4	7219,2
Рівень рентабельності, %	69,5	101,4	66,8

За економічною оцінкою продуктивності агрофітоценозів проса прутоподібного можна вказати на таку послідовність за перевагою: найвищі показники встановлені у зразка 'Kanlow', контрольний варіант (зразок 'Cave-in-Rok') і найнижчі у сорту 'Морозко'.

Застосування і ефективність будь-якої технології вирощування сільськогосподарських культур визначається не лише на основі порівняння вартості приросту отриманої продукції з витратами, що пов'язані із застосуванням технології, а й відношенням поновлюваної енергії до непоновлюваної.

Встановлено, що на витрати енергії істотно впливають видовий та сортовий склад культур, їх співвідношення у структурі посівних площ, розміщення культур у сівозміні відповідно до ґрунтово-кліматичних умов регіону, норми використання органічних і мінеральних добрив.

Одним із важливих показників є визначення коефіцієнта енергетичної ефективності виробництва проса прутоподібного, який проводиться шляхом встановлення енергоємності даної культури. Для цього визначається енергетичний еквівалент продукції в новому і базовому варіантах (рис.2), котрі нами показано і розраховано на прикладі контрольного варіанта і найкращого.

Базовий варіант:

– урожайність сирої маси проса прутоподібного – 30,3 т/га;

– енергоємність 1 кг проса прутоподібного – 4055 ккал;

Енергоємність проса прутоподібного при базовому варіанті становить $30,3 \text{ т/га} \times 4055 \text{ кг/ккал} = 122\,866,5 \text{ ккал}$, або 468,3 ГДж/га

За нового варіанту: $32,6 \text{ т/га} \times 4055 \text{ ккал} = 132\,930 \text{ ккал}$, або 588,8 ГДж/га.

Енергетичні затрати виробництва проса прутоподібного визначаються за енергетичними еквівалентами, які становлять: за нового варіанту – 2752790 ккал, або 118,2 ГДж/га, а за контрольного варіанту – 29781967 ккал, або 128,7 ГДж/га, що на 10,5 ГДж/га вище.

Аналізуючи енергетичний еквівалент виробництва біомаси проса прутоподібного та енерговитрати, встановлено, що за дослідного варіанту (2-й) отримано 588,8 ГДж/га, а у контрольного – 468,3 ГДж/га, що нижче на 120,5 ГДж/га.

Коефіцієнт енергетичної ефективності становив: контроль – 3,71 та 4,49 у дослідному варіанті.

Отже, оцінюючи за економічною доцільністю продуктивність агрофітоценозів проса прутоподібного, встановлено, що застосування технології виробництва на основі наукової обґрунтованості енергетичної оцінки приводить до здешевлення продукції.

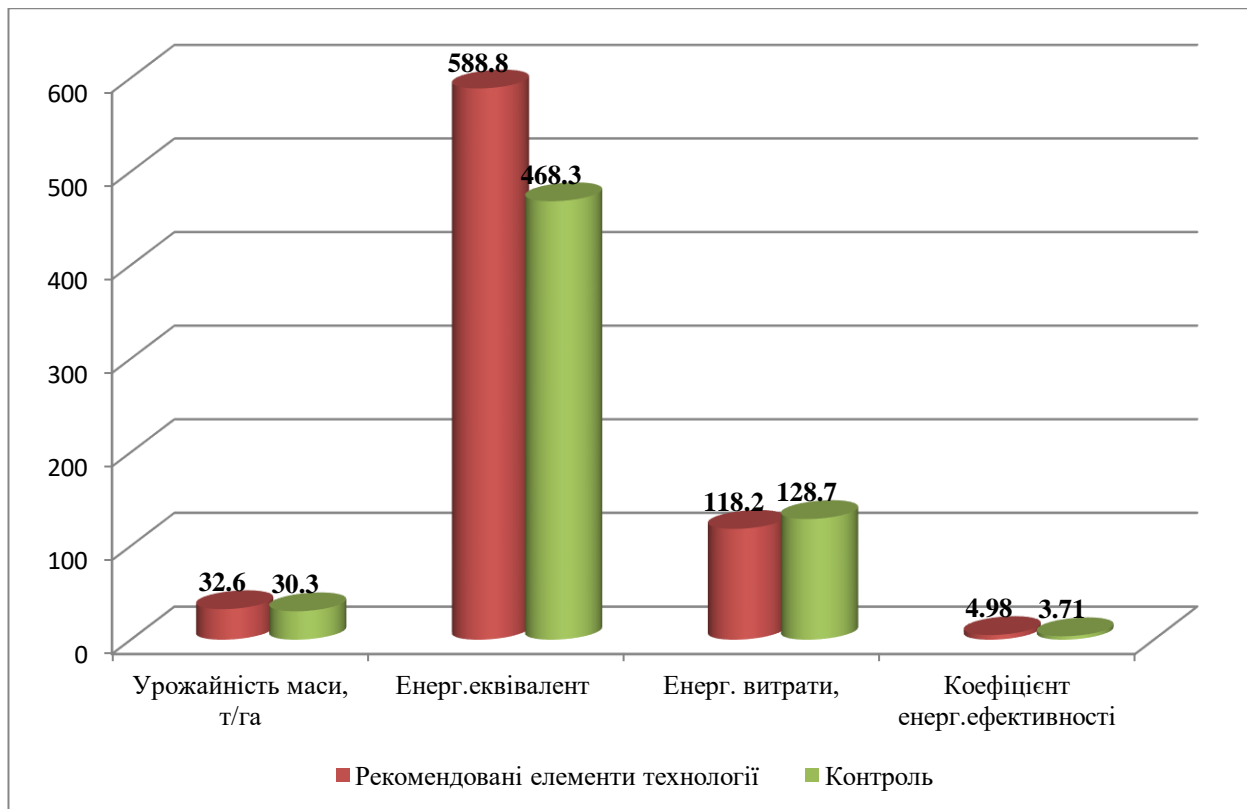


Рис. 2. Економічна продуктивність агрофітоценозів проса прутоподібного

Висновки

Експериментальні дослідження вказують, що за довготривалого вирощування проса прутоподібного істотний вплив на урожайність сирової маси мали погодні умови та роки вирощування.

Проведені дослідження вказують, що урожайність сирової маси, а в подальшому сухої і вихід твердого біопалива і енергії істотно залежать від повного використання ресурсного потенціалу у системі: рослина – сорт – насіння – погодні умови.

Результати економічної оцінки продуктивності агрофітоценозів проса прутоподібного показали, що в середньому за роки досліджень (2014–2019) і за однакової площі (2 га) було отримано, залежно від досліджуваних варіантів, урожайність сирової маси на контролі (зразок 'Save-in-Rok') – 30,3 т/га, зразка 'Kanlow' – 32,6 т/га, сорту 'Морозко' – 26,5 т/га.

Розрахунок умовно чистого прибутку показав, що з контрольного варіанту (зразок 'Save-in-Rok') можливо отримати – 7487,6 грн/га, а із дослідного (сорт 'Морозко') – 7219,2 грн/га, що менше на 268,4 грн/га. Зразок 'Kanlow' переважав контрольний на 6410,8 грн/га.

Енергетичний еквівалент продукції за вирощування зразка 'Save-in-Rok' (контроль) на Веселоподільській ДСС за врожайності 30,3 т/га оцінюється в 588,8 ГДж/га, за врожайності зразка 'Kanlow' 32,6 т/га – збільшився на 120,5 ГДж/га.

Використана література

1. Мазур В. А., Мазур К. В. Розвиток біоенергетики в Україні та світі. *Збірник наук. праць Вінницького держ. аграр. ун-ту*. 2010. Вип. 42. С. 65–70.
2. Калетнік Г. М. Біопаливо: продовольча, енергетична та екологічна безпека України. Київ : Хай-Тек Прес, 2010. 515 с.
3. Мандровська С. М. Агроекологічні основи введення в культуру проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) в Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво» / ІБКІЦБ НААН. Київ, 2016. 20 с.

4. Elbersen W., Kulyk M., Poppens, R. P. et al. Switchgrass Ukraine: overview of switchgrass research and guidelines. Wageningen : Wageningen UR Food & Biobased Research, 2013. 26 p.
5. Нагорный В. Д., Рагхав Джагендра Сингх. Перспективы производства биотоплива в Индии (социально-экономические и агрономические аспекты). *Вестник Российского университета дружбы народов*. 2011. Вып. 2. С. 16–22.
6. Monti A. Switchgrass: A valuable biomass crops for energy. London : Springer-Verlag, 2012. 290 p.
7. Liebig M. A., Schmer M. R., Vogel K. P. et al. Soil carbon storage by switchgrass grown for bioenergy. *BioEnergy Research*. 2008. Vol. 1. P. 215–222. doi: 10.1007/s12155-008-9019-5
8. Хіврич О. Б., Квак В. М., Каськів В. В. та ін. Енергетичні рослини як альтернатива традиційним видам палива. *Агробіологія*. 2011. Вип. 6. С. 153–156.
9. McLaughlin, S. B., de la Torre Ugarte, D. G., Garten, C. T. et al. High-Value Renewable Energy from Prairie Grasses. *Environmental Science & Technology*. 2002. Vol. 36, Iss. 10. P. 2122–2129. doi: 10.1021/es010963d
10. McLaughlin S. B., Kszos L. A. Development of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) as a bioenergy feed stock in the United States. *Biomass and Bioenergy*. 2005. Vol. 28, Iss. 6. P. 515–535. doi: 10.1016/j.biombioe.2004.05.006
11. Кулик М. І. Формування врожайності проса лозовидного третього року вегетації. *Вісник ПДАА*. 2014. № 3. С. 50–55. doi: 10.31210/visnyk2014.03.08
12. Роїк М. В., Сінченко В. М., Пиркін В. І. та ін. Організаційно-економічні нормативи витрат та інформаційно-статистичні матеріали з виробництва рослинницької продукції за біоадаптивними технологіями. Київ : Нілан-ЛТД, 2014. 194 с.
13. Методы определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов НИР и ОКР новой техники, изобретений, рационализаторских предложений. Киев : Урожай, 1986. 116 с.
14. Роїк М. В., Рахметов Д. Б., Гонтаренко С. М. та ін. Методика проведення експертизи сортів проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) на відмінність, однорідність і стабільність. *Методика проведення експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність та стабільність (ВОС-тест). Кормові та коренеплідні / за ред. С. О. Ткачик*. Київ : Нілан-ЛТД, 2014. С. 637–651.
15. Курило В. Л., Гументик М. Я., Гончарук Г. С. та ін. Методичні рекомендації з проведення основного та передпосівного обробітків ґрунту і сівби проса лозовидного. Київ, 2012. 28 с.
16. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.

References

1. Mazur, V. A., & Mazur, K. V. (2010). Development of bioenergy in Ukraine and the world. *Zbìrnik naukovih prac' Vinnic'kogo nacional'nogo agrarnogo unìversitetu. Serià: Sil's'kogospodars'ki nauki* [Proceedings of VNAU. Series of Agricultural Science], 42, 65–70. [in Ukrainian]
2. Kaletnik, H. M. (2015). *Biopalyvo. Prodovolcha, enerhetychna ta ekolohichna bezpeka Ukrainy* [Biofuel: food, energy and environmental safety of Ukraine]. Kyiv: Khai-Tek Pres. [in Ukrainian]
3. Mandrovska, S. M. (2016). *Ahroekolohichni osnovy vvedennia v kulturu prosa prutopodibnoho (Panicum virgatum L.) v Lisostepu Ukrainy* [Agroecological basics of the introduction of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) in the Forest-Steppe of Ukraine] (Extended Abstract of Cand. Agric. Sci. Diss.). Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
4. Elbersen, H. W., Kulyk, M., Poppens, R. P., Lesschen, J. P., Kraisvitnii, P., Galytska, M., ... Gerasymenko, O. V. (2013). Switchgrass Ukraine: overview of switchgrass research and guidelines Wageningen: Wageningen UR - Food & Biobased Research.

5. Nagorny, V. D., & Singh Raghav, J. (2011). Feasibility of biofuel production in India (socio-economic and agronomic aspects). *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Serii Agronomiâ i životnovodstvo* [RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries], 2, 16–22. [in Russian]
6. Monti, A. (2012). *Switchgrass: A valuable biomass crops for energy*. London: Springer.
7. Liebig, M. A., Schmer, M. R., Vogel, K. P., & Mitchell, R. B. (2008). Soil Carbon Storage by Switchgrass Grown for Bioenergy. *BioEnergy Research*, 1(3–4), 215–222. doi: 10.1007/s12155-008-9019-5
8. Khivrych, O. B., Kvak, V. M., Kaskiv, V. V., Mamaisur, V. V., & Makarenko, A. S (2011). Energy plants as an alternative to traditional fuels. *Agrobiologiâ* [Agrobiology], 6, 153–156. [in Ukrainian]
9. McLaughlin, S. B., de la Torre Ugarte, D. G., Garten, C. T., Lynd, L. R., Sanderson, M. A., Tolbert, V. R., & Wolf, D. D. (2002). High-Value Renewable Energy from Prairie Grasses. *Environmental Science & Technology*, 36(10), 2122–2129. doi: 10.1021/es010963d
10. McLaughlin, S. B., & Adams Kszos, L. (2005). Development of switchgrass (*Panicum virgatum*) as a bioenergy feedstock in the United States. *Biomass and Bioenergy*, 28(6), 515–535. doi: 10.1016/j.biombioe.2004.05.006
11. Kulyk, M. I. (2014). Forming productivity of switchgrass of the third vegetation year. *Visnik Poltav's'koï deržavnoï agrarnoi akademii* [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy], 3, 50–55. doi: 10.31210/visnyk2014.03.08 [in Ukrainian]
12. Roik, M. V., Sinchenko, V. M., Pyrkin, V. I., Bondar, V. S., & Fursa, A. V. (2014). *Orhanizatsiino-ekonomichni normatyvy vytrat ta informatsiino-statystychni materialy z vyrobnytstva roslynnyts'koi produktsii za bioadaptivnymi tekhnolohiiamy* [Organizational and economic standards of costs and information and statistical materials for the production of plant products by bioadaptive technologies]. Kyiv: Nilan-LTD. [in Ukrainian]
13. *Metody opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti ispol'zovaniya v sel'skom khozyaystve rezul'tatov NIR i OKR novoy tekhniki, izobreteniy, ratsionalizatorskikh predlozheniy* [Methods for determining the economic efficiency of using the research results, inventions, and rationalization proposals in agriculture]. (1986). Kyiv: Urozhay. [in Russian]
14. Roik, M. V., Rakhmetov, D. B., Hontarenko, S. M., Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., Blium, Ya. B., ... Andriushchenko, A. V. (2014). Methods of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) varieties examination for distinctness, uniformity and stability. In S. O. Tkachyk (Ed.), *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn na vidminnost, odnoridnist ta stabilnist (VOS-test). Kormovi ta koreneplidni* [Methods of examination of plant varieties for distinctness, uniformity and stability (DUS test). Fodder and root crops] (pp. 637–651). Kyiv: Nilan-LTD. [in Ukrainian]
15. Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., Honcharuk, H. S., Smirnykh, V. M., Horobets, A. M., Kaskiv, V. V., Maksymenko, O. V., & Mandrovska, S. M. (2012). *Metodychni rekomendatsii z provedennia osnovnoho ta przedposivnoho obrobittiv gruntu i sivby prosa lozovydnoho* [Methodical recommendations for the primary tillage, seedbed preparation and seeding of switchgrass]. Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
16. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6.0* [Statistical analysis of agronomic study data in the Statistica 6.0 software suite]. Kyiv: PolihrafKonsal'tynh. [in Ukrainian]

UDC 633.81 (477.60)

Mandrovska, S. M. (2021). Productivity of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) agrophytocenoses for long-term use. *Naukovî pracî Institutu bioenergetičnih kul'tur ta cukrovih burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 29, 168–176. [in Ukrainian]

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, e-mail: mandrovskasveta@gmail.com

Purpose. To determine the productivity of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) agrophytocenoses under the long-term use. **Methods.** Field, statistical, calculation and comparative. **Results.** During long-term switchgrass cultivation, the lowest yield was obtained in the first vegetation year: 19.7 t/ha in the control treatment, 25.3 and 17.5 t/ha in the experimental treatments. The average raw biomass yield was as following: 30.3 t/ha in the control (variety 'Cave-in-Rock'), 32.6 t/ha and 26.5 t/ha in the experimental treatments (varieties 'Kanlow' and 'Morozko', respectively). The yield of solid biofuel (17.3 t/ha) indicates the advantage of 'Kanlow' over the control (11.7 t/ha). The lowest yield (15.7 t/ha) was obtained from 'Morozko' variety. The energy yield over the treatments: 312.8 GJ/ha in the control, 397.5 and 367.2 GJ/ha in the experimental treatments, respectively. The cost of the grown production was as following: 416.03 UAH/t in the control ('Cave-in-Rock'), 312.01 UAH/t in 'Kanlow', and 366.42 UAH/t in 'Morozko'. The profitability of the control ('Cave-in-Rock') was 69.5%, 'Kanlow' – 101.4%, 'Morozko' – 66.8%. Economic evaluation of the productivity of switchgrass agrophytocenoses resulted in the following ranking: 'Kanlow', 'Cave-in-Rock', 'Morozko'. When analyzing the energy equivalent of switchgrass biomass production and energy consumption, it was found that 'Kanlow' yielded 588.8 GJ/ha and the control – 468.3 GJ/ha, which is lower by 120.5 GJ/ha. **Conclusions.** The yield of switchgrass agrophytocenoses on average over the years of research (2014–2019) was 30.3 t/ha in 'Cave-in-Rock' (the control), 32.6 t/ha in 'Kanlow', and 26.5 t/ha in 'Morozko'. The energy equivalent of the obtained yield was 468.3 GJ/ha in 'Cave-in-Rock' and 588.8 GJ/ha in 'Kanlow', which is by 120.5 GJ/ha higher than in the control.

Keywords: switchgrass; yield; raw and dry biomass; biofuel yield; cost.

Надійшла / Received 17.05.2021

Погоджено до друку / Accepted 25.06.2021

УДК 633.63

DOI: <https://doi.org/10.47414/np.29.2021.248979>

Формування біометричних показників гібридів буряків цукрових вітчизняної селекції

М. В. Роїк, Н. О. Кононюк*

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, *e-mail: nadiyakononuk@ukr.net

Мета. Установити особливості формування біометричних показників гібридів буряків цукрових вітчизняної селекції. **Методи.** Польові, лабораторні. **Результати.** За результатами проведених досліджень визначено, що в першу декаду серпня максимальна маса коренеплодів була в гібрида 'ЩБ 0904' – 840 г, а також хороші показники спостерігались і в гібридів 'Уманський ЧС 97', 'Сонячний' та 'Анічка' – 770, 780 та 800 г за середньогрупового показника 730 г. Досліджено, що за накопиченням цукру в коренеплодах кращими були гібриди 'Максим' – 15,1 % та 'Етюд' – 14,9 % А от уміст цукру на рівні 14,8 % спостерігався в таких гібридів як: 'Уманський ЧС 97', 'Рамзес', 'Константа', 'Сонячний' та 'Верхня', за середньогрупових показників 14,5 %. **Висновки.** Вивчення динаміки формування маси коренеплоду та гички разом з процесом накопичення цукру в коренеплодах важливо продовжити в плані встановлення індивідуальної ефективності гібридів та розроблення рекомендацій щодо максимально повної реалізації їх потенціалу в умовах виробництва.

Ключові слова: цукрові буряки; динаміка маси гички; динаміка маси коренеплодів; цукристість.