

Інтродуковані та зареєстровані сорти проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) як вихідний матеріал для селекції за продуктивністю біомаси

М. І. Кулик*, І. І. Рожко

¹Полтавський державний аграрний університет, вул. Г. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, Україна,

*e-mail: kulykmaksym@ukr.net

Мета. На основі багаторічних досліджень за комплексом господарсько-цінних ознак виокремити як вихідний матеріал для селекції за продуктивністю найліпші сорти проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.). До них належать сорти: 'Pathfinder', 'Carthage', 'Blackwell', 'Морозко', 'Лядовське' і 'Зоряне'. **Методи.** Дослідження проводили протягом 2017–2021 рр. на базі Полтавського державного аграрного університету. Ґрунти дослідної ділянки колекції «Енергетичні культури» – чорноземи типові, з умістом гумусу на рівні 3,4%. Ділянки закладали з рандомізованим розміщенням варіантів в чотирикратній повторності згідно з методиками дослідної справи в агрономії. Також застосовували затверджені науково-практичні й методичні рекомендації до вирощування енергетичних культур. Для підтвердження істотної відмінності між досліджуваними сортами застосовували дисперсійний аналіз з використанням програм Excel та Statistica. **Результати.** Проведено групування сортів проса прутоподібного за тривалістю вегетаційного періоду на: ранньо- (до 160 діб), середньо- (161–171 доба) та пізньостиглі (понад 170 діб). Установлено комплексну стійкість сортів проса прутоподібного до посухи, морозів та вилягання рослин: 'Cave-in-Rock', 'Зоряне', 'Морозко' та 'Лядовське'. Визначено, що господарсько-цінні ознаки більшою мірою залежать від сортових особливостей, аніж від умов вирощування. Урожайність наземної вегетативної маси за сухим залишком для досліджуваних сортів варіювала від 12,1 до 15,6 т/га. **Висновки.** Найприспособанішими до умов вирощування виявилися сорти проса прутоподібного 'Cave-in-Rock', 'Зоряне', 'Морозко' й 'Лядовське'. Найбільша висота стеблостою відмічена для сортів: 'Kanlow' та 'Cave-in-Rock', найнижчими виявилися рослини сорту 'Dacotah'. Значну кількість стебел та високу врожайність біомаси здатні забезпечити сорти проса прутоподібного 'Pathfinder', 'Blackwell', 'Shelter', 'Carthage' і 'Зоряне'. Останні, разом з українським сортом 'Зоряне', рекомендовано використовувати як вихідний матеріал для селекції культури за продуктивністю біомаси.

Ключові слова: просо прутоподібне (світчграс); сортозразки; біометричні показники рослин; урожайність; фітоса; селекційна цінність.

Вступ

Інтродукція проса прутоподібного (світчграсу), особливості вирощування, збирання й зберігання біомаси та насіння висвітлено у численних публікаціях [1–4]. У деяких наукових працях аналізуються варіанти допосівної підготовки насіння до сівби та заходи виведення його зі стану спокою [5–8]. У значній кількості публікацій наводяться результати досліджень щодо особливостей формування врожайності біомаси цієї культури залежно від агротехнічних заходів [9–12], сортових особливостей [13–15] та ґрунтово-кліматичних умов вирощування [16–18].

Просо прутоподібне – рослина з родини тонконогових. Культура має біоенергетичний напрям використання – для виробництва твердого та рідкого біопалива. *P. virga-*

tum розмножується як насінням, так і поділом кореневища [19]. Урожайність біомаси залежить від різних чинників: ґрунтово-кліматичних умов, агротехніки, часу збирання та сортових особливостей культури [20–23].

Важливим чинником збільшення продуктивності агрофітоценозів енергокультур є добір сортів, що формують високу врожайність біомаси. Сорти проса прутоподібного височинного екотипу порівняно з низовинними більш урожайні в посушливих умовах. Це також пов'язується із особливостями сорту, біологічними особливостями культури та морфологією рослинного ценозу [24, 25].

Як зазначають українські вчені [26], вибір сорту проса прутоподібного для вирощування має важливе значення для росту й розвитку рослин певної місцевості, їх стійкості до несприятливих чинників та стабільного отримання біомаси.

Український учений С. Д. Орлов [27], за результатами комплексної оцінки біологічних ознак потомства рослин проса прутопо-

Maksym Kulyk

<https://orcid.org/0000-0003-0241-6408>

Ilona Rozhko

<https://orcid.org/0000-0002-0646-4004>

дібного, виокремив селекційні зразки за врожайністю сухої маси: 737-10 (P. v. L.) 'Cave-in-Rock' / 377-10 (P. v. L.) 'Alamo', 398-10 (P. v. L.) 'Sunburst' / 737-10 / (P. v. L.) 'Cave-in-Rock', 1025-10 (P. v. L.) 'Forestburg' / 737-10 (P. v. L.) 'Cave-in-Rock', які рекомендовано для створення вітчизняних сортів.

Згідно з даними досліджень Д. Б. Рахметова зі співаторами [28], за інтродукції сортів проса прутіподібного особливу увагу необхідно звертати на морфометричні параметри рослин, як результат їх адаптації до нових умов вирощування, з урахуванням господарсько-цінних ознак [28].

Вивчаючи адаптивні особливості сортів проса прутіподібного, Wullschleger зі співавторами визначили, що інтенсивність процесу фотосинтезу в листках, визначена у вересні, була вищою в гексаплоїдів порівняно з тетраплоїдними популяціями культури [29].

У дослідженнях Alexoroulou et al. [30], усі сорти сформували найбільшу врожайність на третій сезон вегетації: 17,9 т/га в умовах Греції та 12,3 т/га в Італії. Низовинні сорти проса прутіподібного ('Cathage', 'Kanlow', 'SL 93-2' і 'SL 93-3') виявилися продуктивнішими порівняно з височинними, як усереднено за ділянками, так і за роками досліджень.

Біомасу проса прутіподібного використовують у різних галузях: для отримання дешевої енергії, в будівництві, в паперовій промисловості, у тваринництві та птахівництві [31–34].

Тому, зважаючи на комплексне використання цієї культури, постає потреба дослідити особливості формування врожайності біомаси сортів проса прутіподібного, що в перспективі дасть змогу отримувати значний її обсяг. А добір нових сортів зразків за стійкістю до абіотичних чинників та продуктивністю біомаси дасть можливість використати його як вихідний матеріал для селекції.

Мета досліджень – вивчити вихідний матеріал проса прутіподібного для селекції за стійкістю до абіотичних чинників та продуктивністю біомаси в умовах Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження із сортами проса прутіподібного проводили протягом 2017–2021 рр. на базі Полтавського державного аграрного університету, що знаходиться у центральній частині Лісостепу.

Найбільша кількість опадів за декаду – 78,8 мм – була у 2018 р. (третя декада липня), у 2017-му – 45,5 мм (перша декада січня), у 2019-му – 41,4 мм (перша декада жовтня), та у 2020 р. – 49,8 мм (перша декада червня). За період проведення експерименту спостерігалися періоди без опадів 19 разів (10,6% часу): по три декади без опадів за рік було у 2019–2021 рр., чотири декади – у 2018 р. та шість декад без опадів було у 2017 р. Близькі до оптимального значення погодні умови за гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) були у 2020 та у 2018 рр. (ГТК близький до 1). Отже, середньодобова температура повітря та кількість опадів протягом року є дуже нерівномірним та малоповторюваними з року в рік. Це дало змогу оцінити реакцію сортів проса прутіподібного на погодні умови протягом досліджуваного багаторічного періоду.

Ділянки закладали на чорноземах типових, з умістом гумусу на рівні 3,4%. Експеримент мав рендомізоване розміщення варіантів у чотирикратній повторності згідно з методикою дослідної справи в агрономії [35]. Також застосовували затверджені науково-практичні й методичні рекомендації та методики [36–38]. Облікова площа ділянки становила 5 м². Агротехніка в досліді – загальноприйнята, відповідно до науково-практичних рекомендацій. Упродовж вегетації культури проводили прополювання бур'янів; щороку весною, на початку відновлення вегетації рослин, посіви підживлювали аміачною селітрою дозою N₆₀ [39, 40]. Сіяли культуру весною в оптимальні строки за температури ґрунту 10 °С з шириною міжряддя 45 см. Норму висіву насіння встановлювали з урахування посівної придатності насінневого матеріалу та рекомендованої норми висіву 5 кг/га (300 шт./м²) [41, 42]. Обсяг вибірки для визначення кількісних показників рослин становив 50 рослин з кожного варіанту в розрізі повторень. Густану (кількість стебел) та висоту стеблостою рослин визначали на закріплених ділянках площею 1,0 м² у чотирьох місцях по діагоналі кожної ділянки досліду.

Стійкість рослин проса прутіподібного до посухи, морозостійкість та стійкість до вилгання визначали за п'ятибальною шкалою, де: один бал характеризував низьку стійкість, п'ять – високу [43].

Характеристику досліджуваних сортів проса прутіподібного наведено в таблиці 1.

Сорти проса прутіподібного підтримувалися оригінаторами на базі дослідних станцій США або України залежно від місця створення та дослідження. Насіння сортів культури

Характеристика сортів проса прутоподібного [44–48]

Назва		Оригіна́тор	Походження*	Плоїдність	Рік реєстрації
українська	латинська				
‘Картрадж’	‘Carthage’	Нью-Джерсі, Центр рослинних матеріалів	USA	8n	2006
‘Блеквелл’	‘Blackwell’	Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Манхеттен, Канзас; Канзаська сільськогосподарська дослідна станція	USA	8n	1944
‘Патфіндер’	‘Pathfinder’	Небраська сільськогосподарська дослідна станція	USA	8n	1967
‘Шелтер’	‘Shelter’	Служба охорони ґрунтів; Корнельський університет; Відділ охорони навколишнього середовища риб та дикої природи Нью-Йорка у Пенсильванії	USA	8n	1986
‘Кейв-ін-рок’	‘Cave-in-Rock’	Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Міссурі, Міссурійська сільськогосподарська дослідна станція	USA	8n	1973
‘Форестбург’	‘Forestburg’	Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Бісмарк, Дакота, штат Міннесота, сільськогосподарська дослідна станція	USA	4n	1987
‘Санбурст’	‘Sunburst’	Південна Дакота, Сільськогосподарська дослідна станція	USA	8n	1983
‘Дакота’	‘Dacotah’	Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Бісмарк, Дакота та Міннесота, сільськогосподарські дослідні станції	USA	4n	1989
‘Небраска’	‘Nebraska’	Небраська сільськогосподарська дослідна станція; Відділ розплідників, Служба охорони ґрунтів	USA	4n	1949
‘Канлоу’	‘Kanlow’	Канзаська сільськогосподарська дослідна станція; Відділ науки про рослини	USA	4n	1963
‘Аламо’	‘Alamo’	Центр рослинних матеріалів, Служба охорони ґрунтів, Нокс-Сіті, Техас; Техаська сільськогосподарська дослідна станція	USA	4n	1978
‘Морозко’	‘Morozko’	Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України	UA	4n	2015
‘Лядовське’	‘Lydivske’	Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України	UA	4n	2018
‘Зоряне’	‘Zoriane’	Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка Національної академії наук України	UA	2n	2015

Примітка. USA – США, UA – Україна.

американської селекції надано на основі договору співпраці за виконання Міжнародного наукового проекту Королівства Нідерландів «Pellets for power: Sustainable biomass import from Ukraine» (2010–2013 pp.), сайт: <https://subsites.wur.nl/en/show/Pellets-for-Power.htm>.

Згідно з наявним на сьогодні поділом за морфологічними ознаками та біологічними особливостями рослин, сорти проса прутоподібного розподіляють за еколого-географічним підходом на височинні та низовинні. Згідно з цим розподілом, серед досліджуваного сортименту до височинного екотипу належать ‘Carthage’, ‘Shelter’, ‘Forestburg’, ‘Sunburst’, ‘Dacotah’, ‘Cave-in-Rock’, ‘Nebraska’, ‘Blackwell’, ‘Pathfinder’, ‘Морозко’, ‘Лядовське’ та ‘Зоряне’, до низовинного – ‘Kanlow’ і ‘Alamo’. Установлено, що низовинні екотипи менш вологостійкі та формують високі, товсті й грубі стебла, які ростуть

кущами. Рослини височинного екотипу адаптованіші до сухого клімату, мають тонші, ніж низовинні стебла та більшу їх кількість у куці [25, 46].

Результати досліджень аналізували за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA) у програмі Statistica для визначення істотних відмінностей між варіантами дослідження за рівня значущості (p) < 0,05.

Результати досліджень

Основними елементами структури врожаю проса прутоподібного є густина та висота стеблостою. На ці показники впливають як погодні умови років дослідження, так і сортові властивості [28]. Установлено, що серед досліджуваних в експерименті сортів найвищими були рослини ‘Kanlow’ та ‘Cave-in-Rock’ (на рівні, або понад 180,0 см), найнижчими – ‘Dacotah’ (менше ніж 160,0 см). Найбільшу кількість стебел на одиницю

площі відзначено в 'Cave-in-Rock', 'Pathfinder', 'Blackwell', 'Shelter', 'Carthage' і 'Зоряне' (понад 510,0 шт./м²).

Під час спостережень за рослинами проса прутіноподібного визначали дати настан-

ня та тривалість фенологічних фаз росту й розвитку рослин, а також провели групування сортів за тривалістю вегетаційного періоду: ранньо-, середньо- та пізньостиглі (табл. 2).

Таблиця 2

Групування сортів проса прутіноподібного за тривалістю вегетаційного періоду (2017–2021 рр.)

Група стиглості	Сорт*													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ранньостиглі (до 160 діб)	+	+	+											
Середньостиглі (161–170 діб)				+	+	+	+	+						
Пізньостиглі (понад 170 діб)										+	+	+	+	+

*1 – 'Dacotah', 2 – 'Nebraska', 3 – 'Forestburg', 4 – 'Sunburst', 5 – 'Shelter', 6 – 'Cave-in-Rock', 7 – 'Морозко', 8 – 'Лядовське', 9 – 'Зоряне', 10 – 'Carthage', 11 – 'Kanlow', 12 – 'Alamo', 13 – 'Blackwell', 14 – 'Pathfinder'.

З переліченого сортименту проса прутіноподібного до ранньостиглих віднесли сорти 'Dacotah', 'Nebraska', 'Forestburg', до середньостиглих – 'Sunburst', 'Shelter', 'Cave-in-Rock', 'Морозко', 'Лядовське', 'Зоряне', а до пізньостиглих – 'Carthage', 'Kanlow', 'Alamo', 'Blackwell' і 'Pathfinder'.

Визначено, що відновлення весняної вегетації у більшості сортів проса прутіноподібного розпочинається одночасно – у II–III декаді квітня (окрім пізньостиглої групи), а фаза куціння припадає на III декаду квітня, вихід у трубку спостерігали у II декаді травня. Фазу викидання волоті для сортів 'Dacotah', 'Nebraska' відмічено у III декаді травня, для 'Blackwell', 'Pathfinder', 'Cave-in-Rock', 'Nebraska' – у III декаді червня, для 'Shelter', 'Forestburg', 'Sunburst' – у I декаді липня, для 'Alamo' та 'Kanlow' – у II–III декаді липня. Ранні сорти розпочинають цвітіння

у I–II декаді липня, середньостиглі – у II–III декаді липня, а пізньостиглі – у III декаді липня.

Достигання насіння у сортів 'Blackwell', 'Pathfinder', 'Dacotah' припадає на III декаду серпня, у 'Forestburg', 'Sunburst' – на III декаду вересня, у 'Nebraska' – на I декаду вересня, у 'Shelter', 'Cave-in-Rock', 'Alamo', 'Carthage' – на I декаду жовтня, сорту 'Kanlow' – на I–II декаду листопада.

У середньому за роки дослідження визначено, що тривалість вегетаційного періоду в сортів 'Sunburst', 'Dacotah', 'Nebraska' становить приблизно 140 діб, у 'Cave-in-Rock', 'Carthage', 'Forestburg', 'Shelter', 'Зоряне', 'Морозко' та 'Лядовське' – 160, у 'Kanlow', 'Alamo', 'Blackwell' і 'Pathfinder' – 180 діб (рис. 1).

Упродовж років досліджень тривалість вегетаційного періоду проса прутіноподібного

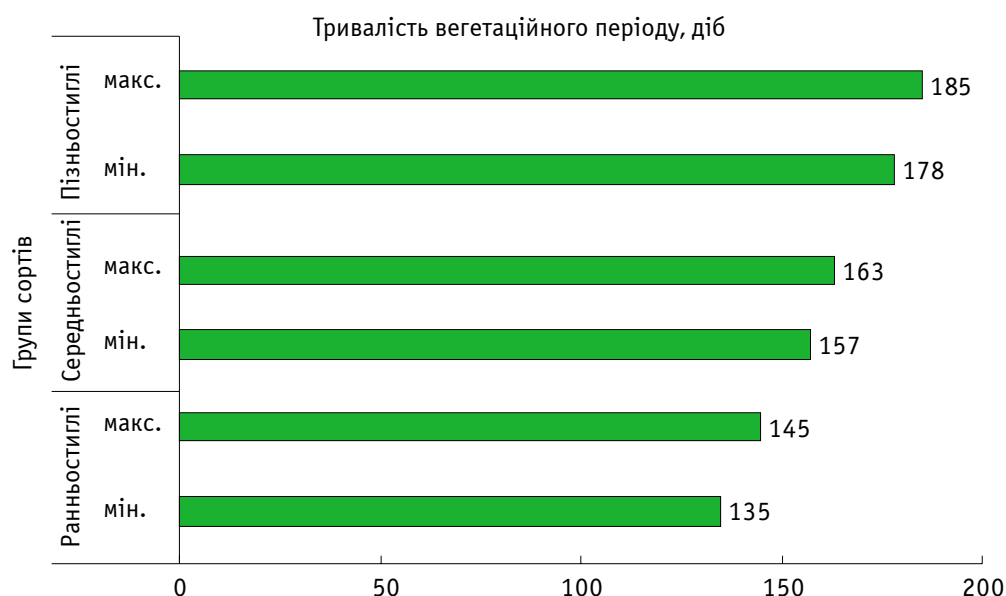


Рис. 1. Тривалість вегетаційного періоду сортів проса прутіноподібного (2017–2021 рр.)

була різною залежно від кліматичних умов у всіх групах стиглості.

У сортів ранньостиглої групи вегетаційний період тривав від 135 до 145 діб (у середньому 140 діб), середньої – від 157 до 163 діб (у середньому 160 діб) і пізньостиглої – 178–182 доби (у середньому 180 діб). Установлено, що за роки досліджень вегетаційний період пізньостиглих сортів був на 19–21 добу довшим порівняно із середньостиглими, і на 37–43 діб – порівняно з ранньостиглими сортами. Результати наших досліджень щодо розподілу сортів проса

прутоподібного на групи стиглості за тривалістю вегетаційного періоду цілком збігаються з даними інших авторів [49].

До адаптивних особливостей проса пруютоподібного належать такі показники, як посухостійкість і стійкість до вилягання.

З усіх досліджуваних сортів за адаптивними властивостями виокремлено 'Cave-in-Rock', 'Морозко', 'Лядовське' й 'Зоряне', які протягом років дослідження за показниками посухостійкості та морозостійкості, а також стійкістю до вилягання мали найвищі бали (табл. 3, рис. 2–5).

Таблиця 3

Адаптивні властивості сортів проса пруютоподібного (2017–2021 рр.)

Сорт	Посухостійкість, бал	Морозостійкість, бал	Стіїкість до вилягання, бал	Загальна стійкість, бал
'Carthage'	4,9	3,6	4,6	4,4
'Blackwell'	3,9	4,5	2,8	3,7
'Pathfinder'	3,8	4,5	2,9	3,7
'Shelter'	4,5	4,5	3,5	4,2
'Cave-in-Rock'	4,7	4,9	4,6	4,7
'Forestburg'	4,7	3,9	4,8	4,5
'Sunburst'	3,5	3,0	3,8	3,4
'Dacotah'	3,8	2,5	3,9	3,4
'Nebraska'	2,0	2,7	3,6	2,8
'Kanlow'	1,0	1,7	2,8	1,8
'Alamo'	1,0	2,0	2,9	2,0
'Морозко'	4,8	5,0	4,7	4,8
'Зоряне'	5,0	5,0	4,9	5,0
'Лядовське'	4,7	4,9	4,7	4,8

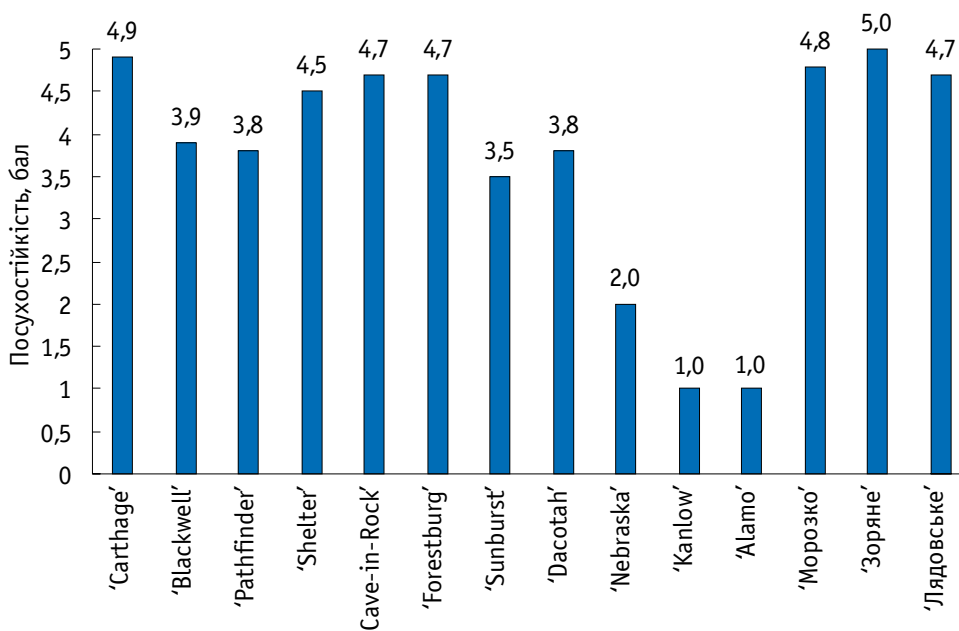


Рис. 2. Посухостійкість сортів проса пруютоподібного (2017–2021 рр.)

Упродовж років досліджень усі сорти проса пруютоподібного характеризувалися високою посухостійкістю – 3,5 бала і більше (окрім сортів 'Alamo', 'Nebraska', 'Kanlow', для яких цей показник був на

рівні 2 і менше балів), мали високу й середню стійкість до вилягання – від 3,5 до 4,9 бала, окрім сортів 'Blackwell', 'Pathfinder', 'Kanlow', 'Alamo' – на рівні 3 балів.

Протягом років дослідження визначено ступінь пристосування рослин проса прутноподібного до умов вирощування за посухо- й морозостійкістю та стійкістю до вилягання посівів (рис. 2–5).

Упродовж років досліджень, найвищою посухостійкістю відзначилися сорти ‘Cave-

in-Rock’, ‘Зоряне’, ‘Морозко’, ‘Лядовське’, найменшою – ‘Nebraska’, ‘Kanlow’ та ‘Alamo’, що, ймовірно, пов’язано із пристосувальними реакціями височинного екотипу сортів проса прутноподібного: збільшенням кореневої системи та наземної вегетативної маси рослин.

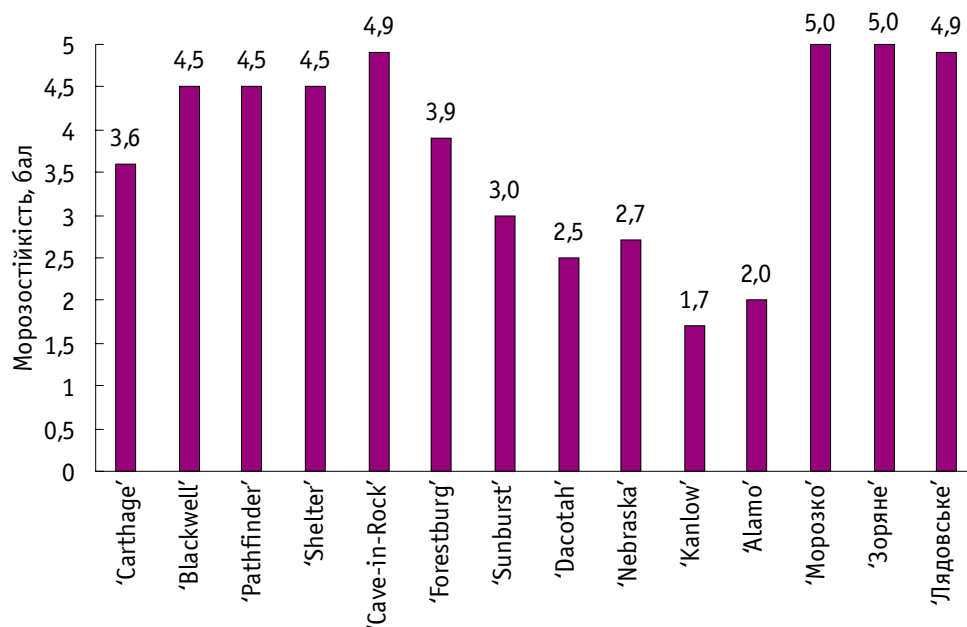


Рис. 3. Морозостійкість сортів проса прутноподібного (2017–2021 рр.)

Визначено, що найвища морозостійкість (із сумою балів понад 4) притаманна рослинам сортів ‘Cave-in-Rock’, ‘Зоряне’, ‘Морозко’ та ‘Лядовське’. Найменш морозостійкими виявилися сорти ‘Kanlow’ та ‘Alamo’ – на рівні 2 балів. Усі інші сорти проса прутно-

подібного мали проміжне значення за цим показником. Серед досліджуваного сортименту проса прутноподібного також виділено стійкі та менш стійкі до вилягання сорти (рис. 4).

Загалом за роки дослідження найвищою стійкістю до вилягання відзначалися сорти

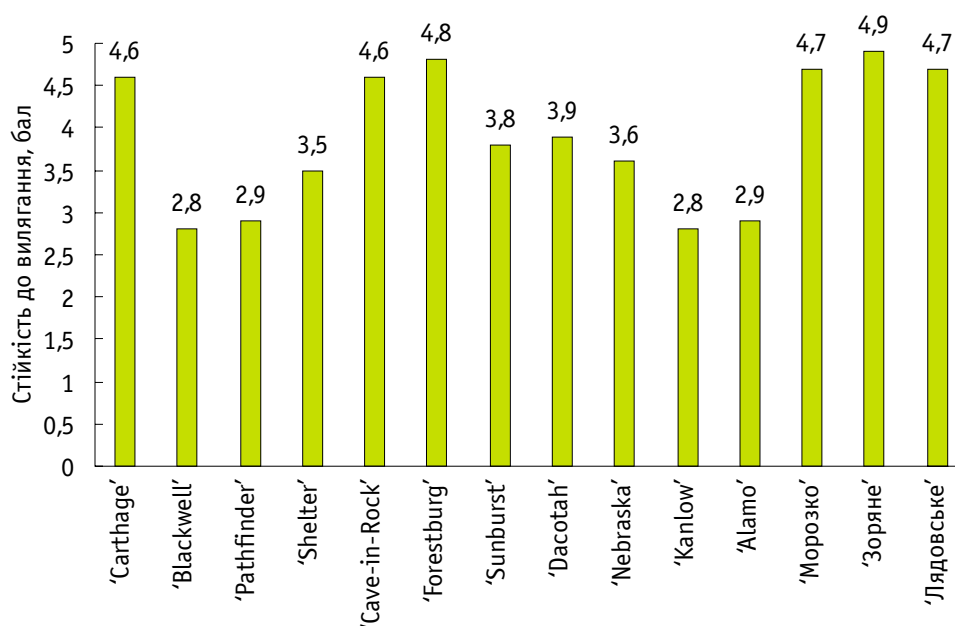


Рис. 4. Стійкість до вилягання сортів проса прутноподібного (2017–2021 рр.)

‘Cave-in-Rock’, ‘Зоряне’, ‘Морозко’ та ‘Лядовське’ – на рівні 5 балів, найнижчою – ‘Blackwell’, ‘Pathfinder’, ‘Kanlow’, ‘Alamo’ – 3 бали. Низька стійкість останніх сортів зумовлена меншим діаметром нижнього міжвузля та товщиною самої соломини, а також будовою наземної частини їхніх рослин. Це підтверджується й нашими попередніми дослідженнями, у яких прослідковується зв'язок між адаптивними властивостями енергетичних культур та агробіологічними чинниками [8, 50]. За даними D. K. Lee та A. Voe [20], вищий потенціал урожайності біомаси притаманний менш адаптованому до умов вирощування (центральна частина Південної Дакоти) сорту ‘Cave-in-Rock, порівняно з більш адаптованим ‘Dacotah’. Ця залежність проявлялась у ті роки, коли кількість опадів становила понад 75% від їх середнього багаторічного значення.

У селекції проса прутіподібного одним із джерел нового вихідного матеріалу є комплексна стійкість (посухо- і морозостійкість, стійкість до вилягання рослин), що притаманна сортам проса прутіподібного ‘Cave-in-Rock’, ‘Зоряне’, ‘Морозко’ та ‘Лядовське’.

За даними [23], найвищу врожайність сухої біомаси на третій рік вегетації формують сорти проса прутіподібного ‘Cave-in-Rock’, ‘Carthage’, ‘Forestburg’ – понад 16,0 т/га, дещо нижчу – ‘Nebraska’, ‘Sunburst’ (15,4 і 15,2 т/га), а найменшу – сорти ‘Kanlow’ і ‘Alamo’ (12,0 і 12,2 т/га відповідно).

Інші дослідники [51] установили, що сорти проса прутіподібного: ‘Alamo’, ‘Kanlow’ і ‘Pathfinder’ були врожайнішими порівняно з ‘Blackwell’ і ‘Cave-in-Rock’, та мали вищу стійкість до вилягання стеблостою.

Згідно з результатами випробувань 13 сортів проса прутіподібного та міскантуса, Zheng Cheng разом із співавторами [52] визначили, що середня врожайність біомаси світчграсу становила 5,66 т/га, а у 12 сортів міскантуса змінювалась від 1,99 до 32,09 т/га. Урожай біомаси міскантуса був значно вищим, ніж у сортів проса прутіподібного, однак вони були більш чутливими до погодних умов, ніж світчграс.

Вищевикладене цілком збігається з нашими попередніми дослідженнями [53], у яких встановлено, що просо прутіподібне третього-п'ятого року вегетації формує високу врожайність за сухою біомасою (до 15,2 т/га), але значно нижчу, ніж міскантус гігантський. Визначено, що світчграс забезпечує високі показники виходу біопалива (до 18,2 т/га) та енергії (до 313,0 ГДж/га) за середнього рівні коефіцієнта енергоефективності ($Ke > 4,5$).

Установлено, що варіювання врожайності за сухою біомасою у досліджуваних сортів проса прутіподібного було в межах від 12,1 до 15,6 т/га, з найвищими показниками у сортів закордонної – ‘Blackwell’, ‘Carthage’ і ‘Pathfinder’, та української – ‘Морозко’, ‘Зоряне’ і ‘Лядовське’ селекції. Дані щодо вмісту сухої речовини та врожайності біомаси сортів проса прутіподібного наведено в таблиці 4.

За вмістом сухого залишку в біомасі виокремлено сорти культури пізньостиглої групи ‘Blackwell’, ‘Carthage’ і ‘Pathfinder’, а також середньостиглі ‘Морозко’, ‘Зоряне’ і ‘Лядовське’. За врожайністю біомаси найбільше значення мали середньо- й пізньостиглі сорти (рис. 5).

Таблиця 4

Уміст сухої речовини та врожайність біомаси проса прутіподібного (2017–2021 рр.)

Сорт	Маса сирого снопа, кг/м ²	Сухий залишок, %	Маса сухого снопа, кг/м ²	Урожайність сухої біомаси, т/га
‘Carthage’	2,4	64,3	1,54	15,4
‘Blackwell’	2,4	65,0	1,56	15,6
‘Pathfinder’	2,4	64,1	1,54	15,3
‘Shelter’	2,2	61,2	1,35	13,5
‘Cave-in-Rock’	2,4	60,8	1,46	14,6
‘Forestburg’	2,2	58,7	1,29	12,9
‘Sunburst’	2,3	60,2	1,38	13,8
‘Dacotah’	2,1	57,5	1,21	12,1
‘Nebraska’	2,2	58,3	1,28	12,8
‘Kanlow’	2,3	63,3	1,46	14,5
‘Alamo’	2,2	63,1	1,39	13,9
‘Морозко’	2,4	63,8	1,53	15,3
‘Зоряне’	2,4	64,1	1,54	15,4
Лядовське’	2,4	64,4	1,55	15,5
Середнє	2,3	62,1	1,4	14,3
НІР _{0,05}	0,04	1,23	0,05	0,15

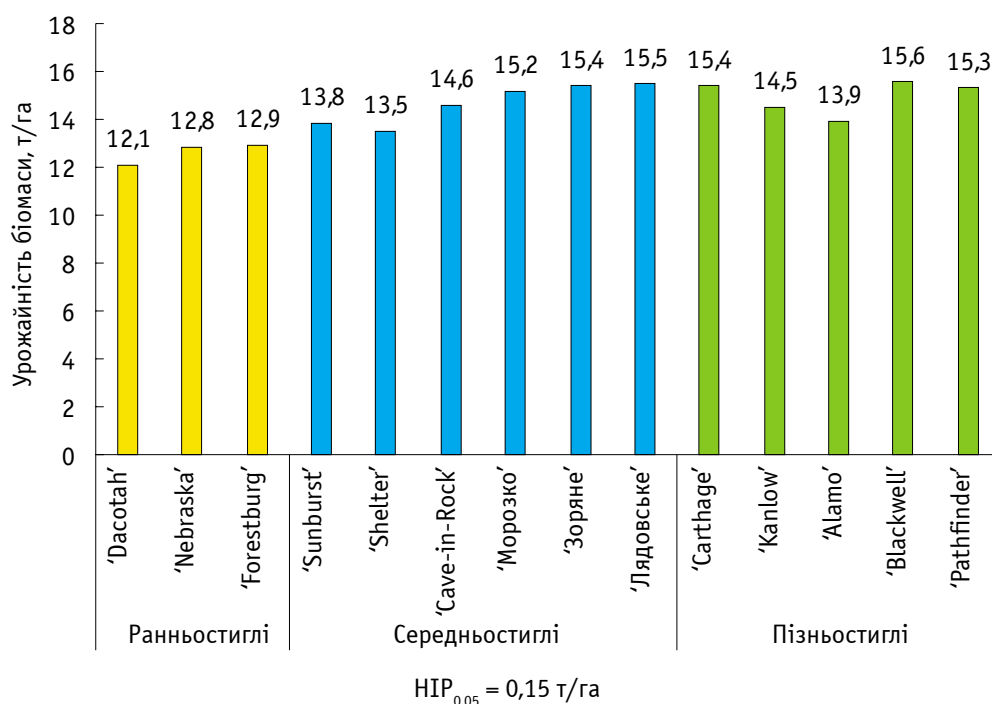


Рис. 5. Урожайність біомаси сортів проса прутоподібного (2017–2021 рр.)

Отже, серед досліджених сортів проса прутоподібного найвищу врожайність біомаси формували 'Blackwell', 'Лядовське', 'Carthage' і 'Зоряне' (відповідно 15,6; 15,5; 15,4 і 15,4 т/га), дещо меншу – 'Pathfinder' і 'Морозко' (15,3 і 15,2 т/га). Ці сорти культури рекомендовано використовувати як вихідний матеріал для селекції за продуктивністю. Низька врожайність біомаси характерна для ранньостиглих сортів 'Forestburg', 'Dacotah', 'Nebraska' (від 12,1 до 12,9 т/га). Інші сорти проса прутоподібного за цим показником займали проміжне значення (від 13,5 до 14,6 т/га).

Висновки

1. У результаті фенологічних спостережень за тривалістю вегетаційного періоду виокремлено ранні, середні та пізньостиглі сорти проса прутоподібного. До ранньостиглих належать 'Dacotah', 'Sunburst' і 'Nebraska', до середньостиглих – 'Cave-in-Rock', 'Forestburg', 'Carthage', 'Shelter', 'Морозко', 'Зоряне', 'Лядовське', до пізньостиглих – 'Alamo', 'Kanlow', 'Blackwell', 'Pathfinder'.

2. Усі сорти проса прутоподібного, окрім 'Alamo', 'Nebraska' і 'Kanlow', характеризуються високою посухо- й морозостійкістю. Високу й середню стійкість до вилягання мали майже всі сорти, окрім 'Blackwell', 'Pathfinder', 'Kanlow' та 'Alamo'. Комплексна стійкість за посухо- й морозостійкістю та стійкістю до вилягання рослин притаманна сортам 'Cave-in-Rock', 'Зоряне', 'Морозко' і

'Лядовське', які рекомендовано використовувати як вихідний матеріал для селекції за стійкістю до абіотичних чинників.

3. За показниками сухого залишку в біомасі та її врожайністю найвищі показники відзначено в сортів проса прутоподібного закордонної – 'Blackwell', 'Carthage' і 'Pathfinder' та української – 'Морозко', 'Зоряне' і 'Лядовське' селекції, які рекомендовано як вихідний матеріал для селекції за продуктивністю біомаси.

Використана література

- Sanderson M. A., Adler P. R., Boateng A. A. et al. Switchgrass as a biofuels feedstock in the USA. *Canadian Journal of Plant Science*. 2006. Vol. 86, Iss. 5. P. 1315–1325. doi: 10.4141/P06-136
- Madakadze I. C., Prithiviraj B., Madakadze R. M. et al. Effect of preplant seed conditioning treatment on the germination of switchgrass (*Panicum virgatum* L.). *Seed Science and Technology*. 2000. Vol. 28, Iss. 2. P. 403–411.
- Дрига В. В., Доронін В. А., Кравченко Ю. А., Доронін В. В. Сортування насіння проса прутоподібного за аеродинамічними властивостями як спосіб підвищення його якості. *Біоенергетика*. 2021. № 2. С. 16–20. doi: 10.47414/be.2.2021. 244103
- Дрига В. В., Доронін В. А., Карпук Л. М. та ін. Сортування насіння проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) за сукупністю ознак. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 50–56. doi: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-50-56
- Doronin V., Dryha V., Honcharuk H. et al. Seed germination of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) depending on its biological peculiarities. *Plant Archives*. 2020. Vol. 20, Iss. 2. P. 7493–7496.
- Guo C., Wang Q., Liu Y. et al. Modelling analysis for enhancing seed vigour of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) using an ultrasonic technique. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 47. P. 426–435. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.09.015
- Щербаківа Т. О., Рахметов Д. Б. Особливості будови пагонів проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) в умовах інтродукції в Правобережному Лісостепу та Поліссі України. *Plant*

- Varieties Studying and Protection*. 2017. Т. 13, № 1. С. 85–88. doi: 10.21498/2518-1017.13.1.2017.97334
8. Кулик М. І., Рожко І. І., Сиплива Н. О., Божок Ю. О. Агробіологічні особливості формування врожайності та якості насіння проса прутіподібного. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 4. С. 51–60. doi: 10.31521/2313-092X/2019-4(104)-6
 9. Гументик М. Я. Агротехнічні прийоми вирощування проса прутіподібного *Panicum virgatum* L. *Біоенергетика*. 2014. № 1. С. 29–32.
 10. Калетнік Г. М., Мазур В. А., Браніцький Ю. Ю., Мазур О. В. Оптимізація технологічних прийомів вирощування проса лозовидного (світчграс) для умов Лісостепу Правобережного. *Вінниця : Друк*, 2020. 212 с.
 11. Gazoulis I., Kanatas P., Papastylanou P. et al. Weed Management Practices to Improve Establishment of Selected Lignocellulosic Crops. *Crops Energies*. 2021. Vol. 14, Iss. 9. Article 2478. doi: 10.3390/en14092478
 12. Iqbal Y., Gauder M., Claupein W. et al. Yield and quality development comparison between miscanthus and switchgrass over a period of 10 years. *Energy*. 2015. Vol. 89. P. 268–276. doi: 10.1016/j.energy.2015.05.134
 13. Brandon A. G., Scheller H. V. Engineering of bioenergy crops: dominant genetic approaches to improve polysaccharide properties and composition in biomass. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. Article 282. doi: 10.3389/fpls.2020.00282
 14. Kumar P., Hashemi M., Herbert S. J. et al. Integrated Management Practices for Establishing Upland Switchgrass Varieties. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, Iss. 7. Article 1400. doi: 10.3390/agronomy11071400
 15. Sanderson M. A., Schmer M. R., Owens V. et al. Crop management of Switchgrass. *Switchgrass. A Valuable Biomass Crop for Energy / A. Monti* (Ed.). London : Springer, 2012. P. 87–112. doi: 10.1007/978-1-4471-2903-5_4
 16. Miesel J. R., Renz M. J., Doll J. E., Jackson R. D. Effectiveness of weed management methods in establishment of switchgrass and a native species mixture for biofuels in Wisconsin. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 36. P. 121–131. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.10.018
 17. Polley H. W., Collins H. P., Fay P. A. Biomass production and temporal stability are similar in switchgrass monoculture and diverse grassland. *Biomass and Bioenergy*. 2020. Vol. 142. Article 105758. doi: 10.1016/j.biombioe.2020.105758
 18. Korenko M., Bulgakov V., Kurylo V. et al. Formation of Crop Yields of Energy Crops Depending on the Soil and Weather Conditions. *Acta Technologica Agriculturae*. 2021. Vol. 24, Iss. 1. P. 41–47. doi: 10.2478/ata-2021-0007
 19. Рахметов Д. Б., Вергун О. М., Рахметова С. О. *Panicum virgatum* L. – перспективний інтродуцент у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН України. *Інтродукція рослин*. 2014. № 3. С. 3–14.
 20. Lee D. K., Boe A. Biomass Production of Switchgrass in Central South Dakota. *Crop Science*. 2005. Vol. 45, Iss. 6. P. 2583–2590. doi: 10.2135/cropsci2005.04-0003
 21. Razar R. M., Qi P., Devos K., Missaoui A. M. Genotyping-by-Sequencing and QTL Mapping of Biomass Yield in Two Switchgrass F₁ Populations (Lowland × Coastal and Coastal × Upland). *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. P. 739133–739133. doi: 10.3389/fpls.2022.739133
 22. Sanderson M. A., Reed R. L., McLaughlin S. B. et al. Switchgrass as a sustainable bioenergy crop. *Bioresource Technology*. 1996. Vol. 56, Iss. 1. P. 83–93. doi: 10.1016/0960-8524(95)00176-X
 23. Кулик М. І., Сиплива Н. О. Рівень врожайності проса прутіподібного залежно від сорту та строку збирання. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 93–100. doi: 10.32851/2226-0099.2019.107.12
 24. Casler M. D., Sosa S., Hofmann L. et al. Biomass yield of switchgrass cultivars under high- vs. low-input conditions. *Crop Science*. 2017. Vol. 57, Iss. 2. P. 821–832. doi: 10.2135/cropsci2016.08.0698
 25. Childs K. L., Nandety A., Hirsch C. N. et al. Generation of Transcript Assemblies and Identification of Single Nucleotide Polymorphisms from Seven Lowland and Upland Cultivars of Switchgrass. *The Plant Genome*. 2014. Vol. 7, Iss. 2. doi: 10.3835/plantgenome2013.12.0041
 26. Філіпась Л. П., Горобець А. М., Мандровська С. М. Продуктивність різних сортів світчграсу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 14. С. 359–361.
 27. Орлов С. Д. Особливості прояву біологічних, господарських ознак рослин *Panicum virgatum* (світчграс) з метою створення сортів з високою енергетичною цінністю в Лісостеповій зоні України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 19. С. 93–96.
 28. Кулик М. І., Рахметов Д. Б., Рожко І. І., Сиплива Н. О. Вихідний матеріал проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.) за комплексом господарсько-цінних ознак в умовах Центрального Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 4. С. 354–364. doi: 10.21498/2518-1017.15.4.2019.188549
 29. Wullschlegel S. D., Sanderson M. A., McLaughlin S. B. et al. Photosynthetic Rates and Ploidy Levels among Populations of Switchgrass. *Crop Science*. 1996. Vol. 36, Iss. 2. P. 306–312. doi: 10.2135/cropsci1996.0011183X003600020016x
 30. Alexopoulou E., Sharma N., Papatheohari Y. et al. Biomass yields for upland and lowland switchgrass varieties grown in the Mediterranean region. *Biomass and Bioenergy*. 2008. Vol. 32, Iss. 10. P. 926–933. doi: 10.1016/j.biombioe.2008.01.015
 31. Кулик М. І., Курило В. Л. Енергетичні культури для виробництва біопалива: довідник. Полтава: РВВ ПДАА, 2017. 74 с.
 32. Keshwani D. R., Cheng J. J. Switchgrass for bioethanol and other value added applications: a review. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100, Iss. 4. P. 1515–1523. doi: 10.1016/j.biortech.2008.09.035
 33. Kulyk M. I., Kurylo V. L., Kalinichenko O. V., Galytska M. A. Plant energy resources: agroecological, economic and energy aspects. *Poltava : Astraya*, 2019. 119 p.
 34. Berezyuk S., Tokarchuk D., Pryshliak N. Economic and Environmental Benefits of Using Waste Potential as a Valuable Secondary and Energy Resource. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2019. Vol. 10, Iss. 1. P. 149–160. doi: 10.14505//jemt.10.1(33).15
 35. Тимошенко І. І., Майшук З. М., Косилович Г. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Львів : ЛДАУ, 2004. 111 с.
 36. Роїк М., Рахметов Д., Гончаренко С. та ін. Методика проведення експертизи сортів проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.) на відмінність, однорідність і стабільність. Київ, 2014. С. 637–651.
 37. Parrish D. J., Fike J. H. Selecting, establishing and managing switchgrass (*Panicum virgatum*) for biofuels. *Biofuels Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols) / J. Mielenz* (Ed.). Totowa, NJ : Humana Press, 2009. Vol. 581. P. 27–40. doi: 10.1007/978-1-60761-214-8_2
 38. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур. Вип. 1. Загальна частина / за ред. В. В. Волкодава. Київ, 2000. 100 с.
 39. 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 : ІБКіЦБ, 2012. 28 с.
 40. Cherney J. H., Cherney D. J. R., Paddock K. M. Biomass Yield and Composition of Switchgrass Bales on Marginal Land as Influenced by Harvest Management Scheme. *BioEnergy Research*. 2018. Vol. 11, Iss. 1. P. 34–43. doi: 10.1007/s12155-017-9875-y
 41. McLaughlin S. B., Kszos L. A. Development of switchgrass (*Panicum virgatum*) as a bioenergy feedstock in the United States. *Biomass and Bioenergy*. 2005. Vol. 28, Iss. 6. P. 515–535. doi: 10.1016/j.biombioe.2004.05.006
 42. Кулик М. І., Рахметов Д. Б., Курило В. Л. Методика проведення польових та лабораторних досліджень з просом прутіподібним (*Panicum virgatum* L.). Полтава : РВВ ПДАА, 2017. 24 с.
 43. Kulyk M., Elbersen W. Methods of calculation productivity phytomass for switchgrass in Ukraine. *Poltava*, 2012. 10 p.

44. Seed Smut of Switchgrass. USDA-NRCS Plant Materials Program. Americus, GA, USA : Manhattan Plant Materials Center Newsletter, 2011. URL: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_PLANTMATERIALS/publications/gapmcfcs10202.pdf
45. Державний Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2022 рік / Мін-во аграр. політики та прод-ва України. Київ, 2022. URL: <https://sops.gov.ua/derzavniy-reestr>
46. Williams T., Auer C. Ploidy Number for *Panicum virgatum* (switchgrass) from the Long Island Sound Coastal Lowland compared to Upland and Lowland Cultivars. *Plant Science Articles*. 2014. Vol. 27. URL: https://opencommons.uconn.edu/plsc_articles/27
47. Lu F., Lipka A. E., Glaubitz J. et al. Switchgrass genomic diversity, ploidy, and evolution: novel insights from a network-based SNP discovery protocol. *PLoS Genetics*. 2013. Vol. 9, Iss. 1. Article e1003215. doi: 10.1371/journal.pgen.1003215
48. Elbersen H. W., Poppens R. P., Bakker R. R. C. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.). A perennial biomass grass for efficient production of feedstock for the biobased economy. Wageningen : Wageningen UR, Food & Biobased Research, 2013. 28 p.
49. Alexopoulou E., Zanetti F., Papazoglou G. E. et al. Long-Term Productivity of Thirteen Lowland and Upland Switchgrass Ecotypes in the Mediterranean Region. *Agronomy*. 2020. Vol. 10, Iss. 7. Article 923. doi: 10.3390/agronomy10070923
50. Курило В. Л., Рахметов Д. Б., Кулик М. І. Біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур родини тонконогових в умовах України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 1. С. 11–17. doi: 10.31210/visnyk2018.01.01
51. Alexopoulou E., Zanetti F., Papazoglou E. G. et al. Long-term studies on switchgrass grown on a marginal area in Greece under different varieties and nitrogen fertilization rates. *Industrial Crops and Products*. 2017. Vol. 107, Iss. 15. P. 446–452. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.05.027
52. Zheng C., Iqbal Y., Labonte N. et al. Performance of switchgrass and *Miscanthus* genotypes on marginal land in the Yellow River Delta. *Industrial Crops and Products*. 2019. Vol. 141, Iss. 1. Article 111773. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.111773
53. Kulyk M., Kalynychenko O., Pryshliak N., Pryshliak V. Efficiency of using biomass from energy crops for sustainable bioenergy development. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2020. Vol. 11, Iss. 5. P. 1040–1053. doi: 10.14505/jemt.v11.5(45).02
6. Guo, C., Wang, Q., Liu, Y., Li, Y., Cui, J., Liu, Y., Liu, H., & Zhang, Y. (2012). Modelling analysis for enhancing seed vigour of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) using an ultrasonic technique. *Bio-mass and Bioenergy*, 47, 426–435. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.09.015
7. Scherbakova, T. O., & Rakhmetov, D. B. (2017). Structural peculiarities of shoots of switch grass (*Panicum virgatum* L.) in the context of introduction in the Right-Bank Forest-Steppe and Polissia zones of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 13(1), 85–88. doi: 10.21498/2518-1017.13.1.2017.97334 [In Ukrainian]
8. Kulyk, M. I., Rozhko, I. I., Syplyva, N. O., & Bozhok, Yu. O. (2019). Agrobiological specifics of switchgrass seed productivity formation. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 4, 51–60. doi: 10.31521/2313-092X/2019-4(104)-6 [In Ukrainian]
9. Humentyk, M. Ya. (2014). Agrotechnical methods of growing switchgrass *Panicum virgatum* L. *Bioenergy*, 1, 29–32. [In Ukrainian]
10. Kaletnik, H. M., Mazur, V. A., Branitskyi, Y. Yu., & Mazur, O. V. (2020). *Optimization of technological methods of cultivation of vine-shaped millet (switchgrass) for the conditions of the Left Bank Forest Steppe*. Vinnytsia: Print. [In Ukrainian]
11. Gazoulis, I., Kanatas, P., Papastylianou, P., Alexandros, T., Alexopoulou, E., & Travlos, I. (2021). Weed Management Practices to Improve Establishment of Selected Lignocellulosic Crops. *Crops Energies*, 14(9), Article 2478. doi: 10.3390/en14092478
12. Iqbal, Y., Gauder, M., Claupein, W. Graeff-Hönniger, S., & Lewandowski, I. (2015). Yield and quality development comparison between miscanthus and switchgrass over a period of 10 years. *Energy*, 89, 268–276. doi: 10.1016/j.energy.2015.05.134
13. Brandon, A. G., & Scheller, H. V. (2020). Engineering of bioenergy crops: dominant genetic approaches to improve polysaccharide properties and composition in biomass. *Frontiers in Plant Science*, 11, Article 282. doi: 10.3389/fpls.2020.00282
14. Kumar, P., Hashemi, M., Herbert, S. J., Jahanzad, E., Safari-Katesari, H., Battaglia, M., Zandvakili, O. R., & Sadeghpour, A. (2021). Integrated Management Practices for Establishing Upland Switchgrass Varieties. *Agronomy*, 11(7), Article 1400. doi: 10.3390/agronomy11071400
15. Sanderson, M. A., Schmer, M. R., Owens, V., Keyser, P., & Elbersen, W. (2012). Crop management of Switchgrass. In A. Monti (Ed.), *Switchgrass. A Valuable Biomass Crop for Energy* (pp. 87–112). London: Springer. doi: 10.1007/978-1-4471-2903-5_4
16. Miesel, J. R., Renz, M. J., Doll, J. E., & Jackson, R. D. (2012). Effectiveness of weed management methods in establishment of switchgrass and a native species mixture for biofuels in Wisconsin. *Biomass and Bioenergy*, 36, 121–131. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.10.018
17. Polley, H. W., Collins, H. P., & Fay, P. A. (2020). Biomass production and temporal stability are similar in switchgrass monoculture and diverse grassland. *Biomass and Bioenergy*, 142, Article 105758. doi: 10.1016/j.biombioe.2020.105758
18. Korenko, M., Bulgakov, V., Kurylo, V., Kulyk, M., Kainichanko, A., Ihnatiev, Y., & Matusekova, E. (2021). Formation of Crop Yields of Energy Crops Depending on the Soil and Weather Conditions. *Acta Technologica Agriculturae*, 24(1), 41–47. doi: 10.2478/ata-2021-0007
19. Rakhmetov, D. B., Verhun, O. M., & Rakhmetova, S. O. (2014). *Panicum virgatum* L. – promising introduced crop in M. M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine. *Plant Introduction*, 3, 3–14. [In Ukrainian]
20. Lee, D. K., & Boe, A. (2005). Biomass Production of Switchgrass in Central South Dakota. *Crop Science*, 45(6), 2583–2590. doi: 10.2135/cropsci2005.04-0003
21. Razar, R. M., Qi, P., Devos, K., & Missaoui A. M. (2022). Genotyping-by-Sequencing and QTL Mapping of Biomass Yield in Two Switchgrass Populations (Lowland × Coastal and Coastal × Upland). *Frontiers in Plant Science*, 13, 739133–739133. doi: 10.3389/fpls.2022.739133

22. Sanderson, M. A., Reed, R. L., McLaughlin, S. B., Wullschlegel, S. D., Conger, B. V., Parrish, D. J., ... Tischler, C. R. (1996). Switchgrass as a sustainable bioenergy crop. *Bioresource Technology*, 56(1), 83–93. doi: 10.1016/0960-8524(95)00176-X
23. Kulyk, M. I., & Syplyva, N. A. (2019). Level productivity switchgrass depending on the sort and time harvesting. *Taurian Scientific Herald*, 107, 93–100. doi: 10.32851/2226-0099.2019.107.12 [In Ukrainian]
24. Casler, M. D., Sosa, S., Hofmann, L., Mayton, H., Ernst, C., Adler, P. R., Boe, A. R., & Bonos, S. A. (2017). Biomass yield of switchgrass cultivars under high- vs. low-input conditions. *Crop Science*, 57(2), 821–832. doi: 10.2135/cropsci2016.08.0698
25. Childs, K. L., Nandety, A., Hirsch, C. N., Góngora-Castillo, E., Schmutz, J., Kaeppler, S. M., Casler, M. D., & Buell, C. R. (2014). Generation of Transcript Assemblies and Identification of Single Nucleotide Polymorphisms from Seven Lowland and Upland Cultivars of Switchgrass. *The Plant Genome*, 7(2). doi: 10.3835/plantgenome2013.12.0041
26. Filipas, L. P., Horobets, A. M., & Mandrovska, S. M. (2012). Productivity of different varieties of switchgrass. *Scientific Papers of Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 14, 359–361. [In Ukrainian]
27. Orlov, S. D. (2013). Display of biological and economic features of switchgrass (*Panicum virgatum*) and developing new varieties with high energy value in the Forest-Steppe zone of Ukraine. *Scientific Papers of Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 19, 93–96. [In Ukrainian]
28. Kulyk, M. I., Rakhmetov, D. B., Rozhko, I. I., & Syplyva, N. O. (2019). The study of the varietal specimens of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) on a complex of useful signs in the Central Forest-Steppe of Ukraine conditions. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 354–364. doi: 10.21498/2518-1017.15.4.2019.188549 [In Ukrainian]
29. Wullschlegel, S. D., Sanderson, M. A., McLaughlin, S. B., Biradar, D. P., & Rayburn, A. L. (1996). Photosynthetic Rates and Ploidy Levels among Populations of Switchgrass. *Crop Science*, 36(2), 306–312. doi: 10.2135/cropsci1996.0011183X003600020016x
30. Alexopoulou, E., Sharma N., Papatheohari Y., Myrsini, C., Piscioneri, I., Panoutsou, C., & Pignatelli, V. (2008). Biomass yields for upland and lowland switchgrass varieties grown in the Mediterranean region. *Biomass and Bioenergy*, 32(10), 926–933. doi: 10.1016/j.biombioe.2008.01.015
31. Kulyk, M. I., & Kurylo, V. L. (2017). *Enerhetychni kultury dlia vyrobnytstva biopalyva: dovidnyk* [Energy crops for biofuel production: a guide]. Poltava: RVV PDAA. [In Ukrainian]
32. Keshwani, D. R., & Cheng, J. J. (2009). Switchgrass for bioethanol and other value added applications: a review. *Bioresource Technology*, 100(4), 1515–1523. doi: 10.1016/j.biortech. 2008.09.035
33. Kulyk, M. I., Kurylo, V. L., Kalinichenko, O. V., & Galytska, M. A. (2019). *Plant energy resources: agroecological, economic and energy aspects*. Poltava: Astraya. [In Ukrainian]
34. Berezyuk, S., Tokarchuk, D., & Pryshliak, N. (2019). Economic and Environmental Benefits of Using Waste Potential as a Valuable Secondary and Energy Resource. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 10(1), 149–160. doi: 10.14505//jemt.10.1(33).15
35. Tymoshenko, I. I., Maishchuk, Z. M., & Kosylovych, H. O. (2004). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Lviv: LSAU. [In Ukrainian]
36. Roik, M., Rakhmetov, D., Honcharenko, S., Kurylo, V., Humentyuk, M. Blium, Ya., ... Andriushchenko, A. (2014). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv prosa prutopodibnogo (Panicum virgatum L.) na vidminnist, odnoridnist i stabilnist* [Methodology for examination of varieties of millet (*Panicum virgatum* L.) for distinction, homogeneity and stability] (pp. 637–651). Kyiv: N.p. [In Ukrainian]
37. Parrish, D. J., & Fike, J. H. (2009). Selecting, establishing and managing switchgrass (*Panicum virgatum*) for biofuels. In J. Mielenz (Ed.), *Biofuels Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols)* (Vol. 581, pp. 27–40). Totowa, NJ: Humana Press. doi: 10.1007/978-1-60761-214-8_2
38. Volkodava, V. V. (Ed.). (2000). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Vyp. 1. Zahalna chastyna* [Methodology of state variety testing of agricultural crops. Vol. 1. General part]. Kyiv: N.p. [In Ukrainian]
39. Kurylo, V. L., Humentyuk, 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 peredposivnoho obrobitkiv gruntu i sivby prosa lozovydnogo* [Methodical recommendations for carrying out the main and pre-sowing tillage and sowing of switch grass]. Kyiv: IBC&SB. [In Ukrainian]
40. Cherney, J. H., Cherney, D. J. R., & Paddock, K. M. (2018). Biomass Yield and Composition of Switchgrass Bales on Marginal Land as Influenced by Harvest Management Scheme. *BioEnergy Research*, 11(1), 34–43. doi: 10.1007/s12155-017-9875-y
41. McLaughlin, S. B., & Kszos, L. A. (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
42. Kulyk, M. I., Rakhmetov, D. B., & Kurylo, V. L. (2017). *Metodyka provedennia polovykh ta laboratornykh doslidzhen z prosom prutopodibnym (Panicum virgatum L.)* [Methodology of conducting field and laboratory studies with switchgrass (*Panicum virgatum* L.)]. Poltava: PSAA. [In Ukrainian]
43. Kulyk, M., & Elbersen, W. (2012). *Methods of calculation productivity phytomass for switchgrass in Ukraine*. Poltava: N.p. [In Ukrainian]
44. Manhattan Plant Materials Center Newsletter. (2011). *Seed Smut of Switchgrass. USDA-NRCS Plant Materials Program*. Americus, GA, USA: Manhattan Plant Materials Center Newsletter. Retrieved from https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_PLANTMATERIALS/publications/gapmcs10202.pdf
45. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (2022). *State register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2022*. Kyiv: N.p. Retrieved from <https://sops.gov.ua/derzavnij-reestr> [In Ukrainian]
46. Williams, T., & Auer, C. (2014). Ploidy Number for *Panicum virgatum* (switchgrass) from the Long Island Sound Coastal Lowland compared to Upland and Lowland Cultivars. *Plant Science Articles*, 27. Retrieved from https://opencommons.uconn.edu/plsc_articles/27
47. Lu, F., Lipka, A. E., Glaubitz, J., Elshire, R., Cherney, J. H., Casler, M. D., Buckler, E. S., & Costich, D. E. (2013). Switchgrass genomic diversity, ploidy, and evolution: novel insights from a network-based SNP discovery protocol. *PLoS Genetics*, 9(1), Article e1003215. doi: 10.1371/journal.pgen.1003215
48. Elbersen, H. W., Poppens R. P., & Bakker, R. R. C. (2013). *Switchgrass (Panicum virgatum L.). A perennial biomass grass for efficient production of feedstock for the biobased economy*. Wageningen: Wageningen UR, Food & Biobased Research.
49. Alexopoulou, E., Zanetti, F., Papazoglou, G. E., Iordanoglou, K., & Monti, A. (2020). Long-Term Productivity of Thirteen Lowland and Upland Switchgrass Ecotypes in the Mediterranean Region. *Agronomy*, 10(7), Article 923. doi: 10.3390/agronomy10070923
50. Kurylo, V. L., Rakhmetov, D. B., & Kulyk, M. I. (2018). Biological features and potential of yield of energy crops of the thin-skinned family in the conditions of Ukraine. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 11–17. doi: 10.31210/visnyk2018.01.01 [In Ukrainian]
51. Alexopoulou, E., Zanetti, F., Papazoglou, E. G., Christou, M., Papatheohari, Y., Tsiotas, K., & Papamichael, I. (2017). Long-term studies on switchgrass grown on a marginal area in Greece under different varieties and nitrogen fertilization rates. *Industrial Crops and Products*, 107(15), 446–452. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.05.027
52. Zheng, C., Iqbal, Y., Labonte, N., Sun, G., Feng, H., Yi, Z., & Xiao, L. (2019). Performance of switchgrass and *Miscanthus* genotypes on marginal land in the Yellow River Delta. *Industrial Crops and Products*, 141(1), Article 111773. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.111773
53. Kulyk, M., Kalynychenko, O., Pryshliak, N., & Pryshliak, V. (2020). Efficiency of using biomass from energy crops for sustainable bioenergy development. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 11(5), 1040–1053. doi: 10.14505//jemt.v11.5(45).02

UDC 633.179:631.559

Kulyk, M. I.*, & **Rozhko I. I.** (2022). Introduced and registered switchgrass varieties (*Panicum virgatum* L.) as a source material for breeding for biomass productivity. *Plant Varieties Studying and Protection*, 18(2), 136–147. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.18.2.2022.265181>

*Poltava State Agrarian University, 1/3 Skovorody St., Poltava, 36003, Ukraine, *e-mail: kulykmaksym@ukr.net*

Purpose. On the basis of multi-year research on the complex of economically valuable characteristics, the best switchgrass varieties (*Panicum virgatum* L.) 'Patfinder', 'Carthage', 'Blackwell', 'Morozko', 'Liadovske' and 'Zoriane' were singled out as a source material for breeding for productivity.

Methods. The research was conducted during 2017–2021 on the basis of the Poltava State Agrarian University. The soils of the experimental site of the "Energy Crops" collection are typical chernozems with a humus content of 3.4%. Plots were planted with randomized placement of options in four-fold repetition according to the methods of experimental work in agronomy. Also, approved scientific-practical and methodical recommendations for growing energy crops were applied. To confirm the significant difference between the studied varieties, dispersion analysis using Excel and Statistica programs was used. **Results.** Switchgrass varieties were grouped according to the duration of the growing season into: early- (up to 160 days), medium- (161–171 days) and late ripening (more than 170 days). The complex resis-

tance of switchgrass varieties to drought, frost and plant lodging: 'Cave-in-Rock', 'Zoriane', 'Morozko' and 'Liadovske' was revealed. It was determined that economically valuable characteristics depend to a greater extent on varietal characteristics than on growing conditions. The yield of ground vegetative mass based on dry residue for the studied varieties varied from 12.1 to 15.6 t/ha. **Conclusions.** The varieties 'Cave-in-Rock', 'Zoriane', 'Morozko', 'Liadovske' were the most adaptable to growing conditions. The switchgrass varieties 'Kanlow' and 'Cave-in-rock' provided the highest plant stand and switchgrass variety 'Dacotah' provided the lowest plant stand. Varieties 'Pathfinder', 'Blackwell', 'Shelter', 'Carthage' and 'Zoriane' were singled out according to the number of stems and productivity. The latter, together with the Ukrainian variety 'Zoriane', are recommended to be used as starting material for crop selection based on biomass productivity.

Keywords: switchgrass; variety; biometric characteristics of plants; yield; phytomass; breeding value.

Надійшла / Received 16.05.2022

Погоджено до друку / Accepted 15.06.2022