

Вихідний матеріал проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.) за комплексом господарсько-цінних ознак в умовах Центрального Лісостепу України

М. І. Кулик^{1*}, Д. Б. Рахметов², І. І. Рожко¹, Н. О. Сиплива³

¹Полтавська державна аграрна академія МОН України, вул. Г. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 36003, Україна,

*e-mail: kulyktaksym@ukr.net

²Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАНУ, вул. Тимірязєвська, 1, м. Київ, 01000, Україна

³Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна

Мета. Вивчити сортозразки проса прутіподібного ('Зоряне', 'Морозко', 'Лінія 1307' та 'Cave-in-Rock') за господарсько-цінними ознаками та виокремити з-поміж них найурожайніші, що мають високий вихід кондиційного насіння у взаємозв'язку з погодними умовами вегетаційного періоду за ГТК (гідротермічним коефіцієнтом). **Методи.** Методика наукових досліджень в агрономії; лабораторно-польовий – визначення кількісних показників вегетативної та генеративної частини рослин і маси 1000 насінин; кількісно-ваговий – для встановлення врожайності та виходу кондиційного насіння; статистичну обробку результатів досліджень виконували за допомогою варіаційної статистики та дисперсійного аналізу. **Результати.** Найвищі кількісні показники вегетативної (висота рослин, кількість стебел і листків, довжина прапорцевого листка) та генеративної частини рослин (довжина і ширина волоті, кількість гілочок 1-го порядку, кількість волотей, вага насіння з волоті) сформували сортозразки 'Зоряне' та 'Лінія 1307' незалежно від умов вирощування. За результатами досліджень визначено вплив біометричних (кількісних) показників генеративної частини рослин у тісній взаємодії з погодними умовами за ГТК за вегетаційний період на насіннєву продуктивність, що обумовлюють загальний врожай насіння. Урожайність насіння сортозразків проса прутіподібного за коефіцієнтом детермінації (d) залежала: на 53–59% – від кількості гілочок першого порядку, на 48–52% – від кількості волотей, на 12–21% – від крупності насіння та на 6–12% – від довжини та ширини волоті. **Висновки.** Виокремлено сорти 'Зоряне' та 'Лінія 1307', які формували вагове насіння, високу насіннєву врожайність (більше 250 кг/га) кондиційного насіння (близько 65%) та можуть бути використані в подальшій селекційній роботі для створення і розширення сортименту проса прутіподібного. У перспективі це дозволить без додаткових затрат отримувати якісний насіннєвий матеріал, закладати нові енергоплантації для виробництва біомаси рослин для енергетичних цілей та додаткові продукти для різних галузей промисловості.

Ключові слова: просо прутіподібне; сорти; умови вирощування; температура повітря; опади; насіння; урожайність.

Вступ

В Україні на фоні високої зацікавленості у виробництві біопалива із енергетичних культур, розширення площ для їхнього вирощування, виокремлюється проблема забезпечення аграріїв якісним насіннєвим матеріалом.

Відсутність в нашій країні налагодженого насінництва енергетичних культур, у тому числі проса прутіподібного, його низька насіннєва продуктивність й схожість та висока вартість змушують поставити це питання на

вивчення і довести, яким чином можна отримати значні обсяги кондиційного насіння цієї культури. Загальновідомо, що найвищі врожаї доброякісного насіння отримують за сівби сортів, адаптованих до умов даного регіону. У свою чергу, рослини, вирощені з насіння таких сортів, краще переносять несприятливі умови росту і розвитку, протистоять шкідникам та хворобам. Тому вивчення впливу умов вирощування та сортових властивостей на врожайність насіння проса прутіподібного, його посівні якості є актуальним напрямом досліджень.

З-поміж найбільш продуктивних енергетичних культур науковці виокремлюють наступні: просо прутіподібне, міскантус гігантський, вербу енергетичну та інші. Це рослини, що добре акліматизовані до умов вирощування, стійкі до біотичних чинників, формують високу продуктивність із відповідною якістю фітомаси [1, 2]. Із вищеперахованих культур просо прутіподібне

Maksym Kulyk

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

Dzhamal Rakhmetov

<https://orcid.org/0000-0001-7260-3263>

Ilona Rozhko

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

Nataliia Sypliva

<https://orcid.org/0000-0003-0921-6361>

(*Panicum virgatum* L.) або світчграс – є однією з основних рослин, у якої низька собівартість вирощування та висока врожайність фітомаси (сировини для виробництва біопалив) [3, 4].

Іноземні вчені стверджують, що багаторічні злакові трави групи C4, куди відносять і

просо прутіоподібне, є найефективнішими та найстійкішими енергетичними культурами для виробництва біопалив [5–8].

За господарсько-корисними властивостями, порівняно з іншими енергокультурами, просо прутіоподібне має цілий ряд переваг та напрямів використання [9–12] (рис. 1).

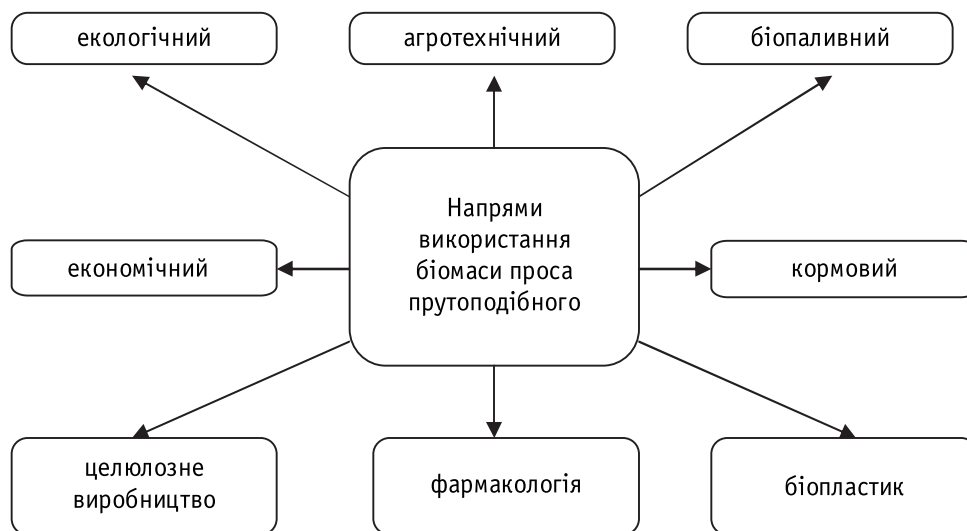


Рис. 1. Напрями використання проса прутіоподібного

Джерело: авторська розробка.

Є два основних екотипи проса прутіоподібного: низовинні та височинні. Низовинні види вирощуються на вологих ґрунтах – вони мають високі, товсті, грубі стебла, які ростуть кущами. Височинний тип рослин є адаптованішим до сухого клімату і має тонші стебла, ніж низовинні, та більшу їх кількість [13].

Згідно з дослідженнями Л. Е. Moser і К. Р. Vogel [14], усі сорти проса прутіоподібного, що походять із Південної Америки мають найкращі пристосувальні реакції до умов південних територій Євразійського континенту. Вони також будуть більш продуктивнішими і в північній Європі, але холодостійкість їх менша, порівняно із сортами північно-американського походження.

Як відмічає Д. Б. Рахметов із співавторами [15], при вирощуванні інтродукованих сортів проса прутіоподібного необхідно також враховувати їхні морфометричні параметри як результат адаптації до нових умов вирощування.

Висока врожайність біомаси і насіння проса прутіоподібного формується за рахунок структури врожаю, яка залежить від сортових особливостей культури та погодних умов. Такі ж результати отримано в попередніх дослідженнях із вивчення насінневої продуктивності проса прутіоподібного. Елементи продуктивності вегетативної та генеративної частини рослин, а також маса 1000 насінин

(1,53–1,94 г) мають вагомий вплив на рівень насінневої продуктивності проса прутіоподібного і залежать від ґрунтово-кліматичних умов вирощування культури [16, 17].

Збільшити врожайність насіння проса прутіоподібного можливо і агротехнічними заходами: вирощуючи за суцільного або рядкового способів сівби. Визначено, що ширина міжрядь від 15 до 40 дюймів може забезпечити більший вихід насіння, порівняно із суцільним способом сівби культури [18].

У публікаціях вітчизняних науковців встановлено, що в умовах України сорти світчграсу 'Sunburst' і 'Cave-in-Rock' за ширини міжряддя 30 см сформували насінневу продуктивність – 0,597 і 0,373 т/га відповідно [19]. Закордонні вчені визначили, що насіннева продуктивність проса прутіоподібного знаходилась в межах 220–560 кг/га, а в окремих випадках досягала 1000 кг/га [20].

Орлов С. Д., вивчаючи зразки *Panicum virgatum*, виокремив селекційні зразки проса прутіоподібного: '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.) та 'Cave-in-Rock', які мають підвищений вміст сухої речовини та врожайність сухої маси. Ці сортозразки є цінним джерелом для створення нових вітчизняних гібридів і сортів [21].

Щодо особливостей отримання врожаю кондиційного насіннєвого матеріалу проса прутноподібного в умовах Лісостепу України відомостей недостатньо для розуміння закономірностей формування його насіннєвої продуктивності.

Враховуючи вищевикладене можна стверджувати, що оцінка селекційного матеріалу за комплексом господарсько-цінних ознак має важливе значення при створенні нових високопродуктивних сортів для наступного закладання високоврожайних енергоплантаций.

Мета дослідження – вивчити сортозразки проса прутноподібного за господарсько-цінними ознаками та виокремити з-поміж них

найурожайніші з високим виходом кондиційного насіння у взаємозв'язку з погодними умовами вегетаційного періоду за ГТК (гідротермічним коефіцієнтом).

Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження проводилися протягом 2015–2019 рр. на колекції енергетичних культур Полтавської ДАА, що за зональним розподілом відноситься до центральної частини Лісостепу України.

Об'єктом досліджень були рослини проса прутноподібного сортозразків іноземної та української селекції: 'Зоряне' – умовний стандарт (ум. ст.), 'Cave-in-Rock', 'Морозко' та 'Лінія 1307' (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика сортозразків проса прутноподібного

Сортозразок	Походження	Оригінатор	Урожайність, т/га	
			біомаси	насіння
'Зоряне'	UA	Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка, Україна	11,0	1,3
'Морозко'	UA	Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, Україна	17,0	0,2
'Лінія 1307'	UA	Полтавська державна аграрна академія, Україна	15,0	0,5
'Cave-in-Rock'	US	Міссурійська сільськогосподарська дослідна станція, США	15,0	0,6

Попередник проса прутноподібного – різно-трав'я, агротехніка вирощування культури проведена відповідно до науково-практичних рекомендацій [22, 23].

Дослідні ділянки закладено відповідно до методики дослідної справи в агрономії [26], з рендомізованим розміщенням у чотири-кратній повторності, на ґрунтах з низьким вмістом гумусу за методом Тюріна (3,9%), що характеризуються наступними агрохімічними показниками: вміст азоту – середній, фосфору та калію – підвищений.

Протягом років дослідження гідротермічний коефіцієнт (ГТК), що відображає рівень зволоження за період вегетації проса прутноподібного змінювався у межах від 0,6 до 1,4 (рис. 2).

Найменш сприятливими (посушливими) погодні умови були протягом вегетаційного періоду 2017 і 2019 років. Близькими до оптимального значення за ГТК були умови 2015 і 2018 років (ГТК близький до 1). Надмірно зволожений був 2016 рік (ГТК більше 1,2).

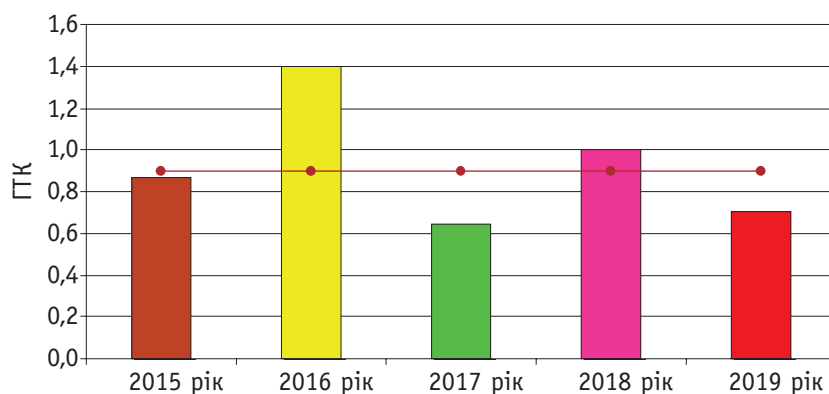


Рис. 2. Гідротермічний коефіцієнт за вегетаційний період вирощування проса прутноподібного (2015–2019 рр.)

Кількісні показники вегетативної та генеративної частин рослин кожного сорту визначали методом відбору проб по діагоналі ділянки в чотирикратній повторності (по 50 рослин з

ділянки) з наступним визначенням середнього показника за результатів обрахунку [27].

Оцінку сортозразків проса прутноподібного за господарськими ознаками, зокрема, кіль-

кості рослин і насіння на рослині, маси насіння з однієї рослини та інші проводили відповідно до методики [28, 29]. Крупність насіння за масою 1000 насінин визначали згідно з ДСТУ 2240-93 [30], посівні якості насіння – за методикою [31].

Облік урожайності насіння проса прутоподібного проводили відповідно до методики [32]. Снопіві зразки відбирали на час закінчення вегетації рослин по діагоналі ділянки з 1 м.п. (метра погонного) у чотирикратній повторності. З них обмолочували насіння та

зважували його до та після очистки від домішок (частин гілочок волотей, насінневих лусок та ін).

Результати досліджень обраховували методами варіаційної статистики та за допомогою дисперсійного аналізу в програмі Statistica 6.0 [33].

Результати досліджень

Погодні умови та сортові особливості мали вплив на кількісні показники вегетативної частини рослин проса прутоподібного (табл. 2).

Таблиця 2

Кількісні показники вегетативної частини рослин проса прутоподібного першого-п'ятого року вегетації (середнє за 2015–2019 рр.)

Сорт	Висота рослин, см	Кількість стебел, шт./м.п.	Кількість листків на стеблі, шт.	Довжина прапорцевого листка, см
‘Зоряне’ (ум. ст.)	167,2	311,5	8,5	51,2
‘Cave-in-Rock’	173,3	343,3	8,1	49,7
‘Морозко’	154,5	287,8	7,2	47,4
‘Лінія 1307’	170,3	374,4	9,1	52,3
НІР _{0,05}	3,4	21,3	0,2	0,8

Найбільшою висотою рослин характеризувався сорт ‘Cave-in-Rock’ – 173,3 см, суттєво меншою була висота в сорту ‘Морозко’ – 154,5 см, у ‘Лінія 1307’ – 170,3 см (на рівні умовного стандарту). За кількістю листків на стеблі, стебел на рослинах і довжиною прапорцевого листка (більше 51,0 см) виді-

лився сорт ‘Зоряне’ і ‘Лінія 1307’. Елементи структури врожаю генеративної частини рослин (довжина і ширина волоті, їх кількість, кількість гілочок першого порядку, вага насіння з волоті) сортименту проса прутоподібного мали наступні показники (табл. 3).

Таблиця 3

Кількісні показники генеративної частини рослин проса прутоподібного першого-п'ятого року вегетації (середнє за 2015–2019 рр.)

Сорт	Довжина волоті, см	Ширина волоті, см	Кількість гілочок 1-го порядку, шт.	Кількість волотей, шт./м.п.	Вага насіння з волоті, г
‘Зоряне’ (ум. ст.)	37,4	23,3	11,4	75,8	0,51
‘Cave-in-Rock’	35,5	22,4	10,9	74,1	0,44
‘Морозко’	31,2	21,4	13,8	72,9	0,42
‘Лінія 1307’	39,1	24,2	14,7	82,0	0,48
НІР _{0,05}	1,1	0,4	0,6	5,3	0,01

За морфометричними параметрами волоті найвищі показники, порівняно з умовним стандартом, були в сорту ‘Cave-in-Rock’ і ‘Лінії 1307’. Ці ж сортозразки сформували найбільшу вагу насіння з волотей, що і обумовило високу насіннєву продуктивність.

Маса 1000 насінин сортів проса прутоподібного залежить як від впливу погодних умов вегетаційного періоду, так і від властивостей сорту. Визначено значне варіювання показника крупності насіння сортозразків, що в середньому за роки дослідження знаходилася в межах 1,15–1,81 г.

В оптимальні роки за вологозабезпеченням мінімальну масу 1000 насінин сформу-

вав сорт ‘Морозко’ – 1,31 г, суттєво більшу сорт ‘Cave-in-Rock’ – 1,44 г, а максимальну забезпечили сорти ‘Зоряне’ та ‘Лінія 1307’ – 1,75 і 1,81 г відповідно (табл. 4).

У посушливих умовах вегетаційного періоду показник маси 1000 насінин змінювався у межах від 1,19 до 1,53 г, у періоді надмірного зволоження – від 1,15 до 1,45 г, а в умовах близьких до оптимальних крупність насіння була найбільшою – від 1,31 до 1,81 г. Найваговитіше насіння сформували сорти ‘Зоряне’ і ‘Лінія 1307’. Для цих сортозразків встановлено незначне варіювання ознаки (V) – 1,81 та 2,75% відповідно, для сорту ‘Морозко’ середнє – 12,4%, для сорту ‘Cave-in-Rock’ значне – 25,6%.

Таблиця 4

Маса 1000 насінин проса прутіподібного та коефіцієнт варіації за цим показником залежно від умов вирощування (середнє за 2015–2019 рр.)

Сорт	Умови вирощування за ГТК			± до оптимуму	V, %
	посушливі	оптимальні	надмірного зволоження		
'Зоряне' (ум. ст.)	1,49	1,75	1,37	-0,26...-0,38	1,81
'Cave-in-Rock'	1,35	1,44	1,21	-0,23...-0,09	25,6
'Морозко'	1,19	1,31	1,15	-0,12...-0,16	12,4
'Лінія 1307'	1,53	1,81	1,45	-0,28...-0,36	2,75

За встановлення кореляційної залежності між кількісними показниками генеративної частини рослин виявлено, що показник маси 1000 насінин має сильний зв'язок із кількістю гілочок першого порядку ($r\ 0,78...0,81$) і помірний – із довжиною ($r\ 0,31...0,36$) та шириною волоті ($r\ 0,41...0,43$). Ця особливість була характерною для усіх сортів проса прутіподібного, що вивчалися.

Для встановлення урожайності кондиційного насіння, згідно виходу насіннєвого матеріалу, було визначено загальну врожайність, яка в середньому за роки дослідження, порівняно з умовним стандартом для сорту 'Cave-in-Rock' була меншою на 6,1 г/м.п., сорту 'Морозко' – на 8,1 г/м.п., а для 'Лінії 1307' – більшою на 0,7 г/м.п. (табл. 5).

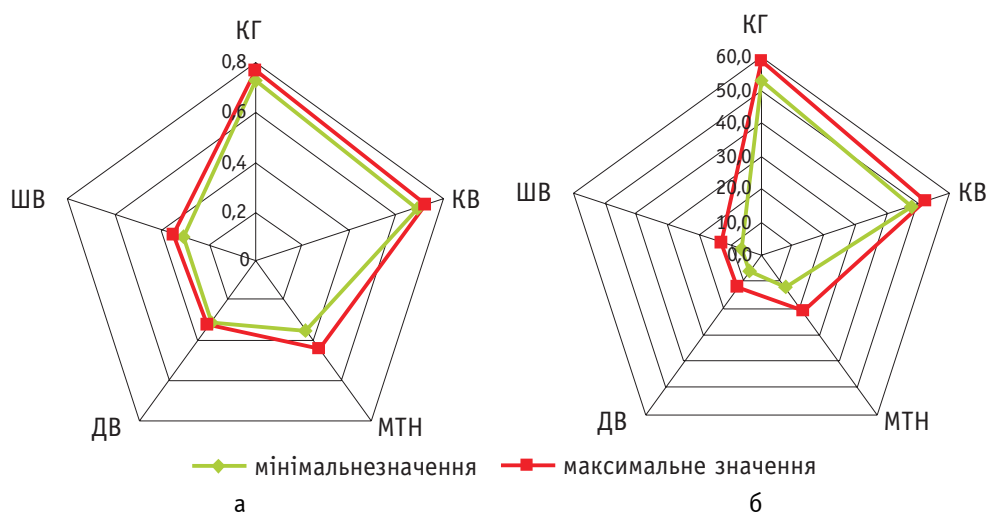
Таблиця 5

Урожайність та вихід кондиційного насіння проса прутіподібного (середнє за 2015–2019 рр.)

Сорт	Урожайність насіння, г/м.п.	Вага насіннєвих лусок, г/м.п.	Вихід кондиційного насіння, %	Урожайність кондиційного насіння, г/м.п.
'Зоряне' (ум. ст.)	38,7	13,5	65,1	25,2
'Cave-in-Rock'	32,6	11,7	64,1	20,9
'Морозко'	30,6	11,8	61,3	18,8
'Лінія 1307'	39,4	13,8	64,9	25,6
НІР _{0,05}	0,4	1,1	0,1	0,2

Кореляційні залежності між кількісними показниками генеративної частини рослин і врожайністю насіння (ВН) свідчать, що показник маси 1000 насінин мав помірний зв'язок із ВН ($r\ 0,35...0,44$), кількістю гілочок першого порядку і ВН – сильний ($r\ 0,73...0,77$), кількістю волотей – сильний

($0,69...0,72$), довжиною і шириною волоті – помірний і середній ($r\ 0,30...0,32$) і ($r\ 0,31...0,35$) відповідно. Ця закономірність спостерігалась для усіх досліджуваних сортів проса прутіподібного і додатково охарактеризована детермінацією ознак (рис. 3).



Примітка. КГ – кількість гілочок у волоті першого порядку, шт.; KV – кількість волотей, шт./м.п.; MTN – маса 1000 насінин, г; DV – довжина волоті, см; SV – ширина волоті, см.

Рис. 3. Коефіцієнти кореляції (а) та детермінації (б) між кількісними показниками генеративної частини рослин і врожайністю насіння сортів проса прутіподібного (середнє за 2015–2019 рр.)

При визначенні впливу умов вирощування на рівень врожайності кондиційного насіння проса прутюподібного було встановлено значний вплив погодних умов за ГТК. Сортотразки проса прутюподібного 'Зоряне' та 'Лінія 1307', які вирощувалися в умовах вегетації, що характеризувалися як посушливі (ГТК < 1) та за умов зволоження близьких до оптимальних значень (ГТК близький до 1) сформували більший вихід та врожайність

кондиційного насіння, порівняно з надмірно зволеними (ГТК > 1) роками. Сорти 'Морозко' і 'Cave-in-Rock' більшу врожайність кондиційного насіннєвого матеріалу забезпечували в роки із значенням ГТК за вегетаційний період близьким до 1, відхилення від цього показника як у сторону збільшення, так і зменшення суттєво знижувало врожайність та вихід кондиційного насіння (рис. 4–7).

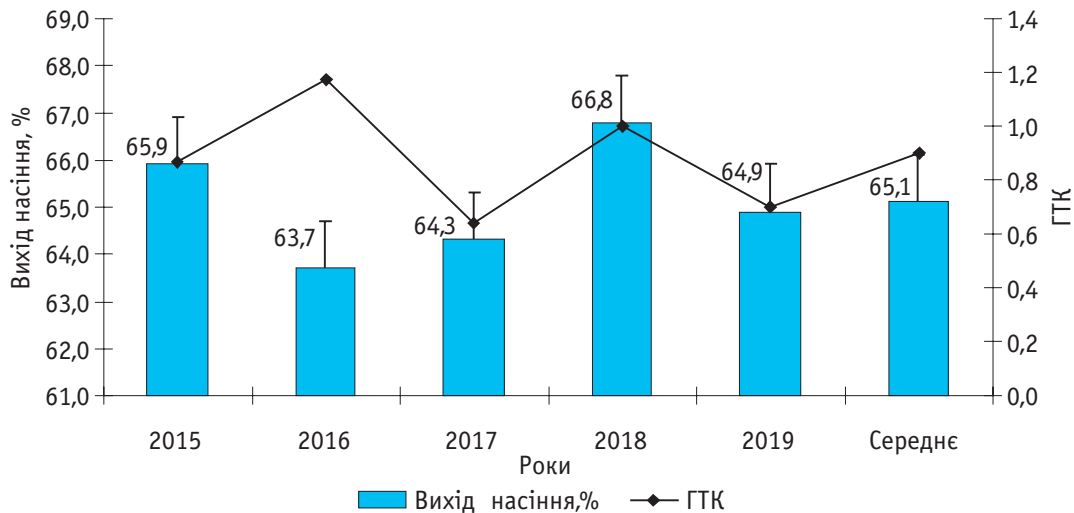


Рис. 4. Вплив умов вирощування на вихід кондиційного насіння проса прутюподібного 'Зоряне' (2015–2019 рр.)

Сорт 'Зоряне' найбільший вихід кондиційного насіння забезпечив в умовах вегетаційного періоду 2015 і 2018 рр. – 65,9 і 66,8% відповідно, що за ГТК характеризувалися достатнім зволоженням. Більш посушливі умови вегетації, що припали на 2017 і 2019

рр. дещо знизили даний показник до 64,3 і 64,9% відповідно, а більш зволожені 2016 року – суттєво зменшили вихід кондиційного насіння до 63,7%. У середньому за роки дослідження вихід кондиційного насіння сорту 'Зоряне' становив 65,1%.

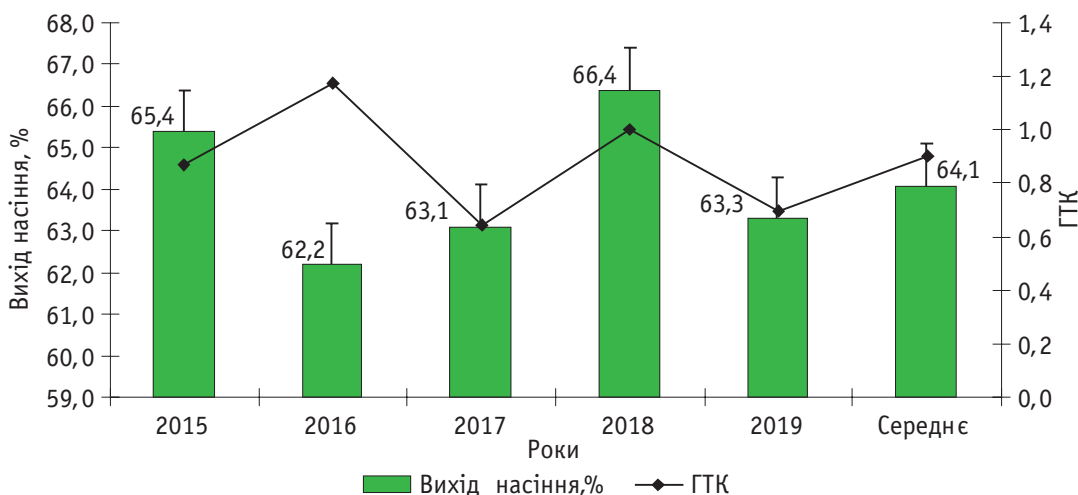


Рис. 5. Вплив умов вирощування на вихід кондиційного насіння проса прутюподібного 'Cave-in-Rock' (2015–2019 рр.)

У сортів 'Cave-in-Rock' та 'Морозко' відмічено подібну тенденцію щодо виходу кондиційного насіння залежно від умов вегета-

ційного періоду за ГТК: умови близькі до оптимального зволоження підвищували даний показник, більш посушливі або зво-

ження – знижували його. У середньому за роки дослідження вихід кондиційного на-

сіння для сорту ‘Cave-in-Rock’ становив 64,1%, а для сорту ‘Морозко’ – 61,3%.

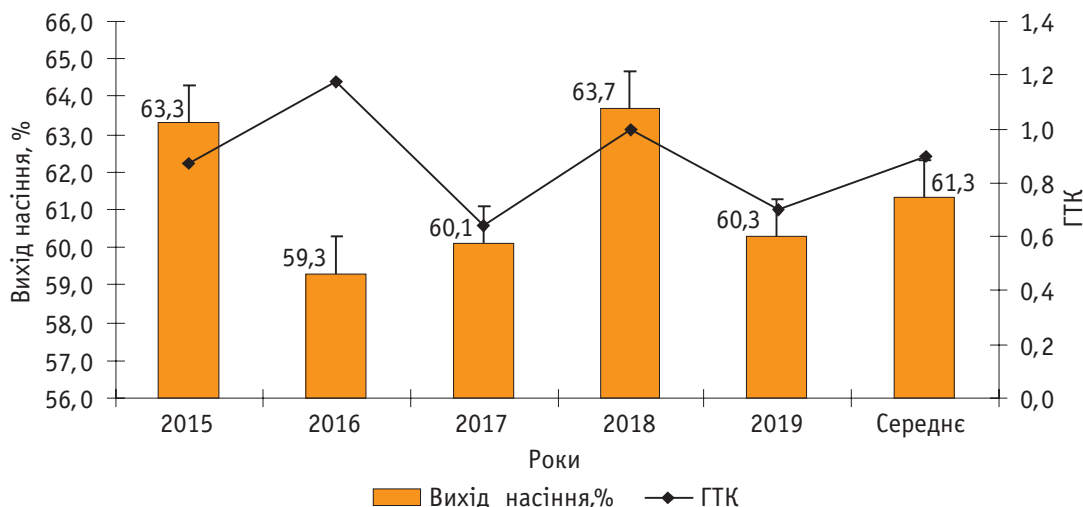


Рис. 6. Вплив умов вирощування на вихід кондиційного насіння проса прутоподібного ‘Морозко’ (2015–2019 рр.)

Для ‘Лінії 1307’ відмічено варіювання показника виходу кондиційного насіння – від 63,1 (вологі роки) до 66,4–66,5% (умови близькі до оптимальних). Посушливі умови

за ГТК (менше 1) вегетаційного періоду 2017 і 2019 років забезпечили незначне зниження виходу кондиційного насіння – до 64,1 і 64,4% відповідно.

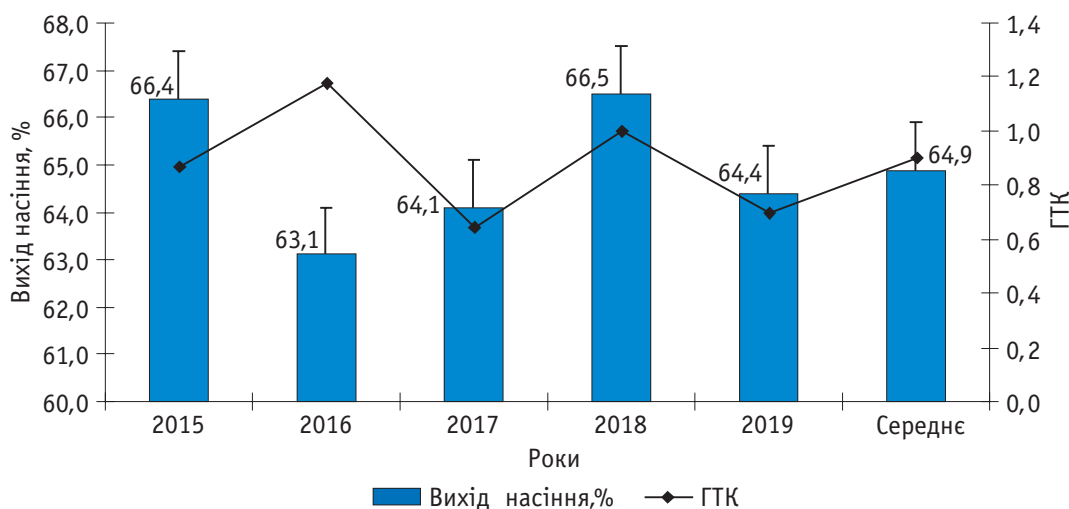


Рис. 7. Вплив умов вирощування на вихід кондиційного насіння проса прутоподібного ‘Лінія 1307’ (2015–2019 рр.)

Аналіз даних графіків свідчить про чітку тенденцію до збільшення виходу кондиційного насіння у роки з погодними умовами вегетаційного періоду від посушливих до оптимальних за ГТК та зниження даного показника в надмірно зволожені роки.

У загальному за роки дослідження найбільшу врожайність кондиційного насіння сформував сорт ‘Зоряне’ (25,0 і 26,4 кг/м.п.) і ‘Лінія 1307’ (25,4 і 26,6 кг/м.п.) у посушливі та оптимальні роки за ГТК. Насіннева врожайність в умовах надмірного зволожен-

ня за вегетаційний період була значно меншою для усіх сортозразків (табл. 6).

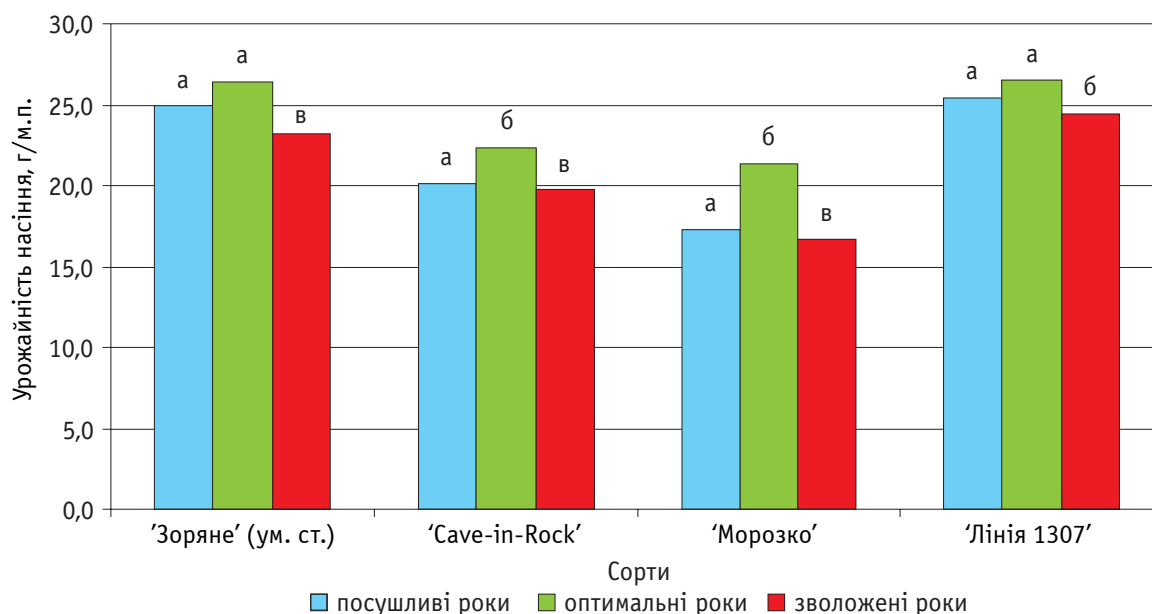
Порівняно з умовним стандартом (сорт ‘Зоряне’) та іншими сортозразками, суттєво більшу врожайність кондиційного насіння в усі роки дослідження забезпечила новостворена ‘Лінія 1307’ із незначним варіюванням ознаки. Для сорту ‘Cave-in-Rock’ відмічена подібна залежність, але із значно нижчим показником урожайності насіння (рис. 8).

Найменшу насіннєву врожайність забезпечив сорт ‘Морозко’. Подібна тенденція від-

Таблиця 6

**Урожайність кондиційного насіння проса прутіподібного
залежно від умов вирощування, г/м.п. (середнє за 2015–2019 рр.)**

Сорт	Умови вирощування за ГТК			± до оптимуму
	посушливі	оптимальні	надмірного зволоження	
'Зоряне' (ум. ст.)	25,0	26,4	23,2	-3,2...-1,4
'Cave-in-Rock'	20,1	22,3	19,7	-2,6...-2,2
'Морозко'	17,3	21,3	16,7	-4,6...-4,0
'Лінія 1307'	25,4	26,6	24,4	-2,2...-1,2
НІР _{0,05}	1,12	0,34	2,41	–



Примітка: різні букви показують суттєві відмінності в межах кожного сорту.

Рис. 8. Урожайність насіння проса прутіподібного залежно від умов вегетаційного періоду (2015–2019 рр.)

мічена в сорту 'Cave-in-Rock', але із вищим рівнем врожайності кондиційного насіння. Сорт 'Зоряне' та 'Лінія 1307' сформували суттєво вищий рівень врожайності як у посушливі, так і в оптимальні за ГТК роки.

Висновки

В умовах центрального Лісостепу України рослини проса прутіподібного здатні формувати насіння розпочинаючи з першого року вегетації. Поряд з погодними умовами вегетаційного періоду, найбільший вплив на врожайність та вихід кондиційного насіння культури мають сортові особливості. Найбільшу врожайність та вихід кондиційного насіння сформував сорт проса прутіподібного 'Зоряне' та 'Лінія 1307'.

Кількісні показники генеративної частини рослин проса прутіподібного вносять значний вклад у рівень врожайності насіння. Урожайність насіння сортів проса прутіподібного за коефіцієнтом детермінації ознаки (d) залежить на 53–59% від кількості гілочок першого порядку, на 48–52% – від кількості волотей, на 12–21% – від крупнос-

ті насіння, та на 6–12% – від довжини та ширини волоті.

Сорт 'Зоряне' і 'Лінія 1307' мали найстабільніший прояв за показником маси 1000 насінин, що мала помітний вплив за коефіцієнтом кореляції на врожайність насіння, інші сорти мали середній ('Морозко') та значний ('Cave-in-Rock') коефіцієнт варіації за даним показником.

Сорт 'Зоряне' та 'Лінія 1307' сформували високий рівень врожайності та вихід кондиційного насіння в роки, що за ГТК характеризувалися як посушливі та оптимальні, інші сорти порівняно високу насінневу продуктивність забезпечували у роки з ГТК близьким до 1.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у вивченні впливу заходів допосівної підготовки насіння на посівні якості насіннєвого матеріалу в розрізі сортів іноземної та української селекції.

Використана література

1. Wolf D. D., Fiske D. A. Planting and Managing Switchgrass for Forage, Wildlife, and Conservation / Virginia Cooperative Ex-

- tension, publication 418-013. 2009. URL: http://pubs.ext.vt.edu/418/418-013/418-013_pdf.pdf
2. Min D., Kapp C. Assessing the feasibility of producing switchgrass in the U.P. *Michigan Farm News*. 2010. URL: <http://www.michiganfarmbureau.com/farmnews/transform.php?xml=20100430/switchgrass.xml>
 3. Роїк М. В., Курило В. Л., Гументик М. Я. та ін. Ефективність вирощування високопродуктивних енергетичних культур. *Вісн. Львів. нац. аграр. ун-ту*. 2011. № 15(2). С. 85–90.
 4. Петриченко С. М., Герасименко О. В., Гончарук Г. С. та ін. Перспективи вирощування світчграсу як альтернативного джерела енергії в Україні. *Цукрові буряки*. 2011. № 4. С. 13–14.
 5. Adler P. R., Del Grosso S. J., Parton W. J. Life-cycle assessment of net greenhouse-gas flux for bioenergy cropping systems. *Ecol. Appl.* 2007. Vol. 17, Iss. 3. P. 675–691. doi: 10.1890/05-2018
 6. Russi D. An integrated assessment of a large-scale biodiesel production in Italy: killing several birds with one stone? *Energ. Policy*. 2008. Vol. 36, Iss. 3. P. 1169–1180. doi: 10.1016/j.enpol.2007.11.016
 7. Lee D., Owens V. N., Boe A., Koo B. Biomass and seed yields of big bluestem, switchgrass, and intermediate wheatgrass in response to manure and harvest timing at two topographic positions. *GCB Bioenergy*. 2009. Vol. 1, Iss. 2. P. 171–179. doi: 10.1111/j.1757-1707.2009.01008.x
 8. Williams P. R., Inman D., Aden A., Heath G. A. Environmental and sustainability factors associated with next-generation biofuels in the U.S.: what do we really know? *Environ. Sci. Technol.* 2009. Vol. 43, Iss. 13. P. 4763–4775. doi: 10.1021/es900250d
 9. Rahman M. M., Mostafiz S. B., Paatero J. V., Lahdelma R. Extension of energy crops on surplus agricultural lands: A potentially viable option in developing countries while fossil fuel reserves are diminishing. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 2014. Vol. 29. P. 108–119. doi: 10.1016/j.rser.2013.08.092
 10. Brodowska M. S., Muszyński P., Haliniarz M. et al. Agronomic aspects of switchgrass cultivation and use for energy purposes. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 2018. Vol. 16, Iss. 5. P. 5715–5743. doi: 10.15666/aeer/1605_57155743
 11. Parrish D. J., Fike J. H. The biology and agronomy of Switchgrass for biofuels. *Crit. Rev. Plant Sci.* 2005. Vol. 24, Iss. 5–6. P. 423–459. doi: 10.1080/07352680500316433
 12. Калініченко А. В., Вакулєнко Ю. В., Галич О. А. Еколого-економічні аспекти доцільності використання продукції рослинництва в альтернативній енергетиці. *Актуальні проблеми економіки*. 2014. № 11. С. 202–208.
 13. Porter C. L. An analysis of variation between upland and lowland switchgrass, *Panicum virgatum* L., in central Oklahoma. *Ecology*. 1996. Vol. 47, No. 6. P. 980–992. doi: 10.2307/1935646
 14. Moser L. E., Vogel K. P. Switchgrass, big bluestem, and indian-grass. *Forages. Vol. I: An introduction to grassland agriculture* / R. F. Barnes, D. A. Miller, C. J. Nelson (Eds.). 5th ed. Ames : Iowa State Univ. Press, 1995. P. 409–420.
 15. Рахметов Д. Б., Вергун О. М., Рахметова С. О. *Panicum virgatum* L. – перспективний інтродуцент у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НААНУ. *Інтродукція рослин*. 2014. Вип. 3. С. 4–12.
 16. Kulyk M., Shokalo N., Dinets O. Morphometric indices of plants, biological peculiarities and productivity of industrial energy crops. *Development of modern science: the experience of European countries and prospects for Ukraine*. 3rd ed. Riga, Latvia : Baltija Publ., 2019. P. 411–431. doi: 10.30525/978-9934-571-78-7_54
 17. Samson R., Delaquis E., Deen B. et al. Switchgrass Seed Quality. *Switchgrass. Agronomy*. Ontario, 2016. P. 20–22. URL: https://www.agrireseau.net/documents/Document_93992.pdf
 18. Caddel J. L., Kakani G., Porter D. R. et al. Seed Production. *Switchgrass Production Guide for Oklahoma*. Stillwater, OK : Oklahoma Cooperative Extension Service, 2002. P. 28–30. URL: <http://switchgrass.okstate.edu/productionguide/productionguide.pdf>
 19. Мороз О. В., Смірних В. М., Курило В. Л. та ін. Світчграс як нова фітоенергетична культура. *Цукрові буряки*. 2011. № 3. С. 12–14.
 20. Wolf D. D., Fiske D. A. Planting and Managing Switchgrass for Forage, Wildlife, and Conservation / Virginia Cooperative Extension, publication 418-013. 2009. P. 418–423. URL: http://pubs.ext.vt.edu/418/418-013/418-013_pdf.pdf
 21. Орлов С. Д. Особливості прояву біологічних, господарських ознак рослин *Panicum virgatum* (світчграс) з метою створення сортів з високою енергетичною цінністю в Лісостеповій зоні України. *Наук. праці ІБКиЦБ*. 2013. Вип. 19. С. 93–95.
 22. 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.
 23. Christian D. G., Elbersen H. W. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.). *Energy plant species. Their use and impact on environment and development* / N. El Bassam (Ed.). London : James & James Publ., 1998. P. 257–263.
 24. Охорона прав на сорти рослин. Київ : ПП «ОСТИНТЕК». 2015. Вип. 3. С. 221–222.
 25. Elbersen H. W., Christian D. G., El Bassam N. et al. Switchgrass variety choice in Europe. *Asp. Appl. Biol.* 2001. Vol. 65. P. 21–28.
 26. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ : Вища школа. 1994. 334 с.
 27. Методика проведення експертизи сортів рослин групи технічних на відмінність, однорідність і стабільність / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця, 2016. 188 с.
 28. Кулик М. І., Рахметов Д. Б., Курило В. Л. Методика проведення польових та лабораторних досліджень з просом прутотібним (*Panicum virgatum* L.). Полтава : РВВ ПДАА, 2017. 24 с.
 29. Методика проведення експертизи сортів рослин групи технічних на кормових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. 3-тє вид., випр. і допов. Вінниця : Корзун Д. Ю., 2016. 73 с.
 30. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови : ДСТУ 2240-93. [Чинний від 1994-07-01]. Київ : Держстандарт України, 1994. 73 с.
 31. Доронін В. А., Кравченко Ю. А., Бусол М. В. та ін. Визначення енергії проростання та схожості насіння світчграсу. *Вісник Уманського НУС*. 2015. № 1. С. 64–68.
 32. Вайнагий И. В. О методике изучения семенной продуктивности травянистых растений. *Бот. журн.* 1974. Т. 59, № 6. С. 826–831.
 33. Боровиков В. П. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. 2-е изд. Санкт-Петербург : Питер, 2003. 688 с.

References

1. Wolf, D. D., & Fiske, D. A. (2009). *Planting and Managing Switchgrass for Forage, Wildlife, and Conservation* / Virginia Cooperative Extension, publication 418-013. Retrieved from http://pubs.ext.vt.edu/418/418-013/418-013_pdf.pdf
2. Min, D., & Kapp, C. (2010). Assessing the feasibility of producing switchgrass in the U.P. *Michigan Farm News*. Retrieved from <http://www.michiganfarmbureau.com/farmnews/transform.php?xml=20100430/switchgrass.xml>
3. Roik, M. V., Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., Hanzhenko, O. M., Kvak, V. M. (2011). Efficiency of cultivation high-yield energy crops. *Visnik L'viv'skogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Agronomiâ* [Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agronomy], 15(2), 85–90. [in Ukrainian]
4. Petrychenko, S. M., Herasymenko, O. V., Honcharuk, H. S., Lytvy-niuk, V. V., & Mandrovska, S. M. (2011). Prospects for Growing Lighting as an Alternative Energy Source in Ukraine. *Tsukrovi buriaky* [Sugar Beet], 4, 13–14. [in Ukrainian]
5. Adler, P. R., Del Grosso, S. J., & Parton, W. J. (2007). Life-cycle assessment of net greenhouse-gas flux for bioenergy cropping systems. *Ecol. Appl.*, 17(3), 675–691. doi: 10.1890/05-2018

6. Russi, D. (2008). An integrated assessment of a large-scale bio-diesel production in Italy: killing several birds with one stone? *Energ. Policy*, 36(3), 1169–1180. doi: 10.1016/j.enpol.2007.11.016
7. Lee, D., Owens, V. N., Boe, A., & Koo, B. (2009). Biomass and seed yields of big bluestem, switchgrass, and intermediate wheatgrass in response to manure and harvest timing at two topographic positions. *GCB Bioenergy*, 1(2), 171–179. doi: 10.1111/j.1757-1707.2009.01008.x
8. Williams, P. R., Inman, D., Aden, A., & Heath, G. A. (2009). Environmental and sustainability factors associated with next-generation biofuels in the U.S.: what do we really know? *Environ. Sci. Technol.*, 43(13), 4763–4775. doi: 10.1021/es900250d
9. Rahman, M. M., Mostafiz, S. B., Paatero, J. V., Lahdelma, R. (2014). Extension of energy crops on surplus agricultural lands: A potentially viable option in developing countries while fossil fuel reserves are diminishing. *Renew. Sust. Energy. Rev.*, 29, 108–119. doi: 10.1016/j.rser.2013.08.092
10. Brodowska, M. S., Muszyński, P., Haliniarz, M., Brodowski, R., Kowalczyk-Juśko, A., Sekutowski, T., & Kurzyńska-Szklarek, M. (2018). Agronomic aspects of switchgrass cultivation and use for energy purposes. *Appl. Ecol. Environ. Res.*, 16(5), 5715–5743. doi: 10.15666/aer/1605_57155743
11. Parrish, D. J., & Fike, J. H. (2005). The biology and agronomy of Switchgrass for biofuels. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 24(4–5), 423–459. doi: 10.1080/07352680500316433
12. Kalinichenko, A. V., Vakulenko, Y. V., & Galych, O. A. (2014). Ecological and economic aspects of feasibility of using crop products in alternative energy. *Aktual'ni problemi ekonomiki* [Actual Problems of Economics], 11, 202–208.
13. Porter, C. L. (1996). An analysis of variation between upland and lowland switchgrass, *Panicum virgatum* L. in central Oklahoma. *Ecology*, 77(6), 980–992. doi: 10.2307/1935646
14. Moser, L. E., & Vogel, K. P. (1995). Switchgrass, big bluestem, and indiangrass. In Barnes, R. F., Miller, D. A., & Nelson, C. J. (Eds.), *Forages. Vol. I: An introduction to grassland agriculture* (pp. 409–420). (5th ed.). Ames: Iowa State Univ. Press.
15. Rakhmetov, D. B., Verhun, O. M., & Rakhmetova, S. O. (2014). Switchgrass – promising introducer at the National Botanical Garden M. Grishko NAASU. *Introdukcija roslin* [Plant Introduction], 3, 4–12. [in Ukrainian]
16. Kulyk, M., Shokalo, N., & Dinets, O. (2019). Morphometric indices of plants, biological peculiarities and productivity of industrial energy crops. In *Development of modern science: the experience of European countries and prospects for Ukraine* (pp. 411–431). (3rd ed.). Riga, Latvia: Baltija Publ. doi: 10.30525/978-9934-571-78-7_54
17. Samson, R., Delaquis, E., Deen, B., De Bruyn, J., & Eggimann, U. (2016). *Switchgrass. Agronomy* (pp. 20–22). Ontario: N.p. Retrieved from https://www.agrireseau.net/documents/Document_93992.pdf
18. Caddel, J. L., Kakani, G., Porter, D. R., Redfearn, D. D., Walker, N. R., Warren, J., Wu, Y., & Zhang, H. (2002). *Switchgrass Production Guide for Oklahoma* (pp. 28–30). Stillwater, OK: Oklahoma Cooperative Extension Service. Retrieved from: <http://switchgrass.okstate.edu/productionguide/productionguide.pdf>
19. Moroz, O. V., Smirnykh, V. M., Kurylo, V. L., Herasymenko, Yu. P., Mostovna, N. A., Horobets, A. M., & Kulyk, M. I. (2011). Switchgrass as a new phyto-energy culture. *Tsukrovi buriaky* [Sugar Beet], 3, 12–14. [in Ukrainian]
20. Wolf, D. D., & Fiske, D. A. (2009). *Planting and Managing Switchgrass for Forage, Wildlife, and Conservation* (pp. 418–423) / Virginia Cooperative Extension, publication 418-013. Retrieved from <http://pubs.ext.vt.edu/418/418-013/418-013.pdf.pdf>
21. Orlov, S. D. (2013). Features of the manifestation of biological and economic characteristics of switchgrass for the purpose of creating varieties with high energy value in the Forest-steppe zone of Ukraine. *Nauk. praci Inst. bioeneg. kul't. cukrov. burakiv* [Scientific papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 19, 93–95. [in Ukrainian]
22. 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 peredposivnoho obrobittiv gruntu i sivby proso lozovydnaho* [Methodological recommendations for basic and pre-sowing tillage and sowing of switchgrass]. Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
23. Christian, D. G., & Elbersen, H. W. (1998). Switchgrass (*Panicum virgatum* L.). In N. El Bassam (Ed.), *Energy plant species. Their use and impact on environment and development* (pp. 257–263). London: James & James Publ.
24. *Okhrona prav na sorty roslin* [Plant Variety Rights Protection] (pp. 221–222). (2015). Kyiv: PP OSTINTEK. [in Ukrainian]
25. Elbersen, H. W., Christian, D. G., El-Bassem, N., Bacher, W., Sauerbeck, G., Alexopoulou, E., ... Parker, S. R. (2001). Switchgrass variety choice in Europe. *Asp. Appl. Biol.*, 65, 21–28.
26. Moiseichenko, V. F., & Yeshchenko, V. O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Kyiv: Vyscha shkola. [in Ukrainian]
27. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslin hrupy tekhnichnykh na vidminnist, odnorodnist i stabilnist* [Methods of examination of plant varieties of the technical group for difference, uniformity and stability]. Vinnytsia: N.p. [in Ukrainian]
28. Kulyk, M. I., Rakhmetov, D. B., & Kurylo, V. L. (2017). *Metodyka provedennia polovykh ta laboratornykh doslidzhen z prosom prutopodibnym (Panicum virgatum L.)* [Methods of conducting field and laboratory studies with Switchgrass (*Panicum virgatum* L.)]. Poltava: RVV PDAA. [in Ukrainian]
29. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslin hrupy tekhnichnykh ta kormovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methods of examination of plant varieties of technical and fodder groups for suitability for distribution in Ukraine]. Vinnytsia: N.p. [in Ukrainian]
30. *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti. Tekhnichni umovy: DSTU 2240:93* [Seeds of agricultural crops. Variety and sowing qualities. Specifications: State Standard 2240:93]. (1994). Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
31. Doronin, V. A., Kravchenko, Yu. A., Busol, M. V., Doronin, V. V., & Mandrovska, S. M. (2015). Determination of Switchgrass sprouting energy and seed germination. *Visnik Umans'kogo NUS* [Bulletin of Uman NUH], 1, 64–68. [in Ukrainian]
32. Vaynagiy, I. V. (1974). On the methodology for studying the seed productivity of herbaceous plants. *Botanicheskij Zhurnal* [Botanical Journal], 59(6), 826–831. [in Russian]
33. Borovikov, V. P. (2003). *Statistika. Iskusstvo analiza dannykh na komp'yutere: dlya professionalov* [Statistica. The art of computer data analysis: for professionals]. (2nd ed.). St. Petersburg: Piter. [in Russian]

УДК 633.631.527

Кулик М. И.^{1*}, Рахметов Д. Б.², Рожко И. И.¹, Сипливая Н. А.³ Исходный материал проса прутьевидного (*Panicum virgatum* L.) за комплексом хозяйственно-ценных признаков в условиях Центральной Лесостепи Украины // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 4. С. 354–364. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.4.2019.188549>

¹Полтавская государственная аграрная академия МОН Украины, ул. Г. Сковороды, 1/3, г. Полтава, 36003, Украина, *e-mail: kulykmaksym@ukr.net

²Национальный ботанический сад им. Н. Н. Гришка НАНУ, ул. Тимирязевская, 1, г. Киев, Украина, 01000

³Украинский институт экспертизы сортов растений, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Киев, 03041, Украина

Цель. Изучить сортообразцы проса прутьевидного ('Зоряне', 'Морозко', 'Лінія 1307' и 'Cave-in-Rock') по хозяйственно-ценным признакам и выделить среди них наиболее урожайные, имеющие высокий выход кондиционных семян во взаимосвязи с погодными условиями вегетационного периода по ГТК (гидротермическому коэффициенту). **Методы.** Методика научных исследований в агрономии; лабораторно-полевой – определение количественных показателей вегетативной и генеративной части растений, массы 1000 семян; количественно-весовой – для установления урожайности и выхода кондиционных семян; статистическую обработку результатов исследований выполняли с помощью вариационной статистики и дисперсионного анализа. **Результаты.** Наиболее высокие количественные показатели вегетативной (высота растений, количество стеблей и листьев, длина флагового листа) и генеративной части растений (длина и ширина метелки, количество веточек 1-го порядка, количество метелок, вес семян с метелки) сформировали сортообразцы 'Зоряне' и 'Лінія 1307', независимо от условий выращивания. По результатам исследований определено влияние биометрических (количественных) показателей

генеративной части растений в тесном взаимодействии с погодными условиями по ГТК за вегетационный период на семенную продуктивность, обуславливающих общий урожай семян. Урожайность семян сортообразцов проса прутьевидного по коэффициенту детерминации (d) зависела: на 53–59% – от количества веточек первого порядка, на 48–52% – от количества метелок, на 12–21% – от крупности семян и на 6–12% – от длины и ширины метелки. **Выводы.** Выделены сорта 'Зоряне' и 'Лінія 1307', которые сформировали более крупные семена, высокую семенную урожайность (более 250 кг/га) кондиционных семян (около 65 %) и могут быть использованы в дальнейшей селекционной работе для создания и расширения сортимента проса прутьевидного. В перспективе это позволит без дополнительных затрат получать качественный семенной материал, закладывать новые энергоплантации для производства биомассы растений для энергетических целей и получать дополнительные продукты для различных отраслей промышленности.

Ключевые слова: просо прутьевидное; условия выращивания; температура воздуха; осадки; семена; урожайность.

UDC 633.631.527

Kulyk, M. I.^{1*}, Rakhmetov, D. B.², Rozhko, I. I.¹, & Syplyva, N. O.³ (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. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.4.2019.188549>

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

²M. M. Hryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine, 1 Tymiriazivska St., Kyiv, 01000, Ukraine

³Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine

Purpose. To study switchgrass varietal specimens ('Zorane', 'Morozko', 'Linia 1307' and 'Cave-in-Rock') according to economically valuable traits, and to distinguish the most yielding specimens with high yield of certified seed in relation to the weather conditions of the vegetation period (hydrothermal coefficient). **Methods.** Methods of scientific research in agronomy, laboratory-field method – to determine the quantitative indicators of vegetative and generative parts of plants and the weight of 1000 seeds, quantitative-weight methods – to determine crop productivity and yield of certified seed; statistical processing of research results was performed by a dispersion analysis and variation statistics. **Results.** Varietal specimens 'Zorane' and 'Linia 1307' formed the highest quantitative indicators of vegetative (height of plants, number of stems and leaves, length of flag leaf) and generative part of plants (panicle length and width, number of twigs of the first order, number of panicles and weight of seeds from panicle) independently from the cultivation conditions. Influence of biometric (quantitative) in-

dicators of the generative part of plants, in close interaction with the weather conditions by HTC during the vegetation period, on the seed productivity, which affects the total crop yield, has been determined according to the research results. Seed yield of switchgrass varietal specimens by the determination coefficient (d) depends on: 53–59% – the number of twigs of the first order, 48–52% – the number of panicles, 12–21% – the seeds size, and 6–12% – the length and width of panicle. **Conclusion.** Variety 'Zorane' and 'Linia 1307', which form weighty seeds, high seed yield (more than 500 kg/ha) of certified seed (about 65%) have been distinguished and can be used in further breeding work to create and expand switchgrass assortment. In future, this will allow to get seed material of high quality without any additional cost as well as to establish new energy plantations for the production of plant biomass for energy purposes and additional products for various industries.

Keywords: switchgrass; varieties; cultivation conditions; air temperature; rainfall; seed; yield.

Надійшла / Received 25.11.2019

Погоджено до друку / Accepted 24.12.2019