

АДАПТИВНІСТЬ ТА МІНЛИВІСТЬ НАСІННЕВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТОЗРАЗКІВ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО

РОЖКО І.І. – асистент

orcid.org/0000-0002-0646-4004

Полтавська державна аграрна академія

КУЛИК М.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор

orcid.org/0000-0003-0241-6408

Полтавська державна аграрна академія

СИПЛИВА Н.О. – кандидат біологічних наук

orcid.org/0000-0003-0921-6361

Український інститут експертизи сортів рослин

Постановка проблеми. Останнім часом тема кліматичних змін, зумовлених людською діяльністю, стала однією з найгостріших і найпоширеніших у наукових дискусіях. Особливо це питання є актуальним за вивчення енергетичних культур та виробництва з них біопаливних продуктів для зменшення енергетичної залежності України. Тому нині нагальне питання пошуку нових джерел енергії. Особливе місце щодо цього належить нетрадиційним джерелам енергії, а саме відновлюваним джерелам енергії з рослинної сировини [1; 2; 3]. Одним із відновлювальних джерел енергії є використання біомаси енергетичних культур [4; 5; 6]. Проте більш широке їх використання стримується малою кількістю якісного насіннєвого та садивного матеріалу для закладки нових енергоплантацій. Енергетичні культури, зокрема і просо прутіподібне, окрім широкого спектра використання, мають значні переваги з екологічного [7] і агрономічного [8] поглядів (рис. 1). Біомасу енергетичних культур використовують для виготовлення біопалива, її застосовують у будівельній, хімічній та фармакологічній промисловості, для годівлі у тваринництві. Насіння соргових та просових культур використовується у птахівництві. Окрім цього, самі рослини енергокультур мають фіторемераційні властивості [9]. Для біопаливного напряму використання з-поміж енергетичних культур найбільш вивченими та застосовуваними в різних наукових програмах є міскантус гігантський та клони верби шведської селекції. Також науковці виокремлюють і культуру проса прутіподібного (світчграс). За обґрунтованого вирощування даних енергокультур можна досягти значного економічного ефекту [10].

Світчграс – це вид багаторічного злаку із типом фотосинтезу C₄, що і визначає його відповідні анатомічні та фізіологічні характеристики. Просо прутіподібне дуже повільно укорінюється на початкових етапах органогенезу через конкуренцію між однорічними бур'янами. Визначено, що насінницькі посіви світчграсу виробляють більше насіння високою якістю, ніж із місцевих прерій; рядові посіви мають перевагу над розкидною сівбою; система удобрення й обґрунтована боротьба з бур'янами мають вплив на систему насінництва [11]. Натепер маловивченими залишаються заходи допосівної підготовки насіння, не повною мірою розроблені сортові технології вирощування проса прутіподібного

для отримання високої насіннєвої врожайності. Також важливим питанням є вивчення сортового складу даної культури за насіннєвою продуктивністю як вихідного матеріалу для селекції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За результатами комплексного вивчення сортів проса прутіподібного різного походження в умовах Північної Дакоти вченими визначені їхні адаптаційні властивості. Низка науковці оцінювали культури для виробництва біомаси, визначали характеристики целюлози, встановлювали поживну цінність листово-стеблової маси для тваринництва. Авторами встановлено, що сорти проса прутіподібного північного походження були значно стійкіші, мали більш високі концентрації целюлози та геміцелюлози, ніж південні сорти [12]. Інші науковці визначили залежності для поліпшення фенотипу рослин із біомасою світчграсу. На основі селекційної роботи було встановлено, що карликові фенотипи мають підвищене куштиння і знижений вміст лігніну в біомасі [13]. Іншими результатами селекційних досліджень виявлено 11 генетичних областей, які були важливими для контролю виходу біомаси та висоти рослин у проса прутіподібного. Фенотипова мінливість в умовах різних середовищ варіювала від 4,9 до 12,4% для виходу біомаси, від 5,1 до 12,0% для висоти рослин. Усього було виявлено 34 і 38 основних ефектів кількісних ознак для виходу біомаси і висоти рослин відповідно, коли дані з кожного середовища аналізувалися окремо [14]. Відбір для збільшення виходу біомаси у високогірного екотипів привів до середнього генетичного приросту для 0,71 мг га⁻¹ за цикл (8% за цикл = 4% рік⁻¹) для виходу біомаси. Відбір для підвищення врожайності біомаси в низинних екотипах привів до середнього генетичного приросту 0,89 мг га⁻¹ (18% = 1% рік⁻¹) для виходу біомаси [15]. За результатами досліджень Voe Arvid (2007 р.) визначено, що в сорту світчграсу Саммер було отримано на 20% більше вегетативної біомаси, ніж у сорту Санберст. Сорти не відрізнялися за насіннєвою врожайністю, але насіння сорту Санберст за масою 1 000 насінин було на 90% важчим від насіння сорту Саммер [16]. Урожайність насіння в дослідженні P.C. Kassel із співавторами, що було проведено у штаті Айова, варіювала в межах 200–1 000 кг/га [17]. Згідно з даними J.J. Vrejda й інших науковців визначено, що у штаті Міссурі врожайність насіння колива-

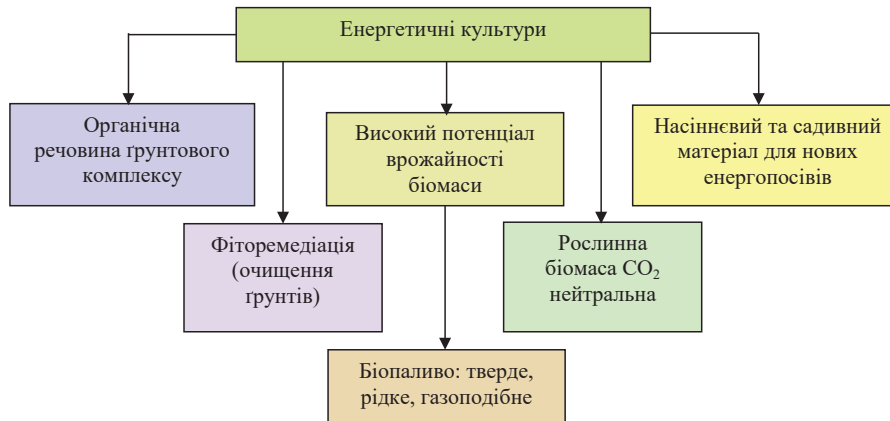


Рис. 1. Переваги використання енергетичних культур

лася від 460 до 700 кг/га [18]. Поряд з агротехнічними шляхами збільшення врожайності насіння [19; 20] було вивчено врожайні властивості та посівні якості насіння проса прутноподібного, які значною мірою залежать від умов вирощування [20; 21; 22]. Також було визначено, що елементи структури врожаю рослин мають тісний кореляційний зв'язок з урожайністю насіння, що визначається біометричними характеристиками репродуктивних органів [23; 24].

Мета статті. Вивчити та проаналізувати отримані результати наших досліджень щодо адаптивних властивостей (посухостійкість, морозостійкість, стійкість до вилягання) сортозразків проса прутноподібного, їхній вплив на насіннєву продуктивність.

Матеріали та методика досліджень. Методи дослідження загальнонаукові та спеціальні: аналіз і узагальнення, польовий, лабораторний, статистичні.

Дослідні ділянки закладено відповідно до методики дослідної справи в агрономії, з рендомізованим розміщенням варіантів у чотирикратній повторності [25]. Облікова площа ділянки становила 5 м². Досліди розміщено на ґрунтах із середнім вмістом гумусу за методом Тюріна (приблизно 3,0%), що характеризуються такими агрохімічними показниками: вміст азоту, фосфору та калію – середній або підвищений.

Кліматичні умови в роки проведення досліджень були контрастними, з відхиленням від середньобогаторічних показників в окремі періоди росту і розвитку проса прутноподібного. Це дозволило об'єктивно оцінити реакції досліджуваних сортозразків на погодні умови вирощування, визначити їхні адаптивні властивості. У зоні неналежного зволоження (центральна частина Лісостепу) гідротермічний коефіцієнт (далі – ГТК) за період вегетації проса прутноподібного змінювався в межах від 0,6 до 1,4. Найменш сприятливими (посушливі, ГТК < 1) погодні умови були протягом вегетаційного періоду 2011, 2013, 2017 і 2019 рр., близькі до оптимального значення за ГТК погодні умови були у 2010, 2014, 2015 і 2018 рр. (ГТК близький до 1), надмірно зволожені були 2012, 2016 рр. (ГТК більше 1,2).

Супутні обліки й аналізування проводили за загальноприйнятими методиками: масу 1 000 насінин визначали згідно із ДСТУ 4138-2002 [26], посівні якості насіння

визначали згідно із ДСТУ 2240-93 [27]; польову схожість насіння, густоту рослин визначали на закріплених ділянках площею 1,0 м² у чотирьох місцях за діагоналлю ділянки; фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин проса прутноподібного протягом вегетаційного періоду проводили згідно з методикою державного сортопробування сільськогосподарських культур та іншими затвердженими методиками для енергетичних культур [28]; відбір снопового матеріалу проводили за один – два дні до початку збирання врожаю із площі 1 м² у чотирьох місцях ділянки. Структурний аналіз урожаю проводився відповідно до «Методики проведення польових та лабораторних досліджень із просом прутноподібним (*Panicum virgatum* L.)» [29]; облік урожаю біомаси та насіння проводили методом поділянкового обмолоту з наступним перерахунком на 1 га; статистичну обробку результатів польових дослідів проводили за програмою дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізу із застосуванням ліцензійної комп'ютерних програм [30].

Результати досліджень. Згідно з поділом наявного сортименту проса прутноподібного науковці виокремлюють височинні та низинні екотипи, що мають відмінні особливості за морфометричними параметрами рослин та зв'язком з умовами навколишнього середовища [31].

До височинного екотипу відносимо більшість сортів проса прутноподібного (Картадж, Шелтер, Форестбург, Санбурст, Дакота, Кейв-ін-рок, Небраска, Блеквелл, Патфіндер), до низовинного – сорти Канлоу й Аламо (рис. 2).

Визначено, що низовинні екотипи менш вологостійкі, рослини формують високі, товсті та грубі стебла, які ростуть кущами. Височинний екологічний тип рослин проса прутноподібного більш адаптований до сухого клімату, рослини мають тонші стебла, ніж низовинні, більшу їх кількість у кущі. Із сортозразків проса прутноподібного, що були поставлені на вивчення, визначено, що 18,0% – низовинні екотипи, 82,0% – височинні екотипи. Сортозразки проса прутноподібного за масою 1 000 насінин мають незначне варіювання у групі височинних екотипів – від 1,42 до 1,98 г, а в низовинних екотипів крупність насіння виявилась значно меншою та змінювалася в межах від 0,85 до 0,94 г (рис. 3).

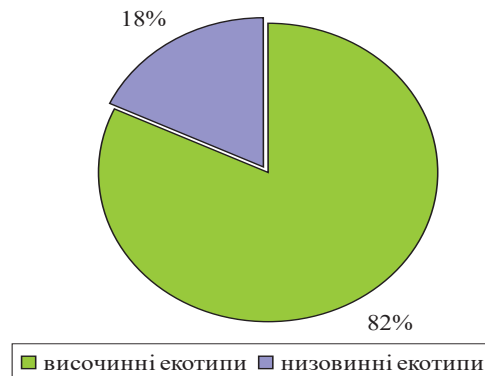


Рис. 2. Структура сортозразків проса прутоподібного за екотипом

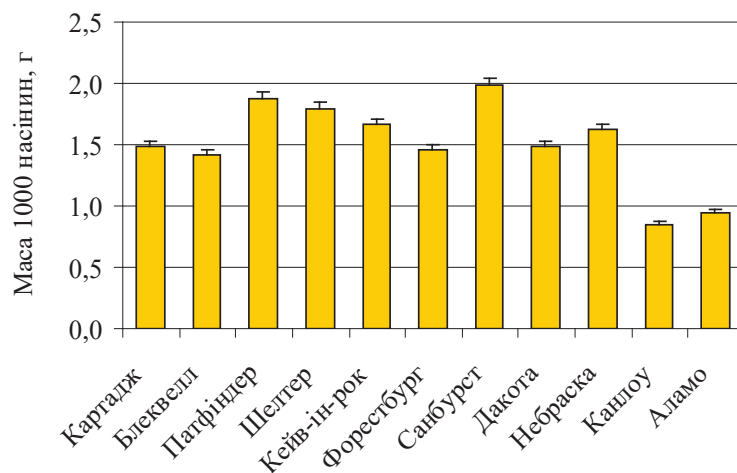


Рис. 3. Розподіл сортозразків проса прутоподібного за масою 1 000 насінин

З-поміж сортозразків проса прутоподібного, що були обрані для вивчення, найбільш ваговите насіння мали Санберст, Патфіндер, Шелтер (на рівні або більше 1,80 г). Найдрібніше насіння було в сортозразків Канлоу й Аламо (менше 1,0 г). Середнє значення за масою 1 000 насінин виявлено в сортів Кейв-ін-рок, Дакота, Картадж, Форестбург (1,42–1,66 г) (рис. 4).

До адаптивних особливостей сільськогосподарських культур, зокрема й проса прутоподібного, відносять такі показники, як: посухостійкість, морозостійкість, стійкість до вилягання. Посухостійкість характеризує стійкість рослин до підвищених температур на тлі відсутності опадів, здатність їх до нормального росту і розвитку, спроможність до відтворення. Морозостійкість визначає здатність рослин протистояти низьким температурам без суттєвих пошкоджень клітинних компонентів рослинного організму. Стійкість до вилягання зумовлює вертикальне розміщення рослин у фітоценозі, характеризується товщиною нижнього міжвузля та міцністю стеблостою, загущеністю посівів та довжиною міжвузлів.

Адаптивні властивості сортозразків проса прутоподібного різного екотипу за роки дослідження наведено в табл. 1. Результати досліджень свідчать, що всі сортозразки проса

прутоподібного мають високу посухо- і морозостійкість – від 4–5 балів (окрім сортів Аламо, Небраска і Канлоу, для них цей показник був на рівні або менше 2 балів), високу і середню стійкість до вилягання – від 4 до 5 балів, окрім Блеквелл, Патфіндер, Канлоу, Аламо – на рівні 3 балів.

Результати досліджень свідчать, що всі сортозразки проса прутоподібного мають високу посухо- і морозостійкість – від 4–5 балів (окрім сортів Аламо, Небраска і Канлоу, для них цей показник був на рівні або менше 2 балів), високу і середню стійкість до вилягання – від 4 до 5 балів, окрім сортів Блеквелл, Патфіндер, Канлоу, Аламо – на рівні 3 балів.

Визначено, що сортозразки проса прутоподібного Кейв-ін-рок, Шелтер, Картадж, Форестбург, Блеквелл і Патфіндер належать до високоврожайних (307,2–340,5 кг/га). Сорти Шелтер, Санберст, Дакота – до середньоврожайних (215,4–286,1 кг/га), інші (Небраска, Канлоу й Аламо) формують низьку продуктивність насіння (86,0–118,5 кг/га) (рис. 5).

Відповідно до розподілу на групи за продуктивністю насіння сортозразки проса прутоподібного згруповано як низьковрожайні (80–180 кг/га), середньоврожайні (200–300 кг/га) та високоврожайні (більше 300 кг/га).

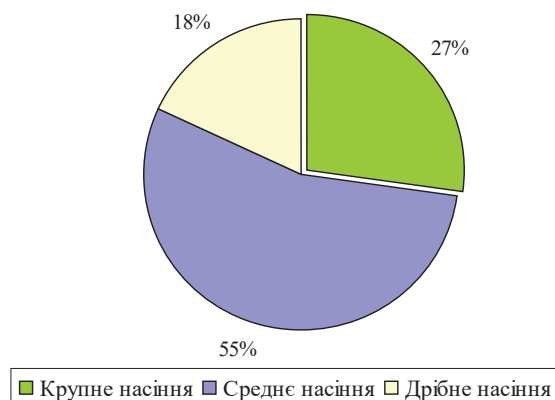


Рис. 4. Розподіл сортотразків проса прутоподібного за крупністю насіння

Таблиця 1

Адаптивні властивості сортотразків проса прутоподібного різного еко типу, 2014–2018 рр.

Сортотразок	Посухостійкість, бал	Морозостійкість, бал	Стійкість до вилягання, бал	Загальна стійкість, бал
Картадж	5	4	5	4,7
Блеквелл	4	5	3	4,0
Патфіндер	4	5	3	4,0
Шелтер	5	5	4	4,7
Кейв-ін-рок	5	5	5	5,0
Форестбург	5	4	5	4,7
Санберст	4	3	4	3,7
Дакота	4	3	4	3,7
Небраска	2	3	4	3,0
Канлоу	1	2	3	2,0
Аламо	1	2	3	2,0

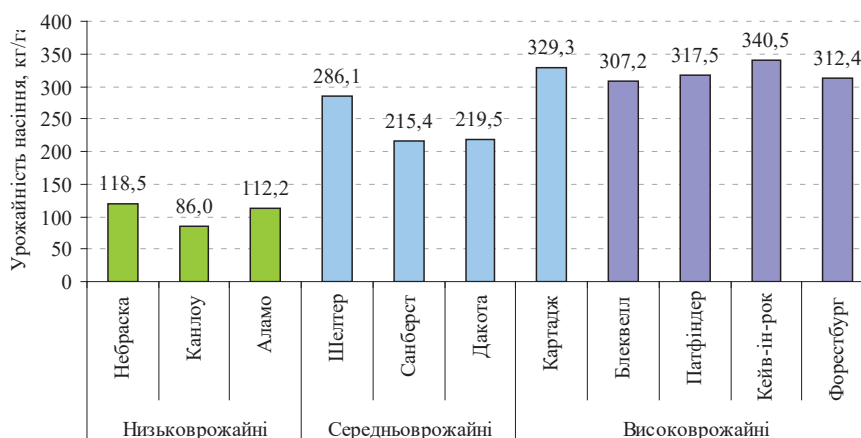


Рис. 5. Розподіл сортотразків проса прутоподібного за врожайністю насіння, 2014–2018 рр.

Згідно з кореляційно-регресійним аналізом визначено, що довжина і ширина волоті, вихід насіння з неї мають найбільший вплив на врожайність біомаси ($r = 0,74, 0,77$ і $0,85$).

Висновки. Усі сортотразки проса прутоподібного походять із США, вони зареєстровані в різні роки, наявні

низовинні та височинні еко типи, що характеризуються різними адаптивними властивостями, значним варіюванням за масою 1 000 насінин – від 0,85 до 1,98 г, насінневою врожайністю. Результати досліджень засвідчують, що всі сортотразки проса прутоподібного мають високу посухо- і морозостійкість – від 4–5 балів (окрім

сортів Аламо, Небраска і Канлоу, для них цей показник був на рівні або менше 2 балів), високу і середню стійкість до вилягання – від 4 до 5 балів, окрім Блеквелл, Патфіндер, Канлоу, Аламо – на рівні 3 балів. Сортозразки проса прутоподібного Кейв-ін-рок, Шелтер, Картадж, Форесбург, Блеквелл і Патфіндер належать до високоврожайних (307,2–340,5 кг/га), сорти Шелтер, Санберст, Дакота – до середньоврожайних (215,4–286,1 кг/га), інші (Небраска, Канлоу й Аламо) формують низьку продуктивність насіння (86,0–118,5 кг/га).

Перспективи подальших досліджень передбачають визначення елементів структури врожаю та врожайності біомаси залежно від сортового складу проса прутоподібного й умов вирощування культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Кулик М.І., Падалка В.В. Розвиток біоенергетики на основі рослинного енергетичного ресурсу (на прикладі Полтавської області). *Управління стратегіями випереджаючого інноваційного розвитку* : монографія / за ред. Н.С. Ілляшенко. Суми : Триторія, 2020. С. 109–118.
- Kalinichenko A., Kalinichenko O., Kulyk M. Assessment of available potential of agro-biomass and energy crops phytomass for biofuel production in Ukraine : *Odnawialne źródła energii: teoria i praktyka* : Monograph / red. I. Pietkun-Greber, P. Ratusznego. Uniwersytet Opolski : Opole, Kijów, 2017. Т. II. Р. 163–179.
- Вирощування біоенергетичних культур : монографія / ред. М.Я. Гументик, та ін. ; за ред. М.Я. Гументика. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт»», 2018. 178 с.
- Писаренко П.В., Курило В.Л., Кулик М.І. Агробіомаса та фітомаса енергетичних культур для виробництва біопалива : *Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії* : колективна монографія / за ред. О.О. Горба, Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб. Полтава : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. С. 258–266.
- Kalinichenko A., Pisarenko P., Kulyk M. Algae in urban water bodies-control of growth and use as a biomass. *Journals E3S Web Conf.* 2018. Vol. 45. DOI: 10.1051/e3sconf/20184500028.
- Efficiency of using biomass from energy crops for sustainable bioenergy development / M. Kulyk et al. *Journal of Environmental Management and Tourism.* 2020. S. I. V. 11. № 5. P. 1040–1053. DOI: 10.14505/jemt.v11.5(45).02.
- Роїк М.В., Ганженко О.М. Агроекологічні аспекти сталого розвитку біоенергетики. *Біоенергетика.* 2020. № 1 (15). С. 4–7. DOI: 10.47414/be.1.2020.224906.
- Кулик М.І., Курило В.Л., Калініченко О.В. Урожайність та енергетична ефективність виробництва відновлюваної рослинної сировини енергетичних культур. *Оптимальні енергетичні системи з урахуванням наявного потенціалу відновлюваних джерел енергії у Лісостепу України* : колективна монографія / за заг. ред. М.І. Кулика, О.В. Калініченка. Полтава : ПП «Астрая», 2019. С. 30–48.
- Кулик М.І. Энергетические культуры для очищения почв от тяжелых металлов и получения биотоплива. *Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства* : сборник научных трудов / под ред. Н.В. Бышова. Рязань : ФГБОУ ВО РГТУ, 2016. Вып. 12. С. 364–367.
- Економічні аспекти вирощування багаторічних енергетичних культур / М.В. Роїк та ін. *Біоенергетика.* 2019. № 1 (13). С. 4–7. DOI: 10.47414/be.1.2019.229276.
- Switchgrass / M. Casler et al. *Handbook of Bioenergy Crop Plants.* 2012. P. 563–590. DOI: 10.1201/b11711-25.
- Paul G. Jefferson and W. Paul McCaughey. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) Cultivar Adaptation, Biomass Production, and Cellulose Concentration as Affected by Latitude of Origin. *ISRN Agronomy.* 2012. DOI: 10.5402/2012/763046.
- Identification and overexpression of gibberellin 2-oxidase (GA2ox) in switchgrass (*Panicum virgatum* L.) for improved plant architecture and reduced biomass recalcitrance / W.A. Wuddineh et al. *Plant Biotechnol J.* 2015. № 13 (5). P. 636–647. DOI: 10.1111/pbi.12287.
- Quantitative trait loci (QTL) underlying biomass yield and plant height in switchgrass / D. Serba et al. *BioEnergy Research.* 2015. № 8. P. 307–324. DOI: 10.1007/s12155-014-9523-8.
- Casler M.D., Vogel K.P. Selection for biomass yield in upland, lowland, and hybrid switchgrass. *Crop Science.* 2014. № 54. P. 626–636. DOI: 10.2135/cropsci2013.04.0239.
- Arvid Boe. Variation between Two Switchgrass Cultivars for Components of Vegetative and Seed Biomass. *Crop Breeding & Genetic.* 2007. Vol. 47. Issue 2. DOI: 10.2135/cropsci2006.04.0260.
- Kassel P.C., Mullin R.E., Bailey T.B. Seed yield response of three switchgrass cultivars for different management practices. *Agron. J. V.* 1985. № 77. P. 214–218.
- Management of switchgrass for forage and seed production / J.J. Brejda et al. *J. Range Manage.* 1994. Vol. 47. P. 22–27.
- Кулик М.І., Рожко І.І. Вплив агротехнічних заходів вирощування на формування врожайності насіння проса прутоподібного. *Альтернативні джерела енергії у підвищенні енергоефективності та енергонезалежності сільських територій* : колективна монографія / за ред. І.О. Яснолоб, Т.О. Чайки, О.О. Горба. Полтава : Видавництво ПП «Астрая», 2019. С. 139–149.
- Кулик М.І., Рожко І.І. Закономірності формування урожайності насіння проса прутоподібного в умовах Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2018. Вип. 4 (91). С. 85–99. DOI: 10.31210/visnyk2018.04.13.
- Кулик М.І., Рожко І.І. Урожайні властивості та посівні якості насіння проса прутоподібного залежно від умов вирощування. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2018. Вип. 2 (89). С. 78–84. DOI: 10.31210/visnyk2018.02.12.
- Агробіологічні особливості формування врожайності та якості насіння проса прутоподібного / М.І. Кулика та ін. *Вісник аграрної науки Причорномор'я.* Вип. 4. С. 51–60. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-4(104)-6).
- Kulyk M., Shokalo N. Impact of plant biometric characteristics on seed productivity of castor-oil plant and switchgrass depending upon weather conditions of the vegetation period in the forest-steppe of Ukraine. *Relevant issues of development and modernization of the modern*

- science: the experience of countries of Eastern Europe and prospects of Ukraine*: monograph / edited by authors. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2018. P. 182–204. DOI: 10.30525/978-9934-571-26-8_10.
24. Вихідний матеріал проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) за комплексом господарсько-цінних ознак в умовах центрального Лісостепу України / М.І. Кулик та ін. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2019. Т. 15. Вип. 4. С. 354–364. DOI: 10.21498/2518-1017.15.4.2019.188549.
 25. Дослідна справа в агрономії : у 2-х кн. : навчальний посібник / А.О. Рожков та ін. Харків : Майдан, 2016. Кн. 1 : Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А.О. Рожкова. 316 с. С. 5.
 26. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138-2002 (Чинний від 2004-01-01). Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
 27. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови: ДСТУ 2240-93 [Чинний від 1994-07-01]. Київ : Держстандарт України, 1994. 73 с.
 28. Волкодав В.В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур : Загальна частина. Київ, 2000. 100 с.
 29. Кулик М.І., Рахметов Д.Б., Курило В.Л. Методика проведення польових та лабораторних досліджень з просом прутоподібним (*Panicum virgatum* L.). Полтава : РВВ ПДАА, 2017. 24 с.
 30. Боровиков В.П. *Statistica*. Искусство анализа данных на компьютере : для профессионалов. Санкт-Петербург : Питер, 2003. 688 с.
 31. Plant energy resources: agroecological, economic and energy aspects : Monograf / M.I. Kulyk et al. 2019. 119 p.
- REFERENCES:**
1. Kulyk M.I., Padalka V.V. (2020). Rozvytok bioenergetyky na osnovi roslynnoho energetychnogo resursu (na pry'kladі Poltavs'koyi oblasti). Upravlinnya strategiyamy vperedzhayuchogo innovacijnogo rozvytku [Development of bioenergy based on plant energy resources (on the example of Poltava region). Management of strategies of advanced innovative development]. Sumy: Trytoriia [in Ukrainian].
 2. Kalinichenko A., Kalinichenko O., Kulyk M. (2017). Assessment of available potential of agro-biomass and energy crops phytomass for biofuel production in Ukraine: Odnawialne źródła energii: teoria i praktyka. Uniwersytet Opolski: Opole, Kijów, T. II, 163–179.
 3. Humentyk M.Ya., Radeiko B.M., Fuchylo Ya.D. (et al.). (2018). Vyroshhuvannya bioenergetychnyx kultur: monografiya [Growing bioenergy crops: a monograph.] M.Ya. Humentyk (Ed.). Kyiv: TOV TsP Kompyrnt [in Ukrainian].
 4. Pysarenko P.V., Kurylo V.L., Kulyk M.I. (2017). Agrobiomasa ta fitomasa energetychnyx kultur dlya vyrobnyctva biopalyva: Rozrobka ta vdoskonalennya energetychnyx system z uraxuvannyam nayavnogo potencialu alternatyvnyx dzherel energiyi: kolektyvna monografiya [Agrobiomass and phytomass of energy crops for biofuel production: Development and improvement of energy systems taking into account the available potential of alternative energy sources: a collective monograph] O.O. Horba, T.O. Chaiky, I.O. Yasnolob (Ed.). P.: TOV NVP Ukrpromtorhservis [in Ukrainian].
 5. Kalinichenko Antonina, Pisarenko Pavlo, Kulyk. (2018) Algae in urban water bodies-control of growth and use as a biomass. *Journals E3S Web Conf*, Vol. 45. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184500028>
 6. 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*, [S.I.], v. 11, № 5. 1040–1053. ISSN 2068-7729 doi: [https://doi.org/10.14505/jemt.v11.5\(45\).02](https://doi.org/10.14505/jemt.v11.5(45).02).
 7. Roik M.V., Hanzhenko O.M. (2020). Agroekologichni aspekty stalogo rozvytku bioenergetyky [Agroecological aspects of sustainable development of bioenergy]. *Bioenergy*, 1 (15), 4–7. DOI: 10.47414/be.1.2020.224906 [in Ukrainian].
 8. Kulyk M.I., Kurylo V.L., Kalinichenko O.V. (2019). Urozhajnist ta energetychna efektyvnist vyrobnyctva vidnovlyuvanoyi roslynnoyi syrovyny energetychnyx kultur [Yield and energy efficiency of production of renewable plant raw materials of energy crops]. M.I. Kulyka, O.V. Kalinichenko (Ed.) *Optimal energy systems taking into account the available potential of renewable energy sources in the Forest-Steppe of Ukraine: a collective monograph*. Poltava: PP Astraia [in Ukrainian].
 9. Kulyk M.I. (2016). Jenergeticheskie kul'tury dlja ochishheniya pochv ot tzhazhelyh metallov i poluchenija biotopliva. Sovremennye jenergo- i resursoberegajushhie jekologicheski ustojchivye tehnologii i sistemy selskohozjajstvennogo proizvodstva [Energy crops to remove heavy metals from soils and obtain biofuels. Modern energy and resource saving environmentally sustainable technologies and agricultural production systems]. N.V. Byshova (Ed.). Sbornik nauch. tr., 12. (pp. 364–367). Rjazan' : FGBOU VO RGATU [in Russian].
 10. Hanzhenko O.M., Fuchylo Ya.D., Kvak V.M. (2019). Ekonomichni aspekty vyroshhuvannya bagatorichnyx energetychnyx kultur [Economic aspects of the development of rich energy crops]. *Bioenergy*, 1 (13), 4–7. DOI: <https://doi.org/10.47414/be.1.2019.229276> [in Ukrainian].
 11. Casler M., Robert B., Mitchell and Kenneth P. Vogel. (2012) Switchgrass. In book: Handbook of Bioenergy Crop Plants, (pp. 563–590). DOI: 10.1201/b11711-25
 12. Paul G. Jefferson and W. Paul McCaughey. (2012) *Switchgrass (Panicum virgatum L.) Cultivar Adaptation, Biomass Production, and Cellulose Concentration as Affected by Latitude of Origin*. ISRN Agronomy. DOI: 10.5402/2012/763046
 13. Wuddineh W.A., Mazarei M., Zhang J., Poovaiah C.R., Mann D.G.J., Ziebell A., Sykes R.W., Davis M.F., Udvardi M.K., Stewart C.N. Jr. (2015) *Identification and overexpression of gibberellin 2-oxidase (GA2ox) in switchgrass (Panicum virgatum L.) for improved plant architecture and reduced biomass recalcitrance*. Plant Biotechnol J, 13 (5), 636–647. DOI: 10.1111/pbi.12287
 14. Serba D., Daverdin G., Bouton J.H., Devos K.M., Brummer C.E., Saha M.C. (2015) *Quantitative trait loci (QTL) underlying biomass yield and plant height in switchgrass*. BioEnergy Research, 8, 307–324 DOI:10.1007/s12155-014-9523-8
 15. Casler M.D., Vogel K.P. (2014) *Selection for biomass yield in upland, lowland, and hybrid switch-*

- grass. *Cropscience*, 54, 626–636. DOI:10.2135/cropsci2013.04.0239
16. Arvid Boe. (2007) Variation between Two Switchgrass Cultivars for Components of Vegetative and Seed Biomass. *Crop Breeding & Genetic*. 2007, 47(2). DOI: 10.2135/cropsci2006.04.0260
 17. Kassel P.C., Mullin R.E. and Bailey T.B. (1985). Seed yield response of three switchgrass cultivars for different management practices. *Agron. J. V.*, 77, 214–218
 18. Brejda J.J., Brown J.R., Wyman G.W., Schumacher W. K. (1994) Management of switchgrass for forage and seed production. *J. Range Manage*, 47, 22–27
 19. Kulyk M.I., Rozhko I.I. (2019). Vplyv agrotekhnichnyx zaxodiv vyroshhuvannya na formuvannya vrozhajnosti nasinnya prosa prutopodibnogo [Influence of agrotechnical measures of cultivation on formation of productivity of seeds switchgrass]. *Alternatyvni dzherela enerhii u pidvyshchenni enerhoefektyvnosti ta enerhonezalezhnosti silskykh terytorii : kolektyvna monohrafiia*. I.O. Yasnolob, T.O. Chaiky, O.O. Horba (Ed.). Poltava : Vydavnytstvo PP Astraia, 139–149 [in Ukrainian].
 20. Kulyk M.I., Rozhko I.I. (2018). Zakonomirnosti formuvannya urozhajnosti nasinnya prosa prutopodibnogo v umovax Lisostepu Ukrayiny [Regularities of formation of productivity of seeds of millet twig-shaped in the conditions of Forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 4 (91), 85–99 [in Ukrainian].
 21. Kulyk M.I., Rozhko I.I. (2018). Urozhajni vlastyvoli ta posivni yakosti nasinnya prosa prutopodibnogo zalezho vid umov vyroshhuvannya [Yield properties and sowing qualities of millet seeds, depending on growing conditions]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 2 (89), 78–84 [in Ukrainian].
 22. Kulyk M.I., Rozhko I.I., Syplyva N.O., Bozhok Yu.O. (2019). Agrobiologichni osoblyvosti formuvannya vrozhajnosti ta yakosti nasinnya prosa prutopodibnogo [AGROBIOLOGICAL FEATURES OF YIELD FORMATION AND QUALITY OF SWITCHGRASS SEEDS]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia*, 4, 51–60. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-4(104)-6 [in Ukrainian].
 23. Kulyk Maksym and Shokalo Natalia. (2018) Impact of plant biometric characteristics on seed productivity of castor-oil plant and switchgrass depending upon weather conditions of the vegetation period in the forest-steppe of Ukraine. *Relevant issues of development and modernization of the modern science: the experience of countries of Eastern Europe and prospects of Ukraine : monograph*. (pp. 182–204). Riga, Latvia: "Baltija Publishing", ISBN: 978-9934-571-26-8 (DOI: <http://dx.doi.org/10.30525/978-9934-571-26-8> 10)
 24. Kulyk M.I., Rakhmetov D.B., Rozhko I.I., Syplyva N.O. (2019). Vyxidnyj material prosa prutopodibnogo (*Panicum virgatum* L.) za kompleksom gospodarskocinnyx oznak v umovax centralnogo Lisostepu Ukrayiny [The source material of millet (*Panicum virgatum* L.) on a set of economically valuable features in the central forest-steppe of Ukraine]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(4), 354–364 [in Ukrainian].
 25. Rozhkov A.O., Puzik V.K., Kalenska S.M. (et al.) (2016). *Doslidna sprava v agronomiyi [Research in agronomy]*. (Vols 1–2). A.O. Rozhkov (Ed.). Theoretical aspects of research. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian].
 26. Nasinnya silskogospodarskyx kultur. *Metody vyznachen-nya yakosti: [Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality]*. (2003). DSTU 4138-2002 from 1th June 2004. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 27. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. *Sortovi ta posivni yakosti. Tekhnichni umovy [Seeds of agricultural crops. Varietal and sowing qualities. Specifications]* (1994). DSTU 2240-93 from 1th July 1994. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 28. Volkodav V.V. (2000). *Metodyka derzhavnogo sortovyprobuvannya silskogospodarskyx kultur: Zagalna chastyna [Methods of state varietal testing of crops: General part]*. Kyiv [in Ukrainian].
 29. Kulyk M.I., Rakhmetov D.B., Kurylo V.L. (2017). *Metodyka provedennya polovyx ta laboratornyx doslidzhen z prosom prutopodibnym [Methods of field and laboratory studies with millet (*Panicum virgatum* L.)]*. Poltava: RVV PDAA [in Ukrainian].
 30. Borovikov V.P. (2003) *Statistica. Yskusstvo analiza dannyx na kompyutere: dlya professionalov [Statistica. The art of data analysis on a computer: for professionals]*. SPb.: Piter [in Russian].
 31. Kulyk M.I., Kurylo V.L., Kalinichenko O.V., Galytska M.A. *Plant energy resources: agroecological, economic and energy aspects. Monograf*. 2019. 119 p.
- Рожко І.І., Кулик М.І., Сиплива Н.О. Адаптивність та мінливість насінневої продуктивності сортозразків проса прутоподібного**
- Мета.** Вивчити та проаналізувати отримані результати наших досліджень щодо адаптивних властивостей (посухостійкість, морозостійкість, стійкість до вилягання) сортозразків проса прутоподібного, їхній вплив на насінневу продуктивність. **Методи.** Загальнонаукові та спеціальні: аналіз і узагальнення, польовий, лабораторний, статистичні. **Результати.** Згідно з поділом наявного сортименту проса прутоподібного науковці виокремлюють височинні та низинні екотипи. Із сортозразків проса прутоподібного, що були обрані для вивчення, 18,0% – низовинні екотипи, 82,0% – височинні екотипи. Сортозразки проса прутоподібного за масою 1 000 насінин мають незначне варіювання у групі височинних екотипів – від 1,42 до 1,98 г, а в низовинних екотипів крупність насіння виявилась значно меншою та змінювалася в межах від 0,85 до 0,94 г. З-поміж сортозразків проса прутоподібного, що досліджувалися, найбільш вагомі насіння мали: Санберст, Патфіндер, Шелтер (на рівні або більше 1,80 г). Середнє значення за масою 1 000 насінин виявлено в сортів Кейв-ін-рок, Дакота, Картадж, Форестбург (1,42–1,66 г). За адаптивними особливостями встановлено, що всі сортозразки проса прутоподібного мають високу посухо- і морозостійкість – від 4–5 балів (окрім сортів Аламо, Небраска і Канлоу, для них цей показник був на рівні або менше 2 балів), високу і середню стійкість до вилягання – від 4 до 5 балів, окрім сортів Блеквелл, Патфіндер, Канлоу, Аламо – на рівні 3 балів. Визначено, що сортозразки проса прутоподібного Кейв-ін-рок, Шелтер, Картадж, Форестбург, Блеквелл і Патфіндер належать до високоврожайних (307,2–340,5 кг/га). Згідно з результатами кореляційно-регресійного аналізу визначено, що довжина і ширина волоті, вихід насіння з неї мають найбільший вплив на врожайність біомаси (відповідно

$r = 0,74, 0,77$ і $0,85$). **Висновки.** Усі сортозразки проса прутоподібного походять зі Сполучених Штатів Америки, вони зареєстровані в різні роки, наявні низовинні та височинні екотипи, що характеризуються різними адаптивними властивостями, значним варіюванням за масою 1 000 насінин – від 0,85 до 1,98 г, насінневою врожайністю. Результати досліджень засвідчують, що всі сортозразки проса прутоподібного мають високу посухо- і морозостійкість, високу і середню стійкість до вилягання. Сортозразки проса прутоподібного належать до високоврожайних (307,2–340,5 кг/га).

Ключові слова: екотип, крупність насіння, морозостійкість, посухостійкість, урожайність.

Rozhko I.I., Kulyk M.I., Syplyva N.O. Adaptability and variability of seed productivity of switchgrass

Purpose. To study and analyze the results of our research on the adaptive properties (drought resistance, frost resistance, resistance to lodging) of varieties of Switchgrass and their impact on seed productivity. **Methods.** General and special: analysis and generalization, field, laboratory, statistical. **Results.** Of the cultivars submitted for study, it was determined that 18,0% are lowland ecotypes and 82,0% are highland ecotypes. Varieties of Switchgrass weighing 1 000 seeds have little variability in the group of high environmental costs – from 1,42 to 1,98 g, and in low ecological values of the distribution is much smaller and involved in the range – from 0,85 to 0,94 g. Among the varieties of Switchgrass that were put

to the study, the largest weight of seeds were: “Sunburst”, “Pathfinder”, “Shelter” (at or more than 1,80 g). The average value for the mass of 1 000 seeds was found in the varieties “Cave-in-rock”, “Dakota”, “Cartage”, “Forestburg” (1,42–1,66 g). According to adaptive features, it was found that all varieties of Switchgrass have high drought and frost resistance – from 4–5 points (except “Alamo”, “Nebraska” and “Canlow”, for them this figure was at or less than 2 points), high and medium resistance to lodging – from 4 to 5 points, except for “Blackwell”, “Pathfinder”, “Canlow”, “Alamo” – at the level of 3 points. It was determined that varieties of Switchgrass “Cave-in-rock”, “Shelter”, “Cartage”, “Foresburg”, “Blackwell” and “Pathfinder” are high-yielding (307,2–340,5 kg/ha). According to the correlation-regression analysis, it was determined that the length and width of the panicle, the yield of seeds from it, have the greatest impact on biomass yield (respectively $r = 0,74, 0,77$ and $0,85$). **Conclusions.** All varieties of Switchgrass originate from the United States, they are registered in different years, lowland and upland ecotypes, characterized by different adaptive properties, significant variation in weight of 1 000 seeds – from 0,85 to 1,98 g and seed yield. The results of research show that all varieties of Switchgrass have high drought and frost resistance, high and medium resistance to lodging. Varieties of Switchgrass are high-yielding (307,2–340,5 kg/ha).

Key words: Ecotype, seed size, frost resistance, drought resistance, yield.