

Effectiveness of fertilisation of seed crops of switchgrass

A. Rytchenko | M. Kulyk✉

Article info

Correspondence Author

M. Kulyk

E-mail:

kulykmaksym@ukr.net

Poltava State Agrarian
University,
1/3, Skovorody str.,
Poltava, 36003,
Ukraine

Citation: Rytchenko, A., & Kulyk, M. (2024). Effectiveness of fertilisation of seed crops of switchgrass. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (2), 27–35. doi: 10.31210/spi2024.27.02.05

Today, the most pressing issue for the development of the Ukrainian economy and reduction of energy dependence is a comprehensive study and rapid implementation of alternative energy sources. Plant energy is the most affordable and annually renewable among the existing renewable energy sources. It is obtained from the phytomass of various energy crops. One of these plants is switchgrass (*Panicum virgatum* L.), which is the most widely studied. This is due to its plasticity, adaptive properties, simplified cultivation technology and high biomass yield. However, the peculiarities of the formation of seed productivity of this crop have not been fully studied. In this regard, we conducted long-term research in the central part of the Forest-Steppe of Ukraine. The aim of the research was to determine the effect of fertilising seed crops with the chelated preparation 'Kristalon Special' on the formation of plant biometric parameters and seed productivity of switchgrass. The material for the research was the switchgrass variety 'Zoriane'. The experiment was a two-factor one, which included: factor A – the year of the vegetation of the crop (2021–2023) and factor B – variants of spring fertilisation of switchgrass with the chelated preparation 'Kristalon Special' of different concentrations (from 10 % to 100 %, respectively, of the recommended application rate). As a result of the research, a significant increase in the biometric parameters of the generative part of switchgrass compared to the control was found. This was observed in the variants of application with 60 % of the working solution of 'Kristalon Special'. They recorded a significant increase in: flag leaf length (up to 45.3 cm), panicle length (up to 35.0 cm) and the number of panicles (4.7 pcs./plant). As a result, these variants significantly increased seed productivity by seed weight (up to 0.077 g/plant) and increased the yield of germinating seeds (up to 62.3 %). The correlation and regression analysis revealed that the seed productivity of switchgrass is in close direct correlation with the biometric parameters of the generative part of plants with a correlation coefficient of $r > 0.71$. Thus, applying foliar fertilization of crops with 60% of the working solution of 'Kristalon Special' in the spring tillering phase is the most effective among the experimental variants, which has a significant effect on the biometric parameters of the generative part of plants, as well as on increasing seed productivity and germination rate of switchgrass variety 'Zoriane'.

Keywords: switchgrass, biometric parameters of plants, generative part of plants, seed quality, productivity, correlation.

Ефективність підживлення насіннєвих посівів проса прутоподібного

A. В. Ритченко | М. І. Кулик

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

Насьогодні, нагальним питанням для економічного розвитку та зниження енергозалежності України є всебічне вивчення та стрімке впровадження альтернативних джерел енергії. З-поміж існуючих поновлюваних енергоресурсів найбільш доступним та щорічно відтворюваним – є рослинний. Його отримують з фітомаси різноманітних енергетичних культур. Однією з таких рослин є просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.), її вивчають найбільше. Що пов'язано з пластичністю, адаптивними властивостями та спрощеною агротехнологією вирощування й високою врожайністю біомаси. Поряд з цим, не в повній мірі вивчені питання щодо особливостей формування насіннєвої продуктивності цієї культури. У зв'язку з чим, ми провели багаторічні дослідження в умовах центр частини Лісостепу України. Метою яких було визначити вплив підживлення насіннєвих посівів хелатним препаратом 'Kristalon Special' на формування біометричних показників рослин та насіннєву продуктивність проса прутоподібного. Матеріалом для дослідження був сорт проса прутоподібного 'Зоряне'. Дослід двофакторний, що містив: фактор А – рік вегетації культури (2021–2023 рр.) та фактор Б – варіанти весняного підживлення посівів проса прутоподібного хелатним препаратом 'Kristalon Special' різної концентрації (від 10-ти % до 100 % відповідно рекомендованої норми внесення). В результаті проведених досліджень, порівняно з контролем встановлено суттєве збільшення біометричних показників генеративної частини рослин проса прутоподібного. Що відмічали на варіантах застосування 60 % робочого розчину 'Kristalon Special'. На них зафіксовано суттєве зростання: довжини прапорцевого листка (до 45,3 см), довжини волоті (до 35,0 см), кількості волотей (4,7 шт./рослину). Як результат, на цих варіантах суттєво зростала насіннєва продуктивність за вагою насіння (до 0,077 г/рослину) та збільшився вихід схожого насіння (до 62,3 %). За результати кореляційно-регресійного аналізу визначено, що насіннєва продуктивність проса прутоподібного знаходиться у тісній прямолінійній кореляційній залежності із біометричними показниками генеративної частини рослин за коефіцієнта кореляції $r > 0,71$. Таким чином, з-поміж варіантів досліду найбільш дієвим, що має істотний вплив як на біометричні показники генеративної частини рослин, так і на збільшення насіннєвої продуктивності й виходу схожого насіння проса прутоподібного сорту 'Зоряне' є застосування позакореневого підживлення посівів 60 % робочого розчину 'Kristalon Special' у фазу весняного кушіння.

Ключові слова: просо прутоподібне, біометричні показники рослин, генеративна частина рослин, якість насіння, продуктивність, кореляція.

Бібліографічний опис для цитування: Ритченко А. В., Кулик М. І. Ефективність підживлення насіннєвих посівів проса прутоподібного. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27 (2). С. 27–35.

Вступ

Враховуючи реалії сьогодення, основною проблемою для України є недостатні обсяги генерування енергії власного виробництва. Вирішення окресленого питання можливо при залученні до паливо-енергетичного сектору нашої країни альтернативних джерел. Особливо це актуально в секторі біоенергетики, де з рослинного ресурсу енергетичних культур можливо щорічно отримувати різні види біопалив і дешеvu енергію [1, 2]. Водночас визначено, що Україна, порівняно з іншими європейськими країнами має ряд переваг за вирощування енергетичних культур. По-перше – це сприятливі агрокліматичні умови, що дозволяють вирощувати цілий спектр енергокультур [3–5]. По-друге – наявність значних площ деградаційних та малопродуктивних ґрунтів на яких можливо закладати енергопосіви без конкуренції з продовольчими культурами [6, 7]. По-третє – екологічна складова: поліпшення агрохімічних властивостей ґрунтів, можливість використання енергокультур для їх очищення від різних забруднень. Окрім цього, за вирощування рослин енергетичного напрямку використання проявляється їх властивість накопичувати ґрунтовий вуглець. При цьому спостерігається й збагачення ґрунтів на органічну речовину. Все це відмічається за їх багаторічного вирощування на одній площі [8, 9]. Не менш важливим є й той факт, що в нашій країні вже зареєстровано сорти трав'янистих і деревних видів культур, що використовують в біоенергетиці [10]. З-поміж яких, високоадаптованою й пластичною до умов вирощування, культурою з високою продуктивністю є просо прутіподібне (*Panicum virgatum* L.) [11–13].

Насьогодні, детально вивчено морфологію рослин за будовою пагонів проса прутіподібного за їх вирощування в різних умовах [14], встановлено вплив біометричних показників рослин інших енергокультур на формування їх продуктивності [15].

Розроблено систему управління ростовими процесами на початкових етапах органогенезу проса прутіподібного. Доведено, що як польова схожість насіння, так і поява сходів – зростали нелінійно у міру збільшення розміру насіння й не залежали від глибини його заробки. Водночас структура ґрунту мала значний вплив на процес проростання насіння проса прутіподібного [16].

Попередніми дослідженнями встановлено мінливість біометричних показників рослин та їх насінневої продуктивності. Доведено вплив умов вирощування на формування урожайних властивостей та посівних якостей насіння проса прутіподібного. Визначено, що біометричні показники рослин з генеративної їх частини мають суттєвий вплив на врожайність насіння. Обґрунтовано, що крупність насіння й термін його зберігання впливають на якість насіння. Що показано у взаємозв'язку з особливостями формування насіння на материнських рослинах проса прутіподібного за різних умов його вирощування [17].

Інші автори встановили, що підбір сорту до вирощування має суттєвий вплив на насінневу

продуктивність проса прутіподібного. Цей показник варіював у значних межах за досліджуваними сортозразками, в більшій мірі залежав від тривалості їх вегетаційного періоду. Виокремлено за насінневою врожайністю сортозразок проса прутіподібного 'Кейв-ін-рок' (0,137 т/га), для 'Форестбур' цей показник становив – 0,128 т/га, а для 'Небраска' – 0,124 т/га, інші – суттєво менше [18].

Відповідно результатів досліджень В. В. Дриги разом із співавторами обґрунтовано особливості формування якості насіння проса прутіподібного залежно від погодних умов. Що здійснено у взаємозв'язку з міжфазними періодами росту й розвитку рослин. Доведено, що наявність для рослин вологи у період «сходи-викидання волоті», оптимального або близького до нього значення у фазу «цвітіння», та наявність посушливих умов періоду «формування та дозрівання насіння» має суттєвий вплив на якість насіння проса прутіподібного [19].

Зарубіжні автори, поряд з впливом погодних умов на специфіку формування насіння на материнських рослинах проса прутіподібного пов'язують із його біологічним спокоєм, активністю зародку під час проростання та властивостями насінної оболонки [20].

Тому, для підвищення показників якості насіння даної культури застосовують ряд заходів. Це, передусім відбір насіння за крупністю [21]. В ряді зарубіжних публікацій доведено вплив сівби крупного насіння на його посівні якості й ростові процеси рослин родини тонконогові на початкових етапах вегетації. Що, згідно твердження авторів, мало вплив на укорінення посівів та формування продуктивності досліджуваних культур [22–24].

Зважаючи на значну увагу вчених до вивчення насінневої продуктивності та якості насіння енергетичних культур, в Україні дане питання залишається не до кінця дослідженим. Що відображається на недостатніх обсягах виробництва власного насінневого матеріалу й закладки ним нових енергопосівів трав'янистих енергокультур, в т.ч. і проса прутіподібного. Таким чином, пошук шляхів збільшення обсягів виробництва високоякісного насіння проса прутіподібного в Україні є актуальним питанням, що потребує подальшого вивчення.

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у визначенні впливу підживлення насінневих посівів хелатним препаратом 'Kristalon Special' на формування біометричних показників рослин та насінневу продуктивність проса прутіподібного.

Завдання досліджень передбачали: виявити вплив підживлення посівів різними концентраціями препарату 'Kristalon Special' на біометричні показники рослин й насінневу продуктивність проса прутіподібного та встановити взаємозв'язок між ними.

Матеріали і методи

Протягом 2021–2023 років експеримент проведено у польовому досліді в умовах с. Веселий Поділ Кременчуцького району Полтавської області.

Що територіально відноситься до Лівобережної частини центральної частини Лісостепу України. Клімат місця проведення досліджень – помірно-континентальний з нестійким (в деякі роки – недостатнім) зволоженням, холодною зимою і жарким, а, в деяких роках – посушливим літом.

Матеріалом для дослідження був сорт проса прутіноподібного 'Зоряне'. Дослід двофакторний, що містив: фактор А – рік вегетації культури: перший – третій, та фактор В – варіанти весняного підживлення посівів проса прутіноподібного хелатним препаратом 'Kristalon Special' різної концентрації: вар. 1 – без позакореневої обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

Хелатний препарат 'Kristalon Special' за вмістом (NPK)₁₈ містить збалансований уміст макро-, мезо- та мікроелементів. Рекомендовано вносити у фазі 4–6 листків по культурам родини тонконогові шляхом позакореневого підживлення посівів. Даний препарат застосовували у фазу весняного куціння рослин проса прутіноподібного. Для цього, в день внесення готували робочий розчин, додаючи від 0,3 до 1,5 кг/га

препарату на 100 літрів води залежно від варіанта досліду (від 10-ти % до 100 % концентрації).

Закладання і проведення польових дослідів здійснювали відповідно до методики дослідної справи в агрономії [25, 26] та наукових рекомендацій [27].

Спостереження та обліки біометричних показників рослин із снопових зразків рослин проводили за «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [28], та з урахуванням методики [29].

Врожайність насіння проса прутіноподібного визначали шляхом суцільного збору рослин з ділянок кожного з чотирьох повторень за варіантами досліду, з послідовним обмолотом й зважуванням насіння та перерахунку на гектарну площу.

Для підтвердження достовірності отриманих даних застосовували методи математичної статистики (дисперсійний аналіз) з розрахунком F_{05} при 5-ти % рівні значущості та коефіцієнтів кореляції (регресійний аналіз) [30].

Результати та їх обговорення

Періоди вегетації проса прутіноподібного за роки проведення досліджень у вказаних умовах під час вирощування культури характеризувався нестійкими кліматичними параметрами (рис. 1–2).

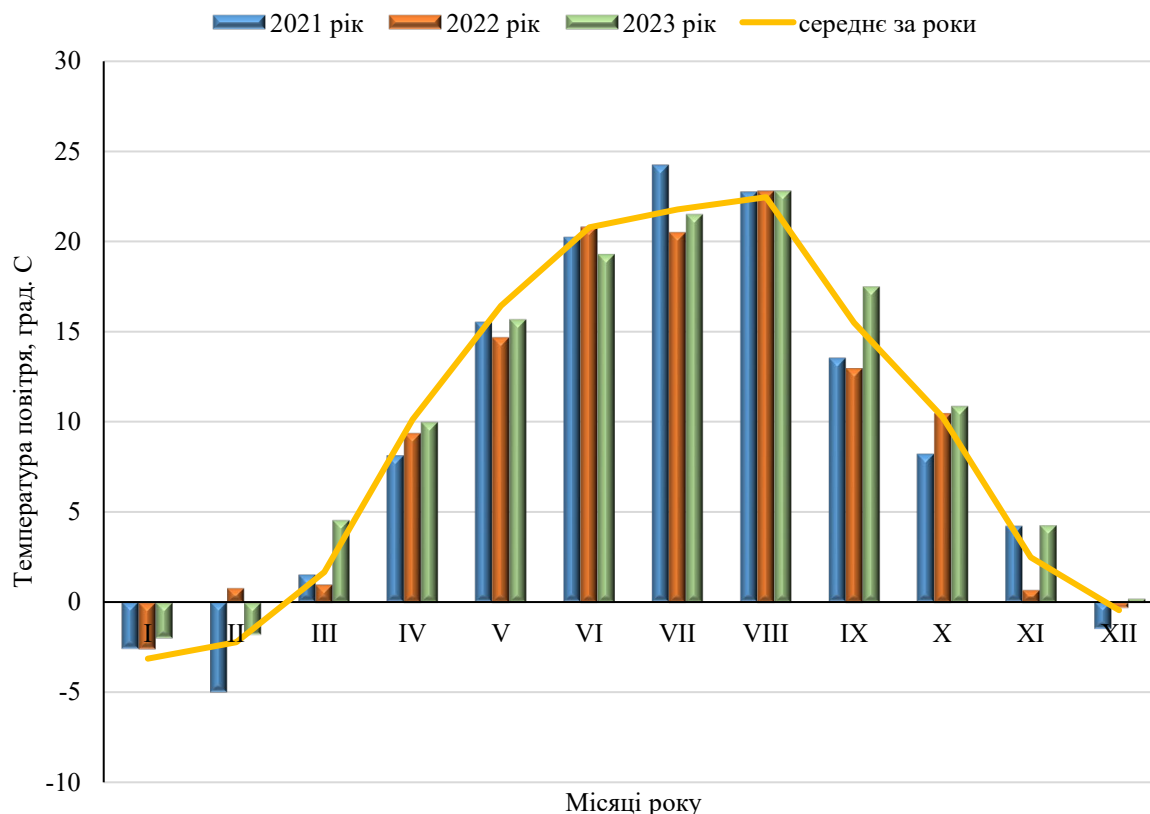


Рис. 1. Середньомісячна температура повітря за 2021–2023 рр.

В умовах проведення дослідження упродовж років спостереження в окремі періоди вегетації досліджуваної культури відмічали відхилення середньодобової температури повітря від середньо-

багаторічних показників. Ці відхилення у бік збільшення, порівняно із середніми багаторічними показниками фіксували у наступні періоди: у липні 2021 року та серпні-вересні 2023 р.

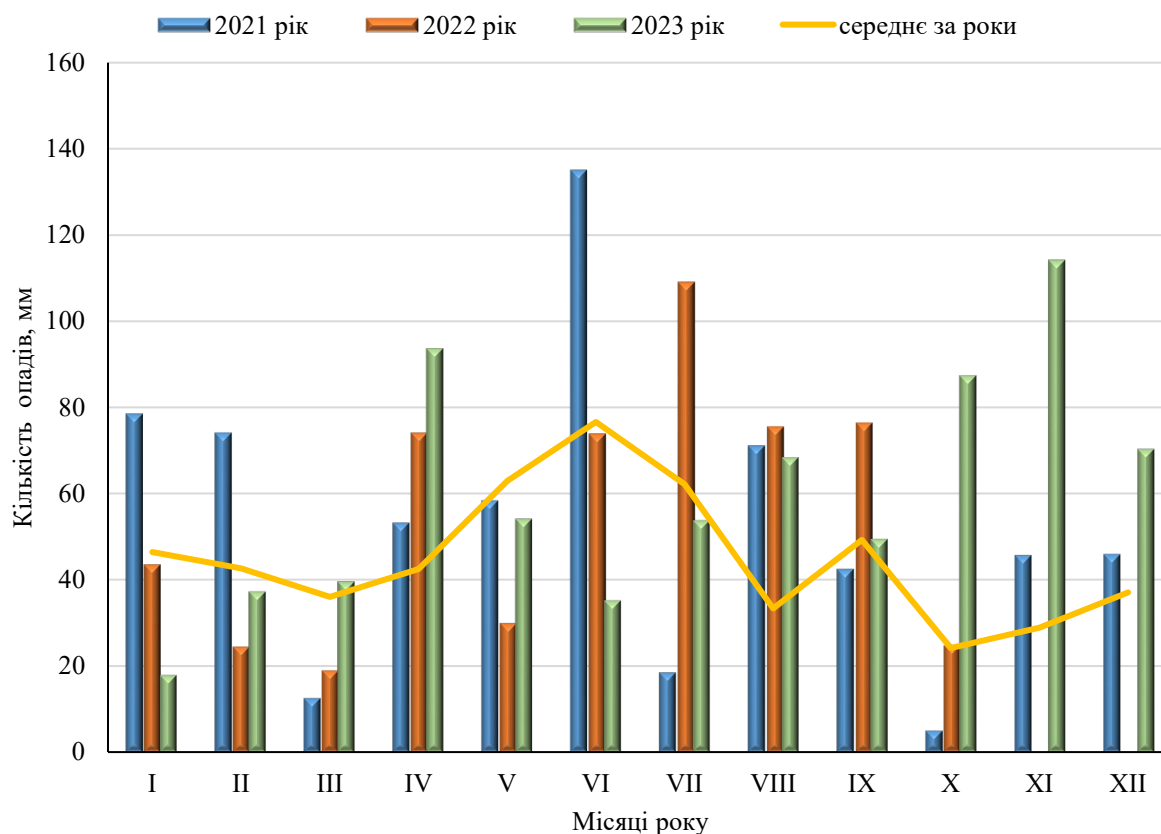


Рис. 2. Середньомісячна кількість опадів 2021–2023 рр.

Протягом 2021–2023 років відмічали відхилення середньомісячної кількості опадів від середньо-багаторічних показників. Надмірна кількість опадів була у квітні, червні й серпні 2021 року, а також у квітні, серпні–вересні 2022 року. Збільшення кількості опадів порівняно із середніми даними відмічали також у квітні, серпні, жовтні-листопаді 2023 року.

Протягом періоду вегетації проса прутноподібного, що вирощували в умовах Лісостепу спостерігали й окремі посухи, що припадали на окремі періоди літніх місяців 2022–2023 рр.

За результатами досліджень встановлено (в розрізі варіантів досліду й за роками дослідження) мінливість біометричних показників генеративної частини рослин проса прутноподібного (табл. 1–3).

Таблиця 1

Біометричні показники генеративної частини рослин проса прутноподібного, 2021 р.

Варіант * підживлення	Показники					
	довжина прапорцевого листка, см	довжина волоті, см	кількість волотей, шт./ рослину	кількість насіння з волоті, шт./ рослину	вага насіння з волоті, г/рослину	вага схожого насіння, г/рослину
вар. 1	35,2	23,1	3,0	179,5	0,048	0,023
вар. 2	36,4	25,3	3,2	188,0	0,050	0,025
вар. 3	37,9	27,4	3,2	197,1	0,053	0,027
вар. 4	40,2	28,0	3,3	202,0	0,059	0,032
вар. 5	42,5	30,2	3,2	206,0	0,059	0,034
вар. 6	43,4	30,4	3,3	203,1	0,061	0,033
вар. 7	43,5	30,3	3,2	204,0	0,062	0,034
Середнє	40,7	28,6	3,3	200,5	0,057	0,031
НІР ₀₅	1,43	0,52	0,13	4,02	0,011	0,002

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

В умовах першого вегетаційного року біометричні показники генеративної частини рослин варіювали: довжина прапорцевого листка – від 35,2 до 43,5 см, довжина волоті – від 23,1 до 30,4 см, кількість насіння з волоті – від 179,5 до 206 шт./рослину. Визначено, що кількість волотей за варіантами досліду суттєво

не змінювалася, була сталою у середньому становила 3,2 шт./рослину.

З урахуванням ваги насіння до та після очистки ми визначили відсоток схожого насіння проса прутноподібного за варіантами досліду (рис. 3).

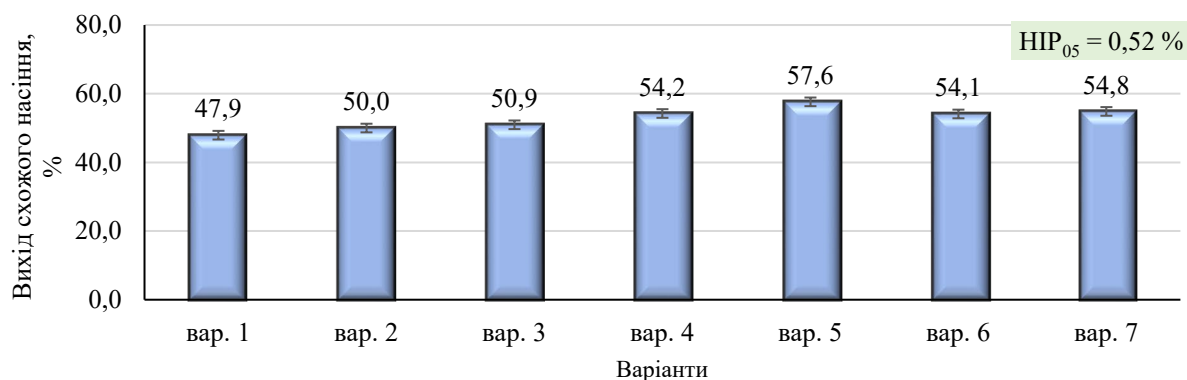


Рис. 3. Відсоток виходу схожого насіння проса прутіноподібного першого року вегетації, 2021 р.

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

Порівняно із контрольними варіантами (47,9 %) найбільший вихід насіння (57,6 %) відмічали на варіантах обробки рослин проса прутіноподібного 60 % робочим розчином 'Kristalon Special'. Застосування більших концентрацій препарату (80–100 %) не призводило до істотного зростання даного показника.

Для умов другого вегетаційного року, порівняно із першим, зафіксовано зростання біометричних показників рослин. Відмічено також мінливість виходу насіння з волоті та ваги схожого насіння проса прутіноподібного за варіантами дослідів (табл. 2).

Таблиця 2

Біометричні показники генеративної частини рослин проса прутіноподібного, 2022 р.

Варіант * підживлення	Показники					
	довжина прапорцевого листка, см	довжина волоті, см	кількість волотей, шт./ рослину	кількість насіння з волоті, шт./ рослину	вага насіння з волоті, г/рослину	вага схожого насіння, г/рослину
вар. 1	39,3	30,2	3,3	201,4	0,054	0,028
вар. 2	40,5	32,4	3,4	203,8	0,059	0,031
вар. 3	42,9	33,2	3,9	205,7	0,063	0,034
вар. 4	44,1	36,8	4,4	209,5	0,078	0,046
вар. 5	46,0	37,0	4,5	210,8	0,081	0,047
вар. 6	44,4	33,5	3,8	206,6	0,069	0,037
вар. 7	44,3	34,1	3,7	207,8	0,070	0,038
Середнє	43,1	33,9	3,9	206,5	0,068	0,037
HIP ₀₅	0,46	0,26	0,12	0,50	0,002	0,002

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

В умовах другого вегетаційного року біометричні показники генеративної частини рослин проса прутіноподібного варіювали: довжина прапорцевого листка – від 39,3 до 46,0 см, довжина волоті – від 30,2 до 37,0 см, кількість насіння з волоті – від 201,4 до 210,8 шт./ рослину. Визначено, що кількість волотей за варіантам була в межах – від 3,3 до 4,5

шт./рослину. При цьому визначено, що найбільше значення за даними показниками зафіксовано на варіантах де проводили обробку рослин 40 і 60 % робочим розчином 'Kristalon Special'. Пізні концентрації застосування цього препарату мали вплив і на вихід схожого насіння проса прутіноподібного (рис. 4).

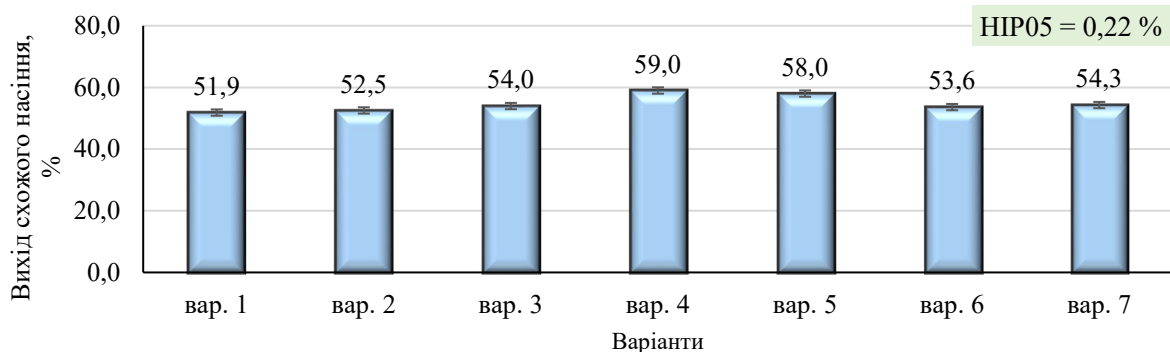


Рис. 4. Відсоток виходу схожого насіння проса прутіноподібного другого року вегетації, 2022 р.

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

Відсоток виходу схожого насіння у рослин проса прутіноподібного другого року вегетації змінювався в межах – від 51,9 до 59,0 %. Найбільше значення за цим показником зафіксовано на варіантах де проводили обробку рослин 40 і 60 % розчином 'Kristalon Special'. Як зменшені концентрації

внесення препарату, так і збільшені не призводять до суттєвого підвищення даного показника.

В умовах третього року вегетації проса прутіноподібного відмічаємо збільшення кількісних показників рослин, порівняно з першим та другим роками вегетації культури (табл. 3).

Таблиця 3

Біометричні показники генеративної частини рослин проса прутіноподібного, 2023 р.

Варіант * підживлення	Показники					
	довжина прапорцевого листка, см	довжина волоті, см	кількість волотей, шт./ рослину	кількість насіння з волоті, шт./ рослину	вага насіння з волоті, г/рослину	вага схожого насіння, г/рослину
вар. 1	40,2	31,8	4,1	210,2	0,063	0,033
вар. 2	41,1	33,1	4,3	214,3	0,069	0,041
вар. 3	43,6	34,0	5,1	215,7	0,074	0,047
вар. 4	46,8	37,2	6,2	222,9	0,090	0,061
вар. 5	47,5	37,4	6,3	223,1	0,092	0,062
вар. 6	45,4	34,2	5,9	219,7	0,079	0,050
вар. 7	45,5	34,5	5,7	220,1	0,080	0,049
Середнє	44,3	34,6	5,4	218,0	0,078	0,049
НІР ₀₅	0,21	0,18	0,12	0,71	0,002	0,001

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

На третій вегетаційний рік біометричні показники генеративної частини рослин проса прутіноподібного змінювалися в межах: довжина прапорцевого листка – від 40,2 до 47,5 см, довжина волоті – від 31,8 до 37,4 см, кількість насіння з волоті – від 210,2 до 223,1 шт./ рослину. Визначено, що кількість волотей за варіантам була в межах – від 4,1 до 6,3

шт./рослину. Застосування позакореневого підживлення рослин 60 % розчину препарату 'Kristalon Special' дозволило суттєво збільшити ці показники.

Мінливість показника вихід схожого насіння проса прутіноподібного третього року вегетації наведено на рис. 5.

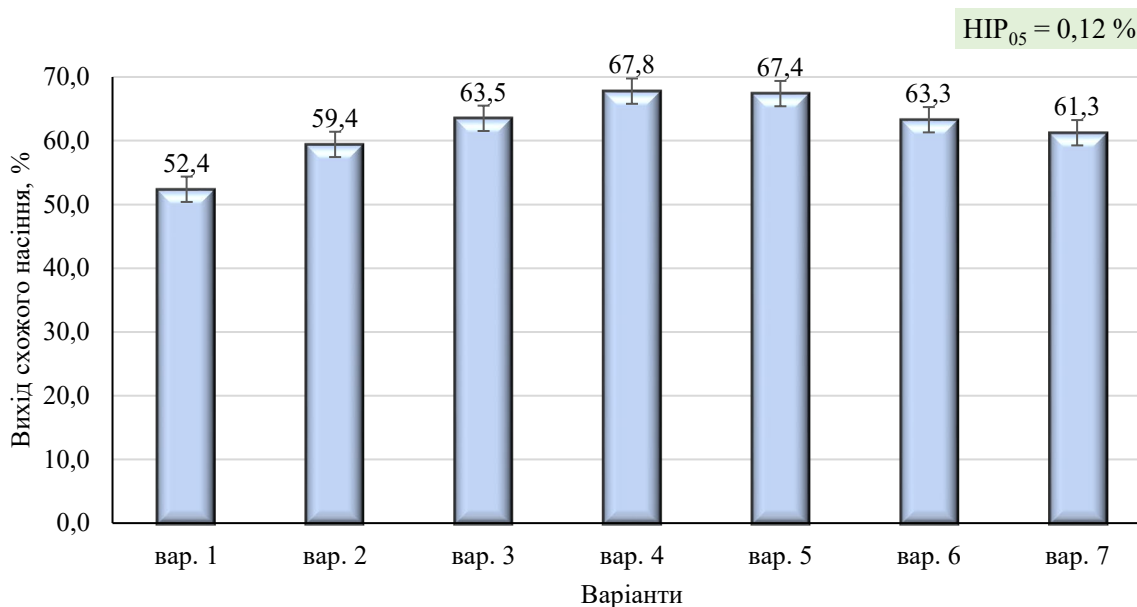


Рис. 5. Відсоток виходу схожого насіння проса прутіноподібного третього року вегетації, 2023 р.

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

Вихід схожого насіння був найбільшим на варіантах обробки рослин проса прутіноподібного 40 і 60 % робочим розчином хелатного препарату, на інших – відмічали суттєве зниження даного показника.

У середньому за три роки, порівняно з контролем виокремлено варіанти на яких істотно зростають кількісні показники рослин проса прутіноподібного залежно від застосування у підживленні насінневих посівів препаратом 'Kristalon Special' (табл. 4, рис. 6).

Таблиця 4

Біометричні показники генеративної частини рослин проса прутюподібного, середнє за 2021–2023 рр.

Варіант * підживлення	Показники					
	довжина прапорцевого листка, см	довжина волоті, см	кількість волотей, шт./ рослину	кількість насіння з волоті, шт./ рослину	вага насіння з волоті, г/рослину	вага схожого насіння, г/рослину
вар. 1	38,2	28,4	3,5	197,0	0,055	0,028
вар. 2	39,3	30,3	3,6	202,0	0,059	0,032
вар. 3	41,5	31,5	4,1	206,2	0,063	0,036
вар. 4	43,7	34,0	4,6	211,5	0,076	0,046
вар. 5	45,3	35,0	4,7	213,3	0,077	0,048
вар. 6	44,4	32,7	4,3	209,8	0,070	0,040
вар. 7	44,3	33,0	4,2	210,6	0,071	0,040
Середнє	42,4	32,1	4,1	207,2	0,067	0,039
НІР ₀₅	1,47	1,23	0,29	3,43	0,0048	0,0039

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

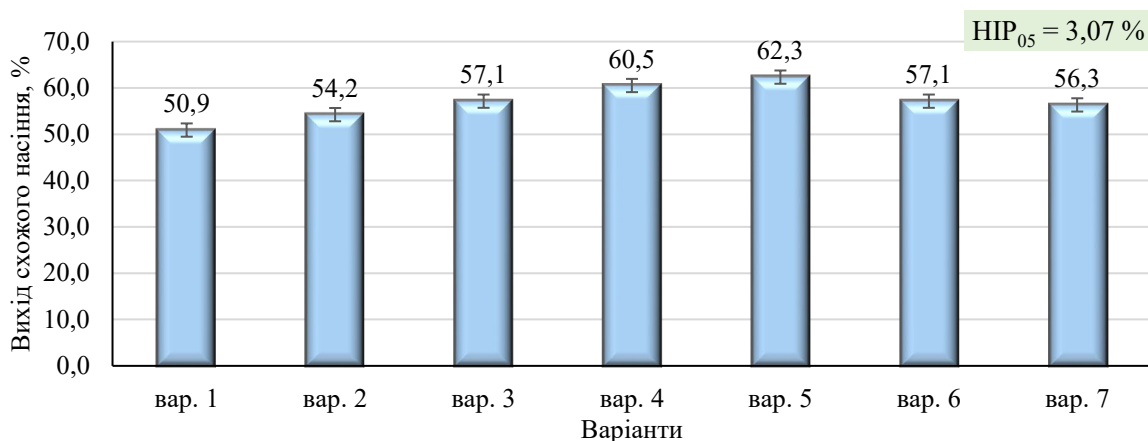


Рис. 6. Відсоток виходу схожого насіння проса прутюподібного третього року вегетації, середнє за 2021–2023 рр.

*Примітки: вар. 1 – без обробки рослин, вар. 2 – обробка рослин 10 % робочим розчином, вар. 3 – обробка рослин 30 % робочим розчином, вар. 4 – обробка рослин 40 % робочим розчином, вар. 5 – обробка рослин 60 % робочим розчином, вар. 6 – обробка рослин 80 % робочим розчином, вар. 7 – обробка рослин 100 % робочим розчином препарату.

Визначено суттєве зростання виходу схожого насіння проса прутюподібного, порівняно з контролем (50,9 %) на варіантах позакореневої обробка рослин 40-ка і 60 % робочим розчином 'Kristalon Special', відповідно – до 60,5 і 62,3 %.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлені зв'язки між кількісними показниками генеративної частини рослин та насінневою продуктивністю проса прутюподібного за вагою схожого насіння (рис. 7–9).

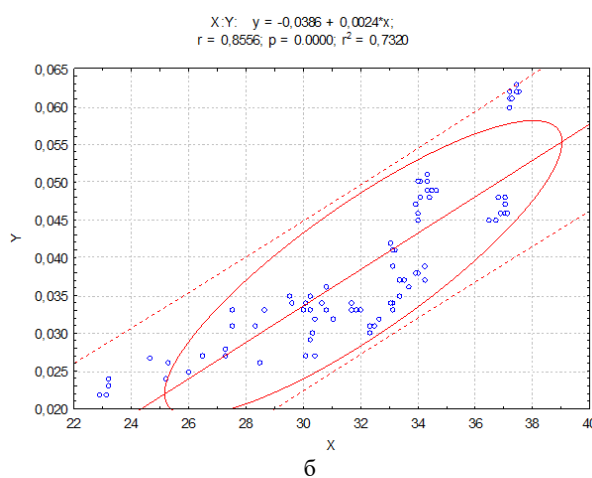
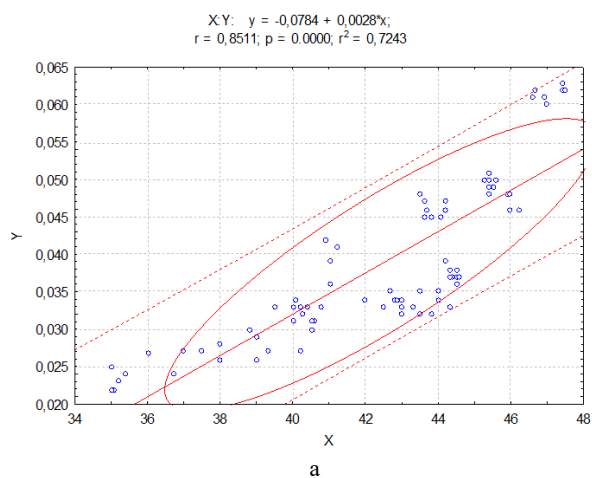


Рис. 7. Кореляційний зв'язок між кількісними показниками генеративної частини рослин

(а – довжина прапорцевого листка, б – довжина волоті) та насінневою продуктивністю проса прутюподібного, 2021–2023 рр.

Визначено, що продуктивність насіння проса прутюподібного має тісний кореляційний зв'язок

з довжиною прапорцевого листка (r 0,85) та довжиною волоті (r 0,86).

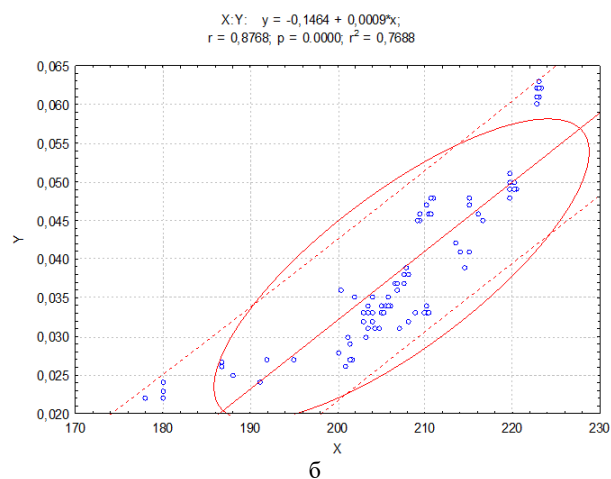
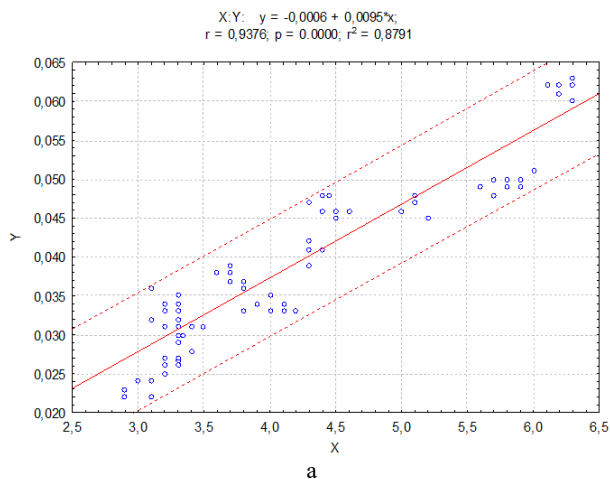


Рис. 8. Кореляційний зв'язок між кількісними показниками генеративної частини рослин

(а – кількість волотей на рослині, б – кількість насіння з волоті) та насінневою продуктивністю проса прутоподібного, 2021–2023 рр.

Насіннева продуктивність проса прутоподібного має тісний кореляційний зв'язок з

кількістю волотей на рослині ($r=0,94$) та кількістю насіння з волоті ($r=0,88$).

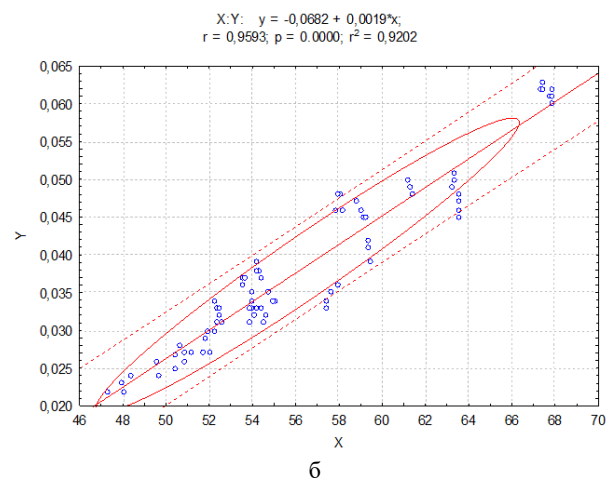
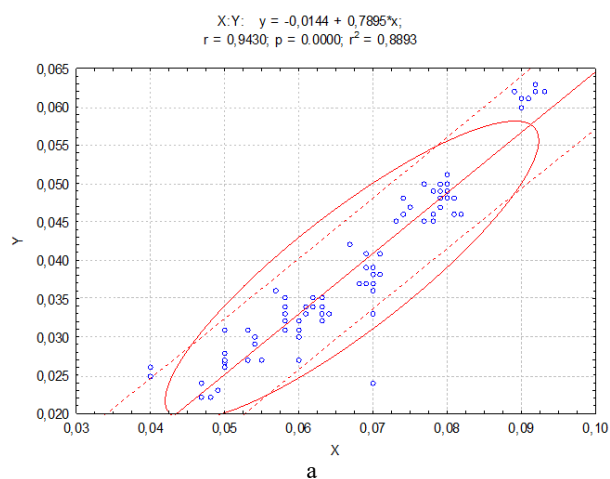


Рис. 9. Кореляційний зв'язок між кількісними показниками генеративної частини рослин

(а – вага насіння з волоті, б – відсоток виходу схожого насіння) та насінневою продуктивністю проса прутоподібного, 2021–2023 рр.

Вага насіння з волоті має щільний кореляційний зв'язок з насінневою продуктивністю проса прутоподібного ($r=0,94$) та виходом схожого насіння ($r=0,96$).

Таким чином, формування високої насінневої продуктивності проса прутоподібного залежить як від біометричних показників рослин, так і від застосування весняного підживлення посівів хелатним препаратом.

Висновки

За результатами трьохрічних досліджень встановлено суттєве збільшення біометричних показників генеративної частини рослин проса прутоподібного на варіантах застосування 60 % робочого розчину 'Kristalon Special'. Порівняно з контролем та іншими варіантами досліджу, відмічено суттєве зростання: довжини прапорцевого листка (до 45,3 см), довжини волоті (до 35,0 см), кількості волотей (4,7 шт./рослину). Як результат, на цих варіантах суттєво зростала насіннева продуктивність проса прутоподібного за вагою насіння 0,077 (г/рослину), а вихід схожого насіння був максимальним (62,3 %).

Визначено, що насіннева продуктивність проса прутоподібного знаходиться у тісній прямолинійній кореляційній залежності із біометричними показниками генеративної частини рослин за коефіцієнтів кореляції $r > 0,71$.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у вивченні регуляційних механізмів впливу погодних умов у взаємозв'язку з агротехнологічними заходами та їхнього комплексного впливу на врожайність схожого насіння проса прутоподібного. Що буде основою для розробки рекомендацій щодо ефективного управління насінневих посівів для забезпечення гарантованого отримання якісного насіннєвого матеріалу для закладки нових посівів енергетичних культур для біопаливного напряму використання.



Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

1. Kurylo, V. L., Roik, M. V., & Hanzhenko, O. M. (2013). Bioenergy in Ukraine: state and prospects for development. *Bioenergy*, 1, 5–10.
2. Pryshliak, N. (2021). Potential possibilities of growing bioenergy crops for the production of solid biofuels, *Agrosvit*, 1-2, 33–45. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.1-2.33>
3. Biliavskiy Yu. V., & Biliavska L. H. (2019). Analiz ahroklimatychnykh ta hruntovykh umov Lisostepu Ukrainy dlia vyroshchuvannia silskohospodarskykh ta enerhetychnykh kultur. In: *Optymalni enerhe-tychni systemy z urakhuvanniam naiavnogo potentsialu vidnovliuvanykh dzherel enerhii u Lisostepu Ukrainy: kolektyvna monohrafiia*. (pp. 6–12). Poltava: PP “Astraia” [in Ukrainian]
4. Kurylo, V. L., Rakhmetov, D. B., & Kulyk, M. I. (2018). Biological features and potential of yield of energy cultures of the family of thin-skinned in the conditions of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 11–17. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.01>
5. Chaika, T. O., & Yasnolob, I. O. (2017). Enerho-ekonomichni perspektivy rozvytku bioenerhetyky v Ukraini. In: *Rozrobka ta vdoskonalennia enerhetychnykh system z urakhuvanniam naiavnogo potentsialu alternatyvnykh dzherel enerhii: kolektyvna monohrafiia*. (pp. 86–92). Poltava: Ukrpromtorhservis [in Ukrainian]
6. Kulyk, M. I. (2023). *Enerhetychni kultury : sortyment, biolohiia, ekolohiia, ahrotekhnolohiia: kolektyvna monohrafiia*. Poltava: “Astraia” [in Ukrainian]
7. Kalinichenko, A., Kalinichenko, O., & Kulyk, M. (2017). Assessment of available potential of agro-biomass and energy crops phytomass for biofuel production in Ukraine. In: *Odnaviadne zrodlia energii - teoria i praktyka. Tom II. Monograph*. (pp. 163–179). Opole, Kijov: Uniwersytet Opolski
8. Kulyk, M., Galytska, M., Samoylik, M., & Zhornyk, I. (2019). Phytoremediation aspects of energy crops use in Ukraine. *Agrology*, 2 (1), 65–73 <https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.14020>
9. Ferchaud, F., Vitte, G., & Mary, B. (2015). Changes in soil carbon stocks under perennial and annual bioenergy crops. *GCB Bioenergy*, 8 (2), 290–306. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12249>
10. Derzhavnyi reiestr sortiv roslin, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini u 2023 rotsi. *Ministerstvo ahronoi polityky ta prodovolstva Ukrainy*. Retrieved from: <https://minagro.gov.ua/file-storage/revestr-sortiv-roslin> [in Ukrainian]
11. Gumentyk, M. Ya., Chernysky, V. V., Gumentyk, V. M., & Kharytonov, M. M. (2020). Technology for two switchgrass morphotypes growing in the conditions of Ukraine’s Forest Steppe zone. *Inmateh Agricultural Engineering*, 61 (2), 71–76. <https://doi.org/10.35633/inmateh-61-08>
12. Rakhmetov, D., Verhuno, O., & Rakhmetova, S. (2014). *Panicum virgatum* L. – promising introduced crop in M. M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine. *Plant Introduction*, 63, 3–14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1554736>
13. Kassel, P. C., Mullen, R. E., & Bailey, T. B. (1985). Seed yield response of three switchgrass cultivars for different management practices. *Agronomy Journal*, 77 (2), 214–218. <https://doi.org/10.2134/agronj1985.00021962007700020010x>
14. Shcherbakova, 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. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.1.2017.97334>
15. Rozhko, I., D’omin, D., & Kulyk, M. (2021). Influence of plant biometrics on biomass yield of introduced rare energy crops. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 114–123. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.14>
16. Brejda, J. J., Brown, J. R., Wyman, G. W., & Schumacher, W. K. (1994). Management of Switchgrass for Forage and Seed Production. *Journal of Range Management*, 47 (1), 22. <https://doi.org/10.2307/4002835>
17. Kulyk, M. I., & Rozhko, I. I. (2018). Yield properties and sowing characteristics of switchgrass seed depending upon cultivation conditions. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 78–84. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.02.12>
18. Dryha, V. V., Doronin, V. A., Kravchenko, Yu. A., & Doronin, V. V. (2022). Preparation of panicle millet (*Panicum virgatum* L.) seeds for sowing. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 71 (2), 112–125. [https://doi.org/10.32636/01308521.2022-\(71\)-2-8](https://doi.org/10.32636/01308521.2022-(71)-2-8)
19. Dryha, V. V., Doronin, V. A., Honcharuk, H. S., & Balahura, O. V. (2022). Peculiarities of the seed quality formation in switchgrass varieties of different maturity groups under the effect of weather conditions. *Advanced Agritechologies*, 10 (1). <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.264341>
20. Adkins, S. W., Bellairs, S. M., & Loch, D. S. (2002). Seed dormancy mechanisms in warm season grass species. *Euphytica*, 126 (1), 13–20. <https://doi.org/10.1023/a:1019623706427>
21. Aiken, G. E., & Springer, T. L. (1995). Seed size distribution, germination, and emergence of 6 switchgrass cultivars. *Journal of Range Management*, 48 (5), 455. <https://doi.org/10.2307/4002252>
22. Kneebone, W. R., & Cremer, C. L. (1955). The relationship of seed size to seedling vigor in some native grass species. *Agronomy Journal*, 47 (10), 472–477. <https://doi.org/10.2134/agronj1955.00021962004700100007x>
23. Mian, M. A. R., & Nafziger, E. D. (1994). Seed size and water potential effects on germination and seedling growth of winter Wheat. *Crop Science*, 34 (1), 169–171. <https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183x003400010030x>
24. Springer, T. L. (1991) Caryopsis size and germination of *Andropogon gerardii* pedicellate and sessile spikelets. *Seed Science and Technology*, 19, 461–468.
25. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., & Kalenska, S. M. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii. Navchalnyi posibnyk: u 2 knyhakh*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian]
26. Moiseichenko, V. F., & V. O. Yeshchenko (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii*. Kyiv: Vyscha shkola [in Ukrainian]
27. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslin hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini*. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
28. Vovkodav, V. V. (Ed.). (2001). *Metodyka derzhavnogo sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Vypusk 2: Zernovi, krupiani ta zernobobovi kultury*. Kyiv [in Ukrainian]
29. Kulyk, M. I., Rakhmetov, D. B., & Kurylo, V. L. (2017). Methodology of conducting field and laboratory researches with switchgrass (*Panicum virgatum* L.). Poltava: RVV PDAA.
30. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychni analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6: Metodychni vkazivky*. Kyiv [in Ukrainian]

ORCID

A. Rytchenko  <https://orcid.org/0000-0002-2190-6384>
M. Kulyk  <https://orcid.org/0000-0003-0394-5846>



2024 Rytchenko A. and Kulyk M. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.