

УДК 633:[620.925:58]:631.559:551.5812

© 2017

*Кулик М. І., кандидат сільськогосподарських наук,**Рожко І. І., здобувач**(науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук М. І. Кулик)*

Полтавська державна аграрна академія

ВПЛИВ ПОГОДНИХ УМОВ ВЕГЕТАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ НА ЕЛЕМЕНТИ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА УРОЖАЙНІСТЬ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО*Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор В. Л. Курило*

З'ясовано вплив погодних умов вегетації на мінливість елементів продуктивності (висоти та густоти стеблостою) проса прутіподібного. Визначено вплив середньодобової температури повітря та суми опадів під час вегетації рослин на урожайність фітомаси культури в розрізі років дослідження. Наведено кореляційні залежності між кількісними показниками рослин (елементами продуктивності) третього–шостого років вегетації та урожайністю фітомаси проса прутіподібного. Встановлено, що урожайність сухої надземної вегетативної маси проса прутіподібного в більшій мірі обумовлюється кількістю стебел на одиницю площі у тісному взаємозв'язку із середньодобовою температурою повітря, в меншій мірі – висотою рослин та сумою опадів за вегетаційний період.

Ключові слова: *просо прутіподібне, елементи продуктивності, температура, опади, кореляція, урожайність.*

Постановка проблеми. Зменшення енергетичної залежності нашої країни є нагальним питанням сьогодення, адже природні непоновлювані ресурси мають тенденцію до вичерпання, на противагу яким можна використати відновлювані джерела енергії (ВДЕ).

Як відмічає С. О. Кудря [3], Україна має достатній потенціал відновлюваних джерел енергії. Ефективне використання його до 2035 року може забезпечити близько 50 % загального споживання енергетичних ресурсів з відновлюваних джерел енергії. Окрім цього, встановлена потужність електростанцій на основі ВДЕ з 2010 р. зросла в 10 разів і на кінець 2014 р. становила 1462,2 МВт, що відповідає 2,7 % загальної встановленої потужності електростанцій в Україні.

На даний час наша країна споживає значну кількість енергоресурсів, що в переважній більшості надходять ззовні, а не виробляються в Україні, і тому, проблема енергонезалежності є важливим питанням сьогодення. Саме тому першочерговим завданням є збільшення частки ВДЕ у паливо-енергетичному комплексі на основі створення на маргінальних землях плантацій енерге-

тичних культур, як рослинних джерел біопалива. З цієї метою в якості джерел біомаси передбачається використовувати багаторічні культури, які б були добре адаптованими до умов вирощування, особливо на фоні глобальних змін клімату, що відчуються уже сьогодні.

Глобальні зміни клімату, за посушливих умов, призводять до зниження рівня концентрації азоту і вуглецю у ґрунтах, та можуть мати серйозні наслідки для екосистеми в площині виробництва продуктів харчування, отримання енергії, зберігання вуглецю та зниження біорізноманіття.

Як стверджує Девід А. Уардл [12]: «у зв'язку з прогресивними змінами клімату, властивості екосистем у багатьох посушливих районах могли пройти переломний момент, який буде важко або неможливо повернути назад».

Зважаючи на проблематику досліджень, з урахуванням глобальних змін клімату та його наслідків, актуальним питанням є вивчення впливу температури, кількості опадів на ріст і розвиток рослин та рівень урожайності енергетичних культур.

Аналіз основних досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Як зазначають вітчизняні науковці [7], в Україні існує значний потенціал джерел енергії з біомаси для виробництва біопалива: рослинні рештки сільськогосподарських культур, відходи деревообробної промисловості та енергетичні культури. Останній вид – це переважно багаторічні рослини, які добре акліматизовані до умов навколишнього середовища і здатні формувати високу врожайність фітомаси за їх вирощування на малопродуктивних ґрунтах. З-поміж них найбільш перспективні з економічної та екологічної точки зору – міскантус гігантський, просо прутіподібне (світчграс), багаторічна сорго, верба та інші.

За вивчення інтродукції проса прутіподібного в Україні визначено, що ця культура добре адаптована до умов вирощування, має високий стеблостій, формує потужну врожайність фітомаси (сировини для виробництва біопалива) та забез-

печує стабільну насінневу продуктивність [6, 9].

Просо прутіподібне (Switchgrass) – одна з найбільш перспективних рослин для виробництва біоенергії в Сполучених Штатах. Це багаторічна, теплолюбна, зимостійка трав'яниста рослина з фотосинтезом C4 шляхом для асиміляції вуглецю. Сорти проса прутіподібного, на основі екологічного походження, поділяють на височинні та низовинні види [18].

Дослідження, проведені зарубіжними науковцями [17], показали, що сорт Кейв-ін-рок має найвищу (7,3 °C) базову температуру проростання насіння, а Дакота – найнижчу (2,8 °C). Сорти, що мають вищу базову температуру, такі як Кейв-ін-рок і Нью-Джерсі-50, показують низькі темпи весняного росту та розвитку рослин, порівняно із сортами, що мають нижчу базову температуру проростання насіння (сорти Дакота і Патфіндер).

Kandel T. P., досліджуючи вплив температури на ріст і розвиток, інтенсивність фотосинтезу і якість фітомаси проса прутіподібного, визначив екологічні та сортові відмінності між височинними і низинними видами. За вивчення стійкості та толерантності сортів до абіотичних чинників встановив, що з-поміж низинних сортів Аламо показав ширшу адаптацію в порівнянні з Канлоу, а з височинних сортів – Кейв-ін-рок був стійкішим до більш високих температур, ніж сорт Каддо. Усі сорти поставлені на вивчення показали сильну залежність до високотемпературних чинників, оскільки загальний врожай біомаси екологічних проса прутіподібного різко знизився у випадку значного підвищення температури [14].

Подібні експерименти [11, 13], що проведені для оцінки впливу температури для енергетичних культур, підтвердили цю думку.

Інші автори [16] за проведення моделювання екосистем зробили висновок, що багаторічне вирощування проса прутіподібного в майбутньому зможе зменшити надходження CO₂ з ґрунту внаслідок зміни температури та кількості опадів.

Поряд з цим, вивчення впливу ґрунтових та погодних факторів в умовах України на формування урожайності енергетичних культур (за їх вирощування на маргінальних землях), в тому числі проса прутіподібного, за виключенням незначних публікацій [4, 5], висвітлено не в повній мірі.

Мета досліджень полягала у встановленні впливу погодних умов вегетаційного періоду на формування кількісних показників рослин та урожайності сухої надземної вегетативної маси проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.).

Відповідно до мети досліджень передбачалось

вирішення наступних завдань:

1. Встановити вплив погодних умов вегетації на мінливість елементів продуктивності (висоти та густоти стеблостою) проса прутіподібного.

2. Визначити вплив гідротермічного коефіцієнта під час вегетації рослин на урожайність фітомаси культури в розрізі років дослідження.

3. Провести кореляційно-регресійний аналіз між кількісними показниками рослин проса прутіподібного та погодними факторами вегетаційного періоду (середньодобової температури повітря та суми опадів).

4. Розрахувати кореляцію між середньодобовою температурою повітря, сумою опадів під час вегетації рослин та урожайністю сухої фітомаси проса прутіподібного.

Методика проведення досліджень. Експериментальна робота виконана на базі Полтавської державної аграрної академії згідно з державною науково-дослідною темою «Агроекологічні засади вирощування енергетичних культур в умовах України» (2014–2017 рр.) та наукового проекту прикладного дослідження МОН України «Розробка оптимальних енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу відновлюваних джерел енергії в умовах Лісостепу України» (2017–2019 рр.).

Дослід реалізовано в умовах центральної частини Лісостепу на маргінальних ґрунтах, згідно з методикою дослідної справи, протягом 2010–2017 років з сортом проса прутіподібного Кейв-ін-рок.

За проведення експерименту використовували як загальноприйняті методики [2], так і спеціальні – для закладки, проведення експерименту та обліку кількісних показників рослин [8, 10].

Для підвищення достовірності проведення досліджень, кількість стебел та висоту рослин проса прутіподібного визначали як середнє арифметичне значення з 50-ти рослин, відібраних зі снопових зразків з кожного варіанту у чотирьохкратній повторності.

Урожайність надземної вегетативної маси проса прутіподібного визначали шляхом відбору снопових зразків, їхнього зважування, висушування відібраної середньої проби та послідовним перерахунком на суху масу з урахуванням вологості сировини [15].

Отримані результати досліджень розраховували за допомогою сучасних методів статистики із застосуванням ліцензійних комп'ютерних програм Excel та Statistica. Коефіцієнти кореляції (r) між кількісними показниками рослин (кількість стебел, висота) і урожайністю сухої фітомаси проса прутіподібного встановлювали за допомогою кореля-

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

ційного-регресійного аналізу. Приймалося, якщо $r < 0,3$ – кореляція між ознаками слабка, $r = 0,3-0,7$ – середня та за $r > 0,7$ – сильна [1].

Результати досліджень. Аналіз погодних умов вегетаційного періоду проса прутноподібного за багаторічного циклу вирощування культури свідчить про їх контрастність, що дали можливість оцінити реакцію рослин у розрізі років дослідження (рис. 1–2).

Середньодобова температура повітря протя-

гом весняно–літньої вегетації культури у 2012 році змінювалась у межах від 19,4 до 25,6 °С за середнього значення 21,7 °С, у 2013 році – від 18,6 до 23,3 °С (середнє 20,9 °С), у 2014 році – від 13,5 до 25,6 °С (середнє 20,4 °С), у 2015 році – від 13,7 до 23,0 °С (середнє 19,9 °С), у 2016 році – від 14,1 до 25,1 °С (середнє 20,0 °С). У зв'язку з чим, ми виокремили 2013, 2014 та 2016 роки, що характеризувалися підвищеним температурним режимом повітря.

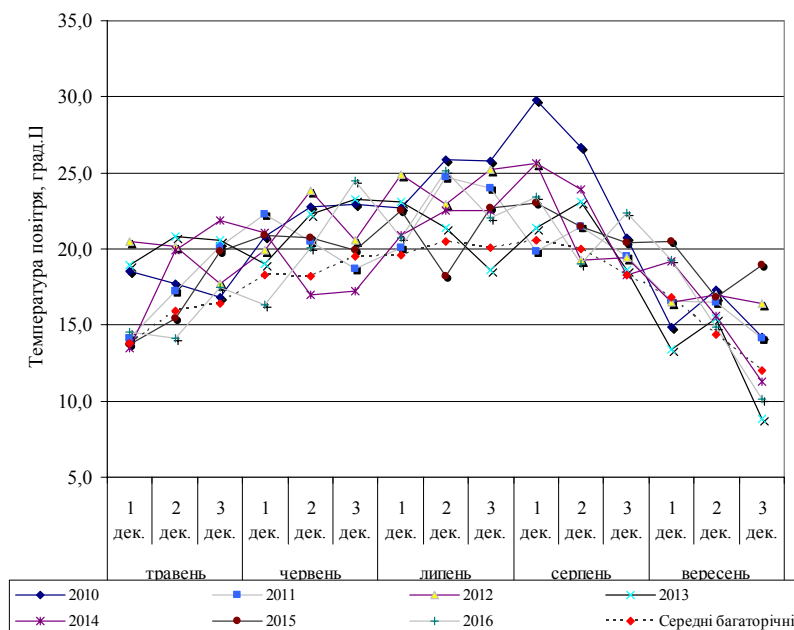


Рис. 1. Погодні умови (середня температура повітря) під час вегетації рослин проса прутноподібного, 2010–2016 рр.

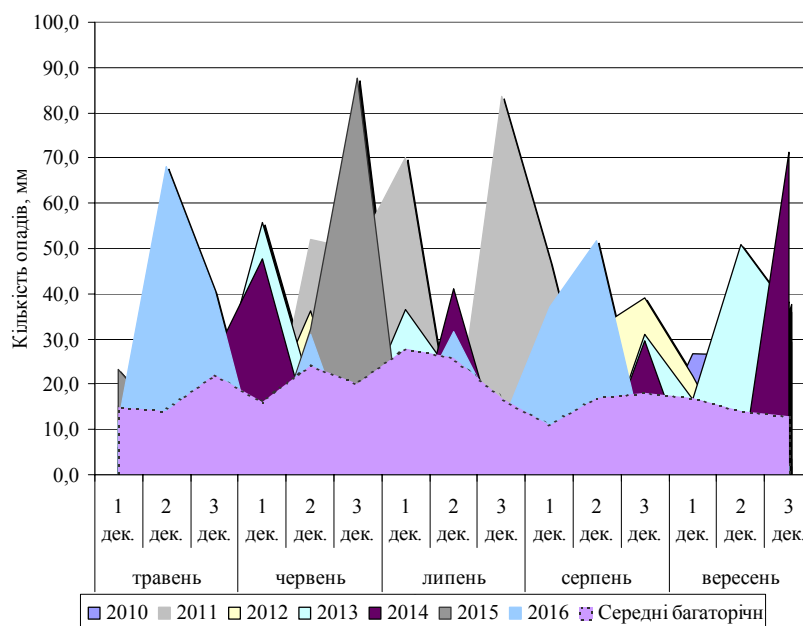


Рис. 2. Погодні умови (сума опадів) під час вегетації рослин проса прутноподібного, 2010–2016 рр.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

Сума опадів по роках дослідження за весняно-літню вегетацію рослин розподілялася нерівномірно: для 2012 року змінювалась у межах – від 2,6 до 32,3 мм, за середнього значення 18,1 мм, у 2013 році – від 0,3 до 55,8 мм (середнє 20,9 мм), у 2014 році – від 0,7 до 77,8 мм (середнє 22,4 мм), у 2015 році – від 0,8 до 87,7 мм (середнє 19,5 мм), у 2016 році – від 2,3 до 68,2 мм (середнє 25,2 мм). Це свідчить про надмірне зволоження у 2013, 2014, 2015 роках та наявність менш зволжених умов вегетації у 2012 році.

Протягом вегетаційного періоду рослин проса прутоподібного відмічено значні відхилення погодних умов у площину збільшення показників середньодобової температури повітря та опадів практично в усі роки – тренд температур (СТ), опадів (КО) та гідротермічного коефіцієнта (ГТК) у весняно-літній період значно відрізнявся від середньобогаторічних даних. Це мало суттєвий вплив на формування елементів продуктивності – кількісних показників рослин. При цьому визначено, що кількість стебел (КС) у рослин проса прутоподібного протягом років дослідження варіювала у межах від 213,5 до 395,4 шт./м.п., висота рослин (ВР) мала тенденцію до

збільшення – від 141,5 до 192,4 см.

Проведення кореляційно-регресійного аналізу дало змогу встановити зв'язки між умовами вегетаційного періоду та кількісними показниками рослин проса прутоподібного (табл. 1).

За 2013 та 2016 роки встановлена певна закономірність: густина стеблостою (кількість стебел) має обернений сильний зв'язок із середньодобовою температурою повітря за вегетаційний період (відповідно за роками: r -0,72 і -0,79), середній – із кількістю опадів (відповідно: r 0,34 і 0,39) та ГТК (r 0,41 і 0,38). Висота рослин мала обернений зв'язок із температурою (відповідно за роками: r -0,36 і -0,31), сумою опадів (r 0,37 і 0,35) та ГТК (r 0,37 і 0,41) за період вегетації культури.

В умовах 2014 і 2015 рр. спостерігалась інша залежність: густина стеблостою обумовлювалась як температурним фактором (відповідно за роками: r -0,69 і -0,71), так і кількістю опадів за вегетацію рослин (r 0,66 і 0,70), в меншій мірі – показником ГТК (r 0,57 і 0,61). На висоту рослин суттєвий вплив мала кількість опадів (відповідно за роками: r 0,81 і 0,70), в меншій мірі – сума температур (r 0,37 і 0,35) та ГТК (r -0,31 і -0,32).

1. Кореляційний зв'язок між погодними умовами вегетаційного періоду та елементами продуктивності (кількість стебел, висота рослин) проса прутоподібного, 2013–2016 рр.

Показники	2013 рік		Кореляційний зв'язок	2014 рік		Кореляційний зв'язок
	КС	ВР		КС	ВР	
СТ	-0,72	-0,36	сильний/середній	-0,69	-0,31	середній/середній
СО	0,34	0,37	середній/середній	0,66	0,81	сильний/сильний
ГТК	0,41	0,37	середній/середній	0,44	0,57	середній/середній
Показники	2015 рік		-	2016 рік		-
СТ	-0,71	-0,32	сильний/середній	-0,79	-0,31	сильний/середній
СО	0,75	0,70	сильний/сильний	0,39	0,35	середній/середній
ГТК	0,61	0,50	середній/середній	0,38	0,41	середній/середній

Примітка: зв'язок суттєвий на 5 % рівні значущості.

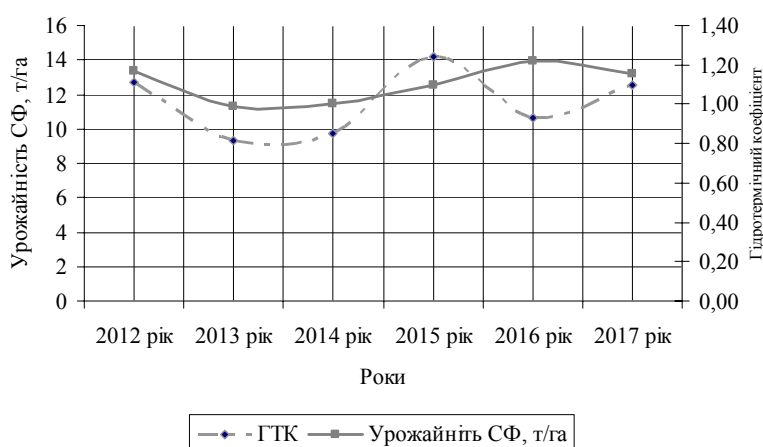


Рис. 2. Урожайність сухої фітомаси (СФ) та гідротермічний коефіцієнт (ГТК) вегетаційного періоду проса прутоподібного, 2013–2017 рр.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

2. Кореляційний зв'язок між погодними умовами вегетаційного періоду та урожайністю сухої фітомаси проса прутноподібного, 2013–2016 рр.

Показники	Веgetаційний рік				
	2013 рік	2014 рік	2015 рік	2016 рік	2017 рік
Середньодобова температура повітря, °С	-0,70	-0,72	-0,81	-0,77	-0,69
Сума опадів, мм	0,04	0,02	0,03	0,02	0,05
Гідротермічний коефіцієнт	0,31	0,34	0,64	0,61	0,37

Примітка: * – зв'язки суттєві на 5 % рівні значущості.

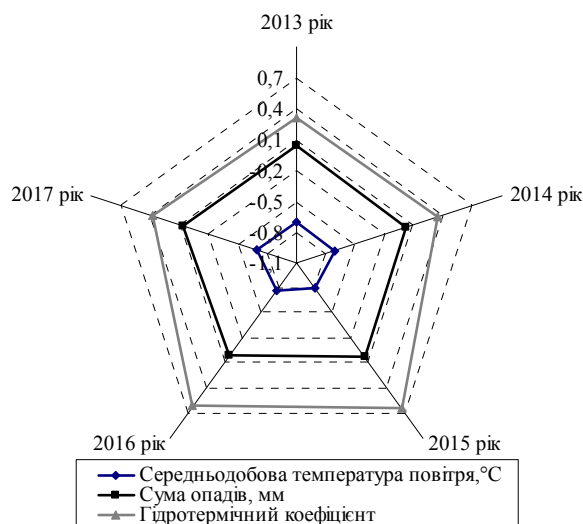


Рис. 3. Кореляційна плеяда залежності урожайності сухої фітомаси проса прутноподібного від погодних умов вегетації, 2013–2017 рр.

Примітка: * – зв'язки суттєві на 5 % рівні значущості.

Гідротермічний коефіцієнт, поряд з контрастними умовами вирощування, мав посередній вплив на динаміку урожайності сухої фітомаси проса прутноподібного в розрізі років дослідження (рис. 3).

За кореляційною залежністю встановлено, що збільшення урожайності сухої фітомаси проса прутноподібного в більшій мірі визначається кількістю стебел на одиницю площі – коефіцієнт кореляції сильний (r 0,78), ніж висотою рослин – коефіцієнт кореляції середній (r 0,39).

Урожайність сухої фітомаси проса прутноподібного мала середній зв'язок із ГТК і змінювалася у межах від 11,3 до 13,9 т/га (за НІР₀₅ 2,23 т/га). Найбільша урожайність культури зафіксована у 2015 і 2016 роках, найменша – у 2013 і 2014 роках.

За проведення кореляційно-регресійного аналізу було встановлено зв'язки між погодними умовами вегетаційного періоду та урожайністю сухої фітомаси проса прутноподібного (табл. 2, рис. 3).

Урожайність фітомаси проса прутноподібного обумовлюється середньодобовою температурою повітря та ГТК за вегетаційний період – на другий та п'ятий–шостий рік життя культури між цими показниками встановлений сильний та середній кореляційний зв'язок. Слабку кореляцію

між кількістю опадів за вегетацію і урожайністю проса прутноподібного відмічено в усі роки вегетації культури. Це свідчить про те, що врожайність сухої фітомаси проса прутноподібного в більшій мірі обумовлюється середньодобовою температурою повітря та ГТК, ніж сумою опадів за вегетаційний період.

Висновки:

1. Кількість стебел у проса прутноподібного протягом років дослідження варіювала у межах від 213,5 до 395,4 шт./м.п. і обумовлювалася середньодобовою температурою повітря, в меншій мірі – кількістю опадів та показником гідротермічного коефіцієнта за вегетаційний період.

2. Висота рослин змінювалася від 141,5 до 192,4 см., суттєвий вплив на цей показник мала кількість опадів (особливо у 2014 і 2015 роках), середній вплив мала сума температур та гідротермічний коефіцієнт.

3. Урожайність фітомаси проса прутноподібного обумовлюється густотою стеблостою і в значній мірі залежить від середньодобової температури повітря та гідротермічного коефіцієнта, менш суттєвий вплив має кількість опадів за вегетаційний період.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Боровиков В. П. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов / В. П. Боровиков. – СПб. : Питер, 2003. – 688 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Борис Алексеевич Доспехов. – М. : Колос, 1985. – 336 с.
3. Кудря С. О. Стан та перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні / С. О. Кудря // Вісник НАН України, 2015. – Вип. №12. – С. 25.
4. Кулик М. І. Урожайність фітомаси енергетичних культур залежно від умов вирощування та біометричних показників рослин / М. І. Кулик, О. О. Горб, М. А. Галицька // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва», 23–24 жовтня 2017 р. – Х. : ХНАУ, 2017. – С. 206–209.
5. Кулик М. І. Трансформація малопродуктивних почв в сільхозугодія з допомогою багаторічних культур / М. І. Кулик // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Продовольственная безопасность, импортозамещение и социально-экономические проблемы развития АПК» Сибирский НИИ экономики сельского хозяйства Центра агробиотехнологий, 9–10 июня 2016 г. – С. 530–533.
6. Кулик М. І. Формування продуктивності інтродукованого в центральній частині України *Panicum virgatum* L. (Просо лозоподібного) / М. І. Кулик, С. О. Юрченко // Зб. наук. праць «Фактори експериментальної еволюції організмів». – К. : Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М. І. Вавилова, 2014. – Т.14. – С. 160–164.
7. Курило В. Л. Біоенергетика в Україні: стан та перспективи розвитку / В. Л. Курило, М. В. Роїк, О. М. Ганженко // Біоенергетика. – 2013. – Вип. №1. – С. 5–10.
8. Методичні рекомендації з проведення основного та передпосівного обробітку ґрунту і сівби проса лозовидного / [Курило В. Л., Гументик М. Я., Гончарук Г. С. та ін.]. – К. : Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, 2012. – 26 с.
9. Рахметов Д. Б. *Panicum virgatum* L. – перспективний інтродуцент у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НААН України / Д. Б. Рахметов, О. М. Вергун, С. О. Рахметова // Інтродукція рослин. – Вип. 3 (63), 2014. – С. 4–12.
10. Роїк М. В. Методика проведення експертизи сортів проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) на відмінність, однорідність і стабільність: Код UPOV: PANIC_VIR / [М. В. Роїк, Д. Б. Рахметов, С. М. Гонтаренко та ін.]. – К., 2012. – УІЕСР. – 15 с.
11. Balasko J. A., Smith D. Influence of Temperature and Nitrogen Fertilization on the Growth and Composition of Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) and Timothy (*Phleum pratense* L.) at Anthesis (1971) / J. A. Balasko, D. Smith // *Agronomy Journal*. – Vol. 63, №6. – P. 853–857.
12. Bardgett R. D., Wardle D. A. (2010) Aboveground-Belowground Linkages: Biotic Interactions, Ecosystem Processes and Global Change / R. D. Bardgett, D. A. Wardle // *Oxford University Press (Series in Ecology and Evolution)*. – U.K. : Oxford. – 302 p.
13. Kakani V. G., Surabhi G. K., Reddy K. R. Photosynthesis and Fluorescence Responses of C4 Plant *Andropogon gerardii* Acclimated to Temperature and Carbon Dioxide (2008) / V. G. Kakani, G. K. Surabhi, K. R. Reddy // *Photosynthetica*. – Vol. 46, №3. – P. 420–430.
14. Kandel T. P. Response to temperature of upland and lowland cultivars of switchgrass (2005) / T. P. Kandel // *Tribhuvan University Nepal*. – P. 35–41.
15. Kulyk M. Methods of calculation productivity phytomass for switchgrass in Ukraine / M. Kulyk, W. Elbersen. – Poltava, 2012. – 10 p.
16. Modeling the impacts of temperature and precipitation changes on soil CO₂ fluxes from a Switchgrass stand recently converted from cropland (2016) / [Lai L., Kumar S., Chintala R., Owens V. N., Clay D., Schumacher J., Nizami A. S., Lee S. S., Rafique R.] // *J Environ Sci (China)*. – May. – №43. – P. 15–25.
17. Madakadze I. C. Base temperature for seedling growth and their correlation with chilling sensitivity for warm-season grasses (2003) / I. C. Madakadze, K. A. Stewart, R. M. Madakadze, D. L. Smith // *Crop Sci*. – №43. – P. 874–878.
18. Sanderson M. A., Wolf D. D. Morphological Development of Switchgrass in Diverse Environments (1995) / M. A. Sanderson, D. D. Wolf // *Agronomy Journal*. – Vol. 87. – №5. – P. 908–915.