

УДК 633.283:631.55

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.12>

РІВЕНЬ ВРОЖАЙНОСТІ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ ТА СТРОКУ ЗБИРАННЯ

Кулик М.І. – к.с.-г.н., доцент,

Полтавська державна аграрна академія

Сиплива Н.О. – к.б.н.,

Український інститут експертизи сортів рослин

У статті за результатами досліджень проведено облік кількісних показників рослин проса прутюподібного за сортами, визначено врожайність біомаси протягом 2010–2015 років на час закінчення осінньої до відновлення весняної вегетації рослин. Встановлено, що врожайність сортів проса прутюподібного осіннього збору врожаю буде найбільшою і змінюється в межах від 9,4 до 16,3 т/га, весняного – значно менше, варіює від 7,7 до 13,9 т/га. З-поміж сортів, що вивчаються, у середньому за роки дослідження найбільший рівень урожайності забезпечили сорти Форесбург (16,2 т/га), Картадж (16,3 т/га), Кейв-ін-рок (15,8 т/га). За весняного збору врожаю ці ж сорти забезпечили найбільшу врожайність біомаси, але з нижчими показниками порівняно з осіннім обліком. За результатами досліджень виокремлено сорти проса прутюподібного, які формують високу та стабільну врожайність біомаси за осіннього збору врожаю: Форесбург, Кейв-ін-рок і Картадж.

Ключові слова: урожайність, просо прутюподібне, сорт, строк збирання, суха маса.

Кулик М.І., Сипливая Н.А. Уровень урожайности проса прутьевидного в зависимости от сорта и срока уборки

В статье по результатам исследований проведен учет количественных показателей растений проса прутьевидного по сортам, определена урожайность в течение 2010–2015 годов на время окончания осенней до возобновления весенней вегетации растений. Установлено, что урожайность сортов проса прутьевидного осеннего сбора урожая будет самой большой и меняется в широких пределах – от 9,4 до 16,3 т/га, весеннего – значительно меньше, варьируется от 7,7 до 13,9 т/га. Среди изучаемых сортов в среднем за годы исследования наибольший уровень урожайности обеспечили сорта Форесбург (16,2 т/га), Картадж (16,3 т/га) и Кейв-ин-рок (15,8 т/га). При весеннем сроке сбора урожая эти же сорта обеспечили наибольшую урожайность биомассы, но с более низкими показателями по сравнению с осенним учетом. По результатам исследований выделены сорта проса прутьевидного, которые формируют высокую и стабильную урожайность по сухой массе при осеннем сборе урожая: Форесбург, Кейв-ин-рок и Картадж.

Ключевые слова: урожайность, просо прутьевидное, сорт, срок сбора, сухая масса.

Kulyk M.I., Sypliva N.A. Level productivity switchgrass depending on the sort and time harvesting

Based on the results of research counted accounting of quantitative indicator plants switchgrass and define yields in the 2010–2015 on the time ending of the autumn and recovery growth of plants. Defined, that yields of sorts switchgrass on the autumn of yield is the highest and changing within from 9,4 to 16,3 t/ha, on the period's spring is a lot of the lower and within from 7,7 to 13,9 t/ha. Years of the study of sorts to showed is the highest yields have the sorts Forresburg (16,2 t/ha), Carthage (16,3 t/ha), Cave-In-Rock (15,8 t/ha). This sorts got the highest yields of biomass during the spring period but they have the lower yields during the autumn period. Sorts: Forresburg, Cave-In-Rock, Carthage get high yields of dry mass during the autumn period.

Key words: productivity, switch grass, sort, dry substance, time harvesting, dry mass.

Постановка проблеми. Неспинний розвиток альтернативних джерел енергії у світі спонукає українських учених до вирішення проблеми залежності України від непоновлюваних джерел енергії на основі всебічного вивчення використання рослинного енергетичного ресурсу.

Як зазначає О.М. Бабина, комплексне вирішення проблеми залежності країни від імпортованих енергоресурсів і надалі залишається пріоритетним і актуальним для України. Також актуальне вивчення можливостей вирощування та застосування в сільському господарстві та в аграрному секторі загалом енергетичних культур як альтернативи традиційним видам палива. Україна має значний потенціал біомаси, до складу якої входять енергетичні культури, але який не до кінця вивчений, що спонукає до подальшого здійснення наукових досліджень у цій сфері. Водночас використання енергетичних культур зможе частково допомогти у вирішенні проблеми енергозалежності України, що має значний енергетичний потенціал біомаси, наявні трудові, матеріальні та земельні ресурси [1].

Для вирішення окресленої проблеми пропонується використання як енергосировини рослинного ресурсу енергетичних культур, які адаптовані до умов вирощування, здатні формувати потужний стеблостій за багаторічного культивування на маргінальних землях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Просо прутоподібне (світчграс) є універсальною енергетичною культурою, яку вирощують на маргінальних землях (несільськогосподарського призначення), що забезпечує: високу і стабільну врожайність енергоємної біомаси (до 17 МДж/кг), має фіторемедіаційні властивості – здатність до очищення ґрунтів від важких металів і залишків пестицидів, і, що не менш важливо, є CO_2 нейтральною рослиною [2–6].

Вибір сорту проса прутоподібного, з урахуванням його генетичного потенціалу, для вирощування як сировини для біопалива має велике значення для формування фітоценозу окремої місцевості, інтенсивності росту і розвитку рослин та їхньої стійкості до несприятливих чинників [7; 8].

S. Wullschleger та інші дослідники [9] розробили емпіричну модель виходу біомаси для світчграсу, використовуючи 39 польових випробувань, проведених у Сполучених Штатах Америки. Для визначення взаємозв'язку між врожайми біомаси, менеджментом і кліматичними чинниками, як-от опади, температура, азотне підживлення й екотип (низові та високогірні сорти), використовували нелінійну параметричну модель. Результати показали, що низинні сорти формували в 1,5 рази більше біомаси, ніж верхові сорти.

В умовах Східного Лісостепу України визначено, що найбільшу урожайність сухої маси на четвертий рік використання спостерігали в сорти: Alamo – 19,1 т/га; Kanlow – 16,6 т/га; Carthage – 15,6 т/га; Cave-in-Rock – 14,9 т/га. Відповідно на третій рік використання в сортів Cave-in-Rock – 16,8 т/га, Carthage – 14,2; Sanburst – 14,3; Kanlow – 13,7 т/га. Найменша врожайність спостерігалась у сорту Dacotach – 7,8 і 7 т/га відповідно. У решти сортів вона коливалася в межах 10,4–14,3 т/га [10].

Строк збирання біомаси проса прутоподібного має визначальний вплив на врожайність культури, що зумовлюється вмістом вологи у фітомасі, та забезпечує вихід сухої речовини на 1 га й енергоємність сировини [11–18].

На даний час не повною мірою вивчено вплив строків (осіннього або весняного) збирання фітомаси, вмісту сухої речовини в рослинах на рівень урожайності проса прутоподібного за сухою біомасою. Це і визначає актуальність та пріоритетність досліджень, висвітлених у даній роботі.

Матеріал і методика проведення досліджень. Дослідження проведено в умовах центральної частини Лісостепу України із залученням у схему експерименту інтродукованих сортів проса прутоподібного різного строку досягання: Канлов, Аламо, Кейв-ін-рок, Форесбург, Картадж, Шелтер, Дакота, Небраска, Санберст.

Вивчення об'єкта дослідження проводилися за схемою двофакторних багаторічних дослідів. Облікова площа ділянки становила 50 м², повторність – чотириразова, що відповідає вимогам проведення дослідів із польовими культурами. Розміщення ділянок у досліді було за системного чергування варіантів у повтореннях. Польові досліді закладалися і виконувалися з урахуванням усіх вимог методики дослідної справи [19; 20].

Дослідження передбачали сівбу сортів проса прутоподібного у 2008 р., проведення обліку кількісних показників рослин і визначення врожайності культури протягом 2010–2015 рр. на час закінчення осінньої або до відновлення весняної вегетації рослин.

Виклад основного матеріалу дослідження. Біомасу проса прутоподібного розпочинають збирати із третього року вегетації, тому наводимо детальний аналіз динаміки врожайності, розпочинаючи із 2010 р.

За результатами досліджень встановлено, що найбільшу врожайність за сухою масою на третій вегетаційний рік формували сорти проса прутоподібного Кейв-ін-рок, Картадж, Форесбург – більше 16 т/га, на високому рівні врожайність забезпечили сорти Небраска, Санберст (15,4 і 15,2 т/га), а найменшу – сорти Канлов і Аламо (12 і 12,2 т/га відповідно) (рис. 1).

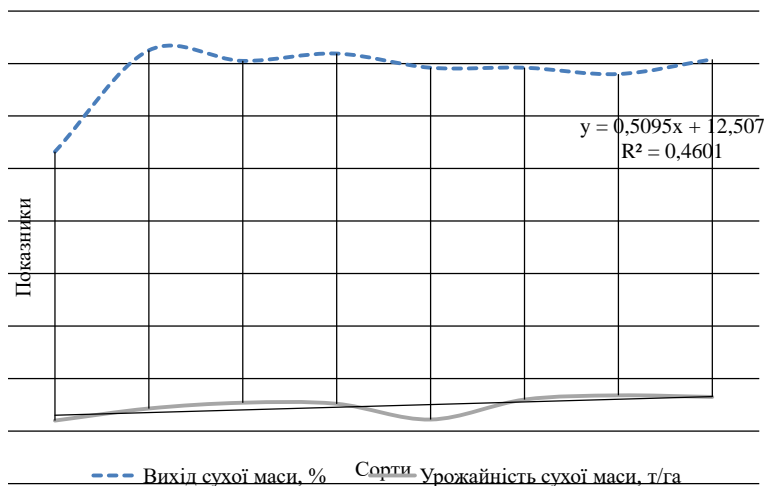


Рис. 1. Залежність між вмістом сухої речовини й урожайністю біомаси проса прутоподібного, у середньому за 2010–2012 рр.

На основі кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що урожайність сухої маси досліджуваних сортів свічграсу середньою мірою залежить від вмісту сухої речовини в біомасі та виражається рівнянням $y = 0,51x + 12,51$.

Вихід сухої маси в досліджуваних сортах проса прутоподібного на час закінчення четвертого року вегетації варіював у межах від 68,5% (сорт Картадж) до 86,7% (сорт Дакота), у сортів Канлов і Аламо – 78,3 і 82,2% відповідно, у сортів Форесбург і Кейв-ін-рок – 80 і 74,7% відповідно, у сортів Санберст і Небраска – 81,3 і 80% відповідно.

Вихід сухої маси мав вплив на урожайність проса прутоподібного четвертого року вегетації, який за сортами перебував у межах від 7,8 до 16,8 т/га. Най-

більша врожайність сухої маси була в сортів Форесбург (16,8 т/га) та Картадж (16,7 т/га), суттєво менша, але на високому рівні у сортів Кейв-ін-рок і Санберст – 14,2 і 14,3 т/га відповідно, а найменша в сорту Дакота – на рівні 7,8 т/га. Усі інші сорти, що вивчалися, мали проміжне значення за цим показником.

Визначено, що врожайність сухої маси досліджуваних сортів проса прутоподібного четвертого вегетаційного періоду середньою мірою залежить від вмісту сухої речовини в біомасі та виражається рівнянням $y = 0,96x + 8,97$ (рис. 2).

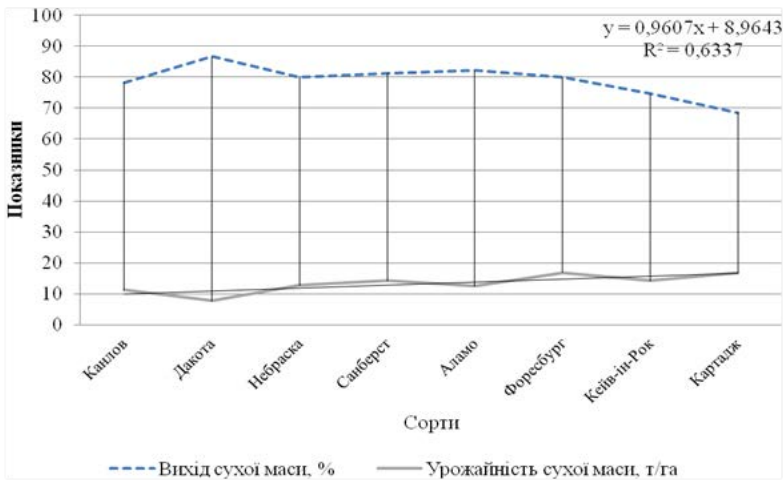


Рис. 2. Залежність між вмістом сухої речовини й урожайністю біомаси проса прутоподібного, у середньому за 2011–2013 рр.

Вихід сухої речовини залежно від сорту проса прутоподібного п'ятого року вегетації варіював у межах від 73,5 до 95,3%. Найбільший вміст сухої речовини зазначено в сорту Аламо, а найнижчий – у сорту Санберст. За врожайністю вологої маси сорти проса прутоподібного варіювали в межах від 8 до 20 т/га, урожайність сухої маси – від 7 до 16,4 т/га.

За врожайністю сухої маси рослин більше 15,5 т/га виокремилися сорти Форесбург, Кейв-ін-рок і Картадж, сорт Аламо в межах HP_{05} – 15,4 т/га. Найменшу врожайність формували сорти Канлов – на рівні 7 т/га, а сорти проса прутоподібного Небраска і Санберст забезпечили врожайність на рівні 12,8 і 12,5 т/га відповідно, сорт Дакота – 10,4 т/га.

Визначено, що врожайність сухої маси досліджуваних сортів проса прутоподібного п'ятого вегетаційного періоду має сильний кореляційний зв'язок із вмістом сухої речовини в біомасі та виражається рівнянням $y = 1,16x + 7,86$ (рис. 3).

Вихід сухої речовини залежно від сорту проса прутоподібного шостого року вегетації варіював у межах від 52,4 до 73,4%, а врожайність вологої маси – від 10,5 до 30 т/га, урожайність сухої маси – від 7,4 до 16,9 т/га. Найбільшу врожайність сухої маси забезпечили сорти Кейв-ін-рок, Картадж і Форесбург – 16,9, 16,1 і 15 т/га відповідно, найменшу – сорти Санберст і Канлов (10,7 і 7,4 т/га відповідно).

Встановлено, що врожайність сухої маси досліджуваних сортів проса прутоподібного шостого вегетаційного періоду мала сильний зв'язок із вмістом сухої речовини в біомасі та виражається рівнянням $y = 1,20x + 8$ (рис. 4).

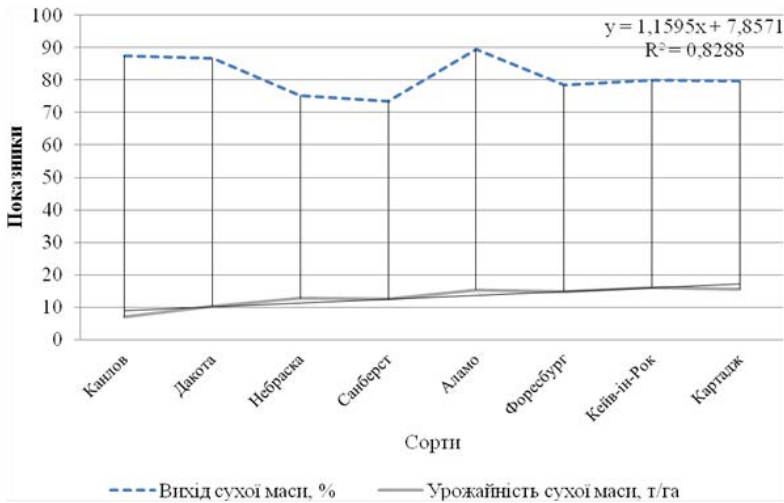


Рис. 3. Залежність між вмістом сухої речовини й урожайністю біомаси проса прутноподібного, у середньому за 2012–2014 рр.

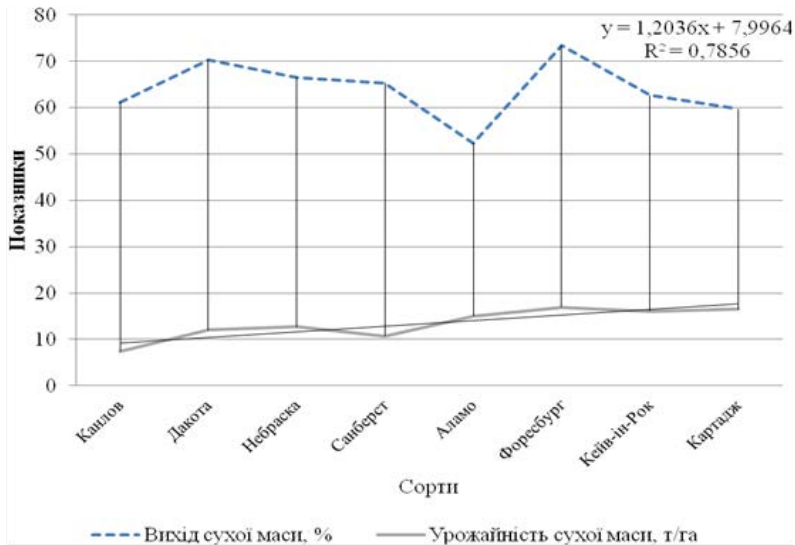


Рис. 4. Залежність між вмістом сухої речовини й урожайністю біомаси проса прутноподібного, у середньому за 2013–2015 рр.

Кореляція між висотою рослин і врожайністю сухої маси (осінній облік) у сортів проса прутноподібного за третій – шостий роки вегетації була середньою ($r = 0,54$). Виявлено сильну кореляцію між кількістю рослин і врожайністю біомаси ($r = 0,83$). Встановлено сильний зв'язок між вмістом сухої речовини та врожайністю сухої маси проса прутноподібного ($r = 0,78$). Отже, урожайність сортів проса прутноподібного (за сухою біомасою) осіннього збору залежить від висоти

рослин на 29% ($d = 29$), а також значною мірою від кількості рослин на площу – 55% ($d = 55$), на 61% – від вмісту сухої речовини в рослинах ($d = 61$).

За встановлення кореляційного зв'язку між висотою рослин та врожайністю сухої маси (весняний облік) у сортів проса прутіподібного в середньому за роки вегетації виявлено середню кореляцію ($r = 0,49$). Між кількістю рослин і врожайністю біомаси встановлено середню кореляцію ($r = 0,53$). Встановлено сильний зв'язок між вмістом сухої речовини та врожайністю сухої маси проса прутіподібного ($r = 0,82$). Отже, урожайність за сухою біомасою сортів проса прутіподібного весняного збору залежить від висоти (на 24%) та густоти стеблостою (на 28%), значною мірою зумовлюється вмістом сухої речовини в рослинах (на 67%).

На врожайність досліджуваних сортів проса прутіподібного, поруч із кількісними показниками рослин і сортовими властивостями, впливають і строки збирання біомаси. Встановлено, що врожайність сортів проса прутіподібного осіннього збору врожаю буде найбільшою і змінюється в межах від 9,4 до 16,3 т/га, весняного – значно менше, варіює від 7,7 до 13,9 т/га. З-поміж сортів, що вивчаються, у середньому за роки дослідження найбільший рівень урожайності забезпечили сорти Форесбург (16,2 т/га), Картадж (16,3 т/га) і Кейв-ін-рок (15,8 т/га). За весняного збору врожаю ці ж сорти забезпечили найбільшу врожайність біомаси, але з нижчими показниками, порівняно з осіннім обліком (рис. 5).

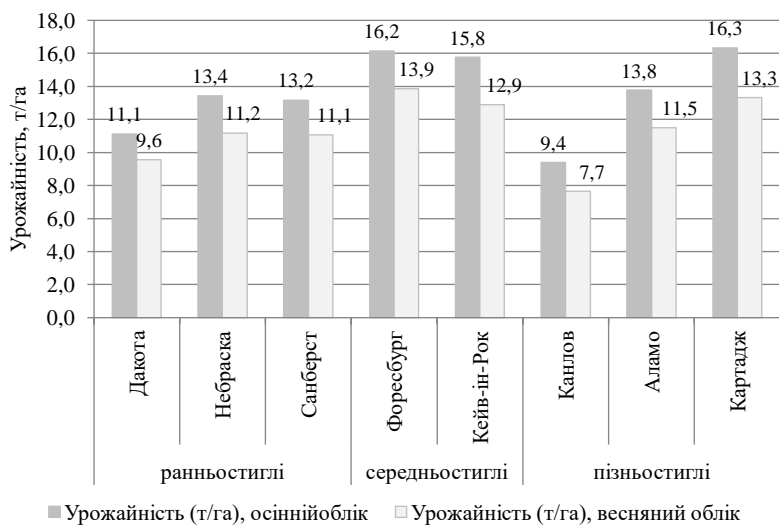


Рис. 5. Урожайність сортів проса прутіподібного на окультурених ґрунтах залежно від строків збирання, середнє за 2010–2015 рр.

У середньому за роки дослідження за весняного строку збирання біомаси порівняно з осіннім зазначено зменшення врожайності сортів проса прутіподібного за групами стиглості сортів: у ранньостиглих (Дакота, Санберст і Небраска) – на 1,6, 2,1 і 2,2 т/га відповідно, у середньостиглих (Форесбург і Кейв-ін-рок) – на 2,3 і 2,9 т/га, у пізньостиглих (Форесбург і Картадж) – на 2,3 і 3 т/га, у сортів Канлов і Аламо – на 1,8 і 2,3 т/га відповідно.

Порівняно з кількістю опадів, що випали протягом весняно-літнього вегетаційного періоду за роки дослідження, витрати води на формування 1 т сухої речовини

врожаю різних сортів проса прутоподібного різнилися. Так, сорти Дакота і Форесбург містили найменшу кількість води в одиниці продукції 10,1 і 9% відповідно, а пізні сорти Канлов і Аламо найбільше – 19,2 і 15,6% відповідно, вміст вологи в біомасі інших сортів перебував у межах від 11 до 12,5%.

Висновки і пропозиції:

1. За результатами досліджень виокремлено сорти проса прутоподібного, що протягом років дослідження формують високу та стабільну урожайність за сухою масою – Кейв-ін-рок (14,3–16,9 т/га) і Картадж (14,0–16 т/га).

2. Ранньостиглі сорти проса прутоподібного формують вміст сухої речовини на рівні 62,2–76,8% за осіннього обліку. За весняного збору врожаю вміст сухої речовини збільшується до 81,7–86,5% за одночасного суттєвого зниження врожайності за сухою біомасою.

3. Визначено, що у групі середньостиглих сортів проса прутоподібного біомаса, яка перезимувала на полі, має вміст сухої речовини на 9–11% більше (за середнього значення 81,7–85,8%), на противагу осіннім облікам – 70,7–76,8%.

4. Вміст сухої речовини в біомасі в пізньостиглих сортів проса прутоподібного, зібраної весною, більший на 11,7–19,2% і змінюється в межах від 62,2 до 70%, порівняно з осінніми обліками.

Для отримання стабільної врожайності сухої біомаси (більше 15 т/га) в умовах центрального Лісостепу необхідно вирощувати середньостиглі сорти проса прутоподібного та пізньостиглий сорт Картадж, а збір врожаю проводити в осінній період, після закінчення вегетації культури. Перспективи подальших досліджень полягатимуть у визначенні якості біомаси проса прутоподібного в розрізі сортів залежно від строку збирання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бабина О. Перспективи вирощування енергетичних культур як чинник впливу на розвиток економіки, біоенергетики та аграрного сектору України. *Економіка та управління національним господарством*. 2018. Вип. 31. С. 13–16.

2. Switchgrass Ukraine: overview of switchgrass research and guidelines / H. Elbersen et al. Wageningen : Wageningen UR. Food & Biobased Research. 2013. 26 p.

3. Кулик М. Аналіз комплексного впливу агрозаходів на урожайність проса прутоподібного в умовах центрального Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. Вип. 3 (90). С. 74–86.

4. Switchgrass as a sustainable bioenergy crop / M. Sanderson et al. *Bioresource Technology*. 1996. № 56. P. 83–93.

5. Фітормедіаційні аспекти використання енергетичних культур в умовах України / М. Кулик та ін. *Агрологія*. 2018. Вип. 27. № 4. С. 240–247.

6. Горб О., Галицька М., Кулик М. Збереження балансу парникових газів при вирощуванні енергетичних культур внаслідок непрямої зміни землекористування в умовах Лісостепу: Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії : колективна монографія / за ред. О. Горба, Т. Чайки, І. Яснолоб. Полтава : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. С. 216–226.

7. Nielsen E. Analysis of variation in *Panicum virgatum*. *Agric J.* 1944. Res. 69. P. 327–353.

8. Post-glacial evolution of *Panicum virgatum*: centers of diversity and gene pools revealed by SSR markers and cpDNA sequences / Z. Zhang et al. *Genetica*. 2011. № 139. P. 933–940.

9. Biomass production for the herbaceous bioenergy crop switchgrass: database description and determinants of yield / S. Wullschleger et al. *Agron J.* 2010. № 102. P. 1158–1168.

10. Філіпась Л., Горобець А., Мандровська С. Продуктивність різних сортів світчграсу. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 14. С. 359–361.
 11. Світчграс як нова фітоенергетична культура / О. Мороз та ін. *Цукрові буряки*. 2011. Вип. № 3 (81). С. 12–14.
 12. Кулик М. Вплив умов вирощування на врожайність фітомаси світчграсу (*Panicum virgatum* L.) другого року вегетації. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. Вип. № 2. С. 30–35.
 13. Lemus Rocky, Parrish David, Wolf Dale. Switchgrass Cultivar. Ecotype Selection and Management for Biofuels in the Upper Southeast USA. *Scientific World Journal*. 2014. V.
 14. Кулик М. Динаміка урожайності та енергетичний потенціал фітомаси проса прутоподібного за багаторічного циклу вирощування. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Агрономія і біологія». 2016. Вип. 2 (31). С. 115–119.
 15. Кулик М., Сиплива Н., Рожко І. Урожайність та ефективність виробництва біомаси енергетичних культур залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 104. С. 148–160.
 16. Курило В., Рахметов Д., Кулик М. Біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур родини тонконогових в умовах України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. Вип. 1 (88). С. 11–17.
 17. Рахметов Д., Вергун О., Рахметова С. *Panicum virgatum* L. – перспективний інтродуцент у Національному ботанічному саду ім. ім. М.М. Гришка НАН України. *Інтродукція рослин*. 2014. № 3. С. 3–14.
 18. Крайсвітній П., Рій О., Кулик М. Світчграс як енергоємна сировина для виробництва біопалива. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. Серія «Сільськогосподарські науки». 2012. Вип. 1 (57). С. 41–47.
 19. Основи наукових досліджень в агрономії / В. Єщенко та ін. Київ : Дія, 2005. 288 с.
 20. Кулик М., Рахметов Д., Курило В. Методика проведення польових та лабораторних досліджень з просом прутоподібним (*Panicum virgatum* L.). Полтава : РВВ ПДАА, 2017. 24 с.
-