

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ *PANICUM VIRGATUM* ЗА ЕКОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

НЕДІЛЬСЬКА У.І. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0001-7427-0087

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Постановка проблеми. Одним із пріоритетних національних інтересів у сфері енергетики є зменшення залежності національної економіки від негативного впливу проблем, що виникають у сфері діяльності паливно-енергетичного комплексу у зв'язку з дефіцитом власних енергетичних ресурсів і необхідністю їх зовнішніх поставок [3]. Більшість країн світу має такий, як в Україні, або навіть нижчий рівень енергетичної самозабезпеченості. Проблема України полягає у залежності енергетики від імпорту енергетичного палива (нафти, газу, ядерного палива), а також у низькій енергоефективності. Наша держава на 60 % залежить від імпорту енергоносіїв і тому пошук нових альтернативних джерел енергії на сьогодні стає досить актуальним. Зростання рівня паливно-енергетичної незалежності країни є однією із стратегічних цілей державної енергетичної політики України в найближчій перспективі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На тепер тривале використання природних ресурсів, в першу чергу нафти, газу, вугілля призвело до суттєвої вичерпності їх надр. Проблема використання альтернативних джерел енергії з відновлювальної сировини стає дедалі актуальнішою для сучасного суспільства у зв'язку з енергетичною кризою і екологічним станом, який погіршується [1; 7]. На думку науковців, для вирішення енергетичного питання доцільним був би перехід від вичерпних до відновлювальних джерел енергії, зокрема, використання біопалива. Енергетична стратегія України до 2030 року [5] передбачає динамічне зростання обсягів використання енергії біомаси в 2015 р. до 5 млн тон умовного палива (т у.п.), або це 2,5 % від загального енергоспоживання, а в 2030 році – до 20 млн т у. п., або до 10 %.

В сучасному світі гостро стоїть питання пошуку альтернативних джерел енергії. Новаторським вирішенням цього питання вважається використання енергетичних культур. Серед таких альтернатив чільне місце займають перспективні культури до яких сьогодні належить біоенергетичні культури: цукрове сорго, міскантус гігантський, енергетична верба, світчграс (просо прутоподібне) [4]. Світчграс (просо прутоподібне), який відноситься до фітоенергетичних культур, здатний формувати високу врожайність при багаторічному циклі вирощування. Цю думку підтримує колектив дослідників на чолі з М. В. Роїком [6], стверджуючи, що енергетичні культури завдяки можливостям є перспективними, економічно вигідними рослинами для вирощування на малопродуктивних землях.

Дану проблему можливо вирішити при створенні власних енергетичних плантацій високопродуктивних

культур з високою врожайністю біомаси із підвищеним вмістом целюлози та лігніну. Саме це і є причиною того, що Україна змушена шукати альтернативні джерела енергії. Для цього планується збільшення площ для вирощування енергетичних культур. Площі під вирощування енергокультур необхідно збільшувати з 130 тис. га в 2020 р., до 700 тис. га в 2030 р. і в перспективі довести до 3,5 млн га.

Використання енергетичних культур у виробничих масштабах на території України перебуває на стадії експериментальних досліджень. Сьогодні вкрай необхідна цілеспрямована робота із впровадження енергетичних рослин в Україні. Прогресивний досвід практичного використання відновлюваних джерел енергії описано в працях М. В. Роїка, Я. Б. Блюма, Г. Г. Гелетути, І. П. Григорюка, Ю. Б. Матвєєва, А. А. Долинського та інших. Потужним потенціалом у постачанні енергоносіїв виступає сільське господарство України і Європи [8].

Мета. Дослідження щодо вирощування енергетичних культур тривалий час відбувається і на експериментальних полях, які розташовані в південній частині Хмельницької області, південного теплого вологого району («Поділля»). Такі наукові розвідки здійснювались впродовж 2018–2020 років. Мета такої діяльності полягала у проведенні спостережень за особливостями росту, розвитку рослин світчграсу, його урожайності та якості сорту залежно від строків сівби насіння і розрахунку виходу твердого палива і енергії.

Матеріали та методика досліджень. Наукові експериментування виконано шляхом проведення польових і лабораторних дослідів і проводилися за загальноприйнятими науковими та спеціальними агрономічними методами [2]. Дослідження виконувались із сортом Кейв-ів-рок. У якого періодичність збирання сировини – щорічно, з другого року вегетації. Розміщення варіантів в досліді – послідовне. Дослід включав 2 фактори: фактор А – строки сівби: I строк (III декада квітня), II строк (I декада травня) і III строк (II декада травня); фактор В – глибина загортання насіння: 0,5-1,0; 1,0-1,5; 1,5-2,0 см.

Обліки, спостереження та аналізи в дослідженнях щорічно проводилися протягом періоду вегетації світчграсу. За період проведення дослідів виконували наступні аналізи, спостереження і обліки:

1. Фенологічні спостереження здійснювали у основні фази росту й розвитку рослин, відмічали основні їх фази росту. Початок фази фіксували, коли вона наступала в 10 % рослин і повну – у 75 % рослин.

2. Аналіз структури рослин проводили за пробними сніпами і кореневищами, які відбирали перед збиранням з двох несуміжних повторень у двох місцях ділянки,

за ознаками: висота рослини, кількість стебел, кількість листків, вага біомаси з рослини.

3. Урожайність сухої листково-стеблової маси визначали суцільним методом.

Результати досліджень. Просо прутоподібне (*Panicum virgatum*) належить до багаторічних злакових культур. Дослідниками встановлено, що строки сівби – важливий фактор успішного вирощування проса прутоподібного. Доведена ефективність як раннього, так і пізнього строку сівби культури.

Вегетаційний період визначався як період між датами переходу температури повітря через 5 °С навесні і восени. За циклами і тривалістю вегетаційний період співпадав з активною частиною вегетаційного циклу багаторічних рослин. Тепловий режим характеризувався сумою температур, де за її показником виражається потреба у теплі. Температура вище 5 °С характеризує кількість тепла, яку отримують рослини за весь період вегетації, що вплинуло на строки сівби світчграсу. На основі показників температури впродовж років проведених досліджень відмічено, що при температурі 14,5 °С, у квітні у 2018 році спостерігався сприятливий вплив на проростання насіння світчграсу.

У 2019 році температура квітня відзначена меншим значенням і складала 10,3 °С, а місяць квітень у 2020 році виявився ще прохолоднішим і температура становила 9,4 °С. Показники температури у травні 2018 року виявились найвищими і становили 17,9 °С, тоді як у 2019 році складала 15,2 °С і ще менше у 2020 році, коли було відмічено лише 12,6 °С. Середньо багаторічна сума активних температур вище 5 °С становить 2990 °С, вище 10 °С – 2660 °С.

Опади також відрізнялись за кількістю по роках. Найменшою була кількість опадів – 16 мм у квітні 2018 року, а в травні цього року – більше 31 мм, тоді як загальна кількість опадів склала 564 мм. У 2020 році в квітні кількість опадів становила 19 мм, тоді як у травні цей показник збільшився до 58 мм, а середньорічна кількість складала 496 мм. Більша кількість опадів – 52 мм у квітні спостерігалась у 2019 році, а у травні кількість опадів складала – 100 мм, тоді як річна кількість опадів була на рівні 403 мм.

Ґрунт дослідного поля – це чорнозем глибокий малоґумусний важкосуглинковий на лесовидних суглинках.

Дослідна ділянка має такі агрохімічні показники (в шарі ґрунту 30 см) вміст гумусу (за Тюріним) – 4,34%; рН – 6,8; азоту, що легко гідролізується (за Корнфільдом) – 124 мг/кг, рухомого фосфору (за Чіріковим) – 86 мг/кг, обмінного калію (за Чіріковим) – 167 мг/кг ґрунту.

Основним показником цінності культури є формування її потужної надземної маси. Протягом трьох років досліджень здійснювалось спостереження за показниками урожайності залежно від строків сівби і глибини загорання насіння. В цілому за всіма проаналізованими варіантами (табл. 1) найвищим значенням урожайності відзначено у другий строк за варіанту глибини загорання насіння на глибину 1,0-1,5 см., що склав 11,9 т/га. Дещо зменшеною урожайністю характеризувались випадки другого строку за глибини загорання насіння 1,5-2,0 см і складала 11,6 т/га. Це спостерігалось і при варіанті загорання насіння – 0,5-1,0 см.

Урожайність біомаси першого строку сівби в порівнянні з другим строком характеризувалась в загальному меншими значеннями. В першу чергу це зумовлено ще зниженими температурами на поверхні ґрунту. Варіант з найвищим значенням урожайності був відзначений за глибини загорання 1,0-1,5 см, при цьому урожайність складала 11,2 т/га. Інші варіанти загорання насіння першого строку сівби відзначились урожайністю меншою, яка склала при загоранні насіння 1,5-2,0 см і урожайність становила 10,9 т/га, а на варіанті загорання насіння 0,5-1,0 см урожайність складала 10,7 т/га.

Третій строк сівби культури серед попередньо проаналізованих варіантів виявився найменшим. При цьому варіант з глибиною загорання насіння 1,0-1,5 см становив 10,6 т/га, а урожайність варіанту з глибиною загорання насіння була дещо меншою і становила 10,3 т/га, а при глибині загорання насіння – 0,5-1,0 урожайність складала 10,1 т/га.

Оскільки культура багаторічна і відновлення вегетації проходило в наступні роки вегетаційного циклу вирощування де урожайність з кожним роком збільшувалась, про що свідчили отримані дані. Максимальним значенням урожайності відзначився 2020 рік.

За варіантами строків сівби найвищим показником урожайності виявився у другий строк сівби за варіантом глибини загорання насіння 1,0-1,5 см, що складала 16,1 т/га. За інших варіантів загорання насіння даного

Таблиця 1

Урожайність світчграсу залежно від строків сівби та глибини загорання насіння, т/га

Строк сівби	Глибина загорання, см	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Всього	Середня урожайність
I	0,5-1,0	6,1	11,2	14,8	32,1	10,7
	1,0-1,5	6,5	11,8	15,3	33,6	11,2
	1,5-2,0	6,3	11,5	15,1	32,9	10,9
II	0,5-1,0	6,4	12,1	15,4	33,9	11,3
	1,0-1,5	6,9	12,6	16,1	35,6	11,9
	1,5-2,0	6,6	12,4	15,8	34,8	11,6
III	0,5-1,0	5,8	10,2	14,4	30,4	10,1
	1,0-1,5	6,3	10,6	15,0	31,9	10,6
	1,5-2,0	6,0	10,4	14,7	31,1	10,3

HIP₀₅ A 0,1 B 0,13 AB 0,12

строку сівби відзначена урожайність дещо менша, що становила на варіанті загорання насіння 1,5-2,0 см – 15,8 т/га, тоді як за варіанту 0,5-1,0 см урожайність відмічена на рівні 15,4 т/га. Урожайність першого строку сівби у порівнянні з другим строком виявилася меншою. Тоді як за варіантами загорання насіння урожайність даного строку виявилася найвищою за варіанту (1,0-1,5 см), що складала 15,3 т/га. При варіанті загорання насіння 1,5-2,0 см першого строку сівби урожайність становила 15,1 т/га, тоді як при варіанті загорання насіння 0,5-1,0 урожайність світчграсу складала найменше – 14,8 т/га.

Урожайність 2020 року третього строку сівби у порівнянні з попередньо проаналізованими строками виявилася найменшою. Тоді як за варіантами загорання насіння урожайність була найвищою і склала 15,0 т/га при загоранні насіння 1,0-1,5 см. Інші варіанти загорання насіння даного третього строку сівби характеризувались урожайністю, яка була дещо меншою на варіанті 1,5-2,0 – 14,7 т/га, і ще менше на варіанті 0,5-1,0 см де урожайність виявилася ще меншою 14,4 т/га.

Урожайність світчграсу у 2019 році порівняно із 2020 роком виявилася меншою. Як свідчать отримані дані за варіантами сівби насіння відмічено найвищою урожайністю другий строк за глибини загорання насіння 1,0-1,5 см, де урожайність складала 12,6 т/га. Інші проаналізовані варіанти другого строку сівби склали урожайність дещо меншу, що проаналізовано за глибини загорання насіння 1,5-2,0 см урожайність 12,4 т/га, а за глибини загорання насіння 0,5-1,0 см урожайність другого строку складала найменше 12,1 т/га.

Впродовж років проведених досліджень урожайність 2018 року відмічена найменшою, що обумовлено морфобіологічними особливостями культури світчграсу. В розрізі варіантів строків сівби відмічений другий строк, який характеризувався найвищою урожайністю. Тоді як за варіанту глибини загорання насіння на 1,0-1,5 см відзначено максимальну врожайність, що складала 6,9 т/га. Урожайність даного строку сівби але за інших варіантів глибини загорання насіння 1,5-2,0 см – становила 6,6 т/га, тоді коли за глибини загорання 0,5-1,0 см урожайність становила 6,4 т/га. Урожайність для першого строку сівби у порівнянні з 2019 роком виявилася меншою, але при цьому найвищою становила 6,5 т/га за варіанту глибини загорання насіння 1-1,5 см.

Дещо меншою виявилася урожайність культури 6,3 т/га у першому строку сівби за глибини загорання насіння 1,5-2,0 см, ще меншою за перший строк урожайність складала 6,1 т/га за варіанту глибини загорання насіння 0,5-1,0 см. Третій строк сівби у 2018 році характеризувався найменшою урожайністю. Тоді як за варіантами глибини загорання насіння на 1,0-1,5 см урожайність складала 6,3 т/га. За інших варіантів глибини загорання насіння урожайність даного строку відзначена меншою, що складала на варіанті загорання насіння 1,5-2,0 см – 6,0 т/га і за варіанту 0,5-1,0 см – найменше 5,8 т/га.

Таким чином урожайність світчграсу виявилася найвищою у варіантах виконаних досліджень за другого строку сівби і глибини загорання насіння на 1,0-1,5 см. За роками помічено зростання урожайності що пояс-

нюється особливостями вирощування багаторічної культури.

Висновки. В результаті проведених досліджень було встановлено, що формування врожаю біомаси світчграсу тісно пов'язане з ростом та розвитком рослини, тому створення сприятливих умов для швидкого росту кореневої системи, надземної маси та листового апарату – головне завдання технологічних прийомів відповідно до строків сівби та глибини загорання насіння в умовах Ліссостепу західного, що дозволило зробити наступні висновки.

Максимальну урожайність біомаси світчграсу 35,6 т/га було отримано у другий строк сівби на глибину загорання насіння 1,0-1,5 см. У варіантах наступних строків сівби виявлено урожайність 33,6-31,9 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Блюм Я. Б., Григорюк І. П., Дмитрук К. В. Система використання біоресурсів у новітніх біотехнологіях отримання альтернативних палив. Київ, Аграр Медіа Груп, 2014. 360 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта : Изд. 5-е, перераб. И доп. М : Агропромиздат, 1986. 351 с.
3. Курило В. Л., Кулик М. І. Енергетичні культури для виробництва біопалива: довідник Полтава, 2017. 74 с.
4. Недільська У. І. Агроекологічне обґрунтування перспективи вирощування міскантусу. Аграрна наука та освіта в умовах Євроінтеграції: матеріали наук.-практ. конф. (Кам'янець-Подільський, 20-21 березня, 2018 р.). Тернопіль : Крок, 2018. – С. 116-117.
5. Про схвалення Енергетичної стратегії України до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України № 145-р. від 15.03.2006 р. <http://zakon2.rada.gov.ua>.
6. Роїк В. М., Курило В. Л., Ганженко О. М, Гументик М. Я. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні. *Цукрові буряки*. 2012. № 2-3. С. 6-8.
7. Шпаар Л., Драгер Д., Каленская С., Рахметов Д. Возобновляемые растительные ресурсы / под общ. ред. Д. Шпаар. Санкт-Петербург : Пушкин, 2006. Т. 1. 416 с.
8. Ivanyshyn V., Nedilska U., Khomina V., Klymysnena R., Hryhoriev V., Ovcaruk O., Hutsol T., Mudryk K., Jewiarz M., Wrobel M., Dziedzic K. Prospects of Growing Miscanthus as Alternative Source of Biofuel. *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation: ICORES 2017, 2018.* – С. 801–812. DOI 10.1007/978-3-319-72371-6_78.

REFERENCES:

1. Blyum, Ya. B., Grigoryuk, I. P., Dmitruk, K. V., Dubrovin, V. O., Yemec, A. I., Kaletnik, G. M., Melnichuk, M. D. ... Cigankov, S.P. (2014). *Systema vykorystannya bioresursiv i novitnikh biotekhnologiya otrymannya alternatyvnykh palyv [System of bioresources usage and modern biotechnology in production of alternatives fuels]*. Kyiv: Agrar Media Grup [in Ukrainian].
2. Dospekhov, B. A. (1986), *Metodyka polevoho opyta [The technique of field experience]*. Yzd. 5-e, pererab. y dop. M.: Ahropromyzzdat, 351 p.
3. Kulyk M. I. (2017). *Energetychni kultury: navchalnyj posibnyk [Energy Cultures: Tutorial]*. Poltava : «Astraya». [in Ukrainian]

4. Nedil'ska, U. (March 20-21, 2019). Ahroekolohichne obgruntuvannya perspektyvy vyroshchuvannya miskantusu [*Agricultural and ecological substantiation of the prospect of Miscanthus growing*. Paper presented at the meeting of PDATU, Kamianets-Podil'skiy]. Ternopil: Krok. [in Ukrainian]
5. Pro shvalennya Energetychnoyi strategiyi Ukrayiny do 2030 roku. Rozporyadzhennya Kabinetu Ministriv Ukrayiny № 145-r. vid 15032006 r [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://zakon2.rada.gov.ua>.
6. Royik, M. V., Kurylo, V. L., Hanzhenko, O. M., & Humentyk, M. Ya. (2012). Perspektvy rozvytku bioenerhetyky v Ukrayini [Prospects of the bioenergy development in Ukraine]. *Tsukrovi buryaky*, 2–3, 6–8. [in Ukrainian]
7. Shpaar, D., Draher, D., Kalenskaya, S. & Rakhmetov, D. (2006). *Vozobnovlyayemye rastitel'nye resursy [Renewable vegetation resources]*. Pushkyn. [in Russian]
8. Ivanyshyn, V., Nedil'ska, U., Khomina, V., Klymysnena, R., Hryhoriev, V., Ovcharuk, O., Hutsol, T., ... Dziedzic, K. (2018). *Prospects of Growing Miscanthus as Alternative Source of Biofuel*. In *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation: ICORES 2017*, pp. 801-812. DOI 10.1007/978-3-319-72371-6_78.

Недільська У.І. Формування продуктивності *Panicum virgatum* за екологічного підходу в умовах Лісостепу західного

У роботі встановлено закономірності залежності умов росту, розвитку та формування продуктивності світчграсу на підвищення урожайності за рахунок впливу екологічних і агротехнічних факторів: строків сівби і глибини загорання насіння в умовах Лісостепу західного на Поділлі. Наявність достатньої кількості вологи у ґрунті на період сівби виступає основним агроекологічним аспектом. Така особливість культури обумовлена підвищеною потребою до вологи. Світчграс є високорослою багаторічною трав'янистою рослиною з добре розвиненою кореневою системою. Біоенергетична культура розмножується насінням. Важливими факторами забезпечення необхідних умов вирощування культури є строки сівби, стан та посівні якості насіння, наявність вологи, температури і глибина загорання насіння. Для культури способом сівби є широкорядний посів з міжряддям 45 см. Такий спосіб сівби створює необхідний поживний і повітряно-водний режими ґрунту, та дозволяє вести догляд за рослинами в період вегетації. Насіння світчграсу починає проростати за температури не нижче 6-8 °С, але дружне проростання спостерігається при прогріванні ґрунту до 15-16 °С. Сходи витримують незначні заморозки до -2 °С, а за температури -3-5 °С здебільшого гинуть або сильно пошкоджуються.

Проаналізовано результати досліджень особливостей формування біометричних показників світчграсу залежно від застосування комплексу елементів технології – строків сівби і глибини загорання насіння. Встановлено, що наростання наземної маси рослин при формуванні урожайності 35,6 т/га було отримано за сівби у другий строк (I декада травня) на глибину загорання насіння 1,0–1,5 см. Інтенсивність наро-

стання наземної маси впливала на збільшення виходу твердого біопалива. Перевагою світчграсу над енергетичними плантаціями є те, що його збирають щороку. З одного поля світчграсу врожай можна збирати впродовж 15–20 років. Встановлено, що найбільший вихід біоенергетичної продуктивності багаторічної культури світчграсу сорту Кейв-ін-рок отримано з врахуванням ґрунтового-кліматичних факторів у другий строк сівби за глибини загорання насіння 1,0–1,5 см, що дозволяє ефективно використовувати вологу ґрунту і температуру під час сівби насіння біоенергетичної культури.

Ключові слова: світчграс, строки сівби, насіння, глибина загорання, урожайність.

Nedil'ska U.I. Formation of *Panicum virgatum* productivity under ecological approach in conditions of Western Forest steppe

The regularities of dependence of conditions of growth, development and formation of switchgrass productivity on increase of productivity at the expense of influence of ecological and agrotechnical factors are established: sowing terms and depth of wrapping of seeds in the conditions of the Forest-steppe of western Podillya. The presence of sufficient moisture in the soil during the sowing period is the main agri-environmental aspect. This feature of the culture is due to the increased need for moisture. Switchgrass is a tall perennial herbaceous plant with a well-developed root system. Bioenergy culture is propagated by seeds. Important factors in ensuring the necessary conditions for growing the crop are the timing of sowing, condition and sowing qualities of seeds, the presence of moisture, temperature and depth of seed wrapping. For culture, the method of sowing is wide-row sowing with a row spacing of 45 cm. This method of sowing creates the necessary nutrient and air-water regimes of the soil and allows you to care for plants during the growing season. Seeds of switchgrass begin to germinate at a temperature of not less than 6-8 °C, but friendly germination is observed when the soil warms up to 15-16 °C. Seedlings can withstand minor frosts up to -2 °C, and at a temperature of -3-5 °C mostly die or are severely damaged.

The results of researches of features of formation of biometric indicators of switchgrass depending on application of a complex of elements of technology – terms of sowing and depth of wrapping of seeds are analyzed. It was found that the increase in land mass of plants in the formation of yield 35,6 t/ha was obtained when sowing in the second term (first decade of May) to a depth of seed wrapping 1,0-1,5 cm Intensity of land mass increase affected the increase in yield solid biofuels. The advantage of switchgrass over energy plantations is that it is harvested annually. You can harvest from one field of switchgrass for 15-20 years. It is established that the highest yield of bioenergetic productivity of perennial culture of switchgrass of Cave-in-Rock variety was obtained taking into account soil and climatic factors in the second sowing period at seed wrapping depths 1,0-1,5 cm, which allows efficient use of soil moisture and temperature. time of sowing seeds of bioenergy culture.

Key words: switchgrass, sowing dates, seeds, wrapping depth, yield.