

УДК: 633.9:820.952

Недільська У. І.*к. с.-г. н, доцент*

*кафедра агрохімії, хімічних та загальнобіологічних дисциплін
Факультет агротехнологій та природокористування
Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: nedilska13@gmail.com*

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ТА ПОТЕНЦІАЛ УРОЖАЙНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

Анотація

Розглянуто питання агротехнічних та екологічних особливостей технології вирощування високпродуктивної енергетичної культури. Обґрунтовано необхідність вивчення та вирощування енергетичних культур. Наведено умови до строків садіння, якості виконання основних технологічних прийомів вирощування міскантусу гігантського. У результаті проведених спостережень і обрахунків проаналізовано особливості росту і розвитку рослин у першій і наступні роки вегетації та формування врожаю надземної маси (біомаси) міскантусу гігантського залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування. У роботі встановлено закономірності залежності умов росту, розвитку та формування продуктивності міскантусу за рахунок впливу агротехнічних факторів. Біометричні показники рослин міскантусу гігантського за висотою пагона складають максимальне значення 286,8 см на третій рік вирощування. Кількість пагонів у рослин першого року вирощування складала 8,2 шт, другого 14,9 шт, третього року – 18,8 шт. Кількість міжвузлів становила 15,8 шт. Кількість листків на стеблі нараховано 19,3 шт. з довжиною 110 см і шириною 2,5 см. Діаметр стебла у період вегетації становив 11,9 мм, тоді як наприкінці вегетації 13,8 мм. Максимальним значенням показника урожайності біомаси відзначений варіант дослідження третього року вегетації 18,4 т/га. Урожай фітосировини енергетичних культур доцільно використовувати для виробництва біопалив та отримання енергії. На основі отриманих результатів досліджень прийшли до висновку, що для забезпечення високої продуктивності рослин міскантусу гігантського, як сировини для виробництва біопалива сільгосптоваровиробникам Лісостепу Західного рекомендується використовувати енергетичну культуру як міскантус гігантський.

Ключові слова: енергетична культура, ботанічна характеристика, біологічні особливості, урожайність.

Вступ. У сучасному світі все більше уваги приділяється розвитку альтернативних відновлюваних джерел енергії, оскільки сировинні запаси викопних видів палива мають тенденцію до вичерпання, а ціна на них періодично зростає. Тому поновлювані джерела енергії представляють нині особливий інтерес не тільки з позиції їх використання, але також із точки зору економічної доцільності розвитку нових напрямків бізнесу.

Якщо раніше в агробізнесі можливо було займатися сільськогосподарським виробництвом, що передбачав випуск продукції здебільшого для продовольчих, технічних чи кормових цілей, то нині до нього долучився також і енергетичний напрямок. На нинішньому етапі визначено дослідження можливостей використання біоенергетичних культур в якості альтернативних джерел палива.

Енергетичні культури - це особливі рослини, які спеціально вирощують для використання в якості біопалива або подальшого виробництва енергії. До них відносять, зокрема, швидкоростучі дерева (плантації різних видів верби і тополі, павлонії) або інші види рослин (сорго, міскантус).

Світовий досвід переконує, що перспективною сировиною для виробництва біопалива є біоенергетичні рослини. Впровадження *Miscanthus* у культуру землеробства сприятиме не лише отриманню відновлюваної енергії з біомаси, а й поліпшенню екологічного стану агроландшафтів України [1]. Сьогодні збільшується інтерес до вирощування та впровадження високопродуктивних трав'янистих рослин, таких як види роду *Miscanthus* Anderss [2]. Перевагою енергетичних багаторічних культур є те, що їх можна вирощувати навіть на маргінальних ґрунтах.

Проблему виробництва біопалива можна вирішувати у кількох площинах: використання найефективніших джерел біопалива на основі рослинних ресурсів, удосконалення технологій перетворення сировини на біопаливо, а також економічного обґрунтування використання біопалива. Для організації широкомасштабного виробництва біопалива в Україні є всі передумови, але їх частка в енергетичному балансі залишається незначною. Як відмічає Г.Г. Гелетуга, Україна має великий потенціал біомаси, доступної для енергетичного використання [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На сьогодні вже визначено пріоритетні культури, які аналізують як джерело біопалива. Однак вибір ефективних сировинних ресурсів залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування має свою специфіку. Тут особливе місце займають трав'янисті енергетичні рослини серед них одне з перших місць займає інтродукована рослина міскантус або «слонова трава». Вона належить до відділу покритонасінних (*Angiospermales*), класу однодольні (*Monocotyledoneae*), ряду (*Glumiflorae*), родини злакові (*Gramineae*), роду (*Anderssons*), виду (*Miscanthus Giganteus*). Це гібрид міскантусу китайського (*M. Sinensis* Anderss., диплоїдний) та міскантус цукровіткового (*M. Sacchariflorus* (Maxim.) Benth., тетраплоїдний). В умовах помірного клімату на третій рік вирощування продуктивність міскантусу становить від 10 до 30 т/га сухої маси, теплотворна здатність – від 14 до 17 МДж/кг [4]. Його вперше випробували в Данії. Біомаса може збиратися щорічно. [5].

Мета. Зважаючи на актуальність, метою роботи було проведення аналізу нової культури – міскантусу гігантського, а також окреслення перспектив його використання як джерела високоякісної сировини для фітоенергетики в умовах Західного Лісостепу України.

Методологія дослідження. Польові дослідження проводили за загальноприйнятими науковими і спеціальними агрономічними методиками. Обліки, спостереження були проведені протягом періоду вегетації міскантусу гігантського із сортом Осінній зорецвіт. Фенологічні спостереження проводили фіксуючи дату початку появи фази у рослин 10% і повного настання у 75 % рослин.

Результати досліджень. Вирощування міскантусу, за удосконалення технологічних процесів для забезпечення біомаси, дасть змогу успішно впроваджувати у виробництво біопаливо з сировини рослинного походження. Урожайність енергетичних культур напряму залежить від кліматичних, ґрунтових і інших умов. В залежності від виду енергетичної культури процес вирощування має свої характерні особливості. Для умов України представляє інтерес вирощування міскантус гігантський, оскільки він є новою культурою вирощування і потребує інтродукції й дослідження у різних ґрунтово-кліматичних зонах. У Західному Лісостепі України значна частина ґрунтів є низькопродуктивними і деградованими, які підлягають рекультиватії. Для вирощування сільськогосподарських культур вони будуть малоприсадибними, але доцільними у вирощуванні біоенергетичних культур. Враховуючи невибагливість рослини до ґрунтових умов, її доцільно вирощувати на малопродуктивних ґрунтах, які непридатні для землеробства, надто кислих, заболочених чи забруднених, але при цьому вони можуть давати екологічно чисту сировину.

Міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*) – це багаторічна злакова рослина, для якої характерним є C_4 - фотосинтетичний шлях. На відміну від цукрової тростини, сорго, кукурудзи та інших рослин, міскантус може рости в прохолодному кліматі. Ця особливість дозволяє міскантусу реалізовувати свій потенціал продуктивності в більш північних кліматичних умовах, а його фітомаса є відмінною сировиною для виробництва біопалива та целюлози [6]. Можна відмітити, що у таких рослин у процесі фотосинтезу відбувається повна утилізація вуглекислого газу, тобто він не вивільняється у атмосферу, а знову використовується процесом.

Батьківщиною міскантусу є простори Японії, Маньчжурії, Кореї, Таїланду, східного узбережжя США. Після разової посадки культуру можна збирати щорічно на протязі 15 і більше років, а вегетація може тривати до 30 років. На початку V ст. н.е. міскантус вирощувався тільки в Китаї як протиерозійна культура. В Європу він потрапив в XVI ст., але вважався тільки як декоративна рослина.

Культура міскантусу морозостійка. В умовах України витримують температуру – 20 °C навіть без снігового покриву [7]. Найбільша пошкодженість рослин заморозками спостерігається в перший рік перезимівлі після посадки. Вимерзанню можуть піддатися до 90% рослин. Мульчування посадок міскантусу солом'яно зернових культур дозволяє підвищити рівень перезимівлі до 95%. Весняні заморозки призводять лише до незначної втрати врожаю завдяки високій регенераційній здатності рослин. У послідовні роки вирощування культури і використання плантацій рослина адаптується і добре переносить зимовий період. Починаючи з другого року вегетації міскантусу, стійкість рослин у зимовий період вища.

Міскантус належить до вологолюбних рослин. Рослини міскантусу за період вегетації потребують кількості опадів більше 500 мм, характеризуються швидким ростом і розвитком стебел та листків. Для виробництва сухої маси міскантусу необхідна річна кількість опадів на рівні 600–700 мм. Для початку росту листків необхідна мінімальна температура +5...+10°C. Сума добових температур в умовах Європейських країн та України є достатньою для отримання високих врожаїв біомаси [8, 9].

Міскантус має добре розвинуту кореневу систему (2,5 м в глибину), характеризується швидким ростом. Така коренева система сприяє використанню елементів живлення і води з ґрунту. Для вирощування підходять середньо-родючі ґрунти з низьким рівнем ґрунтових вод. Для вирощування міскантусу найбільш придатні дерново-підзолисті, дерново-глеєві, суглинисті, супіщані, а також деградовані низинні торф'яники з стійкою за роками на протязі вегетаційного періоду вологабезпеченістю. Не слід закладати плантації міскантусу на піщаних ґрунтах з низькою і нестійкою вологабезпеченістю, а також з високою забур'яненістю багаторічними кореневищами і коренепаростковими бур'янами. По вмісту рухомих елементів фосфору і калію можна використовувати ґрунти з низькою і середньою забезпеченістю.

Обробіток ґрунту потрібно спрямовувати на створення умов, які б забезпечили повні дружні сходи, добрий ріст і розвиток рослин впродовж усього вегетаційного періоду. Система обробітку ґрунту для інтенсивного накопичення вологи та поживних речовин передбачає дискове лущення з наступною глибокою оранкою та культивуацією. При закладці ділянок міскантусу після багаторічних трав і на запущених лугових угіддях для зниження старої рослинності застосовують гербіциди суцільної дії і проводять багаторазову обробку дернини дисковими боронами, фрезами або чизельними культиваторами. Обов'язковою технологічною операцією при обробці ґрунту для вирощування міскантусу є вирівнювання верхнього шару після будь-якого попередника.

Фосфорні, калійні і азотні добрива вносять на ґрунтах середнього рівня родючості весною під передпосівну культивуацію із розрахунку азоту, фосфору 40-60 кг/га і калію

100-120 кг/га д.р. На ґрунтах високого рівня родючості мінеральні добрива не вносять ні в основне живлення ґрунту, ні в підживлення після посадки міскантусу. На третій і послідуочі роки мінеральні добрива під міскантус не вносять. До цього часу опалі листки міскантусу накопичуються у вигляді підстилки, яка розкладається, виступає джерелом живлення, а потужна коренева система підсилює мінералізацію ґрунту і використовує важкодоступні форми поживних речовин із ґрунту.

Міскантус розмножується вегетативно оскільки є триплоїдом, має стерильний пилок і не утворює насіння. Найчастіше міскантус розмножується поділом кореневищ (ризомів), частинами (відрізками) кореневища 10-12 см, вагою 20-50 г, які мають не менше 5-6 бруньок. Для отримання такого посадкового матеріалу міскантусу потрібно маточне кореневище міскантусу гігантського другого чи третього року вегетації, коли воно знаходиться ще в стані спокою розділити на фрагменти, тобто на ризоми.

Посадку проводять рано навесні у вологий ґрунт. Не допускається посадка у пізні строки і в пересохлий ґрунт. У зв'язку з цим садіння необхідно здійснювати у першій декаді квітня, коли верхні шари ґрунту найбільш насичені вологою. Посадка міскантусу проводиться збереженими ризомами або свіжоприготовленими в день посадки. Густина посадки на 1 га в межах 20 тис посадкових одиниць (ризомів). Ширина міжрядь – 70 см. Відстань між рослинами в рядку – 70 см. Глибина садіння ризомів – 8-10 см.

В перший рік посадки після появи сходів міскантусу і чіткого вираження його рядка, а також появи сходів бур'янів, проводиться рихлення міжрядь і боротьба з бур'янами при ширині захисної зони 1-12 см з кожної сторони рядка. Через два-три тижні після першого рихлення міжрядь при появі бур'янів проводиться повторна обробка міжрядь за допомогою культиватора.

На другий рік після посадки на ґрунтах невисокого рівня родючості проводиться підживлення повним мінеральним добривом. Мінеральне удобрення вноситься рано навесні до проведення міжрядних обробітків. Після внесення добрив і появи сходів бур'янів обов'язково проводять одне рихлення міжрядь культиваторами при ширині захисної зони з кожної сторони рядка до 18 см. На третій рік після посадки рихлення міжрядь не проводять, так як рослини міскантусу до того часу займають ґрунтовий простір і міжряддя заростають його кореневищами, тому бур'яни не складають конкуренції.

За результатами наших досліджень серед енергетичних культур на значну увагу заслуговує міскантус, як джерело паливної енергетики. Ця високопродуктивна культура забезпечує великий вихід сухої речовини та енергії з надземної маси. Результати випробувань міскантусу гігантського дають підставу стверджувати, що він є високопластичною і високопродуктивною культурою.

Вивчено біологічні, екологічні, морфологічні особливості рослин та визначено урожайність вегетативної маси. Дослідженнями особливостей росту і розвитку рослин міскантусу гігантського встановлено, що рослинам умови Західного Лісостепу є сприятливими для їх вирощування. Це аналізує показник приживлення рослин, який становив 93%, а при садінні з використанням поливу за умов достатньої вологості ґрунту (65 %) він збільшився до 96 %. В умовах Лісостепу Західного сходи міскантусу гігантського з'являються на 30 день після садіння, яке проведено на початку квітня. Спочатку проростає один пагін, інколи два, які залежать від кількості пророслих одночасно бруньок ризому. Період від поодиноких до повних сходів триває 15 діб.

Для рослин вирощування у другий рік вегетації характерне інтенсивне їх відростання, що спостерігається у другій декаді квітня. Температурні умови у роки проведення дослідження, саме для місяця квітня виявилися особливими, що в цілому вплинуло на проростання і на наступний рік на відновлення вегетації багаторічної

рослини. За аналізом показників температури для місяця квітня, а саме у 2018 році були найвищими, що складало середнє місячне значення +14,5 °С. У 2019 році, коли середньомісячна температура у квітні була меншою і становила +10,2 °С, це вплинуло на відновлення вегетації рослин. У наступному році 2020 температура квітня відзначалась ще меншим показником +9,4 °С, що спричинила дещо пізніше відростання кореневищ.

Наступною фазою росту та розвитку є три листки, яка триває недовго. Рослини швидко утворюють нові метамери організму, що активізує фазу кушіння, або пагоноутворення у другій декаді червня. Дана фаза спостерігається у рослин впродовж тривалого часу вегетаційного періоду до пізньої осені. Для рослини ця фаза характеризується розвитком кореневища, що буде використовуватися, як посадковий повноцінний матеріал, а також значним нагромадженням поживних речовин і використанням їх під час перезимівлі.

Поява вузлів на стеблі, а також значне збільшення кількості листків характеризує фазу - вихід у трубку, яку можна спостерігати у другій декаді серпня. Згодом на рослині спостерігається викидання волоті у третю декаду вересня, а потім настає цвітіння. Під час росту і розвитку рослин міскантусу в умовах вирощування за переходу середньодобової температури повітря восени нижче 10 °С, яка під час спостережень настала у другій декаді жовтня, що спричинює усихання листово-стебельної маси. У рослин за таких умов призупиняються процеси росту та розвитку. Поживні речовини з листово-стебельної маси транспортуються до кореневища, де й нагромаджуються.

Основні морфологічні параметри міскантусу гігантського - висота рослин, кількість стебел та листків залежали від фази. Стебло є дуже міцним і відрізняється великою витривалістю до механічних пошкоджень, так як містить велику кількість лігніну і целюлози. У період інтенсивної вегетації, коли настає початок технічної стиглості, рослини досягають найбільшого розміру. При цьому висота рослин у фазу появи волоті досягала у перший рік вирощування до 115,8 см. На другий рік висота рослин збільшувалася і досягала значення на рівні 234,5 см. Згодом показник висоти рослин, вже на третій рік, став ще більшим і досяг значення 286,8 см, що в цілому впливає на формування урожайності культури і вихід біомаси для переробки.

Кількість пагонів була у перший рік 8,2 шт., тоді як на другий рік нараховано 14,9 шт. і на третій рік пагонів було вже 18,8 шт. Показник суттєво впливає на формування продуктивності культури. Кількість міжвузлів при цьому аналізі була 15,8 шт. Іншою морфологічною характеристикою пагонів, яка також впливає на формування продуктивності є кількість листків на стеблі, вона становила 19,3 шт. При цьому їх довжина сягала до 110 см, ширина листка була 2,5 см. Аналіз таких значень дає можливість проаналізувати фотосинтетичний потенціал насаджень культури. Діаметр стебла у період вегетації відзначався на рівні 11,9 см, але показник змінювався і наприкінці вегетації становив 13,8 см. Такий аналіз показників свідчить про швидке наростання вегетативної маси, як сировини для виробництва біопалива.

Урожай біомаси першого року не збирався, так як він в більшості складав 1-3 т/га. З 2-го року урожай збирається щорічно, оскільки може досягати до 10 т/га і більше, а на 3-й і в наступні складав 15-20 т/га.

Збирання проводять після того як рослини після завершення вегетації і настання морозів стають практично сухими (20-25% вологи), а ґрунт – замерзлий і є придатним для проходження важкої техніки. При цьому сніговий покрив незначний (до 2 см) або відсутній. Збирання проводять у суху і ясну погоду. При підвищеній вологості біомаси і наявності снігового покриву збирання сировини проводять навесні після її висихання і доброму проході техніки по полю в суху ясну погоду.

Збирання проводять прямим комбайнуванням, подрібнюючи біомасу в спеціальні

транспортні засоби і доставляючи її до місця складування і переробки. Для цього використовують кормозбиральні силосні комбайни, або інші наявні агрегати. Висота скошування не повинна перевищувати 10-12 см від ґрунту. Отримана маса може використовуватися безпосередньо для виробництва тепла, переробки в паливні брикети або гранули.

При дотриманні вимог і виконанні технологічних операцій вирощування міскантусу на енергоплантаціях забезпечується використання ділянок – 15-20 років і більше. Вирощування культури вигідне тільки у великих масштабах (для зниження собівартості) і при отриманні урожаю не менше 15 т/га. Дохід також може бути підвищений, якщо використовувати частину насаджень для наступного розмноження культури і продажу садивного матеріалу.

В результаті проведеного аналізу про перспективу вирощування міскантусу, слід зазначити, що це витривала рослина, яка росте 20 років і більше. Культура практично не вимагає витрат на обробіток ґрунту і після посадки не потребує догляду. Низькі експлуатаційні витрати вирощування відкривають широкі можливості використання цієї культури на території України і вона є цілком придатною для умов Лісостепу Західного. Одна тонна сухої маси міскантусу еквівалентна 400 кг сирової нафти.

Висновки і перспективи. Таким чином висока урожайність міскантусу можлива лише за ретельного дотримання всіх елементів технології вирощування, і в першу чергу – якісного посадкового матеріалу. На основі морфологічних показників формування вегетативної маси встановлено, що вона виступає сировиною для виробництва біопалива. Для рослин характерні великі ростові показники у період активної вегетації. *M. giganteus* відзначений найбільшим показником висоти рослин та довжиною листків, що свідчить про нагромадження біопотенціалу, як рослинної сировини для використання у біоенергетиці.

Список використаних джерел

1. Роїк М.В., Курило В.Л., Ганженко О.М., Гументик М.Я. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Цукрові буряки. 2012. №2-3. С. 6-8.
2. Блюм Я.Б., Григорюк І.П., Дмитрук К.В. та ін. Система використання біоресурсів у новітніх біотехнологіях отримання альтернативних палив. Київ: Аграр Медіа Груп, 2014. 360 с.
3. Гелетуга Г.Г., Железна Т.А., Жовмір М.М. та ін. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Промислова теплотехніка. 2010. Т. 32, № 6. С. 58-65.
4. Sorensen A. Hydrolysis of Miscanthus for bioethanol production using dilute acid presoaking combined with wet explosion pretreatment and enzymatic treatment. Bioresource Technology. 2008. Vol. 99, pp. 6602-6607.
5. Nalborczyk E., Rosliny alternatywne rolnictwa XXI wieku I perspektywy ich wykorzystania. Zeszyty Problemowe Nauk Rolniczych 1999. N 468, P. 174-30.
6. Міскантус. Світ рослин. 2011. [Електронний ресурс]. <http://svit-roslyn.com/bez-rubriki/miskantus/>
7. Рокитова О. Энергетические биотопливные культуры: мискантус – за и против. Международная биоэнергетика. 2010. Retrieved from: <http://www.infobio.ru/analytics/385.html>
8. Новітні технології біоенергоконверсії : монографія / Я. Б. Блюм, Г. Г. Гелетуха, І. П. Григорюк та ін. – Київ : Аграр Медіа Груп, 2010. 326 с.
9. Зинченко В., Яшин М. Энергия мискантуса. *ЛесПромИнформ*. 2011. № 6 (80). Retrieved from: <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/2409>.

Дата надходження статті до редакції: 02.03.2021
Рецензування 17.04.2021 Прийняття в друк: 28.06.2021

Nedilska U.I.

*Ph.D. (Agric.), Associate Professor
Department of Agriculture
State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: nedilska13@gmail.com*

FEATURES OF GROWING AND YIELD POTENTIAL OF ENERGY CULTURE

Abstract

The question of agrotechnical and ecological features of technology of cultivation of highly productive energy culture is considered. The necessity of studying and growing energy crops is substantiated. The conditions for planting dates, the quality of implementation of the main technological methods of growing giant miscanthus are given. As a result of observations and calculations, the peculiarities of plant growth and development in the first and subsequent years of vegetation and formation of the aboveground mass (biomass) of giant miscanthus depending on soil and climatic conditions of cultivation were analyzed. The regularities of the dependence of the conditions of growth, development and formation of miscanthus productivity due to the influence of agrotechnical factors are established in the work. Biometric indicators of giant miscanthus plants in terms of shoot height are the maximum value of 286.8 cm for the third year of cultivation. The number of shoots in plants of the first year of cultivation was 8.2 pieces, the second 14.9 pieces, the third year - 18.8 pieces. The number of internodes was 15.8 pieces. The number of leaves on the stem is 19.3 pieces. with a length of 110 cm and a width of 2.5 cm. The diameter of the stem during the growing season was 11.9 mm, while at the end of the growing season 13.8 mm. The maximum value of the biomass yield is the variant of the study of the third year of vegetation 18.4 t / ha. The harvest of phyto-raw materials of energy crops should be used for biofuel production and energy production. Based on the results of research, it was concluded that to ensure high productivity of Miscanthus giant plants as raw materials for biofuel production, agricultural producers of the Western Forest-Steppe are recommended to use energy crops as giant Miscanthus.

Keywords: *energy culture, botanical characteristics, biological features, yield.*

References

1. Royik, M.V., Kurylo, V.I., Hanzhenko, O.M., Humentyk, M.Y. (2012). Perspektivy rozvytku bioenerhetyky v Ukraini [Prospects of the bioenergy development in Ukraine]. Tsukrovi buryaky, 2-3, 6-8.
2. Blyum, Ya.B., Grigoryuk, I.P., Dmitruk, K.V., Dubrovin, V.O., Yemec, A.I., Kaletnik, G.M., Melnivhuk, M.D. ... Cigankov, S.P. (2014). Systema vykory of stannya bioresursiv i novitnikn biotekhnologiya otrymannya alternatyvnykh palyv [System of bioresources usage and modern biotechnology in production of alternatives fuels]. Kyiv: Agrar Media Grup.
3. Heletuha, H.H., Zhielezna, T.A., Zhovmir, M.M. ta in. (2010) Otsinka enerhetychnoho potentsialu biomasy v Ukraini. Promyslova teplotekhnika. T. 32, 6. 58-65.
4. Sorensen, A. (2008) Hydrolysis of Miscanthus for bioethanol production using dilute acid presoaking combined with wet explosion pretreatment and enzymatic treatment. Bioresource Technology, vol. 99, pp. 6602–6607.
5. Nalborczyk, E. (1999) Rosliny alternatywne rolnictwa XXI wieku i perspektywy ich wykorzystania. Zeszyty Problemowe Nauk Rolniczych. 468. 174-30
6. Miscanthus. World plants. (2011) [electronic resource]. Access: <http://svit-roslyn.com/bezrubriki/miskantus/>
7. Rokytova, O. (2010) Enerhetycheskye byotoplyvnyne kultury: myskantus – za y protyv. [Enerhy Biofuel crops: miscanthus – pro and contra]. Mezhdunarodnaya byoenerhetyka. Retrieved from <http://www.infobio.ru/analytics/385.html>
8. Novitni tekhnolohii bioenerhokonversii : monohrafiia (2010) Ya. B. Blium, H. H. Heletukha, I. P. Hryhoriuk ta in. – Kyiv : Ahrar Media Hrup. 326.
9. Zynchenko, V., & Yashyn, M. (2011). Enerhyia myskantusa [Energy of miscanthus]. *LesPromYnform*, 6. Retrieved from <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/2409>

Received 03/02/2021

Revision 04/17/2021 Accepted 06/28/2021