

УДК: 633.9:820.952

**Недільська У.І.***к. с.-г. н, доцент**кафедра агрохімії, хімічних та загальнобіологічних дисциплін**Подільський державний аграрно-технічний університет**Кам'янець-Подільський, Україна**E-mail : nedilska13@gmail.com*

## **РІСТ, РОЗВИТОК І ПРОДУКТИВНІСТЬ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО**

### **Анотація**

*Однією з перспективних культур для ґрунтово-кліматичної зони України, що вирощується, як сировина для переробляння у тверде біопаливо, є міскантус гігантський. Однак для промислового використання відсутня технологія його вирощування, яка адаптована для умов України. Одним з перспективних напрямків є дослідження умов підвищення продуктивності міскантусу гігантського на основі визначення особливостей росту і розвитку рослин, удосконалення елементів технології вирощування в умовах Лісостепу Західного.*

*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: густоти садіння і маси ризомів. Біометричні показники рослин міскантусу гігантського за висотою пагона на жовтень складають максимальне значення 159 см за густоти садіння 15 тис. шт./га з масою ризомів 41-70 г. Максимальним значенням показника урожайності біомаси відзначений варіант дослідження за густоти садінням 15 тис. шт./га з масою ризомів 41-70 г, що в середньому за роки аналізу встановлено 18,5 т/га. На основі отриманих результатів досліджень, для забезпечення високої продуктивності рослин міскантусу гігантського, як сировини для виробництва біопалива сільгосптоваровиробникам Лісостепу Західного рекомендується садіння за густоти 15 тис. шт./га з масою ризомів 41-70 г. Запропоновано удосконалену технологію вирощування міскантусу гігантського для виробництва біопалива.*

**Ключові слова:** енергетична рослина, морфобіологія, густина садіння, урожайність.

**Вступ.** У зв'язку з нестачею власних енергоресурсів для України важливим є створення власного відновлювального джерела енергії на основі вирощування рослинної біоенергетичної сировини на малопродуктивних та деградованих землях, які вилучені із сівозмін та не використовуються для вирощування сільськогосподарських культур. Проблема використання альтернативних джерел енергії з відновлюваної сировини стає дедалі актуальною для сучасного суспільства у зв'язку з енергетичною кризою і екологічним станом, який погіршується [1, 2]. Важливим завданням є збереження та збагачення різноманіття енергетичних рослин, оптимізація їх продукційного процесу фітоценотичними, інтродукційними, біотехнологічними, селекційними методами, розробка біотехнологічних та селекційногенетичних засад конструювання нових енергетичних культур і поліпшення існуючих для створення форм рослин із заданими продукційними параметрами [3].

В Україні попит на енергію з відновлюваних джерел з кожним роком зростає. Збільшується інтерес до вирощування та впровадження високопродуктивних трав'янистих рослин, таких як види роду *Miscanthus Anderss.*, *Sorghum saccharatum (L.) Moench*, *Panicum virgatum L.* [4].

До найперспективніших енергетичних рослин у світі належать представники роду *Miscanthus*, особливо міскантус гігантський (*Miscanthus × giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodk & Renvoize) [5]. Його вперше випробували в Данії. Це гібрид міскантусу китайського (*M. sinensis* Anders., диплоїдний) та міскантусу цукрокріткового (*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 [6]. Тривалість продуктивного вирощування міскантусу гігантського на одному місці – 15 років [7].

*Miscanthus* – культура морозостійка. В умовах України рослини витримуть температуру  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  навіть без снігового покриву [8]. Для нормального росту та розвитку їм необхідно близько 700 мм опадів на рік [9]. Однак для промислового використання відсутня технологія вирощування міскантусу гігантського, яка була б адаптована для умов України.

Тому актуальним є обґрунтування і впровадження у виробництво елементів технології вирощування міскантусу як сировини для виробництва біопалива.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Біоенергетична багаторічна культура має важливе наукове та народногосподарське значення. Рослина з  $C_4$ -схемою фотосинтезу має високу фотосинтетичну активність і здатність засвоювати азот та вуглець [10]. Нині міскантус застосовують у країнах Євросоюзу, США як джерело для отримання целюлози, біопалива (біоетанолу), тепло- та електроенергії. Розробкою програм для використання міскантусу як біопалива займаються вчені з університетів Іллінойсу, Міссісіпі, Мічигану, Міннесоти, Джорджії та Вісконсіну [11]. Широке впровадження *Miscanthus* у культуру землеробства сприятиме не лише отриманню відновлюваної енергії з біомаси, а й поліпшенню екологічного стану агроландшафтів України [12].

**Мета.** Метою дослідження є підвищити продуктивність міскантусу гігантського на основі визначення особливостей росту і розвитку рослин, удосконалення та обґрунтування елементів технології його вирощування для виробництва біопалива.

**Методологія дослідження.** Дослідження виконувались із сортом Осінній зорецьвіт міскантусу гігантського. Дослід включав 2 фактори: фактор А – густина садіння: 10 тис. шт./га; 15 тис. шт./га; 20 тис. шт./га; фактор В – маса ризомів: 10-40 г; 41-70 г; 71-100 г. Обліки, спостереження та аналізи в дослідженнях щорічно були проведені протягом періоду вегетації міскантусу гігантського. Фенологічні спостереження за ростом та розвитком рослин міскантусу проводили візуально, фіксуючи дату початку появи фази (у 10 % рослин на ділянці і масове її настання у 75 % рослин): одиноких і повних сходів, третього листочка, куціння, виходу в трубку, появи волоті, цвітіння. Біометричні показники були визначені шляхом замірювання рослин раз на місяць на всіх повтореннях: висоту головного пагона рослин заміряли мірною рейкою від поверхні ґрунту до верхівки самого довгого (витягнутого угору) листка, а у фазі цвітіння волотей – від поверхні ґрунту до вершини волоті.

**Результати.** У процесі росту і розвитку вегетативні органи рослини закладаються у вигляді бруньок ризом. При проростанні першим з'являється корінець, який направляє вертикально вглиб ґрунту, а потім проросток рослини, що виходить на поверхню ґрунту. Деякий час проросток використовує поживні речовини ризоми, а після появи сходів молоді рослини переходять на власне кореневе живлення, формують листки і за рахунок фотосинтезу утворюють органічні речовини, необхідні для їх росту і розвитку.

На початку вегетаційного періоду рослини формували вегетативну масу та додаткові корені, а починаючи з другої половини вегетації активно розросталися

кореневища. Молоді пагони у рослин міскантусу формуються з бруньок відновлення, які розміщуються на кореневищі. Весною бруньки розпускаються, пагін виходить із бруньки, подовжується і розпускаються листки. Подовження пагона досягається завдяки росту міжвузлів. Ріст міжвузлів здійснюється внаслідок новоутворених клітин, як правило, біля основи міжвузля. Ріст пагона в довжину відрізняється відповідною закономірністю: на початку спостереження незначний ріст пагона в довжину, потім швидкий ріст до максимального значення перед цвітінням, після чого настає постійне сповільнення росту і на кінець повне припинення вегетації пагона в довжину (табл. 1).

Як свідчать отримані результати біометричних показників, за варіантами досліджень спочатку відмічено висоту головного пагона. Фактором, який впливає на ріст і розвиток рослин міскантусу, є густина садіння ризомів, тому що вона впливає на площу живлення, водний режим, освітленість, а також розростання кореневої системи та стебел. Зважаючи на це, важливими елементами технології вирощування міскантусу потрібно вважати спосіб садіння ризомів і густоту стояння рослин, що зумовлено їх морфологічними особливостями.

**Таблиця 1. Динаміка висоти головного пагону рослин міскантусу залежно від густоти садіння та маси ризомів, см**

Густина садіння, тис. шт./га	Маса ризомів, г	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень
20	71-100	30	70	103	131	142
	41-70	35	72	108	139	149
	10-40	28	67	107	132	147
15	71-100	32	69	107	133	144
	41-70	37	74	114	144	159
	10-40	29	70	110	128	140
10	71-100	27	66	104	129	138
	41-70	34	73	107	130	137
	10-40	28	64	104	125	133

Необхідно врахувати те, що садіння ризомів здійснюється один раз на 15–20 років. Вплив густоти стояння рослин на кінцевий результат – урожайність, може проявитися деякою мірою, залежно від умов та прийомів технології вирощування.

Ріст і розвиток рослин у процесі вегетації відображають усю сукупність процесів взаємодії з факторами навколишнього середовища. Дослідження динаміки росту і розвитку рослин міскантусу в онтогенезі дає можливість розкрити найбільш важливі залежності процесу формування високої продуктивності цієї культури. Перший період росту і розвитку міскантусу характеризується тим, що молоді проростки живляться за рахунок пластичних речовин кореневища і лише після появи третього або четвертого листка рослина починає засвоювати поживні речовини з ґрунту. Тому створення у цей період сприятливих умов для росту й розвитку рослин із застосуванням тих чи інших технологічних прийомів відіграє важливе значення у формуванні високої врожайності міскантусу.

Після появи сходів починається активний ріст і розвиток як підземної, так і надземної маси. Рослини міскантусу в перший рік вегетації формують спершу більшу підземну масу, а потім – надземну.

Отримані результатами досліджень аналізують, що густина стояння рослин у першій половині першого року вегетації мало впливала на показники лінійного приросту пагона та висоти рослини в цілому. Так, у червні висота головного пагона за густоти стояння рослин 10 тис. шт./га становила 27 см, а за 15; 20 тис. шт./га – відповідно 28 та 29 см.

У другій половині вегетації, після формування значної вегетативної маси, між рослинами відбувається конкуренція, в результаті якої висота культури збільшувалася пропорційно густоті стояння. Так, у серпні висота головного пагона за густоти стояння рослин 10 тис. шт./га становила 107 см, а за 15, 20 тис. шт./га – відповідно 108 та 114 см. Обліки, проведені в жовтні характеризують висоту головного пагона за густоти стояння рослин 10 тис. шт./га на рівні 137 см, а за 15, 20 тис. шт./га – відповідно 144 та 149 см.

Таким чином, на кінець вегетації найбільша висота головного пагона була за густоти стояння рослин 15 тис. шт./га і сягала 159,9 см, а найменша – 137 см – густоти стояння 10 тис. шт./га.

У результаті аналізу даних показника висоти пагона можна відмітити, його ріст, як і рослини в цілому, являє собою властивість живої матерії, так як і обмін речовин або властивість розмножуватись. Ріст пагона може проходити лише за визначених умов зовнішнього середовища, зокрема, за відповідної температури, присутності кисню, що обумовлює процес дихання, і за наявності поживних речовин – білків, жирів та вуглеводів, що проникають у ростові частини пагона, головним чином, із зелених листків, які утворюють органічні речовини в процесі фотосинтезу, а також із запасів, які містяться у кореневищах.

У зв'язку з цим на початковому етапі росту й розвитку молодих рослин міскантусу гігантського є досить важливим запас поживних речовин у ризомах до того часу, доки рослина вкорениться і почне використовувати поживні елементи з ґрунту та за рахунок фотосинтезу. Тому не менш важливим фактором росту та розвитку рослин міскантусу є маса ризомів, адже в них нагромаджено необхідні поживні речовини та містяться сплячі бруньки, з яких пізніше утворюються пагони. Висота головного пагона за маси ризомів 10...40 г зі збільшенням густоти стояння рослин від 10 до 20 тис. шт./га збільшується від 133 до 147 см. За маси ризомів 41...70 г висота головного пагона за густоти стояння рослин 10 тис. шт./га в жовтні становила 137 см, а за 15, 20 тис. шт./га – відповідно 159 та 149 см. Незважаючи на те, що на окремих варіантах збільшення маси ризомів призводить до підвищення висоти головного пагона, в загальному по досліді висота головного пагона не залежить від маси ризомів і коливається в межах 133...159 см. Так, найбільшого значення вона сягає за маси ризомів 41...70 г і становить 159 см, а найменшого – (137 см) – за маси ризомів 10...40 г.

Дані дисперсійного аналізу свідчать, частка впливу густоти стояння складала 35,1...39,7% залежно від року вегетації та 10% (за трирічними даними) від загальної варіації ознаки. Це пов'язано з конкуренцією за світло, що спонукає рослини міскантусу зі збільшенням густоти стояння формувати вищий головний пагін. Дещо нижчим був вплив на висоту рослин маси ризомів – 12,7...17,9% та 5% відповідно. Взаємодія факторів становила 21,6...24,1% та 2% відповідно, що свідчить про можливість диференціювання густоти стояння рослин залежно від маси ризомів. Вплив фактора року на висоту рослин становив 76%, що пояснюється великою варіацією погодних умов. Частка впливу інших факторів складала 21,7...23,4% та 8% відповідно.

Продуктивність агрофітоценозу не завжди збігається з продуктивністю окремих рослин, які його створюють. Оскільки основним завданням вирощування міскантусу гігантського є досягнення високої врожайності з одиниці площі, важливо було простежити вплив факторів, що вивчали, на продуктивність як окремих рослин, так і агрофітоценозу в цілому.

Зі зменшенням густоти стояння рослин урожайність на початку вегетації зростає, а досягнувши максимального значення, починає знижуватись. Враховуючи той факт, що міскантус є багаторічною культурою і з кожним наступним роком розростається, тому за схемою дослідів передбачено лише варіанти густоти садіння ризомів, які найближчі до

оптимального значення за аналізом літературних джерел.

Урожайність сухої біомаси міскантусу з одиниці площі зростала зі збільшенням густоти стояння рослин. За густоти стояння рослин 10 тис. шт./га урожайність сухої маси в перший рік вегетації в середньому становила 12 т/га, а за густоти 15 тис. шт./га – 14 т/га (табл. 2). Така тенденція зберіглася у другий та третій роки вегетації. За густоти стояння рослин 10 тис. шт./га урожайність сухої маси з 1 га у другий та третій роки в середньому становила 16,4 т/га, а за густоти 20 тис. шт./га – 18 т/га.

**Таблиця 2. Урожайність рослин міскантусу залежно від густоти садіння та маси ризомів, т/га**

Густота садіння, тис. шт./га	Маса ризомів,	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Всього	Середня урожайність
20	71-100	13,4	18,1	20,1	51,6	17,2
	41-70	13,6	18,6	20,4	52,6	17,5
	10-40	13,1	17,7	19,7	50,5	16,8
15	71-100	14,2	19,1	21,5	54,8	18,2
	41-70	14,4	19,3	21,7	55,4	18,5
	10-40	14,1	18,4	20,8	53,3	17,8
10	71-100	12,5	17,1	19,2	48,8	16,3
	41-70	12,8	17,8	19,6	50,2	16,7
	10-40	12,1	16,8	18,9	47,8	15,9

2017 рік  $HIP_{0,05A} = 0,04$ ;  $HIP_{0,05B} = 0,04$ ;  $HIP_{0,05AB} = 0,09$ ;

2018 рік  $HIP_{0,05A} = 0,30$ ;  $HIP_{0,05B} = 0,30$ ;  $HIP_{0,05AB} = 0,48$ ;

2019 рік  $HIP_{0,05A} = 0,59$ ;  $HIP_{0,05B} = 0,59$ ;  $HIP_{0,05AB} = 1,16$ .

Слід відмітити, що з кожним наступним роком різниця між варіантами зменшувалася.

Одним із важливих факторів, який впливає на врожайність міскантусу, є маса ризомів, збільшення якої призводить до зростання врожайності рослин. Так, за маси ризомів 10...40 г урожайність сухої маси міскантусу становила в середньому в перший, другий та третій роки вегетації відповідно 12,1; 13,1 та 14,1 т/га, а за маси 71...100 г – 12,5; 13,4 та 14,2 т/га.

Підвищення врожайності біомаси міскантусу зумовлене збільшеною масою ризомів, які утворювали під час проростання більше пагонів. При переході ризомів на власне кореневе живлення і фотосинтез рослини краще поглинають сонячну радіацію, вологу та елементи живлення з ґрунту, що й обумовило підвищення продуктивності. Натомість ризоми з малою масою утворювали малостеблові куці з недостатньою вегетативною масою і витрачали енергію на утворення нових пагонів.

Так, за маси ризомів 40...70 г та густоти стояння рослин 15 тис. шт./га урожайність сухої маси з 1 га в середньому становила 18,5 т/га.

Отже, біологічні особливості міскантусу, потенціал його урожайності більше проявляються у дощові роки, що необхідно враховувати під час вирощування культури в різних ґрунтово-кліматичних зонах.

За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що визначальним фактором на продуктивність міскантусу першого року вегетації була маса ризомів – 36,2...51,1% залежно від року вегетації та 16,4% (за трирічними даними) від загальної варіації ознаки. Це пов'язано зі збільшенням поживних речовин і кількості потенційних бруньок, які можуть проростати з ризомів більшого розміру. Дещо менший вплив мала густота стояння рослин – 43,9...53,5% та 16,1% відповідно. Це є наслідком збільшення висоти пагонів на загущених схемах садіння. Частка впливу фактора року на врожайність біомаси міскантусу становила 68,7%, що пов'язано з погодними умовами.

Отже, вирощування міскантусу є перспективним напрямом розвитку біоенергетики. Але впровадження у виробництво цієї культури потребує більш

детального вивчення морфологічних та біологічних особливостей рослини.

**Висновки і перспективи.** 1. Встановлено закономірності залежності умов росту, розвитку та формування продуктивності міскантусу на формування продуктивності за рахунок впливу агротехнічних факторів: густоти садіння і маси ризомів.

2. Біометричні показники рослин міскантусу за висотою пагона на жовтень складають максимальне значення 159 см за густоти садіння 15 тис. шт./га з масою ризомів 41...70 г.

3. За показником урожайності біомаси відзначений варіант дослідження за густоти садіння 15 тис. шт./га з масою ризомів 41...70 г, що в середньому за роки аналізу встановлено 18,5 т/га.

4. Для забезпечення високої продуктивності рослин міскантусу гігантського, як сировини для виробництва біопалива сільгосптоваровиробникам Лісостепу Західного рекомендується схема за густоти садіння 15 тис. шт./га з масою ризомів 41...70 г.

#### Список використаних джерел

1. Шпаар Д., Драгер Д., Каленская С., Рахметов Д. Возобновляемые растительные ресурсы / под общ. ред. Д. Шпаар. Санкт-Петербург : Пушкин, 2006. Т. 1. 416 с.
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. Рахметов Д.Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні. Київ : Аграр Медіа Груп, 2011. 398 с.
4. Кульчицька-Жигайло Л. Потенціал використання біомаси в Україні. Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України м. Львів: підсумкова конференція 7 грудня 2009 р. URL: [http://cstei.lviv.ua/upload/pub/Energo/1259275461\\_62.pdf](http://cstei.lviv.ua/upload/pub/Energo/1259275461_62.pdf).
5. Ivanyshyn V., Nedilska U., Khomina V., Klymysnena R., Hryhoriev V., Ovcарuk 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.
6. 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.
7. 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. P. 6602-6607.
8. Рокитова О. Энергетические биотопливные культуры: мискантус – за и против. *Международная биоэнергетика*. 2010. URL: <http://www.infobio.ru/analytics/385.html>. (дата звернення 02.07.2019)
9. Зинченко В., Яшин М. Энергия мискантуса. *ЛесПромИнформ*. 2011. № 6 (80). URL: <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/2409> (дата звернення 09.07.2019)
10. Dondini M., Hastings A., Saiz G. et al. The potential of Miscanthus to sequester carbon in soils: comparing field measurements in Carlow, Ireland to model predictions. *Global Change Biology Bioenergy*. 2009. N 1–6. P. 413–425.
11. Heaton E. Giant Miscanthus for biomass production. *Biomass: miscanthus. AG201*. 2010. P. 1-2.
12. 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.

Дата надходження статті до редакції: 29.09.2019  
Рецензування 21.10.2019 Прийняття в друк: 21.12.2019

**Nedilska U.I.**

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

**GROWTH, DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF GIANT  
MISCANTHUS**

**Abstract**

*Miscanthus giant is one of the perspective crops for the soil and climatic zone of Ukraine, which is grown as raw material for processing into solid biofuels. However, for industrial use there is no cultivation technology adapted to the conditions of Ukraine. One of the promising directions is to study the conditions of giant miscanthus productivity increasing on the basis of determining the features of plant growth and development, improving the elements of cultivation technology in the conditions of the Western Forest Steppe. As a result of the observations and calculations, the peculiarities of plant growth and development in the first and subsequent years of vegetation and the formation of the above ground mass (biomass) of giant miscanthus were analyzed, depending on the soil and climatic conditions of cultivation. The regularities of growth conditions dependens, development and formation of miscanthus productivity due to influence of agrotechnical factors of planting density and mass of rhizomes are established in the study. Biometric indices of giant miscanthus plants in sprout height for October make a maximum value of 159 cm for planting density of 15 thousand plants / ha with mass of rhizomes 41-70 g. The maximum value of the biomass yield indicator was noted for planting density study of 15,000 units / ha with rhizomes of 41-70 g, which averaged 18.5 tons / ha during the years of analysis.*

*Based on the results of the research, for providing a high productivity of miscanthus giant plants as raw material for Western Forest-Steppe biofuel production, the planting density of 15 thousand plants / ha with rhizomes 41-70 g is recommended. Improved technology for the cultivation of giant miscanthus for biofuel production is proposed.*

**Keywords:** energetic plant, morphobiology, planting density, yield.

**References**

1. Shpaar, D., Draher, D., Kalenskaya, S. & Rakhmetov, D. (2006). *Vozobnovlyayemye rastytel'nye resursy [Renewable vegetation resources]*. Pushkyn. [in Russian]
2. 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]
3. Rakhmetov, D.B. (2011). *Teoretychni ta prykladni aspekty introduktsiyi roslyn v Ukraini [Theoretical and practical aspects of plant introduction in Ukraine]*. Kyiv: Ahrar Media Crup [in Ukrainian]
4. Kul'chyts'ka-Zhyhaylo, L. (December 7 2009). *Potentsial vykorystannya biomasy v Ukraini [The potential use of biomass in Ukraine]*. Paper presented at the meeting of Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv]. Retrieved from [http://cstei.lviv.ua/upload/pub/Energo/1259275461\\_62.pdf](http://cstei.lviv.ua/upload/pub/Energo/1259275461_62.pdf).
5. Ivanyshyn, V., Nedilska, U., Khomina, V., Klymysnena, R., Hryhoriev, V., Ovcharuk, O., Hutsol, T., ... Dziedzic, K. (2018). *Prospects of Growing Miscantus 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.
6. Nedilska, 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-Podilskyi]. Ternopil: Krok. [in Ukrainian]
7. 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.

8. Rokytova, O. (2010). Enerheticheskiye byotoplyvnye kul'tury: myskantus – za y protyv [Energy Biofuel crops: miscanthus – pro and contra]. *Mezhdunarodnaya byoenerhetyka*. Retrieved from <http://www.infobio.ru/analytics/385.html> [in Russian]
9. Zynchenko, V., & Yashyn, M. (2011). Enerhyya myskantusa [Energy of miscanthus]. *LesPromYnform*, 6. Retrieved from <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/2409> [in Ukrainian]
10. Dondini, M., Hastings, A., Saiz, G., Jones, M. & Smith, P. (2009). The potential of Miscanthus to sequester carbon in soils: comparing field measurements in Carlow, Ireland to model predictions. *Global Change Biology Bioenergy*, 1–6, 413–425.
11. Heaton, E. (2010). Giant Miscanthus for Biomass Production. Biomass: miscanthus. AG201, pp. 1–2.
12. Royik, M.V., Kurylo, V.L., Hanzhenko, O.M., & Humentyk, M.Ya. (2012). Perspektyvy rozvytku bioenerhetyky v Ukrayini [Prospects of the bioenergy development in Ukraine]. *Tsukrovi buryaky*, 2–3, 6–8. [in Ukrainian]

*Received 09/29/2019*

*Revision 10/21/2019 Accepted November 12/21/2019*