

**ТЕРМІЧНИЙ АНАЛІЗ БІОМАСИ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО
(*Panicum virgatum* L.) ЗАПРИ ВИРОЩУВАННЯ НА
РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЛЯХ**

М.М. ХАРИТОНОВ, доктор сільськогосподарських наук, професор,
керівник центру природного агровиробництва

М.Г. БАБЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук керівник
Покровського стаціонару рекультивації земель

**Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м.
Дніпро,**

Н.В. МАРТИНОВА, кандидат біологічних наук завідувач лабораторії
природної флори ботанічного саду

Дніпровський національний університет ім. О. Гончара, м. Дніпро

І.В. РУЛА, старший викладач кафедри хімії

**Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м.
Дніпро**

E-mail: kharytonov.m.m@dsau.dp.ua

Анотація Такі технології термохімічного перетворення, як піроліз і газифікація, є ефективними способами конверсії біомаси в паливо. Для дослідження процесів, що відбуваються під час спалювання біомаси та вивчення впливу різних факторів на ефективність його термічного розкладання було застосовано термогравіметричний аналіз. Було досліджено особливості термічної деструкції біомаси проса прутopodobного (*Panicum virgatum* L.), вирощеного на різних варіаціях фітомеліорованих гірничих порід, а також впливу підживлюваних добавок на її термічні характеристики. Виявлено, що термоліз рослин, що зростали на фітомеліорованій суміші лесоподібного суглинку та червоно-бурої глини відбувається у три етапи в межах від 300С до 5800С. Підживлення призводить до збільшення реактивності біомаси при термічному розкладі геміцелюлози та целюлози. Найкращий ефект отриманий від застосування осаду стічних вод та мінерального добрива. Термічна деструкція біомаси рослин проса, що зростали на темно-сірій сланцевій глині, дещо відрізняється від аналогічних процесів у рослин на фітомеліорованій суміші. На шарі 0-20 см вона була більш тривалою, а на шарі 20-40 см – більш короткою. На другому етапі в зразках з пласту 40-60 см чітко простежується два пика деструкції геміцелюлози та целюлози, тоді як в інших випадках розкладання целюлози починається раніше, тому на кривих DTG у даній області спостерігається тільки один пик. Взагалі термоліз ефективніше перебігає у рослин, що зростали на шарах, взятих з більшої глибини.

Ключові слова: *Panicum virgatum*, рекультивовані землі, біомаса,

термічна деградація

Актуальність. Неухильне скорочення запасів корисних копалин та зростаючі екологічні проблеми призводять до необхідності виробництва екологічно чистих біопалив та хімічних речовин з поновлюваних ресурсів, таких як деревні та трав'янисті енергетичні рослини [1, с.742–749; 2, с.578–597]. Технології термохімічного перетворення, такі як піроліз і газифікація, розглядаються як ефективні способи конверсії біомаси в паливо, оскільки ці технології можуть використовувати найрізноманітніші джерела біомаси і отримувати високоенергетичні продукти [3, с.460–467; 4, с.298–307]. Розуміння термічних реакцій при розкладанні біомаси має важливе значення для проектування термохімічних установок і моделювання процесів піролізу і газифікації для прогнозування виходів і властивостей одержуваних продуктів. Тому дослідження процесів, що відбуваються під час спалювання біомаси та вивчення впливу різних факторів на ефективність термічного розкладання є актуальною задачею. Для її вирішення найбільш часто використовують термогравіметричний аналіз (TGA).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Перспективною культурою для отримання сировини для потреб біоенергетики є просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.). Це багаторічний злак, що широко поширений у центральних та східних регіонах Сполучених Штатів Америки. Рослина утворює щільні дернини з прямостоячих пагонів висотою від 100 до 270 см. Коренева система може сягати глибини до 3м. Просо має C_4 тип фотосинтезу. Це дозволяє під час вегетації використовувати меншу кількість води та поживних речовин і бути більш ефективним у виробництві біомаси порівняно з травами, що мають C_3 тип фотосинтезу. Енергетичний потенціал цієї рослини зараз активно вивчається [5, с.423–459; 6, с.12–14]. Є також дані про доцільність вирощування даної культури на малопродуктивних рекультивованих землях [7, с.80–90]. Важливим якісним показником біомаси проса прутоподібного для перетворення у біопаливо є його термічні характеристики. Процес піролізу є складним, проходить через низку реакцій та залежить від багатьох факторів. Генетична складова, хімічний склад, наявність інших речовин, у тому числі екстрактивних речовин, можуть впливати на температурні режими деградації основних компонентів біомаси [8, с.55–64].

Мета дослідження. Метою дослідження було вивчення процесу термічної деструкції біомаси проса прутоподібного, вирощеного на різних видах фітомеліорованих гірничих порід, а також впливу підживлюваних добавок на термічні характеристики цієї біомаси.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження було проведено на Покровському стаціонарі рекультивації земель Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Було закладено два варіанти експерименту: польовий та модельний. У польовому варіанті рослини зростали на дослідних ділянках із сумішшю гірських порід (лесоподібного суглинку та червоно-бурої глини), що пройшла через тривалу стадію

фітомеліорації. Концентрація гумусу в субстраті не перевищує 1,5%. Співвідношення гумінових та фульвокислот знаходиться в межах 0,2-0,5, що свідчить про слабкий рівень гумусонакопичення та активну деструкцію мінеральної частини ґрунту. Для визначення ефекту внесення різних підживлювальних добавок на термічні характеристики проса було використано п'ять варіантів підживлення: мінеральне добриво із балансом поживних речовин N₆₀:P₆₀:K₆₀ кг/га, зола лушпиння соняшнику та осад стічних вод (ОСВ) в кількості 10 т/га, суміш золи з осадам стічних вод в кількості 10 т/га, подвійна доза осаду стічних вод (20 т/га). Усі добрива вносилися одноразово навесні в сухому вигляді із закладенням у ґрунт.

У модельному експерименті рослини вирощувалися у лізиметрах з геохімічно-активною темно-сірою сланцевою глиною (ТСГ). Глина була взята з ділянки, що знаходиться на стадії природного заростання протягом чотирьох десятиріч. Необхідна кількість субстрату була відібрана у трьох пластах: 0–20 см, 20–40 см та 40–60 см, та засипана у лізиметричні посудини шаром 60 см. Підстильним субстратом був пісок. Темно-сіра сланцева глина містить до 1% піриту. В результаті його окислення у присутності води утворюються закисна форма заліза та сірчана кислота, які підкислюють ґрунтовий розчин та шкідливо впливають на ріст і розвиток рослин. Не менш шкідливою є окис сірки, що утримується під час окислення піриту без доступу води. Ці хімічні процеси супроводжуються виділенням тепла, що, в свою чергу, обумовлює сухість породи та її бідність органічною речовиною (вміст гумусу 0,8–0,9%). Значення рН у різних пластах варіюють від 6,4 (пласт 40–60 см) до 7,4 (пласт 0–20 см). Нижні шари є більш засоленими. Показники електропровідності знаходяться в межах від 182 мСм/см (пласт 0–20 см) до 1523 мСм/см (пласт 40–60 см). Це свідчить про те, що ТСГ в зоні аерації досі перебуває під впливом окисно-відновлювальних процесів.

Термічний аналіз біомаси проса був проведений на дериватографі Q – 1500D системи "F. Paulik – J. Paulik – L. Erdey" з реєстрацією аналітичного сигналу втрачання маси та теплових ефектів на папері самописця. Обробка даних проведена за допомогою пакету комп'ютерних програм, що постачаються разом з даним обладнанням. Зразки біомаси аналізували у динамічному режимі зі швидкістю нагріву 10°C/мін. В повітряній атмосфері. Маса проб – 100 мг. Еталонною речовиною був оксид алюмінію.

Результати дослідження та їх обговорення. Варіації у компонентному складі рослинної біомаси визначають особливості термічної поведінки, але, як правило, термічна деструкція здійснюється у три етапи: на першому випаровуються леткі речовини, на другому розкладаються основні компоненти та утворюється вугілля, а на останньому завершується розпад лігніну та відбувається окиснення вугілля, що утворилося на попередній стадії [9, с.1024–1030]. У цілому термічна деструкція біомаси представлена сумою теплових реакцій розкладання окремих складових: геміцелюлози, целюлози та лігніну. При цьому інтервали деструкції цих компонентів частково перекривається.

Так, розпад геміцелюлоз відбувається в інтервалі 220-320°C, целюлози 305-380°C, лігніну 250-550°C [10, с.28–34].

У даному досліді термічна деградація біомаси рослин, що зростали на фітомеліорованій суміші гірських порід відбувалася у межах від 30°C до 580°C. Спостерігалось три інтервали термолізу (табл.1).

1 Дані термічної деградації біомаси проса прутоподібного при вирощуванні на фітомеліорованій суміші гірських порід

Тип зразка біомаси	Температурний інтервал, °C			Частка залишкової маси, %
	Втрата маси, %			
Контроль	<u>30–190</u>	<u>190–370</u>	<u>370–580</u>	11,2
	9,6	49,2	30,0	
Зола	<u>40–180</u>	<u>180–350</u>	<u>350–560</u>	8,0
	10,4	47,8	33,8	
Зола + ОСВ	<u>30–170</u>	<u>170–350</u>	<u>350–580</u>	8,0
	10,4	49,0	32,6	
ОСВ	<u>30–190</u>	<u>190–370</u>	<u>370–580</u>	5,6
	11,6	51,0	31,8	
Подвійна доза ОСВ	<u>30–170</u>	<u>170–350</u>	<u>350–560</u>	5,2
	11,2	52,2	31,4	
Мінеральне добриво	<u>30–180</u>	<u>180–360</u>	<u>360–570</u>	8,6
	12,4	49,4	29,6	

На першій стадії, що перебігає у діапазоні температур 30-190°C, відбуваються в основному ендотермічні процеси випаровування води та летких речовин. Втрата маси невелика, від 9,6-11,6%. Основний процес піролізу триває в діапазоні від приблизно 200°C до 370°C. На цьому етапі розвиваються екзотермічні термоокисні процеси деструкції компонентів геміцелюлози та целюлози. Дана стадія характеризується найвищою швидкістю та найбільшим відсотком втрати маси (47,8-52,2%).

Підживлення призвело до збільшення реактивності біомаси при термічному розкладі геміцелюлози та целюлози. Так, якщо пик деструкції цих компонентів у контролі дорівнював 24,0%/хв. при температурі 280°C, то у варіантах із сумішшю золи з ОСВ та подвійною дозою ОСВ пик швидкості розкладання зріс до 26,4%/хв. при меншій температурі – 260°C. Найбільш явний ефект спостерігався у варіанті з мінеральним добривом (пик 32,4%/хв. при температурі 206°C), що ясно простежується на кривих DTG (рис. 1).

Останній етап термолізу проходить у межах температур 350°C-580°C та характеризується появою яскравого екзотермічного ефекту. Основним компонентом, що розкладається на цій стадії є лігнін. Також відбувається вигорання карбонізованого залишку зразків. Втрата маси на даному етапі складає 29,6-33,8%. Додавання мінеральних добрив сприяло більш повному згорянню біомаси, частка залишкової маси у дослідних варіантах зменшилася на 3-6% порівняно з контрольними зразками.

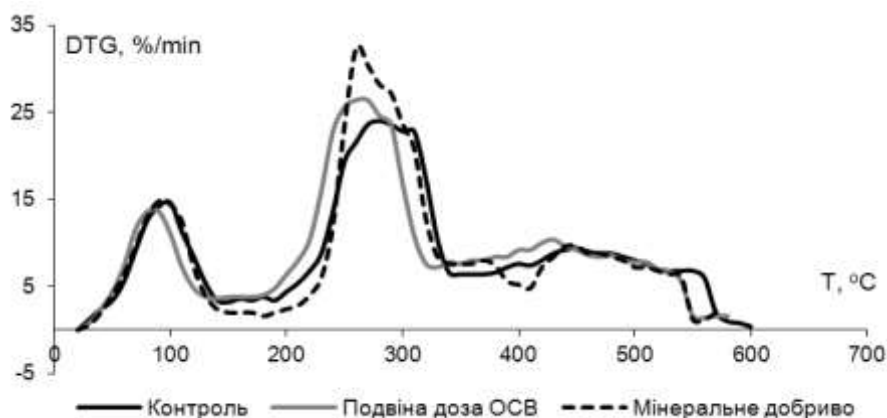


Рис.1. Проходження процесів деструкції біомаси зразків проса прутіподібного при вирощуванні на суміші гірських порід

Термоліз біомаси рослин проса, що зростали на темно-сірій сланцевій глині, дещо відрізняється від аналогічних процесів у рослин на фітомеліорованій суміші гірських порід. Так, на шарі 0-20 см термічна деструкція була більш тривалою, та відбувалася в діапазоні температур від 40оС до 690оС, а на шарі 20-40 см – більш коротка, від 30оС до 530оС (табл.2).

2 Дані термічної деградації біомаси проса прутіподібного при вирощуванні на темно-сірій сланцевій глині

Тип зразка біомаси	Температурний інтервал, °С				Частка залишкової маси, %
	Втрата маси, %				
Шар 0-20 см	<u>40–180</u>	<u>180–390</u>	<u>390–690</u>		11,2
	7,6	52,0	29,2		
Шар 20-40 см	<u>40–170</u>	<u>170–360</u>	<u>360–530</u>		9,6
	10,9	52,9	26,6		
Шар 40-60 см	<u>30–170</u>	<u>170–290</u>	<u>290–400</u>	<u>400–570</u>	9,4
	8,0	28,0	30,6	24,0	

ерший етап випаровування летких компонентів перебігає в усіх трьох варіантах майже однаково, в межах 30°С-180°С. Втрата маси складає від 7,6 до 10,9%. На другому етапі в зразках з шару 40-60 см чітко простежується два пика деструкції геміцелюлози при температурі 260°С та целюлози при температурі 310°С, тоді як на інших шарах розкладання целюлози починається раніше, тому на кривих DTG у даній області спостерігається тільки один пік (рис.2). Втрата маси на другій стадії знаходиться в межах 52,0-58,6%.

Останній етап перебігає в діапазоні температур від 360°С до 690°С. Розкладання біомаси зразків, взятих з рослин, що вирощувались на більш глибоких шарах, відбувалося швидше та повніше порівняно з шаром 0-20 см. Втрата маси становила 24,0-29,2%.

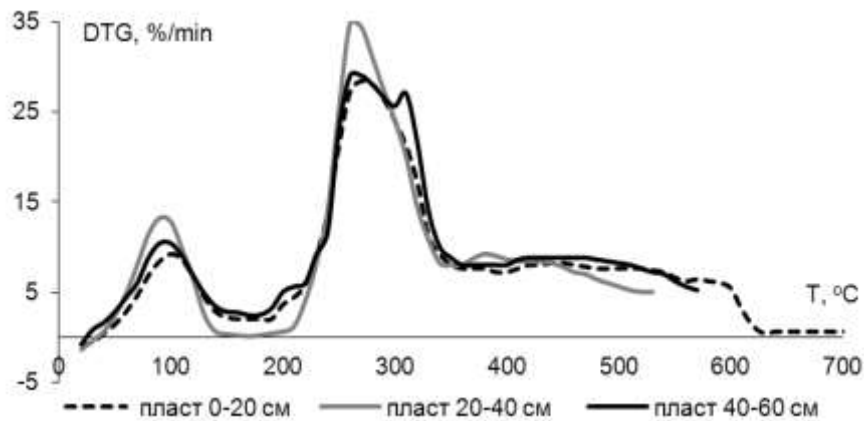


Рис. 2. Термограма зразків проса прутоподібного при вирощуванні на темно-сірій сланцевій глині

Висновки і перспективи. Визначено різний вплив різних видів фітомеліорованих гірничих порід на проходження процесів термічної деструкції біомаси проса прутоподібного. Виявлено, що підживлювальні добавки сприяють інтенсифікації термічних процесів розкладання біомаси та призводять до більш повного її згоряння. Найкращий ефект отриманий від застосування мінерального добрива та осаду стічних вод. Термічна деструкція біомаси рослин проса, що зростали на темно-сірій сланцевій глині, на шарі 0-20 см була більш тривалою, а на шарі 20-40 см – більш короткою ніж у рослин на фітомеліорованій суміші.

Список використаних джерел

1. Ho D.P. A mini review on renewable sources for biofuel [Text] / D.P. Ho, H.H. Ngo, W. Guo // *Bioresour. Technol.* – 2014. – Vol. 169. – P. 742–749. doi:10.1016/j.biombioe. 2011.04.055
2. Naik S.N. Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review [Text] / S.N. Naik, V.V. Goud, P.K. Rout, A.K. Dalai // *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* – 2010. – Vol.14(2). – P. 578–597. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.003>
3. Kumar A. Thermogravimetric characterization of corn stover as gasification and pyrolysis feedstock [Text] / A.Kumar, L. Wang, Y.A. Dzenis, D.D. Jones, M. Hanna // *Biomass and Bioenergy.* – 2008. – Vol.32(5). – P. 460–467. doi:10.1016/j.biombioe. 2007.11.004
4. Carrier M. Thermogravimetric analysis as a new method to determine the lignocellulosic composition of biomass [Text] / M. Carrier, A. Loppinet-Serani, D. Denux, J.M. Lasnier, F. Ham-Pichavant, F. Cansell, C. Aymonier // *Biomass and Bioenergy.* – 2011. – Vol.35. – P.298–307. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.08.067>
5. Parrish D.J. The biology and agronomy of switchgrass for biofuels [Text] / D.J. Parrish, J.H. Fike // *Crit. Rev. Plant Sci.* – 2005. – Vol.24 (5-6). – P.423–459. <https://doi.org/10.1080/07352680500316433>
6. Мороз О. В. Світчграс як нова фітоенергетична культура [Текст] / О. В. Мороз, В. М. Смірних, В. М. Курило, Ю.П. Герасименко, Н.А. Мостьовна, А.М. Горобець, М.І. Кулик // *Цукрові буряки.* – 2011. – №3 (81). – С.12–14.
7. Scagline S. Switchgrass and miscanthus yields on reclaimed surface mines for bioenergy production [Text] / S. Scagline, J. Skousen, T. Griggs // *JASMR.* – 2015. – Vol.4(2). – P. 80–90. <http://doi.org/10.21000/JASMR15020080>

8. Boateng A.A. Pyrolysis of switchgrass (*Panicum virgatum*) harvested at several stages of maturity [Text] / A.A. Boateng, K.B. Hicks, K.P. Vogel // J. Anal. Appl. Pyrolysis. – 2006. – Vol.75. – P. 55–64. doi:10.1016/j.jaap.2005.03.005
9. Shen D. K. Kinetic study on thermaldecomposition of woods in oxidative environment [Text] / D. K. Shen, S.Gu, K. H. Luo, A.V. Bridgwater, M. X. Fang // Fuel. – 2009. – Vol.88. – P. 1024–1030. doi:10.1016/j.fuel.2008.10.034
10. Prins M.J. Torrefaction of wood: Part 1. Weight loss kinetics [Text] / M.J. Prins, K.J. Ptasinski, F.J.J.G. Janssen // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. – 2006. – Vol.77(1). – P.28–34. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2006.01.002>

References

1. Ho D.P., Ngo H.H., Guo W. (2014). A mini review on renewable sources for biofuel. *Bioresour. Technol.*, 169, 742–749. doi:10.1016/j.biombioe.2011.04.055
2. Naik S.N., Goud V.V. Rout P.K., Dalai A.K. (2010). Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, 14(2), 578–597. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.003>
3. Kumar A., Wang L., Dzenis Y.A., Jones D.D., Hanna M. (2008). Thermogravimetric characterization of corn stover as gasification and pyrolysis feedstock. *Biomass and Bioenergy*, 32(5), 460–467. doi:10.1016/j.biombioe.2007.11.004
4. Carrier M. Loppinet-Serani A., Denux D., Lasnier J.M., Ham-Pichavant F., Cansell F., Aymonier C. (2011). Thermogravimetric analysis as a new method to determine the lignocellulosic composition of biomass. *Biomass and Bioenergy*, 35, 298–307. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.08.067>
5. Parrish D.J., Fike J.H. (2005). The biology and agronomy of switchgrass for biofuels. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 24(5-6), 423–459. <https://doi.org/10.1080/07352680500316433>
6. Moroz O.V., Smirnykh V. M., Kurylo V.M., Gerasimenko Yu.P., Mostovna N.A., Gorobets A.M., Kulyk M.I (2011). Svitshgras yak nova fitoenergetychna kultura. [Switchgrass as a new phytoenergy culture]. *Sugar beets*, 3(81), 12–14.
7. Scagline S., Skousen J., Griggs T. (2015). Switchgrass and miscanthus yields on reclaimed surface mines for bioenergy production. *JASMR*, 4(2), 80–90. <http://doi.org/10.21000/JASMR15020080>
8. Boateng A.A., Hicks K.B., Vogel K.P. (2006). Pyrolysis of switchgrass (*Panicum virgatum*) harvested at several stages of maturity. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 75, 55–64. doi:10.1016/j.jaap.2005.03.005
9. Shen D. K., Gu S., Luo K. H., Bridgwater A. V., Fang M. X. (2009). Kinetic study on thermaldecomposition of woods in oxidative environment. *Fuel*, 88, 1024–1030. doi:10.1016/j.fuel.2008.10.034
10. Prins M.J., Ptasinski K. J., Janssen F.J.J.G. (2006). Torrefaction of wood: Part 1. Weight loss kinetics. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 77(1), 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2006.01.002>

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БИОМАССЫ ПРОСА ПРУТОВИДНОГО (*PANICUM VIRGATUM* L.) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ

Харитонов Н.Н., Бабенко М.Г., Мартынова Н.В., Рула И.В.

Аннотация. Такие технологические процессы, как пиролиз и газификация, являются эффективными способами конверсии биомассы в топливо. Для исследования процессов, происходящих во время сжигания биомассы и изучения влияния разных факторов на эффективность ее термического разложения, был применен термогравиметрический анализ. Были исследованы особенности термической деструкции проса прутьевидного (*Panicum virgatum* L.), выращенного на разных вариациях фитомелиорированных горных породах, а также влияние удобряющих добавок на его термические характеристики. Выявлено, что термолиз растений, выращенных на фитомелиорированной смеси лессовидного суглинка и красно-бурой глины, происходит в три этапа в диапазоне температур от 30 оС до 580 оС. В случае применения подкормок реактивность биомассы при термическом разложении гемицеллюлозы и целлюлозы увеличивается. Наилучший эффект получен от применения осадка сточных вод и минерального удобрения. Термическая деструкция растений проса, выращенного на темно-серой сланцевой глине, несколько отличается от аналогичных процессов у растений на фитомелиорированной смеси. На слое 0-20 см она была более продолжительной, а на слое 20-40 см – более короткой. На втором этапе в образцах со слоя 40-60 см четко прослеживается два пика деструкции гемицеллюлозы и целлюлозы, в то время, как в других случаях разложение целлюлозы наступает раньше, поэтому на кривых DTG в данной области наблюдается только один пик.

Ключевые слова: *Panicum virgatum*, рекультивированные земли, биомасса, термическая деградация

THERMAL ANALYSIS OF SWITCHGRASS (*PANICUM VIRGATUM* L.) GROWN ON RECLAIMED LANDS

M. M. Kharytonov, M. G. Babenko, N. V. Martynova, I. V. Rula

Abstract. Processes such as pyrolysis and gasification are effective ways of converting biomass to fuel. Thermogravimetric analysis was used to study the processes occurring during the combustion of biomass and to study the influence of various factors on the efficiency of its thermal decomposition. The features of the thermal destruction of switchgrass (*Panicum virgatum* L.), grown on different variations of phytomeliorated mining rocks, and the effect of amendments on its thermal characteristics were studied. It was found that the thermolysis of plants grown on a phytomeliorated mixture of loess loam and red-brown clay passes in three stages in the temperature range from 30oC to 580oC. Amendments application increases the reactivity of the biomass during the thermal decomposition of hemicellulose and cellulose. The best effect is obtained from the application of sewage sludge and mineral fertilizer. The thermal destruction of switchgrass biomass, grown on dark-gray schist clay, differs somewhat from

similar processes in plants on the phytomeliorated mixture. On the 0-20 cm layer, it was longer, and on the 20-40 cm layer it was shorter. In the second stage, two peaks of hemicellulose and cellulose destruction are clearly traced in the samples from the 40-60 cm layer, while in others the cellulose decomposition occurs earlier, therefore only one peak is observed in the DTG curves in this region.

Keywords: *Panicum virgatum*, reclaimed land, biomass, thermal decomposition

УДК 581.41:633.855 (477.44)

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЯРУСНОСТІ АГРОФІТОЦЕНОЗІВ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО УКРАЇНИ

Я. Г. ЦИЦЮРА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії
Вінницький національний аграрний університет
E-mail: yaroslavtysyura@ukr.net

Анотація. Наведено результати вивчення закономірностей формування ярусності агрофітоценозу редьки олійної з огляду на технологічні аспекти його створення за чинниками ширини міжрядь (двох значень 15 і 30 см) та норми висіву (у співвідношенні 4,0, 3,0, 2,0 та 1,0 млн шт. га схожих насінин/га за ширини міжрядь 15 см та відповідно 2,0, 1,5, 1,0 та 0,5 млн шт./га схожих насінин за ширини міжрядь 30 см) на фоні чотирьох варіантів мінерального живлення. Визначено особливості віталітетної стратегії агрофітоценозу у системі вивчаємих чинників, а також результати такої у типізації ідіотипів рослин та детермінації їх на три яруси у вертикальній проекції посіву.

Сформульовано закономірності формування та вираженості ярусності ценозу редьки олійної на фоні різних фонів мінерального живлення (неудобрений фон, N30P30K30, N60P60K60, N90P90K90) на підставі чого виділено чинник ярусності як критерій адекватної оцінки позитивної дії додаткового мінерального живлення. Okремо проведено аналіз впливу гідротермічних умов вегетації на вираженість та морфологічну варіабельність ідеотипної структури агрофітоценозу редьки олійної.

Ключові слова: редька олійна, агрофітоценоз, ярусність агрофітоценозу, ідеотип, віталітет

Актуальність. Зміни сучасного бачення щодо структури поля як складного багаторівневого агрофітоценозу зумовлюють пошук ефективних механізмів врахування цього чинника у реалізації продуктивності певного генотипу, оскільки кожний ярус за таких