

УДК 633.15

Паламарчук В.Д., д-р с.-г. наук, доцент

Кричковський В.Ю., директор ТОВ «Органік-Д», д-р філософії з Агрономії, ст. викладач

Скакун М.В., аспірант

Вінницький національний аграрний університет

vd-palamarchuk@ukr.net

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ КУКУРУДЗИ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ НА БІОГАЗ ТА ДИГЕСТАТ

Представлені результати вивчення хімічного складу зеленої маси гібридів кукурудзи різних груп стиглості придатної для використання в якості субстрату для виробництва біогазу. Нами встановлено, що якість зеленої (силосної) маси кукурудзи залежить від ґрунтово-кліматичних умов, елементів технології вирощування, генетичних особливостей конкретного гібриду, його групи стиглості, строків проведення збиральних робіт та ін. Найбільший вплив на вміст сухої речовини здійснювали генетичні особливості гібриду, зокрема за вмістом сухої речовини на 10-14 серпня 2020 року виділився середньоранній гібрид Амарос (26,61%). Зміщення строків збирання зеленої маси досліджуваних гібридів кукурудзи

вплинуло і на характеристику хімічного складу та на вуглеводно-лігніновий комплекс зеленої маси досліджуваних гібридів кукурудзи. Найвищу урожайність зеленої маси (73,1 та 78,1 т/га) сформували гібриди середньостиглої групи стиглості П9170 (ФАО 320) та Буріто (ФАО 390) з виходом сухих речовин 17,19 та 17,86 т/га, яка характеризується сприятливим вуглеводно-лігніновим комплексом, вмістом сирого протеїну та клітковини, тому використання зеленої маси даних гібридів в якості субстрату біогазових станцій для підвищення виходу біогазу буде найбільш доцільним.

Ключові слова: кукурудза, дигестат, біогаз, зелена маса, структурні вуглеводи, біоорганічні добрива, силосна кукурудза, крохмаль, лігнін, суха речовина, сирий протеїн.

Palamarchuk Vitalii, doctor of agricultural sciences, associate professor

Krychkovskyi Vadym, director «Organic-D» LLC, senior lecturer

Skakun Mykhailo, postgraduate student

Vinnytsia National Agrarian University

PROSPECTS OF USING GREEN MAIZE MASS FOR PROCESSING INTO BIOGAS AND DIGESTATE

The paper presents the results of studying the chemical composition of green mass of maize hybrids of different maturity groups suitable for use as a substrate for biogas production. We have found that the quality of green (silage) mass of corn depends on soil and climatic conditions, elements of cultivation technology, genetic characteristics of a particular hybrid, its maturity group, harvesting time, etc. The genetic characteristics of the hybrid had the greatest influence on the dry matter content, in particular, the mid-early hybrid Amaros (26.61%) stood out in terms of dry matter content on August 10-14, 2020. The shift in the harvesting time of the green mass of the studied maize hybrids also affected the characteristics of the chemical composition and the carbohydrate-lignin complex of the green mass of the studied maize hybrids. The highest yield of green mass (73.1 and 78.1 t/ha) was formed by hybrids of the mid-season ripeness group P9170 (FAO 320) and Burito (FAO 390) with a dry matter yield of 17.19 and 17.86 t/ha, which is characterized by a favorable carbohydrate-lignin complex, crude protein and fiber content, so the use of green mass of these hybrids as a substrate for biogas plants to increase biogas yield will be most appropriate.

Keywords: corn, digestate, biogas, green mass, structural carbohydrates, bioorganic fertilizers, silage corn, starch, lignin, dry matter, crude protein.

Вирощування кукурудзи на разі істотно доповнюється можливістю переробки її маси в біогазових станціях для отримання біогазу. Ефективність даного напрямку використання кукурудзи полягає у можливості збільшення виходу біогазу за додавання у біогазовий реактор, можливості формування потужної вегетативної маси рослин із сприятливим хімічним складом [1].

Площі вирощування кукурудзи в Україні більш-менш стабільні та високі, так зокрема у 2021 році вони становили 5,5 млн. га, в 2022 році вони скоротилися на 17 % до 4,267 млн. га. Силосна ж кукурудза в 2021 році займала лише 214 тис. га, хоча вона ефективно використовується як субстрат для біогазової станції [2].

Досвід Європейських країн (Німеччина, Польща, Великобританія, Данія, Швейцарія, Франція, Нідерланди та ін.), щодо вирощування та переробки силосної кукурудзи в біогазових станціях підтверджує високу ефективність для біогазового сектору [3]. Використання зеленої маси кукурудзи для біогазового зброджування при виробництві біогазу ґрунтується на анаеробному ферментаційному процесі, під впливом мікроорганізмів [4, 5].

Метою дослідження є вивчення хімічного складу зеленої маси кукурудзи та зміни його залежно від періоду вегетації для використання її на біогаз та дигестат.

Вивчення якості зеленої маси кукурудзи та елементів технології її вирощування здійснюється з 2020 року (на разі дослідження продовжуються) в умовах ТОВ «Органік-Д» с. Сутиски Вінницької області України. В дослідженнях використовували гібриди середньоранньої (Амарос (ФАО 230) та П9071 (ФАО 280)) і середньостиглої групи

стиглості (П9170 (ФАО 320) та Буріто (ФАО 390)).

Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий середньо-суглинковий за механічним складом. Технологія загально прийнята для даної ґрунтово-кліматичної зони. Повторність досліду чотирьохразова, розміщення варіантів у досліді рендомізованих блоків. Розмір ділянки варіанта – 25 м², облікової ділянки – 10,5 м².

Проведеними результатами досліджень встановлено істотний взаємозв'язок між якістю зеленої (силосної) маси кукурудзи та ґрунтово-кліматичних умов, елементів технології вирощування, генетичних особливостей конкретного гібриду, його групи стиглості, строків проведення збиральних робіт та ін. Зокрема збирання зеленої маси 10-14 серпня 2020 року у фазу молочно-воскової стиглості забезпечило наступний хімічний склад в абсолютно сухій речовині (табл. 1).

Таблиця 1 – Хімічний склад та вуглеводно-лігніновий комплекс зеленої маси кукурудзи, % у абсолютно сухій речовині

Назва зразка (зелена маса кукурудзи)	Сирий протеїн	Сира клітковина	Крохмаль	Цукор	Сума легкокорозчинних вуглеводів	Геміцелюлоза	Целюлоза	Лігнін	Сума структурних вуглеводів
Амарос (ФАО 230)	6,45	19,63	2,38	18,95	47,68	25,04	23,78	5,08	53,90
П9071 (ФАО 280)	7,22	14,72	1,98	15,26	42,31	23,81	20,12	4,89	48,82
П9170 (ФАО 320)	7,19	15,67	1,58	9,16	41,31	29,04	28,09	5,32	62,45
Буріто (ФАО 390)	9,49	14,04	0,79	30,21	58,77	26,38	23,22	7,00	56,60

Джерело: розроблено авторами

Із даних таблиці 1 видно, що найвищий вміст крохмалю був у гібридів Амарос (ФАО 230) – 2,38 % та П9071 (ФАО 280) – 1,98 %, тоді як у інших гібридів він становив – П9170 (ФАО 320) – 1,58 % та Буріто (ФАО 390) – 0,79 %. Вміст цукру виявився найвищим у гібриду Буріто (ФАО 390) – 30,21 %, тоді як у інших гібридів він становив Амарос (ФАО 230) – 18,95 %, П9071 (ФАО 280) – 15,26 % та П9170 (ФАО 320) – 9,16 %. Сума легкокорозчинних вуглеводів у досліджуваних гібридів коливалася в межах 41,31-58,77 %. Сума структурних вуглеводів (геміцелюлози, целюлози та лігніну) була найвищою у середньостиглих гібридів кукурудзи П9170 – 62,45 % та Буріто – 56,60 %. У групі середньоранніх гібридів даний показник складав Амарос – 53,90 % та П9071 – 48,82 %.

Зміщення строків збирання зеленої маси досліджуваних гібридів кукурудзи вплинуло і на характеристику хімічного складу та вуглеводно-лігніновий комплекс. Так, зокрема за збирання зеленої маси 20-24 вересня на початок фази воскової стиглості хімічний склад зеленої маси та вуглеводно-лігніновий комплекс (табл. 2).

Таблиця 2 – Хімічний склад та вуглеводно-лігніновий комплекс зеленої маси кукурудзи, % у абсолютно сухій речовині

Назва зразка (зелена маса кукурудзи)	Сирий протеїн	Сира клітковина	Крохмаль	Цукор	Сума легкокорозчинних вуглеводів	Геміцелюлоза	Целюлоза	Лігнін	Сума структурних вуглеводів
Амарос (ФАО 230)	6,45	19,63	27,76	5,05	48,94	15,47	14,14	3,53	33,14
П9071 (ФАО 280)	7,22	14,72	39,70	4,49	57,19	13,02	13,02	3,63	29,67
П9170 (ФАО 320)	7,19	15,67	38,10	4,09	54,97	12,78	10,44	3,56	26,78
Буріто (ФАО 390)	9,49	14,04	33,25	4,81	59,29	16,23	15,48	3,88	35,59

Джерело: розроблено авторами

Із даних таблиці 2 видно, що за збирання зеленої маси 20-24 вересня 2020 року найвищий вміст сирого протеїну був у середньостиглого гібриду кукурудзи Буріто – 9,49 %. Вміст крохмалю у даний період збільшився на 25,38-27,72 % в порівнянні із вмістом що був на період 10-14 серпня 2020 року, і становив у гібриду П9071 (ФАО 280) – 39,70%, П9170 (ФАО 320) – 38,10 %, Буріто (ФАО 390) – 33,25 % та Амарос (ФАО 230) – 27,76 %. Вміст цукру в зеленій масі зменшився в порівнянні із періодом 10-14 серпня на 5,07-25,40 %, і становив Амарос (ФАО 230) – 5,05 %, Буріто (ФАО 390) – 4,81 %, П9071 (ФАО 280) – 4,49 % та П9170 (ФАО 320) – 4,09 %. При цьому сума легкокорозчинних вуглеводів була найвищою у середньостиглого гібриду кукурудзи Буріто – 59,29 % та середньораннього гібриду П9071 – 57,19 %. Сума структурних вуглеводів (геміцелюлози, целюлози та лігніну) виявилася найвищою у середньостиглого гібриду кукурудзи Буріто – 35,59 % та середньораннього гібриду Амарос – 33,14 %. Для визначення виходу біогазу важливо не лише знати хімічний склад зеленої маси гібридів кукурудзи та вміст сухої речовини але і вихід сухої маси кукурудзи із одиниці площі. Найвищу урожайність зеленої маси (73,1 та 78,1 т/га) сформували гібриди середньостиглої групи стиглості П9170 (ФАО 320) та Буріто (ФАО 390) з виходом сухих речовин 17,19 та 17,86 т/га, яка характеризується сприятливим вуглеводно-лігніновим комплексом, вмістом сирого протеїну та клітковини, тому використання зеленої маси даних гібридів в якості субстрату біогазових станцій для підвищення виходу біогазу буде найбільш доцільним.

Отже, хімічний склад та вуглеводно-лігніновий комплекс зеленої маси досліджуваних гібридів кукурудзи може змінюватись залежно від фенологічної фази росту і розвитку рослин. Зміщення строків збирання зеленої маси досліджуваних гібридів кукурудзи на 20-24.09.2020 р. вплинуло і на характеристику хімічного складу та вуглеводно-лігніновий комплекс. Найбільш придатними для виробництва біогазу у якості субстрату біогазових станцій виявилися силосні гібриди кукурудзи середньостиглої групи стиглості П9170 (ФАО 320) та Буріто (ФАО 390), які забезпечують найвищу урожайність та вихід органічної речовини із одиниці площі та мають сприятливий хімічний склад та вуглеводно-лігніновий комплекс зеленої маси.

Список літератури

1. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця : ТОВ Друк, 2022. 372 с.
2. Вернера І. Є. Статистичний щорічник України. Державна служба статистики України. Київ, 2022. 438 с.
3. IEA. 2019. Retrieved from <https://iea.gov.ua/naukovo-analitichna-diynalnist/analitika/rezultati-monitoringovih-doslidzhen/2019-2/>.
4. Smutný V., Neudert L., Dryšlov T., Lukas V., Handlířová M., Vrtílek P., Vach M. (2018). [Current arable farming systems in the Czech Republic-agronomic measures adapted to soil protection and climate change](#). *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2018. № 83(1). P. 11–16.
5. Theuerl S., Herrmann C., Heiermann M., Grundmann P., Landwehr N., Kreidenweis U., & Prochnow A. (2019). The future agricultural biogas plant in Germany: A vision. *Energies*. 2019. № 12(3), article number 396. doi: [10.3390/en12030396](https://doi.org/10.3390/en12030396).