



Зберігання та переробка продукції

УДК 633.16:631.527:575

© 2018

ВИКОРИСТАННЯ ЖИТА ОЗИМОГО ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

Д.К. Єгоров¹, О.А. Змієвська², С.Б. Дем'яненко³

¹доктор сільськогосподарських наук

²кандидат сільськогосподарських наук

Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН, просп. Московський, 142, м. Харків
61060, Україна; e-mail: yuriev1908rye@gmail.com

Надійшла 16.02.2018

Мета. Визначити придатність сортів і гібридів жита озимого для виробництва альтернативних видів палива. **Методи.** Польові, лабораторні, статистичні. **Результати.** Установлено мінливість урожайності зеленої та сухої маси, умісту сухої речовини та виходу біогазу залежно від генотипу, фази розвитку рослини та гідротермічних умов вегетації. У фазі трубкування за врожайністю зеленої маси виділено 1 зразок (26,7 т/га), фазі наливу — 5 зразків з урожайністю 31,2–35,7 т/га. **Висновки.** Сорти та гібриди жита озимого вітчизняної селекції забезпечують велику кількість біомаси з високим виходом біогазу з одиниці площі, але в Україні потрібно створити енергетичні гібриди жита озимого зі стабільно високою врожайністю зеленої маси та стійкістю до несприятливих умов вегетації.

Ключові слова: жито озиме, біопаливо, біоенергетичні культури, урожайність зеленої маси, суха маса, біомаса.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201805-10>

Нині поновлювані джерела енергії (ПДЕ) відіграють важливу роль в енергобалансі країн світу. Одним із важливих секторів ПДЕ є виробництво та енергетичне використання біогазу. Євросоюз — лідер у виробництві біогазу, при цьому вагоме місце займає Німеччина [1]. Понад 70% відновлюваних джерел енергії становить біомаса, в аграрному секторі це передусім енергетичні культури, відходи переробки сільськогосподарської продукції та сировина для отримання біогазу. Загалом біомаса займає 4-те місце серед усього палива, яке застосовують у світі. З неї отримують майже 2 млрд т умовного палива на рік, що становить близько 14% загального споживання первинних енергоносіїв у світі [2].

Істотне подорожчання традиційних видів палива за короткий проміжок часу в Україні спонукає до інтенсифікації використання альтернативних його видів, зокрема біогазу. Реалізацією економічного потенціалу біомаси Україна може задовольнити до 18% загальної потреби в первинних енергоносіях [3].

Жито озиме вважається ідеальною культурою для виробництва біогазу через високу стабільність відтворення врожаю завдяки стійкості до абіотичних стресів, зокрема нестачі вологи, та невибагливості до родючості ґрунту. Доведено, що за використання жита озимого на піщаних ґрунтах можна отримати високий вихід енергії [4]. Німецькими вченими підтверджено високу придатність будь-яких

генотипів жита для отримання відновлювальної біоенергії [5]. За даними Т. Piechota, саме гібриди жита за врожайністю зеленої та сухої маси переважали його сорти [6].

Літературні дані свідчать про те, що основною ознакою для біоенергетичного жита, на яку селекціонер має звертати увагу, є вихід зеленої та сухої маси [7, 8]. Установлено, що більшу кількість біомаси з рослин жита можна отримати у фазі молочної стиглості [9], але вихід її залежить від ґрунту та кліматичних умов. У деяких регіонах світу врожайність може бути в 5 разів вищою, ніж, скажімо, в Німеччині [10]. В Україні не досліджено використання жита озимого для отримання біоенергії.

Мета досліджень — визначити придатність сортів та гібридів жита озимого для виробництва альтернативних видів палива, зокрема біогазу, з урахуванням рівня врожайності зеленої і сухої маси, умісту сухої речовини в біомасі та виходу біогазу з одиниці площі.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили впродовж 2015–2017 рр. на дослідному полі Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН (ІР імені В.Я. Юр'єва НААН). Погодні умови цих років були мінливими. Особливостями вегетаційного періоду 2015–2016 рр. були дуже посушливий період осінньої вегетації (вересень — жовтень ГТК 0,2) і достатня забезпеченість вологою в період перезимівлі та весняно-літнього розвитку рослин (квітень — червень ГТК 2,8). Вегетаційний період 2016–2017 рр. характеризувався дуже холодними погодними умовами весняної вегетації (середньодобова температура в квітні не перевищувала 10°C, наявність опадів у вигляді снігу та заморозки в окремі дні до –5°C) і посухою у фазі наливу (ГТК 0,5), що негативно позначилося на розвитку рослин жита.

Матеріалом для досліджень були 4 сорти — Пам'ять Худоєрка, Хамарка, Діхар, Стоір і 3 гібриди Юпітер F₁, Сатурн F₁, Слобожанець F₁ (стандарт) жита озимого продовольчого напряму використання селекції Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН. Жито озиме висівали з нормою висіву 4 млн схожих зерен на 1 га на дослідних ділянках площею 10 м². Для встановлення рівня врожайності зеленої маси жита озимого скошували рослини у фазах трубкування та початку наливу вручну за допомогою серпів із площі 1 м².

Повторність — 4-разова. Кількість сухої маси обчислювали після висушування зеленої маси на відкритому повітрі. Уміст сухої речовини в біомасі та вихід біогазу визначали розрахунковим методом. Статистичну обробку даних здійснювали за допомогою пакетних програм Microsoft Excel 2010 та Statistica 10.

Результати досліджень. Установлено мінливість урожайності зеленої маси сортів і гібридів жита озимого залежно від генотипу, фази розвитку рослини та гідротермічних умов вегетаційного періоду. Так, у середньому у фазі наливу зеленої маси було отримано у 1,2–2 рази більше, ніж у фазі трубкування (табл. 1). У фазі трубкування з високою врожайністю зеленої маси (26,7 т/га) виділено сорт Хамарка, що достовірно переважав Слобожанець F₁ (стандарт) на 9,8 т/га. У фазі наливу виділено гібриди Юпітер F₁ — 32,0 т/га, Сатурн F₁ — 32,7 т/га, сорти Пам'ять Худоєрка — 31,2 т/га, Хамарка — 31,8 т/га, Стоір — 35,7 т/га, що переважали стандарт Слобожанець F₁ за врожайністю зеленої маси на 11,5–15,3 т/га, або на 53,7–75,4%. Аналіз середніх даних за врожайністю зеленої маси сортів і гібридів показав, що в середньому за роки досліджень сорти переважали гібриди. Гібриди створено для продовольчого використання, тому їх селекція була спрямована на зниження кількості вегетаційної маси, збільшення врожайності зерна та на стійкий прояв короткостеблості, що зумовлює нижчу врожайність зеленої маси гібридів, ніж сортів.

На врожайність зеленої маси значний вплив мали погодні умови вегетаційного періоду. Так, у фазі трубкування в 2017 р. у середньому в досліді було отримано зеленої маси у 2,1 раза менше, ніж 2016 р., що пов'язано з пошкодженням посівів сніговою пліснявою за несприятливих умов перезимівлі 2017 р. та посушливих умов вегетації у весняний період. Кращим за врожайністю зеленої маси в 2016 р. виявився сорт Хамарка, 2017 р. — гібрид Сатурн F₁.

У фазі наливу в середньому в досліді істотної відмінності за врожайністю зеленої маси між роками не виявлено. Відзначено певні відмінності між варіантами у 2017 р. Якщо в 2016 р. врожайність зеленої маси була в межах 23,5–34,7 т/га, то в 2017 р. значення показника становило 12,6–45,8 т/га.

1. Урожайність зеленої маси сортів і гібридів жита озимого, т/га

Зразок	Фаза трубкування			Фаза наливу		
	2016 р.	2017 р.	середнє	2016 р.	2017 р.	середнє
Слобожанець F ₁ (стандарт)	26,0	7,6	16,8	28,0	12,6	20,3
Юпітер F ₁	21,0	12,2	16,6	32,6	31,3*	32,0*
Сатурн F ₁	20,2	21,6*	20,9	23,5	42,0*	32,7*
Середнє за гібридами	22,4	13,8	18,1	28,1	28,6	28,3
Пам'ять Худоєрка	29,1	10,1	19,6	30,8	31,6*	31,2*
Хамарка	40,0*	13,3	26,7*	34,7	28,8*	31,8*
Стоір	22,1	13,5	17,8	25,6	45,8*	35,7*
Діхар	29,3	9,4	19,4	25,4	23,9*	24,6
Середнє за сортами	30,1	11,6	20,8	29,1	32,4	30,8
Середнє в досліді	26,8	12,5	19,7	28,7	30,9	29,8
НІР _{0,05}	6,9	7,1	6,8	6,8	8,2	7,3

* Достовірно на рівні 0,05.

Максимальна врожайність зеленої маси 45,8 т/га спостерігалася в сорту Стоір. Меншою врожайністю (42 т/га) була в гібрида Сатурн F₁. Установлено, що в умовах 2016 р., сприятливих для розвитку рослин жита, урожайнішими були сорти, а в несприятливих умовах 2017 р. — гібриди, тому що гібридні організми через ефект гетерозису є стійкішими до стресових умов вирощування.

Відзначено невелику різницю (1,9 т/га) за врожайністю зеленої маси в 2016 р. між фазами розвитку та істотну різницю (18,4 т/га) в 2017 р. Реакція рослин на гідротермічні умови в першому випадку зумовлена довготривалою посухою в осінній період вегетації, що призвело до пізньої появи сходів (у II декаді жовтня) та скорочення всіх фаз розвитку рослин жита. Як наслідок, у фазі трубкування рослини розвивалися нерівномірно, що позначилося на рівні врожайності зеленої маси у фазі наливу. У другому випадку пошкодження сніговою пліснявою призвело до недобору зеленої маси у фазі трубкування, а посушливі умови періоду вегетації в червні негативно позначилися на врожайності гібрида Слобожанець F₁ та сортів Хамарка, Діхар у фазі наливу, яка виявилася нижчою, ніж у попередньому році. Попри негативний вплив погодних умов на врожайність зеленої маси жита озимого позитивним є те, що у фазі наливу зерна рослини сформували високий рівень урожайності в межах 30 т/га, що свідчить про високі компенсаторні властивості рослин жита озимого і забезпечує цій культурі привабливість

для використання її як сировини у виробництві альтернативних видів палива.

Важливим показником для біоенергетичної культури є достатній уміст сухої речовини в біомасі та вихід палива з одиниці площі. У табл. 2 наведено показники кількості сухої маси і виходу біогазу з одиниці площі та вмісту сухої речовини в біомасі, які отримано в результаті досліджень.

Установлено, що кількість сухої маси, уміст сухої речовини та вихід біогазу також змінювалися залежно від фаз розвитку рослин. У фазі наливу всі 3 показники зростали. У фазі трубкування було отримано 4,9–9,2 т/га сухої маси. Уміст сухої речовини у фазі трубкування становив 30,7–37,6%. Вихід біогазу з 1 га — 2930,9–4705,9 м³/га. У фазі наливу середня в досліді кількість сухої маси порівняно з кількістю сухої маси у фазі трубкування зростає у 2,19 раза і становила 9,5–20,0 т/га, а сухої речовини у біомасі містилося на 12,8% більше. Розрахунковий вихід біогазу у фазі наливу був у межах 3588,4–6295,8 м³/га, що в 1,5 раза вище, ніж у фазі трубкування.

Отже, рослини жита продуктивніші у фазі наливу. Попри меншу кількість сухої маси, яку рослини жита забезпечують у фазі трубкування порівняно з кількістю сухої маси у фазі наливу, біомаса в цей період вже має не менше 30,7% сухої речовини, що є доброю ознакою для виробництва біогазу.

Статистично підтверджено, що досліджувані зразки різнилися між собою за кількістю сухої маси та виходом біогазу, але

2. Кількість сухої маси, уміст сухої речовини в біомасі та вихід біогазу в сортів і гібридів жита озимого (2016–2017 рр.)

Зразок	Фаза трубкування			Фаза наливу		
	Кількість сухої маси, т/га	Уміст сухої речовини, %	Вихід біогазу, м ³ /га	Кількість сухої маси, т/га	Уміст сухої речовини, %	Вихід біогазу, м ³ /га
Слобожанець F ₁ (стандарт)	4,9	30,7	2968,1	9,5	44,5	3588,4
Юпітер F ₁	5,5	34,6	2930,9	14,6	45,3	5642,8*
Сатурн F ₁	7,8	37,5	3692,4	16,1*	46,6	5778,9*
Середнє за гібридами	6,1	34,3	3197,2	13,4	45,5	5003,4
Пам'ять Худоерка	6,6	36,4	3454,7	16,1*	50,9	5516,4*
Хамарка	9,2*	35,7	4705,9*	15,3	50,1	5611,4*
Стоір	6,7	37,6	3143,3	20,0*	53,0	6295,8*
Діхар	6,3	36,6	3420,3	11,8	48,5	4352,7
Середнє за сортами	7,2	36,6	3681,1	15,8	50,6	5444,1
Середнє у досліді	6,7	35,6	3473,7	14,8	48,4	5255,2
НІР _{0,05}	3,2	14,9	1199,4	6,0	15,9	1293,7

* Достовірно на рівні 0,05.

істотно не різнилися за вмістом сухої речовини. Виділено сорт Хамарка, який за кількістю сухої маси (9,2 т/га) та виходом біогазу (4705,9 м³/га) достовірно переважав стандарт у фазі трубкування. У фазі наливу переважали стандарт за кількістю сухої маси гібрид Сатурн F₁, сорти Пам'ять Худоерка, Стоір, за виходом біогазу — гібриди Юпітер F₁, Сатурн F₁, сорти Пам'ять Худоерка, Хамарка, Стоір. За використання виділених зразків можна отримати 16,1–20,0 т/га сухої маси та 5642,8–6295,8 м³/га біогазу.

Порівнюючи дані виходу біогазу з жита озимого та кукурудзи, можна стверджувати, що із сортів та гібридів жита озимого продовольчого напрямку використання реально отримати досить високий рівень виходу біогазу. За даними лабораторії селекції кукурудзи ІР імені В.Я. Юр'єва НААН, новітні гібриди кукурудзи забезпечують 35–52 т/га зеленої маси. За виходу біогазу із силосу кукурудзи 185,3 м³/т

теоретично можна отримати 6485,5–9635,6 м³/га біогазу, що на 2133–3340 м³/га більше, ніж із жита. Проте собівартість сировини з жита озимого є нижчою, ніж з кукурудзи за рахунок низьких витрат на вирощування. Тому сорти і гібриди жита озимого можна з успіхом використовувати у виробництві альтернативних видів палива.

Аналіз даних кількості сухої маси, умісту сухої речовини та виходу біогазу свідчить про те, що сорти є продуктивнішими, ніж гібриди, оскільки більшість виділених за ознаками зразків були сортами. Середні дані по сортах і гібридах також підтверджують цей факт.

Результати досліджень підтверджують, що створені нами гібриди продовольчого напрямку використання менш придатні для виробництва біогазу, ніж сорти, хоча гібрид Сатурн F₁ є прикладом успішної вітчизняної селекційної розробки для енергетичних потреб України.

Висновки

Сорти та гібриди жита озимого селекції ІР імені Юр'єва НААН забезпечують досить велику кількість біомаси з високим виходом біогазу з одиниці площі. Додаткова цінність жита озимого як біоенергетичної культури — у його можливості забезпечувати значну кількість сировини в той період (травень — червень),

коли інші культури, скажімо кукурудза, ще не сформували максимальний потенціал сировини. Проте необхідна цілеспрямована селекція гібридів жита зі стабільно високою врожайністю зеленої маси та стійкістю до несприятливих факторів вегетації для енергетичних потреб України.

Егоров Д.К., Змиєвська Е.А., Дем'яненко С.Б.
Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва
НААН, просп. Московський, 142, г. Харків, 61060,
Україна; e-mail: yuriev1908rye@gmail.com

Использование ржи озимой для производства

Цель. Установить пригодность сортов и гибридов ржи озимой для производства альтернативных видов топлива. **Методы.** Полевые, лабораторные, статистические. **Результаты.** Установлена изменчивость урожайности зеленой и сухой массы, содержания сухого вещества и выхода биогаза в зависимости от генотипа, фазы развития растения и гидротермических условий вегетации. В фазе трубкования по урожайности зеленой массы выделен 1 образец (26,7 т/га), фазе налива — 5 образцов с урожайностью 31,2–35,7 т/га. **Выводы.** Сорта и гибриды ржи озимой отечественной селекции обеспечивают большое количество биомассы с высоким выходом биогаза с единицы площади, но в Украине необходимо создать энергетические гибриды ржи озимой со стабильно высокой урожайностью зеленой массы и устойчивостью к неблагоприятным условиям вегетации.

Ключевые слова: рожь озимая, биотопливо, биоэнергетические культуры, урожайность зеленой массы, сухая масса, биомасса.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201805-10>

Yegorov D., Zmiyevska O., Demianenko S.

V. Yuriev Institute of plant industry of NAAS, Moscovskiy ave., 142, Kharkiv, 61060, Ukraine; e-mail: yuriev1908rye@gmail.com

Use of winter rye for production of biogas

The purpose. To determine suitability of grades and hybrids of winter rye for production of alternative kinds of fuel. **Methods.** Field, laboratory, statistical. **Results.** Variability in productivity of green and dry mass, content of dry matter and exit of biogas depending on genotype, phases of growth of a plant and hydrothermal conditions of vegetation is established. In phase of shooting according to productivity of green material they selected 1 sample (26,7 t/hectare), to phase of swelling — 5 samples with productivity of 31,2–35,7 t/hectare. **Conclusions.** Grades and hybrids of winter rye of domestic selection provide lump of biomass with high exit of biogas for a unit of the area. But it is necessary for Ukraine to create power hybrids of winter rye with stably high productivity of green mass and resistance to adverse conditions of vegetation.

Key words: winter rye, biofuel, bio-power crops, green material, dry mass, biomass.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201805-10>

Бібліографія

1. Гелетуха Г.Г., Кучерук П.П., Матвеев Ю.Б. Перспективы производства и использования биогаза в Украине. *Аналитическая записка БАУ*. 2013. № 4. 22 с.
2. Дубовин В., Мельничук М., Мироненко В. и др. Украинское биотопливо будет качественным. *Зерно*. 2007. № 5(14). С. 98–103.
3. Гелетуха Г.Г., Желізна Т.А., Жовіт М.М. та ін. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. *Пром. теплотехніка*. 2011. Т. 33. № 1. Ч. 2. С. 57–64.
4. Scholz V., Ellerbrock R. The growth productivity, and environmental impact of the cultivation of energy crops on sandy soil in Germany. *Biomass and Bioenergy*. 2002. V. 23. Is. 2. P. 81–92.
5. Roux S., Wortmann H., Schlathölter M. Breeding capability of rye (*Secale cereale* L.) for biogas production. EUCARPIA-International Symposium on Rye Breeding and Genetics, 2010. P. 29.
6. Piechota T., Sawinska Z., Kowalski M. et al. Plonowanie i zdrowotność wybranych odmian żyta ozimego uprawianego z przeznaczeniem na biogaz. *Fragm. Agron*. 2017. R. 34, № 2. S. 67–74.
7. Hübner M., Oechsner H., Koch S. et al. Impact of genotype, harvest time and chemical composition on the methane yield of winter rye for biogas production. *Biomass and Bioenergy*. 2011. V. 35(10). P. 4316–4323.
8. Phenotypic and molecular analyses of grain and biomass productivity under irrigated and rainfed conditions in hybrid rye: dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften vorgelegt der Fakultät Agrarwissenschaften von Diplom-Agrarbiologin Marlen Gottwald (geb. Hübner) aus Hofheim am Taunus Stuttgart-Hohenheim, 2014.
9. Miedaner T., Hübner M., Koch S. et al. Biomass yield of self-incompatible germplasm resources and testcrosses in winter rye. *Plant Breeding*. 2010. V. 129(4). P. 369–375.
10. Deublein D., Steinhauser A. Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction/ Weinheim: WILEY — VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008. 444 p.