

**ЖИТО ОЗИМЕ ЯК ПОНОВЛЮВАНЕ ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ**

Єгоров Д.К., Циганко В.А., Дем'яненко С.Б.  
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Україна

Наведено результати випробовування сортів та гібридів жита озимого селекції Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН на підвищену врожайність зеленої маси, високий вміст сухої речовини, золи та вуглеводів з метою використання для виробництва біогазу та етанолу.

**Ключові слова:** жито озиме, гібрид, сорт, зелена маса, біопаливо, біоетанол, біогаз

**Вступ.** На теперішній час поновлювані джерела енергії (ПДЕ) займають значне місце в енергобалансі країн світу. Одним з важливих секторів ПДЕ в світі є виробництво та енергетичне використання біогазу.

**Аналіз літературних даних, постановка проблеми.** Відомо, що Євросоюз є лідером у виробництві біогазу, при цьому вагоме місце займає Німеччина [1]. Більш 70 % відновлюваних джерел енергії складає біомаса, в аграрному секторі це, перш за все, енергетичні культури, відходи переробки сільськогосподарської продукції та сировина для отримання біогазу. В цілому, біомаса посідає четверте місце серед усього палива, яке застосовується у світі. Вона дає біля 2 млрд. т умовного палива на рік, що складає близько 14 % загального споживання первинних енергоносіїв у світі [2].

Суттєве подорожчання традиційних видів палива за короткий проміжок часу в Україні відкриває шлях до інтенсифікації використання альтернативних його видів, біогазу в тому числі. Шляхом реалізації 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 урожаю за рахунок 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, у жита саме гібриди мали перевагу над сортами за урожайністю зеленої та сухої маси [6].

Літературні дані свідчать про те, що основною ознакою для біоенергетичного жита, на яку селекціонер повинен звертати увагу при селекції, є вихід зеленої та сухої маси [7-8]. Встановлено, що вищу кількість біомаси з рослин жита можна отримати у фазі молочної стиглості [9], але вихід біомаси залежить від ґрунту та кліматичних умов: у деяких регіонах світу врожайність може бути в п'ять разів вище, ніж, наприклад, в Німеччині [10]. В Україні відсутні дослідження щодо використання жита озимого для отримання біоенергії, тому наше дослідження є актуальним.

**Мета і задачі дослідження.** Визначити урожайність зеленої маси, теоретичного виходу біогазу у сортів та гібридів жита озимого за різних норм висіву, встановити вплив погодних умов вегетації на урожайність біомаси.

Для вирішення завдання було передбачено визначення теоретичного виходу біогазу. Теоретичний вихід біогазу базується на значеннях таких компонентів: зелена маса, суха маса, органічна суха маса та вихід біогазу з 1 т органічної сухої маси.

**Матеріали, методи, метеорологічні умови.** Матеріалом для дослідження були сорти та гібриди жита озимого селекції Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН: Пам'ять Худоєрка, Діхар, Хамарка, Стоір, Юпітер F<sub>1</sub>, Сатурн F<sub>1</sub>, Харлей F<sub>1</sub>, Слобожанець F<sub>1</sub>, які висівалися в оптимальні строки (друга декада вересня) з нормою висіву 4, 5, та 6 млн. схожих зерен на га.

Урожайність зеленої маси, сухої речовини та вмісту золи визначали у два етапи: фази трубкування (до появи колосу) та фази початок наливу зерна.

Погодні умови восени 2015 року були вкрай посушливими. Відсутність опадів впродовж 90 діб негативно вплинули на стан ґрунту. Але своєчасна обробка парових площ дозволила отримати сходи рослин жита. Сівба більшості дослідних ділянок проводили у другій декаді вересня. Сходи було отримано на 10 – 12 добу. Кількість рослин, що зійшли на 20-30% було меншим від кількості висіяного насіння. Рослини жита сформували не достатню кількість пагонів (3-4 пагона на рослину). Умови початку зимового періоду (підвищена кількість опадів та помірні температури повітря) сприяли як збільшенню рослин, що зійшли так і розвитку кількості пагонів на рослинах, що з'явилися раніш.

Відсутність низьких температур та наявність великого снігового покриву в січні та лютому 2016 року сприяла сто відсотковій перезимівлі рослин жита.

Підвищена кількість опадів та оптимальний температурний режим з березня по травень дозволило рослинам жита сформувати достатню кількість продуктивних пагонів (7-9 пагонів) на рослину та більш продуктивний колос.

Погодні умови восени 2016 року сприяли своєчасній сівбі. Сходи отримано на 7 – 10 добу. В другій декаді жовтня спостерігалось різке зниження середньодобової температури повітря до 3 – 5° С, що негативно вплинуло на розвиток рослин жита. Рослини жита сформували не достатню кількість пагонів (3-4 пагона на рослину).

Умови зимового періоду (підвищена кількість опадів та часті відлиги) призвели до утворення снігового покриву з багатьма (2-4) прошарками крижаної кірки, що значно ускладнило процес дихання рослин та сприяло розвитку снігової плісняви на посівах конкурсного сортопробування та дозволило оцінити зразки за стійкістю та толерантністю до збудника хвороби.

Відновлення вегетації відбулося на початку (перша декада) квітня при оптимальному температурному режимі та достатньої кількості вологи в ґрунті, що сприяло розвитку рослин жита. Тривале похолодання до – 5-7° С та випадіння снігу до 15 см у період з 19 до 30 квітня загальмувало подальше проходження всіх фаз розвитку рослин на 2 тижні і сприяло накопиченню продуктивної вологи в ґрунті та її використанні протягом наступних місяців вегетації.

Розвиток рослин у фази трубкування, цвітіння та наливу зерна відбувалися за умов помірних температур повітря 16-23° С, але відсутності опадів. Але несприятливі погодні умови вегетації не вплинули на рівень урожайності жита.

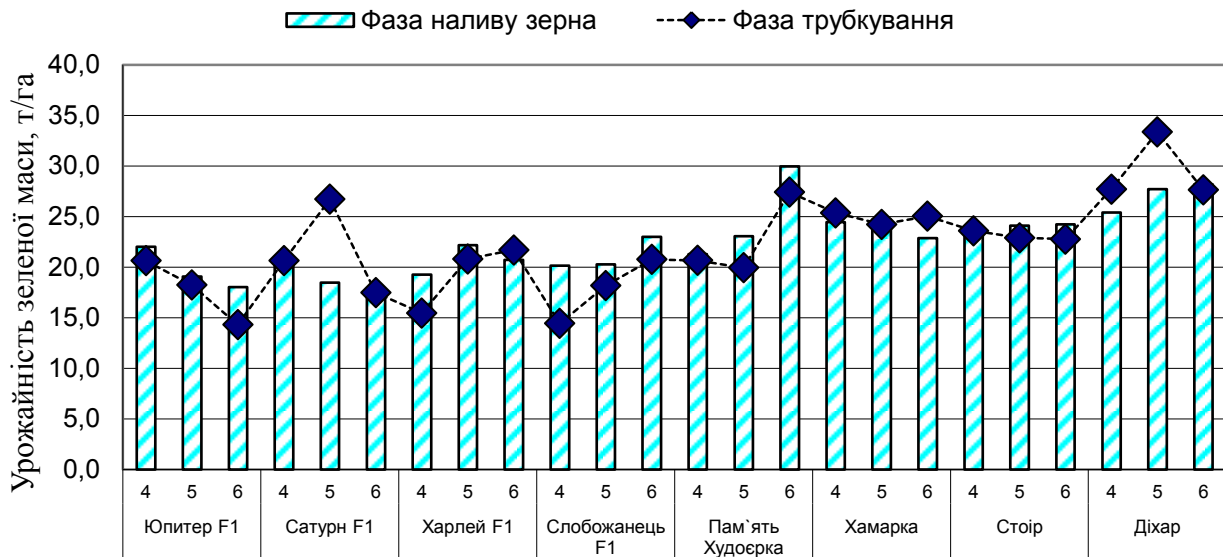
Погодні умови восени 2017 року сприяли своєчасній сівбі. Посів проводили в не достатньо зволожений ґрунт, але сходи отримано своєчасно. Рослини жита сформували не достатню кількість пагонів (3-4 пагона на рослину).

Умови зимового періоду (підвищена кількість опадів та не дуже низькі температури повітря) сприяло перезимівлі жита. Погодні умови на весні сприяли розвитку рослин жита. Відновлення вегетації відбулося на початку (перша декада) квітня при оптимальному температурному режимі та достатньої кількості вологи в ґрунті.

Погодні умови восени 2018 року проводили в оптимальні строки сівби в не достатньо зволожений ґрунт, але сходи отримано своєчасно. Оподи жовтня на листопада сприяли росту та розвитку рослин жита. Умови зимового періоду (підвищена кількість опадів та відсутність низьких температур повітря) сприяло перезимівлі жита. Погодні умови на весні сприяли розвитку рослин жита. Відновлення вегетації відбулося на початку (перша декада) квітня при оптимальному температурному режимі та достатньої кількості вологи в ґрунті.

**Обговорення результатів.** Встановлено коливання урожайності зеленої маси залежно від генотипу зразка, фази розвитку рослини та норми висіву (рис. 1). У 2018 р. урожайність зеленої маси у фазі наливу не суттєво переважала урожайність у фазі трубкування практично у всіх зразків, окрім гібриду Сатурн F<sub>1</sub> та сорту Діхар. Наведені зразки сформували вищу урожайність зеленої маси у фазі трубкування за норми висіву 5 млн. шт./га – 26,7 і 33,3 т/га відповідно. У фазі трубкування мінімальну урожайність зеленої маси отримано у гібрида Слобожанець F<sub>1</sub> 14,3 т/га за норми висіву 4 млн. шт./га, а максимальну

– у сорту Діхар 33,3 т/га за норми висіву 5 млн. шт./га. У фазі наливу мінімальну врожайність зеленої маси відмічено у гібриду Сатурн F<sub>1</sub> 17,8 т/га за норми висіву 6 млн. шт./га, а максимальну – у сорту Пам'ять Худоєрка 30,0 т/га за норми висіву 6 млн. шт./га.



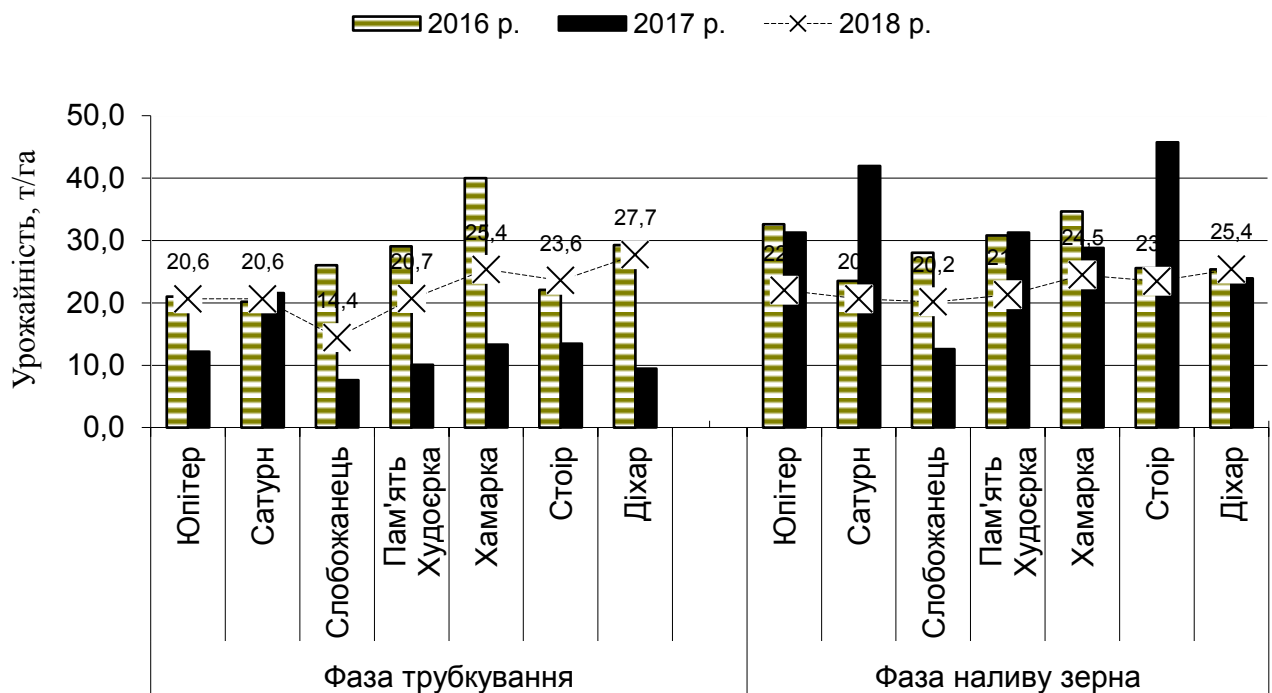
**Рисунок 1.** Урожайність зеленої маси сортів і гібридів жита озимого у фазах трубкування та наливу, 2018 р.

На підвищення норми висіву з 4 до 6 млн. шт./га у 2018 р. позитивно реагували гібрид Слобожанець F<sub>1</sub> та Пам'ять Худоєрка. У цих зразків відмічено зростання урожайності зеленої маси у фазі трубкування з 14,4 до 20,8 т/га та з 20,7 до 27,4 т/га відповідно, та у фазі наливу з 20,1 до 23,0 т/га та з 21,3 до 30,0 т/га відповідно. Оптимальною нормою для отримання високого рівня урожайності зеленої маси у фазах трубкування та наливу у гібриду Юпітер F<sub>1</sub> є 4 млн. шт./га (20,6 та 22,0 т/га відповідно).

Встановлено залежність урожайності зеленої маси від погодних умов років вирощування. Доведено, що більш сприятливими для формування високої зеленої маси у фазу трубкування виявився 2016 р., оскільки цей період характеризувався достатньою кількістю вологи та температурою повітря оптимальною для розвитку рослин жита, тоді як у 2017 р. занизька температура повітря уповільнила розвиток рослин у цей період та не дозволила повною мірою розкрити генетичний потенціал зразків (рис. 2).

Умови весни 2018 року не сприяли розвитку рослин в фазі трубкування. Швидкий перехід від зими до весни сприяв таненню снігового покриву та випаровуванню вологи. Недостатня кількість опадів у квітні та травні негативно вплинула на формування надземної маси рослин жита. Серед вивчених зразків найбільшу урожайність зеленої маси у фазі трубкування зафіксовано у сортів Хамарка та Діхар – 25,4 т/га та 27,7 т/га відповідно. У фазі наливу зерна до вище згаданих сортів додалися показники сорту Стоір. Урожайність зеленої маси в цій фазі становила 24,5 т/га, 25,4 т/га та 23,5 т/га відповідно.

На відміну від урожайності зеленої маси, кількість сухої маси різнилася за фазами розвитку у 1,8 рази. Відмічено формування більшої кількості сухої маси у фазі наливу, ніж у фазі трубкування.



**Рисунок 2.** Порівняна врожайність зеленої маси сортів і гібридів жита озимого в фазу трубкування та наливу зерна залежно від погодних умов року, т/га.

У середньому кількість сухої маси у фазі трубкування варіювала від 5,6 до 6,0 т/га, а у фазі наливу рівень сухої маси становив 10,4–11,0 т/га (табл. 1). На нашу думку, на мінливість кількості сухої маси за фазами розвитку вплинули посушливі умови вегетації, які сприяли більшому накопиченню сухої маси в рослинах жита та зменшенню в них вологи у фазі наливу.

Таблиця 1

**Кількість сухої маси сортів і гібридів жита озимого залежно від фаз розвитку та норм висіву, 2018 р.**

Гібрид, сорт	Кількість сухої маси, т/га					
	Фаза трубкування			Фаза наливу		
	норма висіву, млн. шт./га			норма висіву, млн. шт./га		
	4	5	6	4	5	6
Юпітер F <sub>1</sub>	5,5	4,9	4,3 <sup>2)</sup>	10,4 <sup>1)</sup>	8,9 <sup>1)</sup>	8,6 <sup>1)</sup>
Сатурн F <sub>1</sub>	5,5	5,5	4,4 <sup>2)</sup>	9,6 <sup>1)</sup>	8,7 <sup>1)</sup>	8,9 <sup>1)</sup>
Харлей F <sub>1</sub>	4,3 <sup>2)</sup>	5,7	5,9 <sup>2)</sup>	9,1 <sup>1)</sup>	10,4 <sup>1)</sup>	9,9 <sup>1)</sup>
Слобожанець F <sub>1</sub>	4,2 <sup>2)</sup>	4,6	5,7 <sup>2)</sup>	9,3 <sup>1)</sup>	9,8 <sup>1)</sup>	11,0 <sup>1)</sup>
Пам'ять Худоєрка (ст.)	5,3	5,2	7,1	9,7 <sup>1)</sup>	10,4 <sup>1)</sup>	14,0 <sup>1)</sup>
Хамарка	7,2 <sup>2)</sup>	7,4 <sup>2)</sup>	7,4	11,5 <sup>1)</sup>	11,5 <sup>1)</sup>	10,5 <sup>1)</sup>
Стоір	6,3 <sup>2)</sup>	6,4 <sup>2)</sup>	5,9	11,8 <sup>1)</sup>	11,4 <sup>1)</sup>	11,5 <sup>1)</sup>
Діхар	6,7 <sup>2)</sup>	8,1 <sup>2)</sup>	6,9	12,0 <sup>3)</sup>	12,9 <sup>3)</sup>	13,2 <sup>1)</sup>
Середнє	5,6	6,0	6,0	10,4	10,5	11,0
НІР <sub>0,5</sub> (між генотипами)	0,68	1,0	1,1	1,87	2,0	1,38
НІР <sub>0,5</sub> (між нормами висіву)		1,97			2,6	
НІР <sub>0,5</sub> (між фазами)				2,24		

<sup>1)</sup> - (між фазами) достовірно на рівні 5 %

<sup>2)</sup> - (між генотипами) достовірно на рівні 5 %

<sup>3)</sup> - (між нормами висіву) достовірно на рівні 5 %

Встановлено достовірну різницю між генотипами за кількістю сухої маси у фазах трубкування та наливу. Так, сорти Хамарка, Стоір, Діхар у фазі трубкування суттєво

переважали стандарт 5,3 т/га за норми висіву 4 та 5 млн. шт./га – 7,2 та 7,4 т/га, 6,3 та 6,4 т/га, 6,7 та 8,1 т/га відповідно. Високу кількість сухої маси у фазі трубкування за норми висіву 6 млн. шт./га відмічено у сорту-стандарту Пам'ять Худоєрка – 7,1 т/га та сорту Хамарка – 7,4 т/га. У фазі наливу суттєву перевагу над стандартом відмічено лише у сорту Діхар за норм висіву 4 та 5 млн. шт./га. За результатами аналізу даних кількості сухої маси у сортів та гібридів жита озимого можна зробити висновок, що в умовах вегетації 2018 р. сорти були більш продуктивними, ніж гібриди.

Вміст золи у сухій речовині є компонентом сухої маси. Ми визначили вміст золи у фазах трубкування та наливу. Встановлено, що було сформовано значно більший вміст золи у фазі трубкування, ніж у фазі наливу. Вміст золи за фазами різнився у 2,1 рази. В середньому у фазі трубкування вміст золи складав 8,14–8,49 %, а у фазі наливу – 3,75–3,88 (табл. 2).

Таблиця 2

**Вміст золи у сухій речовині вегетативної маси сортів і гібридів жита озимого залежно від фаз розвитку та норм висіву у 2018 р., %**

Зразок	Вміст золи, %					
	фаза трубкування			Фаза наливу		
	норма висіву, млн. шт./га			норма висіву, млн. шт./га		
	4	5	6	4	5	6
Юпітер F <sub>1</sub>	6,78 <sup>1)</sup>	7,38 <sup>1)</sup>	8,09 <sup>1)</sup>	3,48	3,18 <sup>1)</sup>	2,79 <sup>1)</sup>
Сатурн F <sub>1</sub>	7,68 <sup>1)</sup>	7,79 <sup>1)</sup>	8,24 <sup>1)</sup>	3,08 <sup>1)</sup>	3,84	3,85
Харлей F <sub>1</sub>	8,11 <sup>1)</sup>	8,35	8,06 <sup>1)</sup>	3,55	4,19	4,08
Слобожанець F <sub>1</sub>	7,81 <sup>1)</sup>	8,36	8,54 <sup>1)</sup>	3,80	3,94	4,06
Пам'ять Худоєрка (ст.)	9,50	8,79	9,36	3,81	3,66	4,20
Хамарка	8,19 <sup>1)</sup>	8,46	8,59 <sup>1)</sup>	4,43 <sup>1)</sup>	3,99	4,06
Стоір	8,74 <sup>1)</sup>	8,29	8,31 <sup>1)</sup>	3,96	4,13	3,98
Діхар	8,30 <sup>1)</sup>	9,11	8,71 <sup>1)</sup>	3,89	4,09	3,73
Середнє	8,14	8,32	8,49	3,75	3,88	3,84
НІР <sub>0,5</sub>		0,64			0,48	

<sup>1)</sup>- достовірно на рівні 5 %

За результатами дисперсійного аналізу встановлено суттєву різницю за вмістом золи між генотипами. За норми висіву 4 та 6 млн. шт./га у фазі трубкування всі зразки виявилися нижчими за стандарт. За норми висіву 5 млн. шт./га вміст золи у більшості зразків знаходився у межах стандарту, окрім гібридів Сатурн та Юпітер. У фазі наливу жоден із зразків не переважав стандарт, але більшість з них знаходилася у межах стандарту. За різних норм висіву вміст золи суттєво не відрізнявся.

Цікавим є той факт, що величина вмісту золи у відсотках суттєво відрізнялась за фазами розвитку, але при цьому величина у кілограмах була на одному рівні (табл. 3). Таке явище пояснюється наявністю зворотної кореляції ( $r=-0,99$ ) між кількістю сухої маси та вмістом золи. При збільшенні сухої маси у рослинах жита відмічено зниження вмісту золи.

Для встановлення продуктивності сортів та гібридів жита озимого за виходом біогазу ми розраховали теоретичний вихід біогазу з урахуванням особливостей прояву складових ознак у зразків (табл. 4). Установлено, що теоретичний вихід біогазу у сортів та гібридів жита озимого залежав від фаз розвитку рослини та генотипу рослини. Так, у фазі наливу можна отримати біогазу у 1,7 разів більше ( $15016,0 \times 10^3 - 15772,2 \times 10^3 \text{ м}^3/\text{га}$ ), ніж у фазі трубкування ( $8747,1 \times 10^3 - 9257,0 \times 10^3 \text{ м}^3/\text{га}$ ).

Достовірно переважали стандарт за теоретичним виходом біогазу у фазі трубкування сорти Хамарка та Діхар. Рівень виходу біогазу був найвищим серед зразків і складав  $11165,8 \times 10^3 \text{ м}^3/\text{га}$  за норми висіву 4 млн. шт./га та  $11509,4 \times 10^3 \text{ м}^3/\text{га}$  за норми висіву 5 млн. шт./га у сорту Хамарка, та  $10457,2 \times 10^3 \text{ м}^3/\text{га}$  за норми висіву 4 млн. шт./га і  $12441,7 \times 10^3 \text{ м}^3/\text{га}$  за норми висіву 5 млн. шт./га у сорту Діхар.

**Вміст золи у сухій речовині маси сортів і гібридів жита озимого залежно від фаз розвитку та норм висіву у 2018 р., кг/га**

Гібрид, сорт	Вміст золи, кг/га					
	фаза трубкування			Фаза наливу		
	норма висіву, млн. шт./га			норма висіву, млн. шт./га		
	4	5	6	4	5	6
Юпітер F <sub>1</sub>	370,2	367,4	348,9	365,5	279,9	240,9
Сатурн F <sub>1</sub>	422,9	429,8	362,4	295,1	334,8	342,4
Харлей F <sub>1</sub>	346,8	477,1	476,9	329,5	430,4	404,5
Слобожанець F <sub>1</sub>	328,5	386,9	488,7	357,3	382,2	443,1
Пам'ять Худоєрка (ст.)	508,8	456,9	669,5	369,2	381,6	587,4
Хамарка	588,9	627,4	636,3	508,8	457,7	428,0
Стоір	553,2	531,8	485,9	469,3	468,9	455,3
Діхар	554,7	740,7	602,7	463,3	516,8	492,1
Середнє	459,2	502,2	508,9	394,7	406,6	424,2

Суттєвої різниці між генотипами у фазі наливу за норми висіву 4 та 5 млн. шт./га не відмічено. Найвищий вихід біогазу за норми висіву 6 млн. шт./га був у сорту-стандарту Пам'ять Худоєрка  $20132,8 \times 10^3 \text{ м}^3/\text{га}$ . Зразки Юпітер, Сатурн, Харлей, Слобожанець, Хамарка мали достовірно нижчий рівень виходу біогазу.

**Теоретичний вихід біогазу у сортів та гібридів жита озимого, 2018 р.**

Гібрид, сорт	Теоретичний вихід біогазу, $\times 10^3 \text{ м}^3/\text{га}$					
	Фаза трубкування			Фаза наливу		
	норма висіву, млн. шт./га			норма висіву, млн. шт./га		
	4	5	6	4	5	6
Юпітер F <sub>1</sub>	8674,7	7708,2	6768,3 <sup>1)</sup>	15054,0	12882,6	12580,3 <sup>1)</sup>
Сатурн F <sub>1</sub>	8534,1	8675,6	6847,7 <sup>1)</sup>	13942,1	12575,0	12789,1 <sup>1)</sup>
Харлей F <sub>1</sub>	6669,7	8851,1	9209,2	13078,9	14957,0	14229,2 <sup>1)</sup>
Слобожанець F <sub>1</sub>	6496,4	7163,9	8831,2	13398,0	14037,1	15839,8 <sup>1)</sup>
Пам'ять Худоєрка (ст.)	8183,8	8067,5	10978,0	13966,4	14939,8	20132,8
Хамарка	11165,8 <sup>1)</sup>	11509,4 <sup>1)</sup>	11545,5	16508,0	16494,3	15095,8 <sup>1)</sup>
Стоір	9795,3	9985,0	9142,7	16927,8	16342,1	16543,0
Діхар	10457,2 <sup>1)</sup>	12441,7 <sup>1)</sup>	10733,6	17252,4	18570,1	18967,8
Середнє	8747,1	9300,3	9257,0	15016,0 <sup>2)</sup>	15099,7 <sup>2)</sup>	15772,2 <sup>2)</sup>
НІР <sub>0,5</sub> (між генотипами)	1719,69	2487,5	2813,7	4374,7	4738,3	3284,8
НІР <sub>0,5</sub> (між нормами висіву)		3025,0			3692,2	
НІР <sub>0,5</sub> (між фазами)				3274,5		

<sup>1)</sup>- (між генотипами) достовірно на рівні 5 %  
<sup>2)</sup>- (між фазами) достовірно на рівні 5 %

Простежувалося варіювання виходу біогазу залежно від норм висіву, хоча за результатами дисперсійного аналізу воно біло несуттєвим. Відмічено зниження виходу біогазу через зростання норми висіву у гібридів Юпітер та Сатурн у фазах трубкування та наливу. У зразків Харлей, Слобожанець, Пам'ять Худоєрка за зростання норми висіву вихід біогазу збільшувався також в обох фазах розвитку рослин. Сорти Хамарка та Стоір на зміну норми висіву не реагували. Аналіз кореляційної залежності складових ознак теоретичного виходу біогазу та самого виходу біогазу від норми висіву показав диференціацію індексів кореляції за силою та напрямом залежно від генотипу. Встановлено багато варіантів взаємодії між нормою висіву та врожайністю зеленої маси, кількістю сухої маси, вмістом золи, виходом біогазу. Так, сильну позитивну кореляцію між

нормою висіву та іншими ознаками встановлено у гібридів Слобожанець F<sub>1</sub>, Харлей F<sub>1</sub>, сорту Пам'ять Худоєрка. Від'ємну кореляцію між ознаками відмічено у гібридів Юпітер, Сатурн F<sub>1</sub>, сорту Стоір. У сорту Хамарка відмічено сильний позитивний зв'язок ( $r=0,99$ ) між нормою висіву сухою масою, вмістом золи та виходом біогазу, але слабку та від'ємну з урожайністю зеленої маси. У сорту Діхар норма висіву майже не впливала на ступень прояву вищевказаних ознак ( $r=-0,01-0,24$ ).

За результатами кореляційного аналізу даних встановлено зв'язки між «теоретичним виходом біогазу» та складовими ознаками. Відмічено зв'язок між кількістю сухої речовини та урожайністю зеленої маси, між урожайністю зеленої маси та вмістом золи, між кількістю сухої речовини та вмістом золи, між нормою висіву та урожайністю зеленої маси, між нормою висіву та кількістю сухої речовини, вмістом золи та нормою висіву, між нормою висіву та виходом біогазу, між вмістом золи та виходом біогазу, між урожайністю зеленої маси та виходом біогазу, між кількістю сухої речовини та виходом біогазу. Але встановлено відмінності за напрямком та ступенем зв'язку залежано від генотипу зразка та фази розвитку рослини. Кореляційний аналіз показав тісний зв'язок між виходом біогазу, зеленою та сухою масою у більшості зразків незалежно від фаз розвитку, окрім сортів Хамарка і Стоір. У даних зразків вихід біогазу у фазі трубкування зростає тільки зі зростанням сухої маси, а вихід біогазу був менш пов'язаним з мінливістю урожайності зеленої маси ( $r=-0,66$  та  $0,43$  відповідно). У фазі наливу у сорту Хамарка кореляція між виходом біогазу та врожайністю зеленої маси виявилася позитивною та більш тісною ( $r=0,99$ ), ніж у фазі трубкування, а у сорту Стоір – стала більш сильною, але негативною ( $r=-0,88$ ).

Установлено сильну позитивну кореляцію між виходом біогазу та вмістом золи у сухій речовині у фазі трубкування у гібридів Сатурн F<sub>1</sub>, Харлей F<sub>1</sub>, Слобожанець F<sub>1</sub>, сортів Пам'ять Худоєрка, Діхар, Стоір, Хамарка ( $r=0,99$ ). Тільки у гібрида Сатурн вихід біогазу залежав від вмісту золи меншою мірою ( $r=-0,34$ ). Із настанням фази наливу у гібрида Сатурн вміст золи сильніше ( $r=-0,99$ ) впливав на вихід біогазу. У фазі наливу кореляційна залежність виходу біогазу від вмісту золи характеризувалась як сильна та позитивна ( $r=0,76-0,99$ ), лише у сорту Стоір вміст золи слабо впливав на вихід біогазу ( $r=0,19$ ). Слід звернути увагу на те, що сильний вплив вмісту золи на вихід біогазу спостерігався у зразків з тісним і позитивним зв'язком між вмістом золи та кількістю сухої маси незалежно від фаз розвитку.

Встановлено сильний позитивний зв'язок кількості сухої маси з урожайністю зеленої ( $r=0,99$ ) майже у всіх зразків у фазах трубкування та наливу. Але у сорту Хамарка у фазі трубкування цей зв'язок відрізнявся силою та напрямом ( $r=-0,64$ ), тоді як у фазі наливу врожайність зеленої маси впливала сильніше ( $r=0,99$ ). Особливості взаємозв'язку кількості сухої маси з урожайністю зеленої маси також має сорт Стоір. У фазі трубкування врожайність зеленої маси у цього сорту впливала з середньою силою ( $r=0,48$ ), а у фазі наливу взагалі збільшення зеленої маси призводило до зменшення кількості сухої маси ( $r=-0,89$ ).

Для визначення потенціалу сортів та гібридів жита озимого для виробництва біоетанолу нами досліджено рівень урожайності зерна сортів та гібридів за різних норм висіву насіння (табл. 5). Урожайність зерна сортів та гібридів жита озимого у 2018 р. знаходилася близько до середнього у досліді значення та складала 4,88–5,11 т / га. Суттєвої різниці між зразками та за нормами висіву у більшості випадків не виявлено.

Відмічено суттєво вищу за середню у досліді та у порівнянні зі стандартом урожайність 6,59 т/га лише у гібрида Слобожанець F<sub>1</sub> за норми висіву 6 млн. шт./га та урожайність на рівні 6,2 т/га за норми висіву 5 млн. шт./га відмічено у сорту Пам'ять Худоєрка. Високою урожайністю 5,74 т/га за норми висіву 4 млн. шт./га характеризувався сорт Стоір.

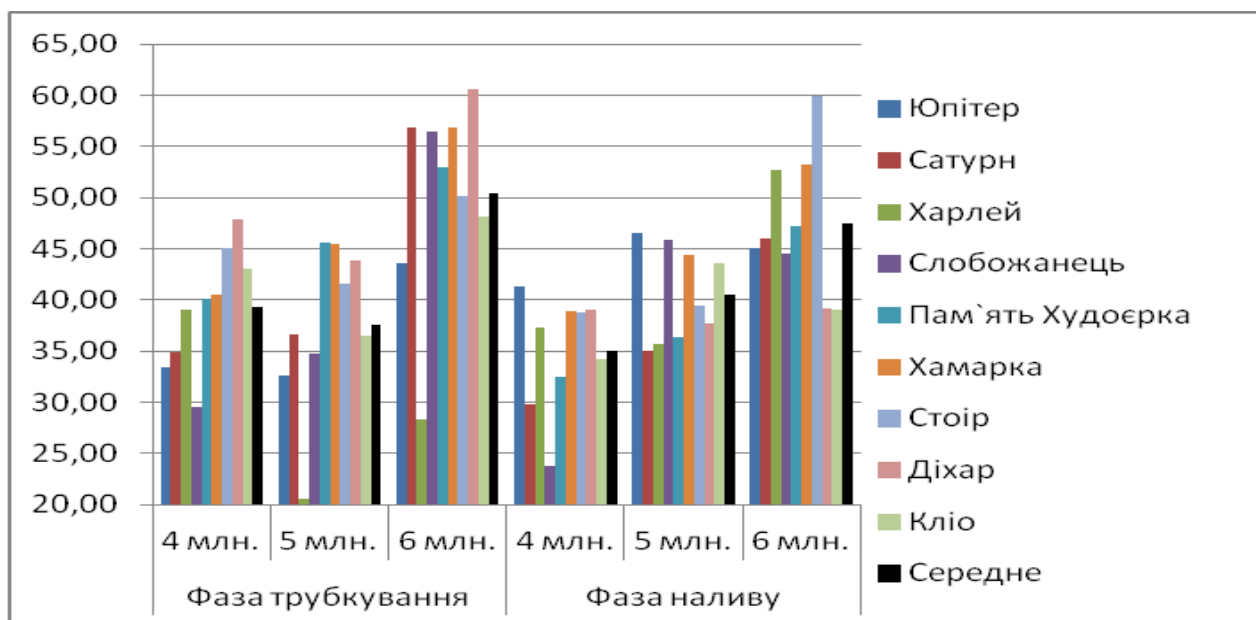
Установлено функціональну залежність ( $r=1$ ) між урожайністю зерна та виходом спирту з одиниці площі. При цьому вихід спирту не залежав від вмісту крохмалю ( $r=0,09$ ). Отже, виділено зразки з високим виходом спирту відповідно до зразків з високою урожайністю. За норми висіву 4 млн. шт./га виділено сорт Стоір – 4,08 т/га, за норми висіву 5 млн. шт./га виділено сорт Пам'ять Худоєрка – 4,40 т/га, за норми висіву 6 млн. шт./га виділено гібрид Слобожанець – 4,68 т/га.

**Урожайність зерна та теоретичний вихід спирту у сортів і гібридів жита озимого залежно від норм висіву насіння, 2018 р.**

Гібрид, сорт	Урожайність, т/га			Вміст крохмалю, %	Теоретичний вихід спирту, т/га		
	4 млн.	5 млн.	6 млн.		4 млн.	5 млн.	6 млн.
	шт./га	шт./га	шт./га		шт./га	шт./га	шт./га
Юпітер F <sub>1</sub>	5,02	4,67	4,77	60,70	3,57	3,32	3,39
Сатурн F <sub>1</sub>	5,21	5,26	4,24	61,50	3,70	3,74	3,01
Слобожанець F <sub>1</sub>	4,14	4,78	6,59 <sup>1)</sup>	61,07	2,94	3,40	4,68 <sup>1)</sup>
Пам'ять Худоєрка (ст.)	4,68	6,20 <sup>1)</sup>	5,09	62,70	3,32	4,40 <sup>1)</sup>	3,62
Хамарка	4,75	4,64	5,01	62,50	3,37	3,30	3,56
Стоір	5,74 <sup>1)</sup>	5,20	5,22	61,80	4,08 <sup>1)</sup>	3,69	3,71
Діхар	5,05	4,87	4,90	63,68	3,59	3,46	3,48
Харлей F <sub>1</sub>	4,41	5,01	5,09	60,10	3,13	3,56	3,62
Середнє у досліді	4,88	5,08	5,11		3,46	3,61	3,63
НІР <sub>0,5</sub>		1,03		-		0,73	

<sup>1)</sup> – істотно 0,5

Вплив умов вирощування 2019 року на формування зеленої маси жита озимого від норми висіву, погодних умов та генотипу сортів і гібридів наведено на рис. 3. Встановлено що найвищу врожайність зеленої маси у фазу трубкування за норми висіву 4 млн. шт./га сформували сорти Стоір та Діхар – 45,7 т/га та 47,9 т/га відповідно, сорти та Пам'ять Худоєрка близько 40,0 т/га. Найвищу врожайність за норми висіву 6 млн. шт./га формували сорти Діхар – 60,6 т/га та Хамарка – 56,8 т/га. Серед гібридів Слобожанець – 56,5 т/га, та Сатурн – 56,8 т/га. Високу врожайність зеленої маси незалежно від норми висіву у фазу трубкування формував сорт Діхар – 50,8 т/га в середньому.



**Рисунок 3.** Урожайність зеленої маси у фазах трубкування та наливу, 2019 р.

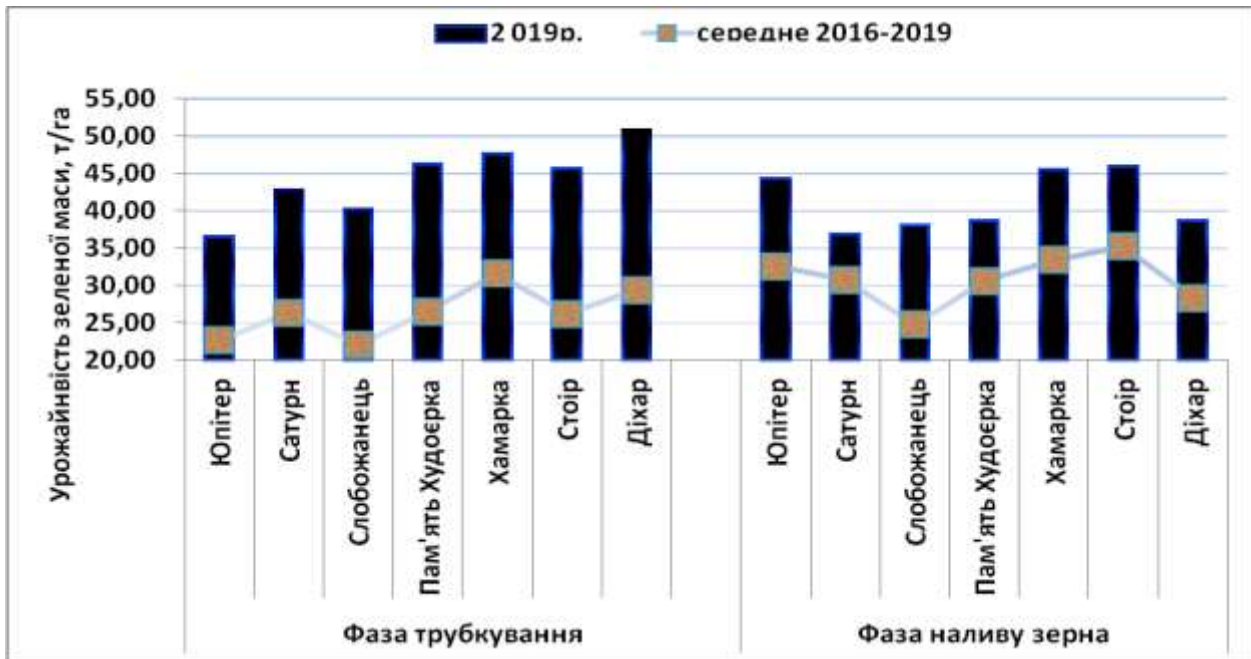
Погодні умови періоду від фази трубкування до фази наливу зерна у 2019 р. виявилися сприятливими для формування високої врожайності зеленої маси у фазу наливу для більшості зразків, що сформували від 23,7 до 59,9 т/га зеленої маси.

У фазу наливу зерна значення врожайності зеленої маси залежно від норми висіву розподілялися дещо по-іншому. Так сорт Стоір за врожайністю зеленої маси переважав за



норм висіву 6 млн. шт./га – 59,9, у сорта Хамарка врожайність зеленої маси була найвищою за норми 6 млн. шт./га – 53,8 т/га. Високу кількість зеленої маси формували гібриди Юпітер F<sub>1</sub> за всіма нормами висіву – від 41,4 до 56,5 т/га та Слобожанець F<sub>1</sub> за норми висіву 5 млн. шт./га – 45,8 т/га та гібрид Харлей за норми висіву 6 млн. шт./га – 52,7 т/га. Високу врожайність зеленої маси незалежно від норми висіву у фазу наливу формував сорт Хамарка – 38,6–53,3 т/га.

Доведено залежність урожайності зеленої маси від погодних умов років вирощування (рис. 4). Встановлено, що урожайність зеленої маси сортів і гібридів першого покоління в фазу трубкування за чотири роки коливалась від 22,2 до 31,2 т/га.



**Рисунок 4.** Порівняння врожайності зеленої маси сортів та гібридів жита озимого в фазу трубкування та наливу зерна залежно від погодних умов років досліджень, т/га.

У середньому за чотири роки досліджень сорти мали перевагу над гібридами. Стабільно високі показники врожайності зеленої маси були у сортів Хамарка, Стоір та Діхар. Закономірність спостерігалась у сприятливому 2019 році, але за більш високих рівнів значення.

У фазу наливу врожайність зеленої маси в середньому за чотири роки була більшою: від 24,7 до 35,2 т/га. У більш сприятливому 2019 році показники коливались за зразками: від 38,3 до 46,0 т/га. У цій фазі спостерігалась тенденція вищої врожайності зеленої маси у сортів, ніж у гібридів, за виключенням гібрида Юпітер, який формував рівну за значеннями з сортами врожайність зеленої маси. Таким чином, за роки досліджень встановлено, що для отримання більших показників зеленої маси жита озимого краще використовувати сорти жита. Серед сортів перевагу треба віддавати сортам Хамарка, Стоір та Діхар. Нами визначено вміст золи в рослинах жита (табл. 6).

Вміст золи у фазі наливу був суттєво меншим за фазу трубкування. Істотної різниці між сортами та гібридами, які посіяно з різними нормами висіву, не встановлено. Показники вмісту золи, використовуються для розрахунку теоретичного виходу біогазу з одиниці площі (табл. 7).

Аналіз таблиці показує, що норма висіву насіння суттєво впливає на показники виходу біогазу. Так, норма висіву 6 млн. схожих зерен на га в середньому на 5000–7000 м<sup>3</sup> була вищою за двома фазами розвитку рослин жита. У фазу трубкування отримано суттєво більшу кількість біогазу. Вихід біогазу суттєво залежить від підбору сорту (гібриду). Так, найвищий вихід біогазу забезпечували сорти Діхар та Хамарка в обох фазах розвитку рослин 31208,0 та 27530,02 і 23639,1 та 20853,14 куб. м/га, відповідно.

**Вміст золи в рослинах жита озимого залежно від норм висіву та фаз розвитку, 2019 р.**

Гібрид, сорт	Вміст золи, %					
	фаза трубкування			фаза наливу		
	норма висіву					
	4 млн.	5 млн.	6 млн.	4 млн.	5 млн.	6 млн.
Юпітер F <sub>1</sub>	7,70	8,23	8,83	5,28	6,53	5,63
Сатурн F <sub>1</sub>	7,80	8,68	8,60	5,48	5,85	5,53
Харлей F <sub>1</sub>	8,58	8,33	8,85	5,63	6,63	5,30
Слобожанець F <sub>1</sub>	8,78	8,98	8,25	6,00	5,73	5,00
Пам'ять Худоєрка	7,38	7,63	7,75	5,65	5,43	5,65
Хамарка	8,48	8,20	7,68	5,40	5,50	5,60
Стоір	7,55	7,70	8,25	5,20	5,50	4,88
Діхар	8,18	7,38	7,23	4,75	4,78	4,65
Середнє	8,05	8,14	8,18	5,42	5,74	5,28

Серед гібридів перевагу за цим показником мали Сатурн F<sub>1</sub> і Слобожанець F<sub>1</sub>, 22939,9 та 20236,39 і 22773,0 та 20089,14 куб. м/га, відповідно. Таким чином, доведено, що при підборі сорту (гібриду) для збільшення виходу біогазу необхідно враховувати сортові особливості та використовувати найкращі варіанти технології посіву та терміни збирання зеленої маси.

**Теоретичний вихід біогазу з сортів та гібридів жита озимого залежно від норм висіву насіння та фаз розвитку рослин, x 10<sup>3</sup> м<sup>3</sup>/га, 2019 р.**

Гібрид, сорт	Теоретичний вихід біогазу x 10 <sup>3</sup> м <sup>3</sup> /га					
	фаза трубкування			фаза наливу		
	норма висіву					
	4 млн.	5 млн.	6 млн.	4 млн.	5 млн.	6 млн.
Юпітер F <sub>1</sub>	9565,0	13255,2	17555,9	8437,7	11693,0	15486,83
Сатурн F <sub>1</sub>	15388,2	13412,0	22939,9	13574,5	11831,3	20236,39
Харлей F <sub>1</sub>	14982,0	14445,4	16087,2	13216,3	12742,9	14191,25
Слобожанець F <sub>1</sub>	15011,8	15499,2	22773,0	13242,6	13672,6	20089,14
Пам'ять Худоєрка	14265,3	17385,2	18392,6	12584,0	15336,3	16224,94
Хамарка	16756,6	18641,6	23639,1	14781,7	16444,6	20853,14
Стоір	20029,2	15572,3	17479,7	17668,6	13737,0	15419,62
Діхар	18837,1	16598,9	31208,0	16617,1	14642,7	27530,02
Середнє	15604,4	15601,2	21259,4	13765,3	13762,7	18753,92

Для визначення потенціалу сортів та гібридів жита озимого для виробництва біостанолу нами досліджено рівень урожайності зерна сортів і гібридів за різних норм висіву насіння (табл. 8).

Урожайність зерна у сортів та гібридів жита озимого у 2019 р. знаходилася в межах середнього у досліді значення та складала 6,09–7,72 т/га. Суттєвої різниці між зразками та за нормами висіву у більшості випадків не виявлено. Відмічено суттєво вищу за середню у досліді та у порівнянні зі стандартом урожайність зерна у сорту Діхар та гібриду Харлей F<sub>1</sub> за норми висіву 4 млн. шт./га 7,72 т/га та 7,51 т/га відповідно.

Стабільно високу врожайність – від 7,17 т/га до 7,58 т/га за всіма нормами висіву відмічено у гібриду Сатурн F<sub>1</sub> та гібриду Слобожанець F<sub>1</sub> – від 7,17 до 7,23 т/га. Високою врожайністю 7,39 т/га за норми висіву 6 млн. шт./га характеризувався сорт Стоір.

**Урожайність зерна та теоретичний вихід спирту у сортів та гібридів жита озимого залежно від норм висіву насіння, 2019 р.**

Гібрид, сорт	Урожайність, т/га, при нормі висіву			Вміст крохмалю, %	Теоретичний вихід спирту, т/га, при нормі висіву		
	4 млн.	5 млн.	6 млн.		4 млн.	5 млн.	6 млн.
	шт./га	шт./га	шт./га		шт./га	шт./га	шт./га
Юпітер F <sub>1</sub>	6,55	7,19	7,65	60,70	4,68	5,14	5,46
Сатурн F <sub>1</sub>	7,17	7,51	7,58	61,50	5,12	5,36	5,41
Харлей F <sub>1</sub>	7,51	6,09	6,59	60,10	5,36	4,35	4,71
Слобожанець F <sub>1</sub>	7,17	7,52	7,23	61,07	5,12	5,37	5,16
Пам'ять Худоєрка(ст.)	7,04	7,23	6,91	62,70	5,03	5,16	4,94
Хамарка	7,08	6,76	7,10	62,50	5,06	4,83	5,07
Стоір	6,24	6,18	7,39	61,80	4,46	4,41	5,28
Діхар	7,72	6,95	6,68	63,68	5,52	4,96	4,77
Середнє у досліді	7,06	6,93	7,14	-	5,04	4,95	5,10
НІР <sub>0,5</sub>		0,64				0,53	

Доведено сильну позитивну кореляцію ( $r=1$ ) між урожайністю зерна та виходом спирту з одиниці площі. При цьому вихід спирту не залежав від вмісту крохмалю ( $r=0,09$ ). Отже, виділено зразки з високим виходом спирту відповідно до зразків з високою урожайністю. За норми висіву 4 млн. шт./га виділено сорт Діхар – 5,52 т/га, за норми висіву 5 млн. шт./га виділено гібрид Слобожанець – 5,37 т/га та гібрид Юпітер F<sub>1</sub> за норми висіву 6 млн. шт./га – 5,46 т/га.

Таким чином, для отримання більшої урожайності зерна і, як наслідок, більш високого теоретичного виходу спирту (т/га), необхідно враховувати сортові особливості кожного сорту або гібриду.

**Висновки.** Отже, результати вивчення взаємозв'язків між ознаками дозволяє зробити висновок, що для створення енергетичних сортів та гібридів жита озимого необхідно відбирати генотипи з високими врожайністю зеленої маси та кількістю сухої речовини.

Різноманіття взаємозв'язків між складовими ознаками свідчить про більш значущу роль генетичної складової, ніж агротехнічних прийомів у формуванні виходу біогазу.

1. У середньому за чотири роки досліджень за показниками врожайності зеленої маси сорти мали перевагу над гібридами у фазу трубкування. Стабільно високі показники врожайності зеленої маси були у сортів Хамарка, Стоір та Діхар.

2. За урожайністю зеленої маси в фазу наливу зерна кращими були сорти Хамарка, Стоір. Гібрид першого покоління Юпітер F<sub>1</sub> на відміну від інших гібридів мав стабільний показник на рівні 45 т/га.

3. Більш високі показники врожайності зеленої маси зафіксовано при нормі висіву насіння 6 млн. схожих зерен на га, за обома фазами спостереження.

4. Теоретичний вихід біогазу залежить від норми висіву насіння. Краще висівати насіння з нормою 6 млн. шт./га. Це дає можливість отримувати від 15095,8 до 27530 куб. м газу з га. Перевагу за цим показником мають сорти Хамарка, Стоір та Діхар в обох досліджених фазах розвитку рослин, але в деякі роки можливо використовувати на ці цілі гібриди Сатурн F<sub>1</sub> і Слобожанець F<sub>1</sub>.

5. Теоретичний вихід спирту (т/га) в першу чергу залежить від умов року. Показник змінюється від 3,6 до 5,0 т/га. Найбільший вихід спирту можливо отримувати при нормі висіву насіння 6 млн. шт./га.

#### Список літературних джерел

1. Гелетуа 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., Полищук В., Драгнев С. Украинское биотопливо будет качественным. *Зерно*. 2007. №5(14). С. 98–103.
3. Гелетука Г.Г., Железна Т.А., Жовмір М.М., Матвеев Ю.Б., Дроздова О.І. 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. Vol. 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., Majchrzak L., Świtek S., Dopierała A. Plonowanie i zdrowotność wybranych odmian żyta ozimego uprawianego z przeznaczeniem na biogas. *Fragm. Agron*. 2017. R. 34, № 2. S. 67–74.
7. Hübner M., Oechsner H., Koch S., Seggl A., Hrenn H., Schmiedchen B., Wilde P., Miedaner T. 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., Seggl A., Wilde P. 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.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
12. Гончаренко А.А., Худоерко В.И. Селекция синтетических сортов озимой ржи. Метод. указания по селекции и семеноводство озимой ржи. Москва, 1980. С. 12–27.
13. Худоерко В.И., Панченко И.А., Здрилько А.Ф. и др. Методические указания по селекции и семеноводству озимой ржи. Москва, 1980. 96 с.
14. Єгоров Д.К., Дерев'янка В.П. Особливості гетерозисної селекції озимого жита. Селекція і насінництво. 2004. Вип. 88. С. 40–45.

### References

1. Geletukha GG, Kucheruk PP, Matvieiev YuB. Prospects for the production and use of biogas in Ukraine. Analytical note of the BAU. 2013; 4: 22.
2. Dubovin V, Melnichuk M, Mironenko V, Polishchuk V, Dragnev S. Ukrainian biofuel will be of high quality. *Zerno*. 2007; 5(14): 98–103.
3. Geletukha GG, Zhelezna TA, Zhovmir MM, Matvieiev YuB, Drozdova OI. Evaluation of the energy potential of biomass in Ukraine. *Promyslova teplotekhnika*. 2011; 33(1-2): 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; 23(2): 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, Majchrzak L, Świtek S, Dopierała A. Plonowanie i zdrowotność wybranych odmian żyta ozimego uprawianego z przeznaczeniem na biogas. *Fragm. Agron*. 2017; 34(2): 67–74.
7. Hübner M, Oechsner H, Koch S, Seggl A, Hrenn H, Schmiedchen B, Wilde P, Miedaner T. Impact of genotype, harvest time and chemical composition on the methane yield of winter rye for biogas production. *Biomass and Bioenergy*. 2011; 35(10): 4316–4323.
8. Phenotypic and molecular analyses of grain and biomass productivity under irrigated and rainfed conditions in hybrid rye. [dissertation]. Stuttgart-Hohenheim, 2014.
9. Miedaner T, Hübner M, Koch S, Seggl A, Wilde P. Biomass yield of self-incompatible germplasm resources and testcrosses in winter rye. *Plant Breeding*. 2010; 129(4): 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.
11. Dospekhov BA. Methods of field experience. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
12. Goncharenko AA, Khudoierko VI. Breeding of synthetic varieties of winter rye. Guidelines for winter rye breeding and seed production. Moscow, 1980. P. 12–27.
13. Khudoierko VI, Panchenko IA, Zdrilko AF et al. Guidelines for winter rye breeding and seed production. Moscow, 1980. 96 p.
14. Yegorov DK, Derevyanko VP. Peculiarities of heterotic winter rye breeding. Sel. Nasinn. 2004; 88: 40–45.

## ***РОЖЬ ОЗИМАЯ КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ***

Егоров Д.К., Цыганко В.А., Демьяненко С.Б.  
Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН, Украина

**Цель и задачи исследования.** Определить урожайность зеленой массы, теоретический выход биогаза у сортов и гибридов ржи озимой при различных нормах высева, установить влияние погодных условий вегетации на урожайность биомассы.

**Материалы и методы.** Материалом для исследования были сорта и гибриды ржи озимой селекции Института растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН: Память Худоерко, Дихар, Хамарка, Стоир, Юпитер F<sub>1</sub>, Сатурн F<sub>1</sub>, Харлей F<sub>1</sub>, Слобожанец F<sub>1</sub>, которые высевались с нормой высева 4, 5, и 6 млн. всхожих зерен на га. Урожайность зеленой массы, сухого вещества и содержания золы определяли в два этапа: фазу выхода в трубку и фазу начала налива зерна.

**Обсуждение результатов.** Урожайность зеленой массы зависит от генотипа образца, фазы развития растения и нормы высева. В среднем за четыре года сорта имели преимущество над гибридами. Стабильно высокие показатели урожайности зеленой массы были у сортов Хамарка, Стоир и Дихар. В фазу налива урожайность зеленой массы, в среднем за четыре года была от 24,7 до 35,2 т / га. Для получения высоких показателей зеленой массы ржи озимой лучше использовать сорта ржи Хамарка, Стоир и Дихар.

Количество сухой массы отличалась по фазам развития в 1,8 раза. Отмечено большее количество сухой массы в фазе налива, чем в фазе выхода в трубку. Установлено достоверную разницу между генотипами по количеству сухой массы в фазах выхода в трубку и налива.

Доказано, что содержание золы в фазе выхода в трубку было значительно больше, чем в фазе налива. Этот показатель по фазам различался в 2,1 раза. В среднем в фазе выхода в трубку содержание золы составлял 8,14–8,49 %, а в фазе налива – 3,75–3,88 %. При увеличении сухой массы в растениях ржи отмечено снижение содержания золы.

Теоретический выход биогаза у сортов и гибридов ржи озимой зависел от фаз развития растения и генотипа растения. Отмечено снижение выхода биогаза из-за увеличения нормы высева у гибридов Юпитер и Сатурн в обеих фазах. Установлены корреляционные связи между «теоретическим выходом биогаза» и составляющими признаками.

Сильную положительную корреляцию между выходом биогаза и содержанием золы в сухом веществе в фазе выхода в трубку у гибридов Сатурн F<sub>1</sub>, Харлей F<sub>1</sub>, Слобожанец F<sub>1</sub>, сортов Память Худоерко, Дихар, Стоир, Хамарка ( $r = 0,99$ ). Корреляционная зависимость выхода биогаза от содержания золы характеризовалась как сильная и положительная ( $r = 0,76–0,99$ ), только у сорта Стоир содержание золы слабо влиял на выход биогаза ( $r = 0,19$ ).

Норма высева семян существенно влияет на показатели выхода биогаза. Так, норма высева 6 млн. всхожих зерен на га в среднем на 5000–7000 куб. м была выше обеих фаз развития растений ржи. В фазу выхода в трубку получено существенно большее количество биогаза. Выход биогаза сильно зависит от подбора сорта (гибрида).

Доказано сильную положительную корреляцию ( $r = 1$ ) между урожайностью зерна и выходом спирта с единицы площади. При этом выход спирта не зависел от содержания крахмала ( $r = 0,09$ ).

**Выводы.** Для создания энергетических сортов и гибридов ржи озимой необходимо отбирать генотипы с высокой урожайностью зеленой массы и количеством сухого вещества.

Многообразие взаимосвязей между составляющими признаками свидетельствует о более значимой роли генетической составляющей, чем агротехнических приемов в формировании выхода биогаза.

*Ключевые слова:* рожь озимая, гибрид, сорт, зеленая масса, биоэтанол, биогаз

## **WINTER RYE AS A RENEWABLE ENERGY SOURCE**

Yegorov D.K., Tsyganko V.A., Demyanenko S.B.

Plant Production Institute nd. a. V.Ya. Yuriev of NAAS< Ukraine

**Purpose and objectives.** To determine the yield of green mass, the theoretical output of biogas from winter rye varieties and hybrids sown at various rates, to evaluate the influence of weather conditions during vegetation on the biomass yield.

**Materials and methods.** Winter rye varieties and hybrids bred at the Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS were studied: Pamiat Khudoierko, Dikhar, Khamarka, Stoir, Yupiter F<sub>1</sub>, Saturn F<sub>1</sub>, Kharley F<sub>1</sub>, and Slobozhanets F<sub>1</sub>. They were sown with a seeding rate of 4, 5, and 6 million germinable grains per hectare. The yield of green mass, dry matter and ash contents were determined during two stages: stem elongation and onset of grain filling.

**Results and discussion.** The yield of green mass depends on the genotype, phase of the plant development and seeding rate. On average across four years, the varieties had an advantage over the hybrids. Stable high yields of green mass were given by varieties Khamarka, Stoir and Dikhar. In the grain filling phase, the four-year average yield of green mass varied from 24.7 t/ha to 35.2 t/ha. To obtain high yields of green mass from winter rye, it is better to use rye varieties Khamarka, Stoir and Dikhar.

The amount of dry matter differed in the development phases by 1.8 times. The amount of dry matter was greater in the grain filling phase than in the stem elongation phase. There were significant differences in the amount of dry matter between the genotypes during the stem elongation and grain filling.

The ash content was proved to be much higher in the stem elongation phase than in the grain filling phase. This parameter differed 2.1 times between the phases. The average ash content was 8.14–8.49% and 3.75–3.88% in the stem elongation phase and in the grain filling phase, respectively. The higher the dry matter amount in rye plants was, the lower the ash content became.

The theoretical output of biogas from winter rye varieties and hybrids depended on the phases of plant development and the plant genotype. The biogas output decreased with an increase in the seeding rate for hybrids Yupiter and Saturn in the both phases. Correlations between the theoretical output of biogas and the constituent traits were estimated.

There was a strong positive correlation between the biogas output and the ash content in the dry matter in the stem elongation phase for hybrids Saturn F<sub>1</sub>, Kharley F<sub>1</sub> and Slobozhanets F<sub>1</sub> as well as for varieties Pamiat Khudoierko, Dikhar, Stoir, and Khamarka ( $r = 0.99$ ). The correlation between the biogas output and the ash content was strong and positive ( $r = 0.76–0.99$ ); the ash content had a little effect on the biogas output only in variety Stoir ( $r = 0.19$ ).

The seeding rate significantly affects the biogas output. Thus, with a seeding rate of 6 million germinable seeds per hectare the average output of biogas is by 5,000–7,000 m<sup>3</sup> higher in the both phases of the rye plant development. A significantly larger amount of biogas was obtained during stem elongation. The biogas output is heavily depends on the selection of a variety (hybrid).

There was a strong positive correlation ( $r = 1$ ) between the grain yield and alcohol output per unit area. At the same time, the alcohol output did not depend on the starch content ( $r = 0.09$ ).

**Conclusions.** To develop energy varieties and hybrids of winter rye, it is necessary to select genotypes with high yields of green mass and amounts of dry matter.

The multiformity of relationships between the constituent traits indicates a more significant role of the genetic component for the biogas output than that of agrotechnical methods.

*Key words:* winter rye, hybrid, variety, green mass, bioethanol, biogas

УДК 633.15:631.562

DOI: 10.30835/2413-7510.2020.207167

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТА ПАРАМЕТРІВ АЕРОСЕПАРАЦІЇ СУМІШЕЙ НАСІННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ**

Кирпа М.Я., Скотар С.О., Ковальов Д.В.

Державна установа Інститут зернових культур НААН, Україна

Уперше визначено особливості розподілу насіння гібридів кукурудзи на фракції у способах вертикальної і горизонтальної аеросепарації за ознаками парусності насінини. Від вертикальної формуються дві фракції різної якості, від горизонтальної три, між якими перша і друга, практично, однакові, а третя «легка» має низьку схожість і продуктивність. Співвідношення фракцій (вихід) становило при вертикальній аеросепарації 70 і 30 %, при горизонтальній 5, 80 і 15 %. Аеросепарацію пропонується проводити для очищення і відбору найменш якісних фракцій насіння гібридів кукурудзи. Для подальшого сортування і калібрування посівного матеріалу рекомендується його ситове чи гравітаційне сепарування за ознаками лінійного розміру і маси насінини.

*Ключові слова:* кукурудза, суміш насіння, аеросепарація, характеристика фракцій, схожість, врожайність.

**Вступ.** Насіння кукурудзи в процесі збирання та післязбиральної обробки представляє собою суміш, яка складається з окремих насінин різної якості, розміру, маси. Тому насіння сепарують, тобто суміш поділяють на окремі, до певної міри однорідні фракції. Число фракцій може бути різним залежно від вирівняності суміші та способів сепарування.

**Аналіз літературних даних і постановка задач дослідження.** Для пофракційного сепарування застосовують різні способи: ситовий, який полягає у просіюванні суміші насіння на сепарувальних поверхнях; аеродинамічний з обробкою суміші потоком повітря; гравітаційний з розділенням суміші за комплексом ознак (маси і питомої маси насінини, її парусності, розміру тощо); спеціальні на основі електромагнітних особливостей насіння його кольору [1-8]. Всі способи можуть значним чином впливати на посівні і товарні якості продукції, її вихід, вартість [9-11].

Останнім часом збільшуються обсяги аеросепарації, за якою суміш поділяється за допомогою потоку повітря [12-18]. Такий спосіб є ефективним, оскільки процес сепарації спрощується – не потрібні спеціальні сепарувальні поверхні у вигляді сит чи циліндрів, які потребують особливих умов обслуговування. Також у потоці повітря насіння не зазнає негативного механічного впливу, насамперед, від сит, циліндрів, тобто знижується рівень його травмування.

Аналіз літературних даних показує, що аеросепарація виконується за допомогою двох принципів, перший під дією вертикального потоку повітря, другий горизонтального.