

ПОБІЧНА ПРОДУКЦІЯ РИСІВНИЦТВА – БІОЛОГІЧНА СИРОВИНА ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГІЇ

¹**Г.М. МАРУЩАК**, кандидат сільськогосподарських наук,

²**М.М. ЛІСОВИЙ**, доктор сільськогосподарських наук
<https://orcid.org/0000-0002-7289-1098>

³**С.В. ФЕДОРЧУК**, кандидат сільськогосподарських наук,

³**Т.В. КЛИМЕНКО**, кандидат сільськогосподарських наук,
[https:// orcid id 0000-0002-2071-6802](https://orcid.org/0000-0002-2071-6802)

³**О.І. ТРЕМБИЦЬКА**, кандидат сільськогосподарських наук
[https://orcid id 0000-0003-1152-0215](https://orcid.org/0000-0003-1152-0215)

E-mail: lisova106@ukr.net

Анотація. Зроблено акцент на ефективності виробництва альтернативних видів біопалива шляхом раціонального підбору видів та інтенсивності формування рослинами біомаси відповідного хімічного складу.

Визначено, що сприятливі природно-кліматичні умови Півдня України, наявність побудованих рисових зрошувальних систем дають можливість одержувати високі врожаї високоякісного зерна рису, одночасно утворюються значні обсяги побічної продукції у вигляді соломи, лузги, мучки, які є джерелом сировини для твердого біопалива.

Мета роботи: дослідити побічну продукцію рисівництва як джерело біоенергетичної рослинної сировини для альтернативного виробництва енергії в якості твердого біопалива.

Матеріали та методи. Для встановлення впливу основних агротехнічних заходів вирощування сучасних сортів рису на Півдні України на якісні показники зерна та сировини для біопалива було проведено польові досліді на полях Інституту рису НААН.

¹ Інститут рису НААН,

² Національний університет біоресурсів і природокористування України,

³ Житомирський національний агроекологічний університет,

Результати. Оцінка біоенергетичного потенціалу сортів рису показала, що найбільшими значеннями виходу енергії за умов використання побічної продукції (соломи та лузги) характеризуються сорти Віконт і Преміум, які досліджували для встановлення впливу агротехнічних чинників на формування продуктивності рису для споживання кінцевої продукції в їжу та використання соломи та лузги як джерела біоенергетичної рослинної сировини в якості твердого біопалива.

Для оцінки впливу агротехнічних чинників на технологію виробництва рису проведено економічну оцінку, яка є результатом польових досліджень і початковим етапом впровадження цих результатів у виробництво. Прибуток від реалізації крупи й побічної продукції склав від 0,32 до 7,9 тис. грн на одиницю площі за вирощування сорту Віконт і від 0,60 до 3,81 тис. грн для Преміуму.

Висновки. Найбільші врожаї зерна рису сформовано за внесення мінеральних добрив дозою N180P60K0 за норми висіву 9 млн схожого насіння на гектар для сортів рису Віконт і Преміум на рівні 9 і 8 т/га відповідно. Отже, оптимальне поєднання агротехнічних заходів вирощування рису дає змогу отримати високі врожаї культури, одночасно утворюються значні обсяги побічної продукції, придатної для подальшого використання.

Ключові слова: рис, біопаливо, побічна продукція, біомаса, біоенергетика.

Актуальність.

Нестача енергетичних ресурсів – проблема, яка останнім часом особливо гостро постає перед людством, спонукає вчених вести активний пошук ефективних замінників традиційних джерел енергії. Одним із найперспективніших способів одержання енергії є її акумулювання біомасою. Ефективність виробництва альтернативних видів біопалива визначається раціональним підбором видів та інтенсивність формування рослинами біомаси відповідного хімічного складу (А. Вауен ат алл, 2009; Чміль А.І., 1995). Зважаючи на залежність від імпорту газу, вартість якого за останні п'ять років в Україні зросла втричі, потрібно вести пошук альтернативних джерел і впроваджувати потужну політику енергоефек-

тивності та енергозбереження. Низка програм, постанов, розроблених і прийнятих у нашій державі, зумовлені пошуками альтернативних джерел енергії та створенням енергоємних технологій, що передбачено в Енергетичній стратегії України на період до 2030 року. Нині країна імпортує 60 % енергоносіїв, а до 2030 року ця залежність має зменшитися до 11 % (Energy strategy of Ukraine till 2030).

Агропромислове виробництво в Україні має значний потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. Основними його складовими є енергетичні культури та сільськогосподарські відходи. Серед останніх найбільший енергетичний потенціал мають відходи виробництва соняшнику (стебла, лушпиння), дещо менший – відходи виробництва гречки та рису (А. Вауен et al, 2009).

Невід’ємною складовою зерна рису є лузга, яка відділяється від зерна в процесі його переробки. У частці кількість лузги становить 15–20 % від загальної маси зерна рису. Оскільки деструкція рисової лузги дуже тривалий процес, її заорювання в ґрунт для його рекультивації проблему утилізації не вирішує, аналогічна ситуація з використанням цього виду побічної продукції галузі для підсилення підтопленої території. Отже, щорічно поновлюється велика кількість цінної енергетичної рослинної сировини, яка досі не знаходила ефективного використання.

В Україні більшу частину рисової соломи спалюють, хоча є рекомендації щодо використання її в якості кормів, добрив, будівельних матеріалів. За кордоном із рисової соломи виготовляють різноманітні плетені вироби – кошики, капелюхи, сандалії, циновки й навіть мішки. Для цього використовують переважно соломку глютинозних сортів рису, оскільки вона тонша та міцніша за соломку звичайних сортів культури.

З огляду на досить суттєвий перелік способів використання побічної продукції рисівництва, не повинно бути проблеми утилізації відходів, проте через низку причин, які поєднують економічні та соціальні чинники, більшість із них не знаходить практичного застосування (Ferrero A., Nguyen V.N., 2004; R. Perlack et al., 2005). Найчастіше виробники навіть не знають про можливості використання соломи, лузги та мучки в якості сировини для промисловості. Однак головною причиною залишається відсутність комплексних технологій, які б враховували регіональні умови, хоча доступний досить великий об’єм інформації щодо багатьох

процесів переробки та потрібен відносно невеликий обсяг даних для розробки технологічних параметрів виробництва.

Мета роботи: дослідити побічну продукцію рисівництва як джерело біоенергетичної рослинної сировини для альтернативного виробництва енергії в якості твердого біопалива.

Матеріали та методи.

Для встановлення впливу основних агротехнічних заходів вирощування сучасних сортів рису на Півдні України на якісні показники зерна та сировини для біопалива було проведено польові дослідження на полях Інституту рису НААН у зоні дії Краснознам’янської зрошувальної системи. Технологія вирощування культури за проведення досліджень відповідає рекомендаціям Інституту рису НААН, агротехнічні заходи та рівень механізації в досліді – типові для рисосійних господарств Півдня України за виключенням чинників, що досліджували. Ґрунт дослідних ділянок лучно-каштановий середньосуглинковий залишковосолонцюватий. В орному шарі його міститься гумусу – 2,27 %, легкогідролізованого азоту за Тюриним-Коновою – 4,8 мг/100 г ґрунту, рухомих фосфору – 3,9, калію – 31 мг/100 г ґрунту за Мачигінім, рН водного витягу – 7,9. Сівбу насіння рису проводили сівалкою Клен 1,5 С. Збирали врожай прямим комбайнуванням малогабаритним комбайном “Yanmar” з подальшим доведенням зерна до стандартних показників: 100 % чистоти та 14 % вологості. Результати досліджень обраховували методом дисперсійного аналізу за допомогою прикладних комп’ютерних програм MSExcel і Statistica 5.0.

Результати та обговорення.

Оцінка біоенергетичного потенціалу сортів рису (табл. 1) показала, що найбільшими значеннями виходу енергії за умов використання побічної продукції (соломи та лузги) характеризуються сорти Віконт і Преміум, які досліджували для встановлення впливу агротехнічних чинників на формування продуктивності рису для споживання кінцевої продукції в їжу та використання соломи та лузги як джерела біоенергетичної рослинної сировини в якості твердо-го біопалива.

Сприятливі природно-кліматичні умови Півдня України, наявність побудованих рисових зрошувальних систем дають можливість отримувати високі врожаї високоякісного зерна рису, водночас утворюються значні обсяги побічної продукції у вигляді соломи, лузги, мучки, які є джерелом сировини для твердо-го біопалива (R. Perlack, Wright, A., Turhollow et al., 2005). В Україні за площі вирощування рису 22–25 тис. га валові збори рису-сирцю у 2012

році становили 159,8 тис. т, а у 2013 році – 145,1 тис. т. Так, валовий збір рисової соломи перебуває на рівні 160 тис. т., за умови використання її як джерела альтернативної енергії, рисосійні регіони України могли б отримати теплову енергію, еквівалентну її кількості, яка виділяється за спалювання 62 млн м³ газу (Energy strategy of Ukraine till 2030).

У середньому за три роки рівень урожайності в досліді коливався в межах 4,36–9,53 т/га (табл. 2), необхідно зазначити, що більші врожаї були сформовані сортом рису Віконт порівняно із сортом Преміум, у середньому за дослідом 7,54 та 6,38 т/га відповідно. Згідно з отриманими даними, урожайність досліджуваних сортів рису перебувала в прямій залежності від внесення мінеральних добрив і норми висіву насіння.

Так, найнижче значення цього показника виявлено за мінімальних значень досліджуваних чинників – 6,17 та 4,36 т/га відповідно для сортів Віконт та Преміум. У разі збільшення норми висіву насіння сорту рису Віконт на фоні N₀P₀K₀ спостерігало-

1. Загальний урожай сирцю та побічної продукції різних сортів рису

Сорти	Урожай (т/га)	Кількість (т/га)	
		лузга	солома
Пам'яті Гичкіна	8.03	1.48	12.32
Янтарний	6.48	1.23	10.27
Агат	7.00	1.08	10.36
Престиж	7.04	1.26	9.38
Серпневий	8.81	1.57	14.08
Преміум	8.82	1.65	19.36
Віконт	9.11	1.62	17.29
Онтаріо	9.63	1.60	15.36
Україна-96	7.82	1.46	15.60
НІР = 0.05	0.54	0.19	0.83

2. Урожайність рису залежно від сорту, фону живлення і норми висіву культури, т/га (середнє за 2011 – 2012 рр.)

Сорт Фактор А	Норма висі- ву, млн. шт./ га (фактор С)	Доза добрив (фактор В)			Середнє по факто- ру А	Середнє по факто- ру С
		N ₀ P ₀ K ₀	N ₉₀ P ₃₀ K ₀	N ₁₈₀ P ₆₀ K ₀		
Віконт	5	6.17	6.95	7.60	7.54	6.58
	7	6.90	7.58	8.62		7.01
	9	6.78	7.69	9.53		7.28
Преміум	5	4.36	6.87	7.54	6.38	
	7	4.51	6.40	8.10		
	9	4.99	6.15	8.53		
Середнє по фактору В		5.62	6.94	8.32		

ся зменшення врожаю зерна, проте, різниця між варіантами перебуває в межах НІР. Найбільші врожаї сформовано на фоні живлення $N_{180}P_{60}K_{0}$ за норми висіву 9 млн схожого насіння на гектар для сортів рису Віконт і Преміум на рівні відповідно 9 і 8 т/га.

Встановлено, що кількість побічної продукції рисівництва пропорційна величині отриманого врожаю зерна. Середня кількість соломи в досліді за два роки становила 7,13 т/га, хоча для сорту Віконт найбільше значення цього показника становить 12,26 т/га, а для сорту Преміум – 8,01 т/га (табл. 3).

Необхідно зазначити, що підвищення фону живлення спричинило збільшення кількості соломи для обох досліджуваних сортів рису: у сорту Віконт у середньому в 1,4 рази, а в сорту Преміум – в 1,3 рази. Підвищення норми висіву для сорту Віконт у варіантах із внесенням добрив $N_{90}P_{30}K_{0}$, $N_{180}P_{60}K_{0}$ призвело до збільшення кількості соломи в середньому на 14 %, однак для сорту Преміум цей приріст був незначним, за виключенням варіанту $N_{90}P_{30}K_{0}$ за норми висіву насіння 9 млн шт./га, у якому відбулося зменшення кількості соломи на 27 %.

За вирощування рису та подальшої переробки зерна утворюються багатонажні відходи у вигляді лузги. За результатами аналізу зерна рису визначено кількість лузги та вплив на цей показник різних агротехнічних чинників.

Згідно з трирічними даними кількість лузги перебувала в межах 1,32–2,05 т/га для сорту Віконт та 0,92–1,95 т/га для сорту Преміум, хоча найбільші показники відмічено на високому фоні живлення за сівби насіння нормою 9 млн шт./га, що вочевидь пояснюється утворенням більшої кількості біомаси на одиниці площі через високі дози азотних добрив. Істотна різниця в кількості лузги між варіантами удобрення спостерігається лише на нижчих фонах у сорту Віконт, для сорту Преміум різниця перебуває в межах НІР. На цей показник у меншій мірі впливала норма висіву насіння: так, практично на однаковому рівні перебуває вихід лузги в обох сортів рису за сівби нормами 7 та 9 млн схожих зерен на одиницю площі, за винятком варіанта із сортом рису Віконт на фоні $N_{180}P_{60}K_{0}$.

Результати досліджень дають змогу зробити висновок, що оптимальне поєднання агротехнічних заходів

3. Кількість рисової лузги та соломи отриманої у варіантах дослідів, т/га (середнє за 2011 – 2013 рр.)

Сорт Фактор А	Норма висіву, млн. шт./га (фактор С)	Доза добрив (фактор В)			Середнє по фак- тору А	Середнє по фак- тору С
		$N_{0}P_{0}K_{0}$	$N_{90}P_{30}K_{0}$	$N_{180}P_{60}K_{0}$		
Віконт	5	1.32* 4.95**	1.54 7.59	1.73 8.62	1.71 8.19	1.42 6.37
	7	1.59 6.95	1.92 7.48	1.94 10.34		1.59 7.33
	9	1.59 6.96	1.72 8.57	2.05 12.26		1.63 7.67
Преміум	5	0.92 4.46	1.42 6.16	1.61 6.48	1.38 6.06	
	7	1.01 4.70	1.37 6.51	1.69 8.01		
	9	1.11 5.42	1.34 5.48	1.95 7.35		
Середнє по фактору В			1.55 6.96	1.83 8.84		

НІР $p = 0.05$ для: * А – 0.20; В – 0.24; С – 0.24; взаємодія АВ – 0.34; АС – 0.34; ВС – 0.42; АВС – 0.59

** А – 0.31; В – 0.38; С – 0.38; взаємодія АВ – 0.54; АС – 0.54; ВС – 0.66; АВС – 0.93

* – лузга; ** – солома

виросування рису дає змогу дістати високі врожаї культури, одночасно утворюються значні обсяги побічної продукції, придатної для подальшого використання.

Для оцінки впливу агротехнічних чинників на технологію виробництва рису проведено економічну оцінку, яка є результатом польових досліджень і початковим етапом впровадження цих результатів у виробництво. Прибуток від реалізації крупи й побічної продукції склав від 0,32 до 7,9 тис. грн на одиницю площі за вирощування сорту Віконт і від 0,60 до 3,81 тис. грн для Преміуму. Варто також зазначити, що для сорту Преміум збиткових варіантів дослідів три: на фоні $N_{0}P_{0}K_{0}$ за норми висіву 5 та 7 млн шт./га та на фоні живлення $N_{90}P_{30}K_{0}$ при сівбі 9 млн схожого насіння на гектар.

В Інституті рису НААН розроблена та впроваджується у виробництво програма переходу від використання традиційних джерел енергії (природний газ), які використовуються для сушіння зерна й насіння та обігріву адміністративних і технічних приміщень до нетрадиційних, з використанням біомаси, що утворюється за вирощування сільськогосподарських культур. У межах цієї програми в дослідному господарстві було виконано будівництво зерносушильного комплексу на біомасі, для сушіння попередньо очищеного матеріалу: продовольчого чи фуражного зерна, насіння зернових, зернобобових та олійних культур із використанням атмосферного повітря, що нагрівається в теплогенераторах у разі спалювання біомаси.

Досвід застосування сушарок на соломі в Україні показав, що еконо-

мічний ефект досягається внаслідок використання власного дешевого палива – соломи. Використання соломи дає змогу знизити витрати на паливо під час сушіння 1 т зерна в 6 разів. На ринку представлені теплогенератори, призначені для отримання теплової енергії у вигляді нагрітого атмосферного повітря внаслідок спалювання соломи, спресованої в тюки прямокутної або округлої форми (рулони). Перевагами використання теплогенераторів такого типу є те, що нагріте в теплогенераторах повітря ізолюване від топкових газів та не містить канцерогенних речовин. Окрім того цими теплогенераторами можуть обладнуватись як нові сушарки різного типу, так і реконструйовані сушарки вітчизняних та зарубіжних виробників (В. Кравчук та ін., 2010; В. Герасименко, 2006).

Будівництво зерносушильного комплексу на біомасі для сушіння попередньо очищеного матеріалу: продовольчого чи фуражного зерна, насіння зернових, зернобобових та олійних культур із використанням атмосферного повітря, що нагрівається в теплогенераторах під час спалювання біомаси дає змогу створити економічно та екологічно безпечну технологію сушіння зерна. Обладнаний двома теплогенераторами за умови безперервної роботи сушарки його продуктивність становить 16 т за годину за зниження вологості зерна рису за один прохід на 4 %.

За використання соломи як джерела енергії порівняно з природним газом для просушки 1 т зерна витрати на пальне зменшуються в 10,3 рази. Економія коштів у разі переходу з газових теплогенераторів на теплогенератори на біомасі в рік складає 192,3 тис. грн, а термін окупності становить 1,14 року.

Важливим елементом реалізації програми енергозбереження є використання рисової лузги. Так, для обігріву адміністративних приміщень, шкіл, будинків культури, дитячих садків та інших будівель можливо використовувати котли потужністю від 15 кВт до 500 кВт. Обладнання складається з котла та камери згорання з автоматичною подачею палива, що обладнана системою управління за температурою води, кількістю палива, що подається, терміном горіння та кількістю повітря, що подається під час спалювання. Використання такого типу котлів економить енерговитрати до 40 % у порівнянні з іншими видами палива, таким як газ та вугілля, а також дає змогу використовувати власну сировину як дешевий енергоресурс.

Для використання рисової лузги в якості палива вона повинна проходити етап брикетування. За використання шнекового пресу отримують паливні брикети квадратної форми без сполучних компонентів. Принцип роботи преса базується на процесі безперервного екструдювання, вихідний продукт проходить такі етапи: пресування, формування, випал поверхні брикету, який у результаті набуває темно-коричневого кольору. Під впливом тиску й температури природна сполука – лігнін пластифікується та виділяється на поверхню брикету, створюючи водонепроникну оболонку. Продуктивність пресу складає 4 т брикетованої сировини на добу. За годину, тобто за 7 годинну робочу зміну можна виробити 2 т високоякісного екологічного чистого твердого палива. Економія коштів у разі використання для опалення приміщень паливних брикетів порівняно з природним газом складає 237,9 тис. грн., а термін окупності проекту становить 1,6 року.

Висновки.

Найбільші врожаї зерна рису сформовано за внесення мінеральних добрив дозою $N_{180}P_{60}K_0$ за норми висіву 9 млн схожого насіння на гектар для сортів рису Віконт і Преміум на рівні 9 і 8 т/га відповідно. Отже, оптимальне поєднання агротехнічних заходів вирощування рису дає змогу отримати високі врожаї культури, одночасно утворюються значні обсяги побічної продукції, придатної для подальшого використання.

За умови використання рисової соломки як джерела альтернативної енергії, рисосійні регіони України можуть отримати теплову енергію, еквівалентну її кількості, яка виділяється за спалювання 62 млн м³ природного газу. Економічний ефект у разі переходу з газових теплогенераторів на теплогенератори на біомасі в рік складає 192,3 тис. грн, а термін окупності – 1,14 року.

Додатковим джерелом альтернативної енергії в галузі рисівництва є рисова лузга. За впровадження лінії з брикетування лузги рисової окупність проєкту становить 1,6 року.

References

1. A. Bauen, G. Berndes, M. Junginger, M. Londo, F. Vuille (2009). Bioenergy – a sustainable and reliable energy source, IEA Bioenergy.
2. Chmyl, A.I. (1995). Ekologobezopasnaya i energosberegayuschaya tehnologiya bio-konversii selskohoziyaystvennyh othodov v toplyvo, udobrenie i korma [Eco-friendly and energy-saving technology for bioconversion of agricultural waste into fuel, fertilizer and feed] Ekologiya i resursosberezhenie – Ecology and Resource Saving, 4, 64-71 [in Russian].
3. Energy strategy of Ukraine till 2030. Available online at http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/uk_summaryplus.pdf
4. Ferrero A., Nguyen V.N. (2004). The sustainable development of rice-based production systems in Europe. Proceedings of the FAO Rice Conference "Rice is Life", (pp. 115-124.). Skadovsk: Institute of Rice [in English].
5. R. Perlack, L. Wright, A. Turhollow et al. (2005). Biomass as feedstock for a bioenergy and bioproducts Industry. Available at: http://feedstockreview.ornl.gov/pdf/billion_ton_vision.pdf.
6. Kravchuk, V., Targonja, V., Luzenko M., Babinets T. and Klimenko V. (2010). Tehnologii ta obladnannya dlya vykorystannya ponovlyuvanyh dzherel energii v silskogospodarskomu vyrobnytvi [Technologies and equipment for the use of renewable energy sources in agricultural production]. Doslidnytske: Ukr.NDIPVT im. L. Pogorilogo [in Ukrainian].
7. Gerasymenko, V.G., Gerasymenko, M.O. and Zvilihovskyy M.I. et al. (2006). Biotechnologiya [Biotechnology]. V.G. Gerasymenko (Ed.) – K, Inkos [in Ukrainian].

H. Marushchak, N. Lesovoy, S. Fedorchuk, T. Klymenko, O. Trembitska (2020). RICE BY-PRODUCTS – RAW MATERIALS FOR ALTERNATIVE ENERGY PRODUCTION.

BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 11(4): 26-34. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/14541>. <https://doi.org/10.31548/biologiya2020.04.003>.

Abstract. Emphasis is placed on the efficiency of production of alternative types of biofuels by rational selection of species and the intensity of biomass formation of plants of the appropriate chemical composition.

It is determined that favorable natural and climatic conditions of the South of Ukraine, the presence of built rice irrigation systems make it possible to obtain high yields of high quality rice grain, while forming significant amounts of by-products in the form of straw, husk, flour, which are a source of solid biofuel.

Purpose. To investigate the by-products of rice as a source of bioenergy plant raw materials for alternative energy production as a solid biofuel.

Materials and methods. To establish the impact of the main agronomic measures of growing modern rice varieties in the South of Ukraine on the quality of grain and raw materials for biofuels, field experiments were conducted in the fields of the Rice Institute of NAAS.

Results. Estimation of bioenergetic potential of rice varieties showed that the highest values of energy yield under the use of by-products (straw and husk) are characterized by Vicount and Premium varieties, which studied to determine the impact of agronomic factors on the formation of rice productivity for final consumption and use of straw and husk. as a source of bioenergy vegetable raw materials as a solid biofuel.

To assess the impact of agronomic factors on the technology of rice production, an economic assessment was conducted, which is the result of field research and the initial stage of implementation of these results in production. Profit from the sale of cereals and by-products ranged from 0.32 to 7.9 thousand UAH per unit area for growing the Viscount variety and from 0.60 to 3.81 thousand UAH for Premium.

Conclusions. The highest yields of rice grain were formed with the application of mineral fertilizers at a dose of N180P60K0 at sowing rates of 9 million similar seeds per hectare for rice varieties Vicount and Premium at the level of 9 and 8 t / ha, respectively. Thus, the optimal combination of agronomic measures of rice cultivation allows to obtain high yields of the crop, at the same time significant volumes of by-products are formed, suitable for further use.

Keywords: rice, biofuel, by – products, biomass, bioenergy
