

ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

Ю. С. Фурманець, М. Г. Фурманець

Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН, вул. Рівненська, 5, с. Шубків, Рівненський район, Рівненська область, 35325, Україна

Наведено результати досліджень впливу густоти стеблостою, удобрення і типу ґрунту на продуктивність міскантусу в умовах Західного Полісся.

Встановлено, що в середньому за чотири роки досліджень при вирощуванні міскантусу найбільшу урожайність сухої біомаси – 15,5 т/га одержали на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті при густоті садіння 20 тис. шт./га і внесенні добрив в дозі $N_{60}P_{200}K_{200}$.

Найменша урожайність сухої біомаси була при густоті садіння міскантусу 10 тис. шт./га у варіанті без добрив (контроль) – 12,0 та 9,1 т/га відповідно на темно-сірому легкосуглинковому і дерново-підзолистому зв'язно-піщаному ґрунті. Внесення мінеральних добрив в дозі $N_{60}P_{100}K_{100}$ зумовило підвищення урожайності сухої маси на 1,8 та 2,2 т/га відповідно типу ґрунту. Підвищення дози фосфорних і калійних добрив до 200 кг/га д. р. зумовлювало збільшення сухої маси до 15,0 та 10,1 т/га порівняно з варіантом без добрив.

Результатами досліджень підтверджується той факт, що зі збільшенням густоти садіння і дози внесення мінеральних добрив врожайність біомаси міскантусу підвищується, відповідно вихід твердого палива і енергії також збільшується.

Найбільший вихід палива – 17,1 т/га з виходом енергії 271 ГДж/га був при внесенні мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{200}K_{200}$ і збільшенні густоти садіння до 20 тис. шт./га на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті. Найнижчою продуктивністю за такої густоти відзначався варіант без добрив (контроль) – 12,2 т/га сухого біопалива та 194 ГДж/га енергії.

При вирощуванні міскантусу з густотою 15 тис. шт./га, в середньому за чотири роки вихід біопалива знижувався до 11,0 т/га, а енергії до 175 ГДж/га у варіанті без добрив (контроль). Найменший вихід біопалива – 10,1 т/га та енергії – 159 ГДж/га одержали у варіанті без добрив за густоти садіння міскантусу 10 тис. шт./га. Внесення мінеральних добрив в дозах $N_{60}P_{100}K_{100}$ та $N_{60}P_{200}K_{200}$ призводило до підвищення виходу як сухого біопалива до 13,5 та 14,7 т/га, так і енергії – 215 та 235 ГДж/га відповідно.

Ключові слова: міскантус, суха біомаса, тверде біопаливо, енергія, ґрунт.

Потенціал України з виробництва відновлюваних джерел енергії є досить значним. Використання нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії на сьогодні розглядається як один із найбільш перспективних шляхів вирішення зростаючих проблем енергозабезпечення [2, 3, 5, 7]. Наявність повновловальної ресурсної бази та екологічна чистота відновлювальних джерел енергії є головною перевагою в умовах вичерпання ресурсів органічного палива та посилення темпів забруднення довкілля. Впровадження нових, здатних до швидкого відновлення багаторічних енергетичних рослин, є новим та недостатньо вивченим напрямком сучасного сільського господарства. Зважаючи на те, що запаси видобувного палива невпинно змен-

шуються, а ціни на нього стрімко зростають, світова наукова спільнота розробляє та впроваджує нові біоенергетичні проекти. В Україні дані питання мало вивчені, тому виникає необхідність проведення досліджень з культурними рослинами, які можна було б використовувати з метою задоволення потреб промисловості в сировині, що відзначається високим виходом енергії [1, 8–10].

Мета дослідження – визначити шляхи підвищення продуктивності міскантусу (*Miscanthus giganteus*) на малородючих ґрунтах Західного Полісся, встановити фактори впливу на продуктивність цієї культури.

Матеріали і методи дослідження. Польові дослідження проводили впродовж 2016–2019 рр. на полях Інституту сільського

Інформація про авторів:

Фурманець Юрій Степанович, канд. с.-г. наук, старший науковий співробітник відділу рослинництва, e-mail: rivne_apv@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-4921-4889>

Фурманець Мирослава Григорівна, канд. с.-г. наук, старший науковий співробітник відділу землеробства та агрохімії, e-mail: rivne_apv@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-3091-4036>

господарства Західного Полісся НААН. Досліді закладали на двох типах ґрунтів – темно-сірому легкосуглинковому та дерново-

підзолистому зв'язно-піщаному, їхня агрохімічна характеристика наведена в таблиці 1.

Перед закладанням плантації міскантусу

1. Агрохімічна характеристика ґрунтів

Шар ґрунту, см	Азот легко-гідролізований, мг/100 г ґрунту	P ₂ O ₅ мг/100 г ґрунту	K ₂ O, мг/100 г ґрунту	pH (КСІ)	Гідролітична кислотність, мг-екв./100 г ґрунту	Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г ґрунту	Гумус, %
Темно-сірий легкосуглинковий ґрунт							
0–20	12,46	22,69	11,54	5,6	2,72	10,9	2,5
0–40	11,20	17,40	6,67	5,6	2,72	11,4	2,4
Дерново-підзолистий зв'язно-піщаний ґрунт							
0–20	6,86	18,13	11,92	5,1	1,92	1,9	1,0
0–40	5,60	16,82	7,00	4,7	2,1	1,3	0,9

проводили обробку ґрунту гербіцидами суцільної дії на основі гліфосату (Раундап, 4–5 л/га), оранку і весною після досягнення ґрунтом фізичної стиглості культивування з боронуванням.

Схема дослідю:

Фактор А – густина садіння, тис. шт./га:

1) 10; 2) 15; 3) 20.

Фактор В – удобрення: 1) без добрив;

2) N₆₀P₁₀₀K₁₀₀; 3) N₆₀P₂₀₀K₂₀₀.

Облік урожаю проводили суцільним способом – зважували рослини з облікової площі кожної ділянки. Перерахунок на суху масу здійснювали шляхом висушування зеленої біомаси (0,5 кг) при температурі 105 °С до абсолютно сухого стану. Для визначення щільності стеблостою відбирали проби біомаси з 3-х ділянок кожного варіанту повторення та підраховували кількість пагонів на одному погонному метрі.

Статистичну обробку одержаних результатів досліджень проводили методом дисперсійного аналізу за Б. О. Доспеховим із використанням комп'ютерних програм Microsoft Office Excel [3].

Результати дослідження свідчать, що біометричні показники міскантусу залежать як від типу ґрунту і густоти садіння, так і від удобрення. В середньому за чотири роки досліджень найвищими (286 см) рослини міскантусу були на ділянках з темно-сірим легкосуглинковим ґрунтом при густоті садіння 20 тис. шт./га і внесенні мінеральних добрив у дозі N₆₀P₂₀₀K₂₀₀, тимчасом як з дерново-підзолистим зв'язно-піщаним, за аналогічної густоти та удобрення, вони виявилися нижчими на 75 см, це свідчить про те, що

тип ґрунту має велике значення при вирощуванні цієї культури. Дещо нижчими рослини були у варіанті з внесенням мінеральних добрив у дозі N₆₀P₁₀₀K₁₀₀ при густоті садіння 15 тис. шт./га – 276 см на ділянках з темно-сірим легкосуглинковим ґрунтом, в той час як на дерново-підзолистих зв'язно-піщаних за такої ж густоти та удобрення їхня висота становила 204 см (табл. 2).

Найнижчими виявилися рослини міскантусу у варіанті без добрив за густоти садіння 10 тис. шт./га, як на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті (214 см), так і на дерново-підзолистому зв'язно-піщаному (166 см).

Найбільша кількість пагонів відмічалась при вирощуванні міскантусу з густотою садіння 10 тис. шт./га. При внесенні мінеральних добрив на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті в дозі N₆₀P₁₀₀K₁₀₀ при густоті садіння 10 тис. шт./га мало місце збільшення кількості пагонів на 4,0 шт. відносно варіанта без добрив, тимчасом як на дерново-підзолистому зв'язно-піщаному ґрунті – на 3,1 шт. пагона. Підвищення дози добрив (N₆₀P₂₀₀K₂₀₀) призводило до збільшення кількості пагонів в куці – на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті на 2,5 шт., а на дерново-підзолистому зв'язно-піщаному – цей показник залишався на тому ж рівні (3,1 шт. пагона). Зі збільшенням густоти садіння, як на темно-сірому легкосуглинковому, так і на дерново-підзолистому зв'язно-піщаному ґрунті, кількість пагонів по варіантах удобрення зменшувалась. Найменша чисельність пагонів – 20,7 шт. була у варіанті без добрив при густоті садіння 20 тис. шт./га на темно-сірому легкосуглинковому та 13,9 шт. на дер-

2. Біометричні показники рослин міскантусу залежно від типу ґрунту, густоти садіння і доз мінеральних добрив (середнє за 2016–2019 рр.)

Варіант удобрення	Густина садіння, тис. шт./га	Кількість пагонів перед збиранням урожаю, шт./м погонний	Середня висота пагонів, см	Середня кількість пагонів в кущі, шт.
Темно-сірий легкосуглинковий				
Без добрив (контроль)	10	119	214	23,7
	15	151	219	22,1
	20	190	243	20,7
N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	10	130	234	27,7
	15	169	254	25,4
	20	215	264	24,4
N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	10	143	258	30,2
	15	198	276	27,9
	20	234	286	26,2
Дерново-підзолистий зв'язно-піщаний				
Без добрив (контроль)	10	61	166	15,6
	15	106	184	15,0
	20	128	188	13,9
N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	10	81	174	18,7
	15	119	190	17,0
	20	150	199	15,5
N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	10	86	189	18,7
	15	126	204	17,9
	20	167	211	16,9

ново-підзолистому зв'язно-піщаному ґрунті. Так, найбільший врожай сухої маси в середньому за чотири роки одержали при густоті садіння 20 тис. шт./га і внесенні мінеральних добрив в дозі N₆₀P₂₀₀K₂₀₀ як на темно-сірому легкосуглинковому, так і на дерново-підзолистому зв'язно-піщаному ґрунті – 15,5 та 13,1 т/га відповідно (табл. 3).

Найменші показники урожайності були за густоти садіння 10 тис. шт./га у варіанті без добрив (контроль) – 12,0 та 9,1 т/га на темно-сірому легкосуглинковому і дерново-підзолистому зв'язно-піщаному ґрунті відповідно. Внесення мінерального добрива в дозі N₆₀P₁₀₀K₁₀₀ призводило до підвищення урожайності сухої маси на 1,8 і 2,2 т/га відповідно. Підвищення дози фосфорних і калійних добрив до 200 кг. д. р./га зумовлювало збільшення сухої маси до 15,0 та 10,1 т/га відповідно порівняно з варіантом без добрив.

Результатами досліджень підтверджується той факт, що зі збільшенням густоти садіння та у разі внесення мінеральних добрив урожайність біомаси міскантусу підвищується, відповідно вихід твердого палива і енергії також збільшується.

Так, найбільший вихід палива – 17,1 т/га і енергії – 271 ГДж/га відмічався при внесен-

ні мінеральних добрив у дозі N₆₀P₂₀₀K₂₀₀ та збільшенні густоти садіння до 20 тис. шт./га на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті (табл. 4). Найнижча продуктивність за такої густоти відмічалася у варіанті без добрив (контроль) – 12,2 т/га сухого біопалива та 194 ГДж/га енергії.

При вирощуванні міскантусу з густрою 15 тис. шт./га в середньому за 4 роки вихід біопалива знижувався до 11,0 т/га, а енергії – до 175 ГДж/га у варіанті без добрив (контроль). Однак найменшу кількість біопалива – 10,1 т/га та енергії – 159 ГДж/га одержали у варіанті без застосування добрив при густоті садіння 10 тис. шт./га. Внесення мінеральних добрив у дозах N₆₀P₁₀₀K₁₀₀ та N₆₀P₂₀₀K₂₀₀ зумовлювало підвищення даних показників до 13,5 та 14,7 т/га сухого біопалива і 215 та 235 ГДж/га енергії відповідно.

На дерново-підзолистому зв'язно-піщаному ґрунті спостерігалась така ж закономірність, тобто вихід твердого біопалива і енергії збільшується по варіантах прямо пропорційно урожайності. Так, внесення мінеральних добрив у дозі N₆₀ P₂₀₀ K₂₀₀ призводило до підвищення виходу твердого біопалива з 10,8 (при густоті садіння 10 тис. шт./га) до 14,4 т/га (20 тис. шт./га). Вихід енергії теж

3. Урожайність міскантусу залежно від типу ґрунту, густоти садіння і доз мінеральних добрив, т/га сухої біомаси

Варіант удобрення	2016 р.			2017 р.			2018 р.			2019 р.			Середнє		
	Густота садіння, тис. шт./га														
	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Темно-сірий легкосуглинковий															
Без добрив (контроль)	5,1	5,8	6,0	8,0	9,5	10,4	11,4	12,1	14,2	12,0	12,8	13,9	9,1	10,0	11,1
N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	8,0	8,9	9,6	10,6	11,4	12,6	14,6	16,0	17,6	13,8	15,2	16,7	12,3	12,9	14,1
N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	9,9	11,0	11,9	12,7	12,9	13,4	15,9	17,5	18,5	15,0	16,6	18,3	13,4	14,5	15,5
Дерново-підзолистий зв'язно-піщаний															
Без добрив (контроль)	3,8	4,1	4,6	6,0	7,1	7,9	8,6	9,4	10,8	7,2	8,3	9,9	6,4	7,2	8,3
N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	5,9	6,5	7,2	7,8	9,3	10,6	11,8	13,4	16,1	8,8	10,0	11,9	8,6	9,8	11,5
N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	6,9	8,5	9,2	8,8	10,0	12,1	13,5	15,1	17,8	10,1	11,4	13,3	9,8	12,0	13,1
НІР _{0,5 т/га}	А – 0,25–0,28; В – 0,21–0,23; АВ – 0,44–0,50														

4. Вихід енергії з біомаси міскантусу залежно від типу ґрунту, густоти садіння і доз мінеральних добрив (середнє за 2016–2019 рр.)

Варіант удобрення	Вихід сухої біомаси, т/га			Вихід твердого біопалива, т/га			Вихід енергії, ГДж/га		
	Густота, тис. шт./га								
	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Темно-сірий легкосуглинковий									
Без добрив (контроль)	9,1	10,0	11,1	10,1	11,0	12,2	159	175	197
N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	12,3	12,9	14,1	13,5	14,2	15,5	215	226	247
N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	13,4	14,5	15,5	14,2	16,0	17,1	235	254	271
Дерново-підзолистий зв'язно-піщаний									
Без добрив (контроль)	6,4	7,2	8,3	7,0	7,9	9,1	112	126	145
N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	8,6	9,8	11,5	9,5	10,8	12,7	151	172	201
N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	9,8	12,0	13,1	10,8	13,2	14,4	172	210	230

зростав з 172 до 230 ГДж/га відповідно. Такий агрономічний прийом, як збільшення густоти садіння ризомів з 10 до 20 тис. шт./га, у варіанті без добрив зумовив підвищення виходу твердого біопалива з 7,0 до 9,1 т/га, а енергії з 112 до 145 ГДж/га відповідно.

Про доцільність вирощування кожної з сільськогосподарських культур свідчить економічна оцінка. Значний вплив на урожайність міскантусу мають як погодні умови, так і ґрунтовий покрив, зокрема, запровад-

ження насаджень цієї культури на малопродуктивних ґрунтах призводить до зменшення урожайності сухої маси.

Вирощування міскантусу на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті у варіанті без добрив з густотою садіння 10 тис. шт./га уможливило одержати умовно чистий прибуток на рівні 10500 грн/га, 15 тис. шт./га – 11168 грн/га, при збільшенні густоти садіння до 20 тис. шт./га даний показник підвищувався до 12158 грн/га (табл. 5).

5. Економічна ефективність вирощування міскантусу залежно від типу ґрунту, доз мінеральних добрив і густоти садіння (дані за 2019 р.)

Варіант удобрення	Вихід сухої біомаси, т/га			Затрати на вирощування та збирання врожаю, грн/га			Вартість врожаю, грн/га			Умовно чистий дохід, грн/га		
	Густота, тис. шт./га											
	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Темно-сірий легкосуглинковий												
Без добрив (контроль)	12,0	12,8	13,9	900	992	1047	11400	12160	13265	10500	11168	12158
N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	13,8	15,2	16,7	2354	2446	2501	13110	14440	15865	10756	11994	13364
N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	15,0	16,6	18,3	3478	3570	3625	14250	15770	17385	10772	12200	13760
Дерново-підзолистий зв'язно-піщаний												
Без добрив (контроль)	7,2	8,3	9,9	679	771	796	6840	7885	9405	6161	7114	8609
N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	8,8	10,0	11,9	2133	2225	2250	8360	9500	11305	6227	7275	9055
N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	10,1	11,4	23,3	3257	3349	3374	9595	10830	12635	6338	7481	9261

Внесення мінеральних добрив у дозі N₆₀P₁₀₀K₁₀₀ зумовлювало збільшення затрат на вирощування міскантусу, але разом з тим мало місце підвищення урожайності, відповідно збільшувалася і вартість урожаю – до 13110 грн/га (густина садіння 10 тис. шт./га), 14440 грн/га (15 тис. шт./га) та 15865 грн/га (20 тис. шт./га), а умовно чистий прибуток становив майже 10756, 11994 та 13364 грн/га відповідно.

Найбільший умовно чистий прибуток був при внесенні N₆₀P₂₀₀K₂₀₀ – 10772 грн/га (густина садіння 10 тис. шт./га), 12200 грн/га (15 тис. шт./га) і 13760 грн/га (20 тис. шт./га).

Щодо дерново-підзолистого зв'язно-піщаного ґрунту, найбільший умовно чистий прибуток був при внесенні добрив у дозі N₆₀P₂₀₀K₂₀₀ і густоті садіння 20 тис. шт./га – 9261 грн/га, при цьому затрати на вирощування міскантусу в 2019 р. дорівнювали 3374 грн/га, а вартість врожаю становила

12635 грн/га. Найнижчий прибуток одержали у варіанті без добрив при густоті садіння 10 тис. шт./га – 6161 грн/га. Затрати на вирощування при цьому теж були найнижчими і дорівнювали 679 грн/га.

Аналізуючи енергоємність одержаної біомаси у разі вирощування міскантусу на тверде біопаливо на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті, найбільший вихід валової енергії відмічався у варіанті досліді, де вносили мінеральне добриво у дозі N₆₀P₂₀₀K₂₀₀, а густина садіння становила 20 тис. шт./га – 994 ГДж/га. Затрати сукупної енергії при цьому досягали 94,9 ГДж/га, а енергетичний коефіцієнт був 11,2 (табл. 6).

Найнижчий вихід валової енергії одержали при густоті садіння 10 тис.шт./га у варіанті без добрив – 584 ГДж/га, де затрати сукупної енергії становили 59,9 ГДж/га, а енергетичний коефіцієнт був на рівні 9,75.

На дерново-підзолистому зв'язно-піща-

6. Енергоємність біомаси міскантусу залежно від типу ґрунту, густоти садіння і доз мінеральних добрив (2016–2019 рр.)

Варіант удобрення	Вихід сухої біомаси, т/га			Вихід валової енергії, МДж/га			Затрати сукупної енергії, МДж/га			Енергетичний коефіцієнт		
	Густота, тис. шт./га											
	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Темно-сірий легкосуглинковий												
Без добрив (контроль)	36,5	40,0	44,5	584	640	712	59,9	61,8	68,0	9,75	10,4	10,5
N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	49,0	51,5	56,5	784	824	904	76,1	79,6	85,1	10,3	10,4	10,6
N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	53,5	58,0	62,1	856	928	994	81,8	88,7	94,9	10,5	10,5	11,2
Дерново-підзолистий зв'язно-піщаний												
Без добрив (контроль)	25,6	28,9	33,2	410	462	531	50,3	54,4	59,0	8,15	8,49	9,00
N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	34,3	39,2	45,8	549	627	733	65,3	74,2	80,8	8,40	8,45	9,07
N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	39,3	48,0	52,4	623	768	838	73,5	80,9	88,0	8,56	9,49	9,52

ному ґрунті спостерігалась аналогічна ситуація. Найвищий вихід валової енергії був при густоті садіння 20 тис. шт./га та внесенні мінерального добрива у дозі N₆₀P₂₀₀K₂₀₀ – 838 ГДж/га, затрати сукупної енергії при цьому дорівнювали 88,0 ГДж/га, а енергетичний коефіцієнт – 9,52.

При зменшенні густоти садіння міскантусу до 10 тис. шт./га і внесенні мінеральних добрив у дозі N₆₀P₂₀₀K₂₀₀ вихід валової енергії становив 629 ГДж/га, затрати сукупної енергії – 73,5 ГДж/га, енергетичний коефіцієнт – 8,56. Найнижчі значення цих показників були у варіанті без добрив.

Висновки

На підставі результатів досліджень встановлено, що в середньому за чотири роки досліджень найбільшу урожайність сухої біомаси міскантусу – 15,5 т/га одержали на тем-

но-сірому легкосуглинковому ґрунті при густоті садіння 20 тис. шт./га і внесенні мінеральних добрив у дозі N₆₀P₂₀₀K₂₀₀.

При внесенні мінеральних добрив з розрахунку N₆₀P₂₀₀K₂₀₀ на темно-сірому легкосуглинковому та дерново-підзолистому зв'язно-піщаному ґрунті відмічався найбільший приріст урожаю сухої маси (до контролю) – 2,9–3,4 т/га.

За результатами енергетичного аналізу встановлено, що при вирощуванні міскантусу на тверде біопаливо на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті найбільший вихід валової енергії був у варіанті дослідів, де вносили мінеральні добрива в дозі N₆₀P₂₀₀K₂₀₀, а густота садіння становила 20 тис. шт./га – 994 ГДж/га. Затрати сукупної енергії при цьому дорівнювали 94,9 ГДж/га, а енергетичний коефіцієнт становив 11,2.

Використана література

1. Більченко Г. Пелети на паливо. *Агроексперт*. 2014. № 12. С. 74–75.
2. Бунецький, В. О. Аналіз технологічних процесів отримання твердого палива у вигляді пеллет або брикетів. *Вісн. ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2011. №10. С. 328–340.
3. Гелетуша Г., Железна Т. Енергетичні варіанти для АПК. *The Ukrainian Farmer*. 2015. № 1. С. 40–44.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 352 с.
5. Біоенергетичний потенціал багаторічних трав'янистих фітоценозів України / В. Г. Кургак та ін. *Наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 19. С. 63–68.
6. Матвієць В., Федорин Г. Догляд за міскантусом. *The Ukrainian Farmer*. 2016. № 3. С. 40–43.
7. Польовий В. М., Шевчук Р. В. Економічна ефективність вирощування біоенергетичних культур на тверде біопаливо. *Інституціоналізація процесів євроінтеграції: суспільство, економіка, адміністрування: тези І Міжнар. наук.-практ. конф. (Рівне, 21–22 квіт. 2016 року)*. Рівне. С.159–160.
8. Квак В. М. Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу для виробництва біопалива в західній частині Лісостепу України: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Київ, 2014. 213 с.
9. Удосконалення елементів технології вирощування міскантусу в умовах Центрального Лісостепу України для виробництва твердого біопалива / В. Л. Курило та ін. *Наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2016. Вип. 24.

References

1. Bilchenko, H. (2014). Pellets of fuel. *Ahroekspert* [Agroexpert], 12, 74–75. [in Ukrainian]
2. Bunetskyi, V. O. (2011) *Analiz tekhnolohichnykh protsesiv otrymannia tverdogo palyva u vyhliadi pellet abo bryketiv* [Analysis of technological processes of obtaining solid fuel in the form of pellets or briquettes]. Bulletin of the Central Scientific Research Center of the Kharkiv region, 2, 328–340.
3. Heletukha, H., Zhelezna, T. (2015). Energy options for agroindustrial complex. *The Ukrainian Farmer*, 1, 40–44. [in Ukrainian]
4. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy* [Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results] (5th ed. rev.). Moscow: Ahropromizdat. 352 p. [in Russian]
5. Kurhak, V. H., Levkovskyi, A. M., Yefremov, H. V. et al. (2013). *Bioenerhetychnyi potentsial bahatorichnykh travianistykh fitotsenoziv Ukrainy* [Bioenergy potential of perennial herbaceous phytocenoses of Ukraine]. *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv*, 19, 63–68. [in Ukrainian]
6. Matviets, V., Fedoryn, H. (2016). Miscanthus care. *The Ukrainian Farmer*, 3, 40–43. [in Ukrainian]
7. Poliovyi V. M., Shevchuk R. V. (2016). *Economic efficiency of growing bioenergy crops for solid biofuels*. Abstracts of the International Scientific and Practical Conference "Institutionalization of European Integration Processes: Society, Economy, Administration". The city of Rivne. April 21–22, 159–160. [in Ukrainian].
8. Kvak, V. M. (2014) *Optymizatsiia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia miskantusu dlia vyrobnytstva biopalyva v zakhidnii chastyni Lisostepu Ukrainy* [Optimization of the elements of the technology of growing of the miscanthus for the production of biofuels in the western part of the forest-steppe Ukraine]. Kyiv, 213.
9. Kurylo V. L. , Humentyk M. Ya. , Kvak V. M., Dubovyi Yu. P. (2016) *Udoskonalennya elementiv tekhnologiyi vyroshhuvannya miskantusu v umovax Centralnogo Lisostepu Ukrayiny dlya vyrobnyctva tverdogo biopalyva* [Improvement of technology elements for growing miscanthus under the conditions of the Central Forest-Steppe of Ukraine for the production of solid biofuel]. *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv*, 24, 77–85. [in Ukrainian]
10. Khivrich, O. V., Kvak, V. M., Kaskiv, V. V., Mamaisur, V. V., Makarenko, A. S. (2011). Energy crops as an alternative to traditional fuels. *Agrobiologiya* [Agrobiology]: collection of scientific works. National Agrarian University of Bila Tserkva, 6 (86). 153–156. [in Ukrainian]

УДК 504:620.9

Фурманец Ю. С., Фурманец М. Г. Выращивание мискантуса в условиях Западного Полесья.

Зерновые культуры. 2020. Т. 4. № 2. С. 305–312.

Институт сельского хозяйства Западного Полесья НААН, ул. Ровенская, 5, с. Шубков, Ровенский район, Ровенская область, 35325, Украина

Приведены результаты исследований влияния густоты насаждения, удобрения и типа почвы на производительность мискантуса в условиях Западного Полесья. Внесение минеральных удобрений ($N_{60}P_{200}K_{200}$) на темно-серой легкосуглинистой и дерново-подзолистой связано-песчаной почве обеспечило наибольший прирост урожая сухой массы (до контроля) 2,9–3,4 т/га.

Как показали результаты исследований, урожайность сухой массы значительно колеблется под влиянием определенных факторов.

В среднем за четыре года самый высокий урожай сухой массы был получен при густоте посадки 20 тыс. шт./га и внесении минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{200}K_{200}$, как на темно-серой легкосуглинистой, так и на дерново-подзолистой связано-песчаной почве – соответственно 15,5 и 13,1 т/га.

Наименьшие показатели урожайности на двух типах почв получили за густоты посадки 10 тыс. шт./га в варианте без удобрений (контроль) – 12,0 т/га и 9,1 т/га на темно-серой легкосуглинистой и дерново-подзолистой связано-песчаной почве соответственно. Внесение минеральных удобрений из расчета $N_{60}P_{100}K_{100}$ повысило урожай сухой массы на 1,8 и 2,2 т/га соответственно типам почв. Повышение дозы фосфорных и калийных удобрений до 200 кг. д. в./га способствовало росту показателей сухой массы до 15,0 и 10,1 т/га по сравнению с вариантом без удобрений.

Результатами исследований подтверждается тот факт, что с увеличением густоты посадки и внесением минеральных удобрений урожайность биомассы мискантуса возрастает соответственно выход твердого топлива и энергии.

Наибольший выход топлива 17,1 т/га с выходом энергии 271 ГДж/га обеспечило внесение минеральных удобрений из расчета $N_{60}P_{200}K_{200}$ и увеличение густоты посадки до 20 тыс. шт./га на темно-серой легкосуглинистой почве. Самой низкой производительностью при указанной густоте посадки мискантуса характеризовался вариант без удобрений (контроль) – 12,2 т/га сухого биотоплива и 194 ГДж/га энергии.

При выращивании мискантуса с густотой 15 тыс. шт./га в среднем за четыре года выход биотоплива снижился до 11,0 т/га, а энергии – до 175 ГДж/га в варианте без удобрений (контроль). Наименьшее количество биотоплива – 10,1 т/га и энергии – 159 ГДж/га получено в варианте без удобрений при густоте посадки мискантуса 10 тыс. шт./га. Внесение минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{100}K_{100}$ и $N_{60}P_{200}K_{200}$ способствовало повышению выхода сухого биотоплива до 13,5 и 14,7 т/га и энергии до 215 и 235 ГДж/га соответственно.

Ключевые слова: мискантус, сухая биомасса, твердое биотопливо, энергия, почва.

UDC 504:620.9

Furmanetc Y. S., Furmanetc M. H. Growing miscanthus in the conditions of Western Polesie.

Grain Crops. 2020. 4 (2). 305–312.

Institute of Agriculture of Western Polissya of NAAS, 5, Rivnenska Str., Shubkiv, Rivne district, Rivne region, 35325, Ukraine

The results of studies on the effect of density, fertilizer and soil type on miscanthus productivity in Western Polesie are presented. It was found that the average yield of dry biomass of 15.5 t/ha was obtained on a dark gray loamy soil for a planting density of 20 pcs./ha., and fertilizer application at the rate of $N_{60}P_{200}K_{200}$.

The application of mineral fertilizers ($N_{60}P_{200}K_{200}$) on dark gray light-loamy and sod-podzolic sandy-sandy soil provided the highest increase in dry mass yield (up to control) of 2.9–3.4 t/ha.

As the results of research have shown, the dry matter yield varies significantly under the influence of certain factors.

Thus, in four years on average the highest dry matter yield was obtained on condition of planting density of 20 thousand pcs./ha and application of $N_{60}P_{200}K_{200}$ on both dark gray light loamy soil and sod-podzolic sandy soil, 15.5 and 13.1 t/ha respectively.

The lowest yields on two types of soils were obtained on condition of planting density of 10 thousand pcs./ha in the trial field without fertilizers (check) – 12.0 t/ha and 9.1 t/ha on dark gray loamy and sod-podzolic light sandy soils, respectively. The application of mineral fertilizers at the rate of $N_{60}P_{100}K_{100}$ ensured increase in the yield by 1.8 and 2.2 t/ha of dry mass on two types of soils. Increasing the dose of phosphorus and potassium fertilizers up to 200 kg. d. r./ha contributed to an increase in the amount of dry mass to 15.0 and 10.1 t/ha compared to the trial field without fertilizers.

The results of the research confirm the fact that with the increase in grain planting density and application of mineral fertilizers, the yield of miscanthus biomass increases, thus, the yield of solid fuel and energy increases as well.

Consequently, the highest fuel yield of 17.1 t/ha with the energy yield of 271 GJ/ha was ensured by the application of mineral fertilizers at the rate of $N_{60}P_{200}K_{200}$ and an increase in planting density to 20 thousand pcs./ha on dark gray light loamy soil.

The lowest productivity at this density was characterized by the option without fertilizers (check) - 12.2 t/ha of dry biofuel and 194 GJ/ha of energy.

Planting miscanthus plantations with the density of 15 thousand pcs./ha for four years on average reduced the yield of biofuel to 11.0 t/ha and energy to 175 GJ/ha in the trial field without fertilizers (check). However, the lowest amount of biofuel of 10.1 t/ha and energy yield of 159 GJ/ha was obtained in the trial field without fertilizers at the planting density of miscanthus of 10 thousand pcs./ha. The application of mineral fertilizers at the rate of $N_{60}P_{100}K_{100}$ and $N_{60}P_{200}K_{200}$ contributed to the increase of the above indices to 13.5 and 14.7 t/ha of dry biofuel and 215 and 235 GJ/ha of energy, respectively.

Keywords: miscanthus, dry biomass, solid biofuels, energy, soil.