

УДК 631.589.2:631.544

Формування продуктивності енергетичних плантацій верби за різних рівнів родючості ґрунту в умовах Західного Полісся

Р. В. Шевчук¹, Г. Ф. Ровна¹, Я. Д. Фучило², Б. В. Зелінський²

¹Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН України, вул. Рівненська, 5, с. Шубків, Рівненський район, Рівненська область, 35325, Україна, e-mail: rivne_arv@ukr.net

²Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, e-mail: fuchylo_yar@ukr.net

Мета. Визначити шляхи підвищення продуктивності енергетичних плантацій верби на низькопродуктивних ґрунтах Західного Полісся та удосконалити технологію їх вирощування. **Методи.** Польовий, лабораторний, статистичний. **Результати.** На темно-сірому легкосуглинковому ґрунті найбільша висота рослин енергетичної верби були за густоти садіння 20 тис. шт./га. Внесення мінеральних добрив з розрахунку $N_{60}P_{100}K_{100}$ сприяло збільшенню висоти на 8 см, відносно варіанту без добрив (контроль). Збільшення дози фосфорних і калійних добрив ще на 100 кг д. р. на фоні N_{60} забезпечило приріст пагонів на 32 см в порівнянні з контролем. За густоти 15 тис. шт./га висота пагонів була дещо меншою – від 290 см на варіанті без добрив до 319 см на варіантах з внесенням мінеральних добрив. Найбільший середній діаметр пагона був у найрідших варіантах (10 тис. шт./га) – від 14,4 мм, на варіанті без добрив, до 17,5 мм, на варіанті з внесенням мінеральних добрив з розрахунку $N_{60}P_{200}K_{200}$. Схожі дані отримано на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті. Тут також найвищими були рослини за густоти садіння 20 тис. шт./га (від 219 до 240 см). В середньому за три роки вирощування енергетичної верби найбільшу урожайність сухої біомаси 18,2 т/га одержали на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті за густоти садіння 20 тис. шт./га. та внесення добрив з розрахунку $N_{60} P_{200} K_{200}$. Внесення мінеральних добрив ($N_{60}P_{200}K_{200}$) на темно-сірому легкосуглинковому та дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті в 2018 р. забезпечило найбільший приріст врожаю сухої маси верби енергетичної (до контролю) на 4,0–5,5 т/га. Збільшення густоти садіння з 10 тис. шт./га до 20 тис. шт./га сприяло підвищенню урожайності трирічної сухої маси верби з 11,6–15,6 до 18,2–23,7 т/га та з 7,8–10,3 до 9,8–12,5 т/га, за вирощування на темно-сірому легкосуглинковому та дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті, відповідно. **Висновки.** За перших три роки вирощування енергетичних плантацій верби в умовах Західного Полісся внесення мінеральних добрив ($N_{60} P_{200} K_{200}$) на темно-сірому легкосуглинковому та дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті забезпечило найбільший приріст врожаю сухої маси – 4,0–5,5 т/га та 2,5–2,7 т/га, відповідно. Підвищенню урожайності також сприяло збільшення густоти садіння з 10 тис. шт./га до 20 тис. шт./га. Найбільшу урожайність сухої біомаси (18,2 т/га у рік) одержано на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті за найбільшої густоти садіння (20 тис. шт./га) та внесення максимальної дози добрив (з розрахунку $N_{60}P_{200}K_{200}$).

Ключові слова: біоенергетика; енергетична верба (*Salix viminalis* L.); тип ґрунту; мінеральні добрива; урожайність; суха біомаса.

Вступ

Енергетичні культури є важливою складовою біоенергетичного сектора ЄС. Сьогодні часта біоенергетики в електроенергетиці Європейського Союзу становить 3 %, в опаленні – 13 %. Європейська біоенергетична асоціація (АЕВІОМ) оцінює сьогоднішній потенціал енергетичних культур у Євросоюзі на рівні 44–47 млн тон нафтового еквіваленту на рік [1].

За оцінками експертів до 2050 року споживання енергії у світі зросте більш ніж у 2 рази. При цьому майже 40% енергетичних потреб буде покриватись за рахунок відновлювальних джерел енергії, у тому числі близько 30 % – за рахунок біоенергетики [3].

Відповідно до зобов'язань України, як члена Енергетичного співтовариства, внесок відновлювальних джерел енергії до валового кінцевого енергоспоживання повинен досягти у 2030 році 11% [4, 6]. Нині робляться серйозні кроки щодо реалізації цих планів. Зокрема зараз в Україні створено енергетичних плантацій верби на площі близько 5000 га [3].

Підчас вирощування енергетичних вербових плантацій важливе значення має вибір виду (сорт) для культивування у тих чи інших ґрунтово-кліматичних умовах. Одним із найбільш перспективних видів верб для вирощування на енергетичних плантаціях є верба прутовидна [3, 8, 9]

Максимальні показники урожайності енергетичних плантацій верби можуть становити 15–20 т/га сухої біомаси у рік [7, 8, 11, 12], але їх створюють, як правило, на низькопродуктивних землях. У зв'язку з цим, для забезпечення високої економічної ефективності вирощування енергетичних плантацій верби, ученими багатьох країнах проводяться шидослідження з метою розроблення заходів з підвищення продуктивності енергетичних плантацій у різних ґрунтово-кліматичних умовах [3, 5, 6, 10].

Мета дослідження – визначити шляхи підвищення продуктивності енергетичних плантацій верби на низькопродуктивних ґрунтах Західного Полісся та удосконалити технологію їх вирощування.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводилися в межах землекористування Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН України.

Досліди закладені на двох типах ґрунтів темно-сірому легкосуглинковому та дерново-підзолистому зв'язнопіщаному, агрохімічна характеристика наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Агрохімічна характеристика ґрунтів, на яких закладено досліди

Горизо-нт	Азот легкогідролізований мг/100г гр	P ₂ O ₅ мг/100 г гр	K ₂ O мг/100 г гр	pH сольової витяжки	Гідролітична кислотність мг/100 г. гр	Сума ввібраних основ мг/100 г. гр основ	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'язнопіщаний 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

За результатами агрохімічного аналізу темно-сірого легкосуглинкового ґрунту встановлено, що в горизонті 0–20 см ступінь забезпечення легкогідролізованим азотом – низький, рухомих форм фосфору – високий, обмінного калію – середній, за кислотністю ґрунт близький до нейтрального, вміст гумусу низький. В горизонті 0–40 см ступінь забезпечення легкогідролізованим азотом – низький, рухомих форм фосфору – підвищений, обмінного калію – низький, за кислотністю ґрунт близький до нейтрального, вміст гумусу низький.

У дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті за результатами агрохімічного аналізу в горизонті 0–20 см встановлено, що ступінь забезпечення легкогідролізованим азотом – дуже низький, рухомих форм фосфору – високий, обмінного калію – середній, за кислотністю ґрунт середньокислий, вміст гумусу дуже низький. В горизонті 0–40 см ступінь забезпечення легкогідролізованим азотом – низький, рухомих форм фосфору – високий, обмінного калію – низький, за кислотністю ґрунт середньокислий, вміст гумусу дуже низький.

Дослід закладений з використанням енергетичної верби (*Salsx viminalis* L.). Для проведення досліджень використовували такі мінеральні добрива: азотні – у вигляді аміачної селітри (34,4% д. р.); калійні – хлористий калій (60% д. р.); фосфорні – суперфосфат гранульований (18,7% д. р.). Добрива на ділянки вносили весною вручну (табл. 2).

Таблиця 2

Схема дослідів

Тип ґрунту (Фактор А)	Густота садіння верби і міскантусу, тис. шт./га (Фактор В)	Удобрення (Фактор С)
Темно-сірий легкосуглинковий	10	Без добрив
	15	N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀
	20	N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀
Дерново-підзолистий зв'язнопіщаний	10	Без добрив
	15	N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀
	20	N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀

Площа ділянки 200 м² облікової 100 м². Повторюваність – 3-разова. Облік врожаю проводили шляхом зважування сирової біомаси з облікової площі кожної ділянки. Визначення сухої маси проводили висушуванням зеленої маси вагою 0,5 кг при температурі 105°C до постійної ваги [5]. Для визначення, щільності стеблостою відбиралися проби біомаси з 3-х площадок кожного варіанту із двох несуміжних повторень шляхом підрахунку кількості пагонів на 1 погонному метрі [5]. Урожайні дані обробляли математичним методом дисперсійного аналізу за Б. А. Доспеховим [2].

Результати досліджень

Встановлено, що в середньому за три роки досліджень (2016–2018рр.) серед досліджуваних варіантів на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті найвищі рослини енергетичної верби були за густоти садіння 20 тис. шт./га (табл. 3).

Внесення мінеральних добрив з розрахунку N₆₀ P₁₀₀ K₁₀₀ сприяло збільшенню висоти на 8 см, відносно варіанту без добрив (контроль). Збільшення дози фосфорних і калійних добрив ще на 100 кг д. р. на фоні N₆₀ забезпечило більшу кількість поживних речовин та приросту пагонів на 32 см в порівнянні з контролем без добрив. За вирощування енергетичної верби з розрахунковою густрою 15 тис. шт./га отримали дещо нижчу висоту пагонів, яка коливалась від 290 см на варіанті без добрив (контроль) до 319 см на варіантах з удобренням мінеральними добривами.

Найбільший діаметр пагона був зафіксований за густоти садіння 10 тис. шт./га з коливанням від 14,4 мм, на варіанті без добрив, до 17,5 мм, на варіанті з внесенням мінеральних добрив з розрахунку N₆₀ P₂₀₀ K₂₀₀.

Аналогічна ситуація з даними показниками спостерігалась і на другій частині дослідів, який був закладений на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті. Тут також найвищими були рослини за густоти садіння 20 тис. шт./га (від 219 до 240 см). Що пояснюється зростанням конкуренції між рослинами за світло.

Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню кількості поживних речовин у ґрунті та кращому росту енергетичної верби, внаслідок чого приріст пагонів проти варіанту без добрив становив 16 та 21 см. Тенденція збільшення середнього діаметру пагона була обернено пропорційною до густоти садіння. Хоч на її величину впливали як густина так і удобрення, проте найбільшими за діаметром були пагони сформовані за меншої густоти садіння та на варіантах найбільш насичених мінеральними добривами. Так в середньому за три роки досліджень найбільший діаметр пагонів зафіксовано у рослин, що посаджені за густоти 10 тис. шт./га. На варіанті без добрив (контроль) середній діаметр пагона становив 9,7 мм. За внесення N₆₀ P₁₀₀ K₁₀₀ відбулося потовщення пагона додатково ще на 1,1 мм, а збільшення дози фосфорних та калійних добрив до 200 кг в д.р. сприяло зростанню даного показника на 2,7 мм відносно варіанту без добрив.

Біометричні показники рослин енергетичної верби залежно від типу ґрунту, густоти садіння та доз мінеральних добрив (середнє за 2016–2018 рр.)

Варіанти удобрення	Густота, тис. шт./га	Густота пагонів перед збиранням, шт./м. пог.	Висота пагонів, см	Діаметр пагонів, мм
Темно-сірий легкосуглинковий				
Без добрив (контроль)	10	45	274	14,4
	15	59	290	13,7
	20	73	299	13,3
N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	10	56	278	16,3
	15	72	296	14,5
	20	84	307	13,9
N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	10	66	289	17,5
	15	82	319	16,4
	20	98	331	15,2
Дерново-підзолистий зв'язнопіщаний				
Без добрив (контроль)	10	24	210	9,7
	15	44	215	9,2
	20	50	219	8,6
N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	10	29	225	10,8
	15	48	228	10,6
	20	59	235	10,4
N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	10	39	233	12,4
	15	52	235	11,8
	20	65	240	11,4

Як уже зазначалось, верба маловимоглива до умов вирощування, але з результатів досліджень видно, що її урожайність суттєво збільшується із збільшенням багатства ґрунту. Так за вирощування верби енергетичної на двох типах ґрунтів, урожайність сухої маси на усіх варіантах досліду була значно вищою на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті, що характеризувався вищими показниками забезпеченості поживними речовинами та кращими водно-фізичними властивостями у порівнянні із дерново-підзолистим зв'язнопіщаним ґрунтом. Незважаючи на нестачу опадів та підвищену середньодобову температуру повітря у 2018 р. спостерігається зростання урожайності верби в порівнянні з 2017 р. та 2016 р. (табл. 4). Це пов'язане з тим, що коренева система верби, за три роки вегетації є повністю сформована і здатна за короткий період часу засвоювати більшу кількість поживних речовин і вологи. Це забезпечило реалізацію генетично закладеного потенціалу урожайності не залежно від наявності стресових факторів пов'язаних з погодним умовами. Також на третій рік вегетації проходить найбільший приріст біомаси.

Найбільшу урожайність верби енергетичної як у 2018 році (23,7 т/га) так і в середньому за три роки досліджень (18,2 т/га) одержали на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті за густоти садіння 20 тис. шт./га та внесення найбільшої дози мінеральних добрив N₆₀ P₂₀₀ K₂₀₀.

На варіанті без добрив за такої ж густоти в рік проведення досліджень рослини забезпечили урожайність на рівні 18,2 т/га сухої маси, та 13,5 т/га в середньому за три роки.

Посередній результат забезпечив варіант досліду на якому вносили мінеральні добрива з розрахунку N₆₀ P₁₀₀ K₁₀₀ – 21,4 т/га сухої маси в 2018 році та 15,0 т/га в середньому за три роки проведення досліджень.

Із зменшенням густоти до 15 тис. шт./га урожайність сухої маси верби дещо знизилась на всіх варіантах. Найнижчою вона була на контролі та становила 13,9 т/га. Однак внесення мінеральних добрив з розрахунку N₆₀P₁₀₀K₁₀₀ підвищило вихід сухої маси на 3,7 т/га відносно

варіанту без добрив. Із збільшенням дози фосфорних і калійних добрив ще на 100 кг/га діючої речовини приріст урожайності сухої біомаси у 2018 році склав 5,1 т/га відносно контролю.

Таблиця 4

Урожайність верби залежно від типу ґрунту, густоти садіння та доз мінеральних добрив, т/га сухої біомаси

Варіанти удобрення	2016 р.			2017 р.			2018 р.			Середнє		
	Густота садіння, тис. шт./га											
	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Темно-сірий легкосуглинковий												
Без добрив (к)	7,8	8,8	9,1	8,5	10,7	12,6	11,6	13,9	18,2	9,3	11,1	13,5
N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	10,6	11,8	12,7	11,1	12,7	14,8	14,0	17,6	21,4	11,9	14,0	15,0
N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	12,2	13,4	14,3	12,8	13,9	16,7	15,6	19,0	23,7	13,5	15,4	18,2
Дерново-підзолистий зв'язнопіщаний												
Без добрив (г)	3,2	3,4	4,8	3,1	3,8	4,6	7,8	8,6	9,8	4,7	5,3	6,4
N ₆₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	4,1	4,5	6,2	5,0	5,6	6,8	9,2	10,0	11,3	6,1	6,7	8,1
N ₆₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	4,8	5,2	7,6	6,1	6,7	8,3	10,3	11,1	12,5	7,1	7,7	9,5
НР _{0,05} т/га												
Фактор А	0,38			0,30			0,39			–		
Фактор В	0,38			0,30			0,48			–		
Фактор С	0,31			0,24			0,48			–		
Взаємодія АВ	0,65			0,52			0,68			–		
Взаємодія АС	0,53			0,42			0,68			–		
Взаємодія ВС	0,53			0,42			0,83			–		
Взаємодія АВС	0,92			0,73			1,18			–		
Фактор А	0,38			0,30			0,39			–		

Найнижчу урожайність на всіх варіантах одержали за густоти садіння 10 тис. шт./га від 11,6 т/га сухої маси на варіанті без добрив (контроль) до 15,6 т/га сухої маси на варіанті з застосуванням повного мінерального удобрення (N₆₀P₂₀₀K₂₀₀).

Дерново-підзолистий зв'язнопіщаний ґрунт характеризується невисоким рівнем родючості, а також, внаслідок свого структурного складу, він володіє зниженими вологоутримуючими властивостями, що вплинуло і на рівень врожайності верби. Найнижчою вона була, в рік проведення досліджень, на варіантах без добрив і становила: за густоти садіння 10 тис. шт./га – 7,8 т/га, за густоти 15 тис. шт./га – 8,6 т/га і за густоти 20 тис. шт./га – 9,8 т/га сухої маси. Внесення мінеральних добрив з розрахунку N₆₀P₁₀₀K₁₀₀ підвищило вихід сухої маси на всіх трьох варіантах густоти садіння: до 9,2 т/га, 10,0 т/га та 11,3 т/га сухої маси відповідно. Збільшення дози фосфорних і калійних добрив до 200 кг. д.р. на фоні N₆₀ сприяло підвищенню врожаю енергетичної верби до 10,3 т/га (за густоти 10 тис. шт./га), 11,1 т/га (за густоти 15 тис. шт./га) та 12,5 т/га (за густоти 20 тис. шт./га) сухої маси у 2018 році. В середньому за три роки дані показники становили 7,1, 7,7 та 9,5 т/га сухої маси відповідно.

Висновки

Встановлено, що в середньому за три роки досліджень за вирощування енергетичної верби найбільшу урожайність сухої біомаси (18,2 т/га у рік) одержано на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті за найбільшої густоти садіння (20 тис. шт./га) та внесення максимальної дози добрив (з розрахунку N₆₀ P₂₀₀ K₂₀₀).

Внесення мінеральних добрив (N₆₀ P₂₀₀ K₂₀₀) на темно-сірому легкосуглинковому та дерново-підзолистому зв'язно-піщаному ґрунті в 2018 р. забезпечило найбільший приріст врожаю сухої маси (до контролю) верби енергетичної – 4,0–5,5 т/га та 2,5–2,7 т/га, відповідно

Збільшення густоти садіння з 10 тис. шт./га до 20 тис. шт./га сприяло в 2018 р. підвищенню урожайності сухої маси верби енергетичної на темно-сірому легкосуглинковому ґрунті з 11,6–15,6 т/га до 18,2–23,7 т/га та з 7,8–10,3 т/га до 9,8–12,5 т/га, за вирощування на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті.

Використана література

1. Гелетуха Г., Железна Т. Енергетичні варіанти для АПК. *The Ukrainian Farmer*. Січень. – 2015. – С.40-44.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / за ред. В. М. Сінченка. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2015. 340 с.
4. Енергетична стратегія України на період до 2030 року – <http://www.google.com.ua>
5. Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь / [Я.Д. Фучило, В.М. Сінченко, О.М. Ганженко, М.Я. Гументик та ін.]. К. : Компринт, 2018. 137 с.
6. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні – <http://ecotown.com.ua/news/Perspektyvy-rozvytku-bioenerhetyky-v-Ukrayini>
7. Фучило Я. Д., Сбитна М. В. Верби України: біологія, екологія, використання. К. : Компринт, 2017. 259 с.
8. Caslin, B., Finnan, J., McCracken, A. et al. (2012). Willow Varietal Identification Guide. Carlow, Ireland : Teagasc & AFBI, 2012. 64 p.
9. El Bassam N. Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species, Development and Applications. London ; Washington, DC : Earthscan, 2010. 544 p.
10. Karlen, D. L., Volk, T. A., Abrahamson, L.P., Buchholz T., Caputo J. & Eisenbies M. (2014). Development and Deployment of Willow Biomass Crops // Cellulosic Energy Cropping Systems. John Wiley & Sons, Ltd, 2014 DOI: 10.1002/9781118676332.ch12 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118676332.ch12/summary?systemMessage=Wiley+Online+Library+will+have+intermittent>
11. Nissim, W. G., Pitre, F. E., Teodorescu & T. I., Labrecque M. (2013). Long-term biomass productivity of willow bioenergy plantations maintained in southern Quebec, Canada // Biomass and Bioenergy. Volume 56, September 2013, Pages 361-369 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953413002778>
12. Report from the commission to the council and the european parliament on the application of Regulation (EEC) No 2080/92 instituting a Community aid scheme for forestry measures in agriculture. Brussels, 28.11.1997 COM(97) 630 final [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://aei.pitt.edu/47273/1/COM_\(97\)_630_final.pdf](http://aei.pitt.edu/47273/1/COM_(97)_630_final.pdf)

References

1. Geletukha, G., & Zhelezna, T. (2015). Energy options for agroindustrial complex. *The Ukrainian Farmer*, 40–44. [in Ukrainian]
2. Dospikhov B. A. (1985) Methodology of field experience. Moscow: Agropromizdat, 1985.351 p. [in Russian]
3. Sinchenko, V. M. (Ed.). (2015). *Enerhetychna verba: tekhnolohiia vyroshchuvannia ta vykorystannia* [Energy willow: technology of cultivation and use]. Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian]
4. Ukraine's Energy Strategy for 2030 - <http://www.google.com> [in Ukrainian]
5. Fuchylo, Ya. D., Sinchenko V. M., Hanzenko O. M., Humentyk M. Y., Pyrkin V. I., Prysyzhnyuk O.I....Tkachenko A. M. (2018). Metodolohia doslidzhennya enerhetychnykh plantatsiy verb i topol [Methodology for studying of energy plantations of willow and poplar]. Kyiv: Komprint. [in Ukrainian]
6. Prospects for bioenergy development in Ukraine – <http://ecotown.com.ua/news/Perspektyvy-rozvytku-bioenerhetyky-v-Ukrayini>
7. Fuchylo, Ya. D., Sbytna M.V. (2017) Willow of Ukraine: biology, ecology, use. K.: Comprint, 2017. 259 p.

8. Caslin, B., Finnan, J., McCracken, A. et al. (2012). Willow Varietal Identification Guide. Carlow, Ireland : Teagasc & AFBI, 2012. 64 p.
9. El Bassam N. (2010). Handbook of Bioenergy Crops. A Complete Reference to Species, Development and Applications. London ; Washington, DC : Earthscan, 2010. 544 p.
10. Karlen, D. L., Volk, T. A., Abrahamson, L.P., Buchholz T., Caputo J. & Eisenbies M. (2014). Development and Deployment of Willow Biomass Crops // Cellulosic Energy Cropping Systems. John Wiley & Sons, Ltd, 2014 DOI: 10.1002/9781118676332.ch12 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118676332.ch12/summary?systemMessage=Wiley+Online+Library+will+have+intermittent>
11. Nissim, W. G., Pitre, F. E., Teodorescu & T. I., Labrecque M. (2013). Long-term biomass productivity of willow bioenergy plantations maintained in southern Quebec, Canada // Biomass and Bioenergy. Volume 56, September 2013, Pages 361-369 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953413002778>
12. Report from the commission to the council and the european parliament on the application of Regulation (EEC) No 2080/92 instituting a Community aid scheme for forestry measures in agriculture. Brussels, 28.11.1997 COM(97) 630 final. [http://aei.pitt.edu/47273/1/COM_\(97\)_630_final.pdf](http://aei.pitt.edu/47273/1/COM_(97)_630_final.pdf)

УДК 631.589.2: 631.544

Шевчук Р. В.¹, Ровна Г. Ф.¹, Фучило Я. Д.², Зелинский Б. В.² Формирование производительности энергетических плантаций ивы при разных уровнях плодородия почв в условиях Западного Полесья // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2019. Вып. 27. С. 123–130.

¹Інститут сільськогосподарського господарства Западного Полесья НААН України, ул. Ровенская, 5, с. Шубков, Ровенский р-н, Ровенская обл., 35325, Украина, e-mail: rivne_arv@ukr.net

²Інститут біоенергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, e-mail: fuchylo_yar@ukr.net

Цель. Определить пути повышения производительности энергетических плантаций ивы на низкопродуктивных почвах Западного Полесья и усовершенствовать технологию их выращивания. **Методы.** Полевой, лабораторный, статистический. **Результаты.** На темно-серой легкосуглинистой почве наибольшая высота растений энергетической ивы была при густоте посадки 20 тыс. шт./га. Внесение минеральных удобрений из расчета $N_{60}P_{100}K_{100}$ способствовало увеличению высоты на 8 см, относительно варианта без удобрений (контроль). Увеличение дозы фосфорных и калийных удобрений еще на 100 кг на фоне N_{60} обеспечило прирост побегов на 32 см по сравнению с контролем. При густоте посадки 15 тыс. шт./га высота побегов была несколько меньше – от 290 см на варианте без удобрений до 319 см на вариантах с внесением минеральных удобрений. Наибольший средний диаметр побега был в самых редких вариантах (10 тыс. шт./га) – от 14,4 мм, на варианте без удобрений, до 17,5 мм, на варианте с внесением минеральных удобрений из расчета $N_{60}P_{200}K_{200}$. Похожие данные получено на дерново-подзолистой связно песчаной почве. Здесь также более высокими были плантации с густотой посадки 20 тыс. шт./га (от 219 до 240 см). В среднем за три года выращивания энергетической ивы наибольшую урожайность сухой биомассы 18,2 т/га получено на темно-серой легкосуглинистой почве при густоте посадки 20 тыс. шт./га. и внесении удобрений из расчета $N_{60}P_{200}K_{200}$. Внесение минеральных удобрений ($N_{60}P_{200}K_{200}$) на темно-серой легкосуглинистой и дерново-подзолистой связно-песчаной почве в 2018 г. обеспечило прирост урожая сухой массы ивы энергетической на 4,0–5,5 т/га. Увеличение плотности посадки с 10 тыс. шт./га до 20 тыс. шт./га способствовало повышению урожайности трехлетней сухой массы ивы с 11,6–15,6 т/га до 18,2–23,7 т/га и с 7,8–10,3 т/га до 9,8–12,5 т/га, при выращивании на темно-сером легкосуглинковом и дерново-подзолистом связнопищаном почве соответственно. **Выводы.** За первые три года выращивания энергетических плантаций ивы в условиях Западного Полесья внесение минеральных удобрений ($N_{60}P_{200}K_{200}$) на темно-серой легкосуглинистой и дерново-

подзолистой связно-песчаной почве обеспечило наибольший прирост урожая сухой массы – 4,0–5,5 т/га и 2,5–2,7 т/га соответственно. Повышению урожайности также способствовало увеличение густоты посадки с 10 до 20 тыс. шт./га. Наибольшую урожайность сухой биомассы (18,2 т/га в год) получено на темно-серой легкосуглинистой почве при наибольшей плотности посадки (20 тыс. шт./га) и внесении максимальной дозы удобрений (из расчета $N_{60}P_{200}K_{200}$).

Ключевые слова: биоэнергетика; энергетическая ива (*Salix viminalis* L.); тип почвы; минеральные удобрения; урожайность; сухая биомасса.

UDC 631.589.2: 631.544

Shevchuk, R. V.¹, Rovna, H. F.¹, Fuchylo, Ya. D.², & Zelinsky, B. V.² (2019). Formation of productivity of willow energy plantations at different levels of soil fertility under conditions of Western Polissia. *Nauk. pracì Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkìv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 27, 123–130. [in Ukrainian]

¹*Institute of Agriculture of Western Polissya NAAS of Ukraine, 5 Rivne St., Shubkiv, Rivne district, Rivne region, 35325, Ukraine, e-mail: rivne_apv@ukr.net*

²*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Clinical St., Kyiv, 03110, Ukraine, e-mail: fuchylo_yar@ukr.net*

Purpose. To identify ways to increase the productivity of willow plantations on low-productive soils of Western Polissya and to improve the technology of their cultivation. **Methods.** Field, laboratory, statistical. **Results.** On dark gray light loamy soil, the highest height of the plants of energetic willow was with a planting density of 20 thousand pcs./ha. The application of mineral fertilizers from the calculation of $N_{60}P_{100}K_{100}$ contributed to an increase in height by 8 cm, relative to the option without fertilizers (control). An increase in the dose of phosphorus and potassium fertilizers by another 100 kg against the background of N_{60} ensured an increase in shoots by 32 cm in comparison with the control. With a planting density of 15 thousand pcs./ha, the height of the shoots was slightly less – from 290 cm in the variant without fertilizers to 319 cm in the variants with the introduction of mineral fertilizers. The largest average shoot diameter was in the rarest variants (10 thousand units/ha) – from 14.4 mm, in the variant without fertilizers, to 17.5 mm, in the variant with the introduction of mineral fertilizers at the rate of $N_{60}P_{200}K_{200}$. Similar data were obtained on sod-podzolic cohesively sandy soil. There were also higher plantations with a planting density of 20 thousand pcs./ha (from 219 cm to 240 cm). On average, over three years of growing willow, the highest yield of dry biomass of 18.2 t/ha was obtained on dark gray light loamy soil with a planting density of 20 thousand pcs./ha and fertilizing at the rate of $N_{60} P_{200} K_{200}$. The application of mineral fertilizers ($N_{60}P_{200}K_{200}$) on the dark gray light loamy and sod-podzolic cohesive-sandy soil in 2018 ensured an increase in the yield of dry willow mass of energetic by 4.0–5.5 t/ha. Increase in landing density from 10 thousand pcs./ha up to 20 thousand pcs./ha contributed to an increase in the yield of three-year dry willow mass from 11.6–15.6 t/ha to 18.2–23.7 t/ha and from 7.8–10.3 t/ha to 9.8–12.5 t/ha, when grown on dark gray light loam and sod-podzolic beef-edible soil, respectively. **Conclusions.** During the first three years of growing willow energy plantations in the conditions of West Polesie, the application of mineral fertilizers ($N_{60}P_{200}K_{200}$) on dark gray light loamy and sod-podzolic cohesive-sandy soil ensured the largest increase in dry crop yield – 4.0–5.5 t/ha and 2.5–2.7 t/ha, respectively. An increase in yield was also facilitated by an increase in planting density from 10 to 20 thousand/ha. The highest yield of dry biomass (18.2 t/ha per year) was obtained on dark gray light loamy soil with the highest planting density (20 thousand units/ha) and a maximum dose of fertilizers (based on $N_{60}P_{200}K_{200}$).

Keywords: bioenergy; energy willow (*Salix viminalis* L.); soil type; mineral fertilizers; productivity; dry biomass.

Надійшла / Received 12.11.2019

Погоджено до друку / Accepted 16.12.2019