

ФОРМУВАННЯ ПОСАДКОВОГО МАТЕРІАЛУ *SALIX MATSUDANA* KOIDZ. ДЛЯ СТВОРЕННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ ЛІСОПЛАНТАЦІЙНИХ НАСАДЖЕНЬ

Токмань Володимир Сергійович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-1237-4611
wtokman@ukr.net

Стоянець Наталія Валеріївна

доктор економічних наук, професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-7526-6570
Natalystoyanez@gmail.com

З'ясовано, що Сумщина може долучитися до дійсного вирішення проблеми енергозбереження та розвитку біоенергетики у рамках створення плантацій енергетичної верби Матсуда. У процесі дослідження вказано планування вирощування та ефективність застосовування енергетичної верби Матсуда для енергозабезпечення північно-східного Лісостепу України, доведено перспективу вирощування, перероблення та використання біоенергетичних культур у Сумській області. Для реалізації мети дослідження виконано такі завдання: проаналізовано наукові підходи при вивченні проблем енергозбереження та біоенергетики; розглянуто особливості природно-ресурсного потенціалу Сумщина; проведено можливі спостереження за розвитком і ростом верби Матсуда; досліджено реальні потреби і можливості вирощування у Сумській області енергетичної верби як біоенергетичної культури;

*У роботі розглянуто деякі технологічні заходи щодо вирощування контейнерного посадкового матеріалу *S. matsudana*: для створення лісоплантаційних насаджень. Доведено, що за умов кореневласного розмноження досліджуваного таксону необхідно заготовляти мікропагони до фази набрякання бруньок. Експериментальним шляхом було встановлено, що на відтворювальну здатність живцевого матеріалу не впливає його товщина. Доведено, що у міру збільшення товщини живця (0,6-1,5 см) спостерігалось збільшення маси садивного матеріалу. При використанні мікропагонів товщиною 0,6 см маса рослин становила 54,13 г, а в контролі – 191,12 г, що в 3,53 рази менше. У процесі дослідження було розглянуте питання щодо впливу об'єму горщика на масу кореневої системи, надземної частини та площу листової поверхні посадкового матеріалу. За використання горщиків об'ємом 0,75 л площа листової поверхні становила 2471,3 см², що 23,1 % менше, ніж в контролі (1,2л). Було виявлено, що субстрат впливає на якісні показники садивного матеріалу досліджуваного таксону: найліпші біометричні показники отримані за умов використання високопоживного субстрату.*

Ключові слова: лісоплантаційне вирощування, біопаливо, енергетична галузь, стеблові живці (мікропагони), ризогенна здатність, закрыта коренева система, товщини живця, асимілююча поверхня, садивний матеріал, *Salix matsudana*, субстрат, надземна частина, коренева система.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.2.13>

Вступ. Проблеми розвитку енергетичної галузі та пошук альтернативних джерел енергії гостро стоять в Україні (Kunts'o & Humentyk, 2013). При цьому, в нашій державі виробництво і застосування біопалива реально відстає від потреб (Mysotska, 2014). Це є серйозним обмеженням для розвитку сільськогосподарського сектору і загалом економіки країни. Забезпечення доступу до енергії в сільських районах може бути складною задачею, особливо у віддалених районах з обмеженим доступом до інфраструктури (Kolesnichenko & Slyusar, 2008). Досвід багатьох зарубіжних країн, таких як США, Німеччина, Франція, Австрія, засвідчує можливості суттєвого зниження енергетичної залежності та використання нових відновлювальних джерел енергії за рахунок вирощування та переробки біоенергетичних культур (Yang et al., 2014; Zhao, et al., 2021). Серед енергетичних рослин у світі широко використовуються таксони роду *Salix* для виготовлення твердого палива (Bowling, et al.,

2017). Вони здатні формувати екологічно чисту сировину для виробництва енергетичного продукту (Miao et al., 2016; Wang et al., 2020). Після згорання якого у котлах не підвищується вміст вуглекислого газу в атмосфері. Відомо, що лісоплантаційні насадження дають тверде біопаливо, яке суттєво дешевше порівняно з викопними видами. *Salix* насадження здатні формувати до 20 т/га сухої біомаси (Ishchuk, 2013; Fuchylo, 2009). Слід акцентувати увагу, що інтенсивний розвиток енергетичної галузі у світі обумовлює доцільність удосконалення старих та розробки нових підходів щодо створення плантаційного господарства (Hangfeng Wu et al., 2016). Науково обґрунтоване запровадження біоенергетичних насаджень в Україні створить передумови для вирішення комплексу проблем. Від 21 квітня 2023 року вступило в дію Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року» (дата звернення 16.06.2023). Нинішня енер-

гетична стратегія України включає три головних періоди, наслідком яких стане зменшення енергоємності ВВП до 2035 року відносно з поточним значенням і зросте удвічі (з 0,28 т н.е./тис. дол. США в 2015р. до 0,13 (за ПКС) в 2035 р.).

Salix matsudana Koidz це деревоподібний таксон *Salix*, який використовується в якості енергетичної культури (Mauger, 2013). Він є одним з найпоширеніших видів, який вирощуються в Китаї та Японії для виробництва біопалива (Kosenko, 2015; Khudolyeyeva, 2016). Цей культивар характеризується інтенсивним ростом та високою врожайністю, що робить його привабливим для вирощування як енергетичної рослини (Jongtae et al, 2020). Крім того, він має високу енергетичну цінність, оскільки його деревина містить багато легкозаймистих речовин (Evaristo et al., 2016). *Salix matsudana* також відома своїми корисними властивостями для довкілля, такими як очищення води та землі від забруднювачів (Evaristo et al., 2019). При цьому, вона може використовуватися для зменшення ерозії ґрунту та збереження ґрунтової вологи (Hangfeng Wu et al., 2016).

Отже, *S. matsudana* є енергетичною культурою, яка придатна для виробництва біопалива, а також має корисні властивості для довкілля (Xiaoshuo Shang et al., 2020).

Матеріали і методи досліджень. Вихідним матеріалом для досліджень був таксон роду *Salix* а саме *Salix matsudana* Koidz. Дослідження щодо виробництва садивного матеріалу для плантаційного лісовирощування здійснювалися у межах теми: «Розробка нових і поліпшення існуючих технологій вирощування садивного матеріалу лісових деревних видів, декоративних та плодово-ягідних культур» (номер держреєстрації 0122U000252).

Були здійснені експерименти в трьох дослідах за модифікованою методикою, запропонованою групою авторів (Hangfeng Wu et al., 2016). А сама експериментальна робота виконувалася відповідно методичних рекомендацій щодо розмноження декоративних видів рослин (Fuchylo et al., 2006):

1. Виявлення впливу товщини мікропагону на відтворювальну здатність та якість садивного матеріалу *S. matsudana*.

2. Вивчення впливу об'єму горщика на ріст та розвиток рослин *S. matsudana*.

3. Визначення впливу типу субстрату на біометричні показники посадкового матеріалу *S. matsudana*.

Здерев'янілі стеблові живці заготовляли до фази набрякання та розпускання бруньок. Розмір живців становив 4,5–5,5 см.

Метою нашого дослідження є наукове обґрунтування перспективи вирощування садивного матеріалу *S. matsudana* для створення лісоплантаційних насаджень.

Для досягнення поставленої мети цілком логічним є вивчення впливу товщини живця, об'єму контейнера та субстрату на біометричні показники рослин *S. matsudana*, оскільки ці фактори можуть суттєво впливати на ріст та розвиток рослин.

Результати. У навчальній лабораторії «Ландшафтного дизайну» були здійснені дослідження щодо вияв-

лення особливостей кореневласного розмноження *S. matsudana* з метою виробництва посадкового матеріалу для лісових плантаційних насаджень (Melnyk & Tokman, 2021).

У розсадницькій справі основним садивним матеріалом *Salix* є здерев'янілі кілки, пагони, гілки, прутьи. Економічним та зручним способом розмноження *S. matsudana* є однорічні здерев'янілі живці.

Таблиця 1

Вплив товщини стеблового живця *S. matsudana*. на відновлювальну здатність (середнє за 2021-2022 рр.)

№	Варіант	Відновлювальна здатність, %	± до контролю
1.	0,45 см	98	- 2
2.	0,6 см	99	- 1
3.	0,9 см	100	0
4.	Контроль (1,2 см)	100	-

За умов кореневласного розмноження рослин *S. matsudana* було з'ясовано, що на відтворювальну здатність мікропагонів не впливає його товщина. Результати досліджень (табл. 1) переконливо свідчать, що заготовляти живцевий матеріал названого виду доцільно до фази набрякання та розпускання бруньок.

За використання (табл. 2) живців товщиною 0,6 см висота рослин становила 110 см, а в контролі – 179 см, що на 62,7 % менше. Показник HIP_{05} становив 14,07, що свідчить про реальну різницю між варіантами.

Аналізуючи результати експериментальної роботи, можна зробити висновок, що спостерігається кореляційна залежність між висотою рослин і розміром живцевого матеріалу.

На контрольному варіанті маса надземної частини становила 144,08 г, що на 77,8 % більше порівняно з варіантом, де використовували живцевий матеріал мінімальної товщини (0,6 см) (показник HIP_{05} становив 11,03).

Позитивний вплив товщини живця на ріст та розвиток садивного матеріалу імовірно пов'язаний із запасами у ньому поживних речовин, які використовуються для росту надземної частини та кореневої системи.

У процесі експериментальної роботи виявили, що розмір мікропагонів впливає не тільки на висоту рослин та масу надземної частини, але і на масу кореневої системи.

Маса кореневої системи на дослідних варіантах коливалася від 22,11 до 47,04 г, що на 7,04–24,93 см менше, ніж на контролі (показник HIP_{05} становив 2,98).

Вивчаючи стан розвитку кореневої системи за різної товщини живцевого матеріалу (рис. 1), переконуємося, що тип його впливає на ступінь розгалуження. За умов виробництва посадкового матеріалу *S. matsudana*, у контрольному варіанті формувалася більш об'ємна коренева система, ніж на дослідних. Потужна коренева система здатна поглинати більше поживних речовин, що в подальшому впливатиме на фізіолого-біохімічні процеси, а також на ріст та розвиток рослинного організму.

Вплив товщини мікропагона на якість садивного матеріалу *S. matsudana* (середнє за 2021-2022 рр.)

Товщина мікропагона, см	Висота рослин, см	Маса, г			
		надземної частини	% до контролю	кореневої системи	% до контролю
0,6	110	32,02	22,2	22,11	47,0
0,8	130	54,08	37,5	27,02	57,4
1,1	158	117,23	81,4	40,00	85
Контроль (1,5)	179	144,08	-	47,04	-
HIP ₀₅	14,07	11,03		2,98	



Рис. 1. Вплив товщини мікропагона на формування кореневої системи, 2021 р.

На думку деяких вчених (Ishchuk, 2013), питання розширення терміну виконання польових робіт та приживлюваності посадкового матеріалу вирішується шляхом використання контейнерного садивного матеріалу (табл. 3).

У результаті здійсненого дослідження було зафіксовано, що збільшення об'єму горщика сприяє поліпшенню якісних показників садивного матеріалу *S. matsudana*. За варіантами виявлена достовірна різниця (HIP₀₅ 3,21 та 10,12). При цьому, було виявлено, що на дослідному варіанті (0,75 л) садивний матеріал згадуваного культивуару мав гірші біометричні показники, ніж у контролі.

Окрім всього (табл. 4), площа фотосинтетичної поверхні саджанців знаходилася у відповідній залежності від об'єму контейнера. У експериментальній роботі була з'ясована реальна різниця за варіантами (HIP₀₅ 30,74). На контрольному варіанті площа асиміляційної поверхні становила 3042,0 см², що на 570,7 см² більше в порівнянні з дослідним варіантом (0,75 л). Збільшення

об'єму контейнера створило передумови для росту площі листової поверхні у рослин, що позитивно відобразалося на габітусі.

За безстатевого способу розмноження рослин та їх декоративних форм, а зокрема *S. matsudana*, використовують відповідні прийоми, які створюють умови для управління окремими фізіолого-біохімічними процесами рослинного організму (Liu et al., 2021) (табл. 5).

На контрольному варіанті висота рослин складала 179 см, а на дослідному – 196 см, що на 9,5 % менше. Показник HIP₀₅ становив 12,16, що свідчить про істотну різницю між варіантами.

Із наведених даних випливає, що дія ґрунтосуміші позитивно відображається не тільки на висоті рослин *S. matsudana*, але і на масі надземної частини.

Маса надземної частини на дослідному варіанті становила 130,02 г, що на 12,80 г більше порівняно з контролем, де був використаний бідний субстрат. У експериментальній роботі була з'ясована суттєва різниця за варіантами (HIP05 10,09)

Таблиця 3

Вплив об'єму горщика на ріст рослин *S. matsudana* (середнє за 2021–2022 рр.)

Варіант	Маса, г			
	кореневої системи	% до контролю	надземної частини	% до контролю
0,75 л	31,18	-	107,02	91,3 / -10, 21
Контроль (1.0 л)	40,0	-	117,23	-
HIP05	3,21		10,12	

Таблиця 4

Вплив об'єму контейнера на формування фотосинтезуючої поверхні (середнє за 2021–2022 рр.)

Варіант	Маса листя, г	% до контролю	Площа листя, см ²	± до контролю
0,75 л	37,07	81,2	2471,3	- 570,7
Контроль (1,2 л)	45,63	-	3042,0	-
HIP05	3,26		30,74	

Вплив субстрату на ріст та розвиток рослин *S. matsudana* (середнє за 2021–2022 рр.)

Варіант	Висота, см	± до контролю	Маса надземної частини, г	% до контролю
Перегній+пісок+торф рН 6,0	196	+ 17	130,02	110,9
Контроль (торф рН 6,0 + пісок	179	–	117,23	–
НІР ₀₅		12,16	10,09	

Ефективність вирощування *Salix matsudana* Koidz залежить від багатьох факторів, таких як кліматичні умови, якість ґрунту, ринкова потреба та ціна на продукцію (Jinhua Zou et al., 2019). Плакун Мацуді є швидкорослим деревом, що зазвичай вирощують на землях з низькою родючістю, що не підходять для інших культур. Це дозволяє використовувати необроблені землі і зменшує витрати на підготовку ґрунту. Крім того, дерево плакуну Мацуді має велику потребу в воді, тому його можна вирощувати на землях з недостатнім зволоженням. Це зменшує витрати на іригацію та забезпечує високу врожайність (Jinhua Zou et al., 2018). Що стосується ринку, деревина плакуну Мацуді використовується для виготовлення паперу, фанери, меблів та інших виробів. За рахунок швидкого зростання, деревина плакуну Мацуді може бути зібрана через 4-6 років після посадки, що забезпечує швидкий повернення інвестицій (Hangfeng Wu, et al. 2016). Отже, вирощування *Salix matsudana* Koidz може бути економічно вигідним, якщо врахувати відповідні умови клімату та ґрунту, ринкову потребу та ціну на продукцію.

Планування вирощування *S. matsudana* повинно включати такі етапи: Плакун Мацуді зазвичай вирощують на землях з низькою родючістю, що не підходять для інших культур, але мають достатню кількість вологи. Вибір місця для посадки повинен відповідати цим вимогам (Zhao, 2021; Ренна, 2020). Ґрунт повинен бути оброблений, вирівняний та добре зрошуваний. Якщо ґрунт має низьку родючість, його можна покращити, вносячи добрива. Розсаду плакуну Мацуді слід садити у весняний період, коли ґрунт вже достатньо розгрітий. Розміщення розсади повинно бути

здійснене з відстанню не менше 1-1,5 м між рослинами. Після посадки розсади плакуну Мацуді потрібно добре полити та підгодувати добривами. Далі потрібно регулярно забезпечувати рослини достатньою кількістю води та доглядати за гіллям. Деревину плакуну Мацуді можна зібрати через 4–6 років після посадки. При збиранні врожаю необхідно діяти обережно, щоб не пошкодити корені та гілля. Реалізація продукції можна використовувати для виготовлення паперу, фанери, меблів та інших виробів. Для реалізації продукції необхідно знайти підходящих покупців та домовитися про ціну.

Висновки. За результатами експериментальної роботи щодо вирощування садивного матеріалу *S. matsudana* можна зробити наступні висновки:

– досліджуваний вид належить до легкокорінюваних таксонів;

– до фази набрякання бруньок необхідно заготовляти живцевий матеріал з медіальної частини однорічної гілки. Виявлено, що оптимальна товщина живця знаходиться в межах 1,1–1,5 см;

– маса кореневої системи та надземної частини тісно пов'язана із товщиною живцевого матеріалу;

– виробництво посадкового матеріалу із закритою кореневою системою доцільно здійснювати у контейнерах об'ємом 1,2 л, а в якості субстрату – родючу ґрунто-суміш (торф, пісок та перегній);

– формування плантаційних *Salix* насаджень створить умови для стабілізації енергетичної галузі в Україні, сприятиме зменшенню об'ємів вирубки лісів, забезпечить сталий розвиток лісівничого господарства держави.

Бібліографічні посилання:

1. Bowling, D. R., Schulze, E. S. & Hall, S. J. (2017). Revisiting streamside trees that do not use stream water: can the two water worlds hypothesis and snowpack isotopic effects explain a missing water source? *Ecohydrology*, 10, e1771, doi: 10.1002/eco.
2. Evaristo, J., Kim, M., van Haren, J., Pangle, L. A., Harman, C. J., Troch, P. A. & McDonnell, J. J. (2019). Characterizing the fluxes and age distribution of soil water, plant water and deep percolation in a model tropical ecosystem, *Water Resour. Res.*, 55, 3307–3327.
3. Evaristo, J., McDonnell, J. J., Scholl, M. A., Bruijnzeel, L. A. & Chun, K. P. (2016). Insights into plant water uptake from xylem-water isotope measurements in two tropical catchments with contrasting moisture conditions, *Hydrol. Process.*, 30, 3210–3227.
4. Fuchylo, Y. D. & Sbytna, M. V. (2009) Verby Ukrayiny (biolohiya, ekolohiya, vykorystannya) [Willows of Ukraine (biology, ecology, use)] monograph Logos, K., 200 (in Ukrainian).
5. Fuchylo, Y. D., Onys'kiv, M. I. & Sbytna, M. V. (2006) Biolohichni ta tekhnolohichni osnovy plantatsiynoho lisovyroshchuvannya [Biological and technological bases of plantation silviculture] NSC Institute of Agrarian Economics, 394 (in Ukrainian).
6. Hangfeng Wu, Jiayue Wang, Binbin Li, Yangjie Ou, Junran Wang, Qiuyue Shi, Wusheng Jiang, Donghua Liu & Jinhua Zou (2016) *Salix matsudana* Koidz Tolerance Mechanisms to Cadmium: Uptake and Accumulation, Subcellular Distribution, and Chemical Forms *Pol. J. Environ. Stud.*, 25(4), 1739–1747 doi: 10.15244/pjoes/62715.
7. Hangfeng Wu, Jiayue Wang, Binbin Li, Yangjie Ou, Junran Wang, Qiuyue Shi, Wusheng Jiang, Donghua Liu & Jinhua Zou (2016) *Salix matsudana* Koidz Tolerance Mechanisms to Cadmium: Uptake and Accumulation, Subcellular Distribution, and Chemical Forms *Pol. J. Environ. Stud.*, 25 (4), 1739–1747 doi: 10.15244/pjoes/62715.

8. Hangfeng Wu, Jiayue Wang, Binbin Li, Yangjie Ou, Wusheng Jiang, Donghua Liu & Jinhua Zou (2016). Uptake and Accumulation of Cadmium and Relative Gene Expression in Roots of Cd-resistant *Salix matsudana* Koidz Pol. J. Environ. Stud., 25(6), 2717–2723 doi:10.15244/pjoes/64083.
9. Ishchuk, L. P. (2013) Istoriya vyvchennya vydiv rodu *Salix* L. v Ukrayini ta perspektyvy yikh podal'shykh doslidzhen [History of the study of species of the genus *Salix* L. in Ukraine and prospects for their further research.] Autochthonous and introduced plants of Ukraine: collection. of science works, 9, 18–22 (in Ukrainian).
10. Jinhua Zou, Gang Wang, Jing Ji, Jiayue Wang, Jie Ouyang & Binbin Li Cadmium's (2018). Effect on the Organization of Microtubular Cytoskeleton in Root Tips Cells of *Salix matsudana* Koidz Pol. J. Environ. Stud., 27(2), 939–945 doi: 10.15244/pjoes/76031.
11. Jinhua Zou, Xiaoshuo Shang, Chonghao Li, Jie Ouyang, Binbin Li & Xiangjun Liu (2019). Effects of Cadmium on Mineral Metabolism and Antioxidant Enzyme Activities in *Salix matsudana* Koidz Pol. J. Environ. Stud.;28(2):989–999 doi: 10.15244/pjoes/81697.
12. Jongtae Lee, Jin-Seong Moon, Juyeon Kim, Gwi-Ok Park, Jin-Hyeuk Kwon, In-Jong Ha, Young-Seok, Kwon & Young-Ho, Chang (2020). Evaluation of onion cultivars as affected by bulb maturity and bulb characteristics of intermediate-day yellow onions in South Korea. Horticultural Science and Biotechnology, 95, 645–660. doi: 10.1080/14620316.2020.1742586.
13. Khudolyeyeva, L. V. (2016) Korotkorotatsiyini plantatsiyi topol' ta verb: pidkhody do znyzhennya vplyvu na hlobal'ni zminy klimatu [Short-rotation plantations of poplars and willows: approaches to reducing the impact on global climate change] Current problems of botany and ecology: materials of the International Conference of Young Scientists (June 29 – July 3). Kherson, 65–66 (in Ukrainian).
14. Kolesnichenko, O. V., Slyusar, S. I. & Yakobchuk, O. M. (2008) Metodichni rekomendatsiyi z rozmnozheniya derevnykh dekoratyvnykh roslyn Botanichnoho sadu NUBiP Ukrayiny [Methodical recommendations for the propagation of woody ornamental plants of the Botanical Garden of the NUBiP of Ukraine.]. NUES of Ukraine K., 55 (in Ukrainian).
15. Kosenko, Y. I. (2015). Current state and agro-technological principles of improvement of ornamental nurseries of Ukraine. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv, 38–44 (in Ukrainian).
16. Kunts'o, I. O. & Humentyk, Y. (2013) Vyroshchuvannya enerhetychnoyi verby yak syrovyny dlya vyrobnytstva tverdykh vydiv biopalyva v umovakh Lisostepu Ukrayiny [Cultivation of energy willow as a raw material for the production of solid types of biofuel in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine.] Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet., 19, 59–62 (in Ukrainian).
17. Liu Guoyuan, Yixin Li, Junfeng Gao, Zhicong Feng, Hongyi Guo, Hang Zou, Xintong Chu, Yaqi Li, Yanhong Chen, Chunmei Yu, Fei Zhong, Hui Wei & Jian Zhang. (2021). "Detecting the Different Responses of Roots and Shoots to Gravity in *Salix matsudana* (Koidz)" Forests 12, 12, 1715. doi: 10.3390/f12121715.
18. Maurer, V. M. & Pinchuk, A. P. (2013) Stan ta yakist' robit iz vidtvorenniya lisiv v Ukrayini ta shlyakhy yikh pokrashchennya Naukovy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. [The state and quality of forest regeneration works in Ukraine and ways to improve them.] Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. "Forestry and Ornamental Horticulture" series. Issue 187 (11), 328–334. (in Ukrainian).
19. Melnyk, A. & Tokman, V. (2021). Production of planting material *Salix Matsudana* Koidz. for plantation growing in the conditions of the north-eastern part of the forest steppe of Ukraine. S World Journal, 2(08–02), 95–104. doi: 10.30888/2663-5712.2021-08-02-022.
20. Miao, L. F., Xiao, F. J., Xu, W. & Yang, F. (2016) Reconstruction of wetland zones: Physiological and biochemical responses of *Salix variegata* to winter submergence—a case study from water level fluctuation zone of the Three Gorges Reservoir. Pol. J. Ecol., 64, 45–52.
21. Penna, D., Geris, J., Hopp, L. & Scandellari, F. (2020). Water sources for root water uptake: Using stable isotopes of hydrogen and oxygen as a research tool in agricultural and agroforestry systems, Agr. Ecosyst. Environ., 291, 106790, doi: 10.1016/j.agee.2019.106790.
22. Saifullan, S.N., Bibi, S., Ahmad, M. & Ok, Y.S. (2014). Effectiveness of zinc application to minimize cadmium toxicity and accumulation in wheat (*Triticum aestivum* L.). Environ. Earth Sci. 71, 1663.
23. Vysotska, N. Y. (2014). Technologies and agrotechnics of creation of bioenergy plantations of poplars and willows in Ukraine. [Dovid ta napratsjuvannja Ukraininskogo NDI lisovogo gospodarstva ta agrolisomeliorsii im. G.M. Vysotskogo.]. Visnyk KNTUCG, 155, 122–126 (in Ukrainian).
24. Wang, J., Fu, B. J., Wang, L. X., Lu, N. & Li, J. Y. (2020). Water use characteristics of the common tree species in different plantation types in the Loess Plateau of China, Agr. Forest Meteorol., 288–289, 108020, doi: 10.1016/j.agrformet.2020.108020.
25. Xiang, W., Si, B. C., Biswas, A. & Li, Z. (2019). Quantifying dual recharge mechanisms in deep unsaturated zone of Chinese Loess Plateau using stable isotopes, Geoderma, 337, 773–781,
26. Xiaoshuo Shang, Wenxiu Xue, Yi Jiang & Jinhua Zou (2020) Effects of Calcium on the Alleviation of Cadmium Toxicity in *Salix matsudana* and Its Effects on Other Minerals Pol. J. Environ. Stud., 29(2), 2001–2010 doi: 10.15244/pjoes/109720.
27. Yang, F., Wang, Y. & Chan, Z. (2014) Perspectives on screening winter-flood-tolerant woody species in the riparian protection forests of the Three Gorges Reservoir. PLoS ONE, 9, e108725.
28. Zhao Y., Wang L., Knighton J., Evaristo J. & Wassen M. (2021). Contrasting adaptive strategies by *Caragana korshinskii* and *Salix psammophila* in a semiarid revegetated ecosystem, Agr. Forest Meteorol., 300, 108323, doi: 10.1016/j.agrformet.2021.108323.

29. Zhao, Y. & Wang, L. (2018). Plant water use strategy in response to spatial and temporal variation in precipitation patterns in China: a stable isotope analysis, *Forests*, 9, P. 123, doi: 10.3390/f9030123.

30. Zhao, Y. & Wang, L. (2021). Insights into the isotopic mismatch between bulk soil water and *Salix matsudana* Koidz trunk water from root water stable isotope measurements, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 25, 3975–3989, doi: 10.5194/hess-25-3975-2021

Tokman V. S., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Stoyanets N. V., Doctor of Economic Sciences, Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Formation of planting material *Salix matsudana* Koidz. for the creation and planning of forest plantation plants

It was found out that Sumy Region can join the real solution to the problem of energy saving and development of bioenergy within the framework of the creation of Matsuda energy willow plantations. In the process of research, the planning of growing and the effectiveness of using Matsuda energy willow for energy supply in the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine is indicated, the perspective of growing, processing and using bioenergy crops in the Sumy region is proven. To realize the goal of the research, the following tasks were performed: scientific approaches to the study of energy saving and bioenergy problems were analyzed; the peculiarities of the natural resource potential of Sumy Region are considered; possible observations of the development and growth of the Matsuda willow were made; the real needs and possibilities of growing energy willow as a bioenergy crop in the Sumy region were investigated;

*Some technological measures for growing *S. matsudana* container planting material are considered in the work: for the creation of forest plantations. It has been proven that under the conditions of root propagation of the studied taxon, it is necessary to harvest microshoots before the bud swelling phase. It was established experimentally that the reproducibility of the cutting material is not affected by its thickness. It has been proven that as the cutting thickness increases (0.6-1.5 cm), the mass of planting material increases. When using microshoots with a thickness of 0.6 cm, the weight of plants was 54.13 g, and in the control – 191.12 g, which is 3.53 times less. In the process of research, the issue of the effect of the volume of the pot on the mass of the root system, the aerial part and the area of the leaf surface of the planting material was considered. When using pots with a volume of 0.75 l, the leaf surface area was 2471.3 cm², which is 23.1% less than in the control (1.2 l). It was found that the substrate affects the quality indicators of the planting material of the studied taxon: the best biometric indicators were obtained under the conditions of using a highly nutritious substrate.*

Key words: forest plantation cultivation, biofuel, energy sector, stem cuttings (microshoots), rhizogenic ability, closed root system, cutting thicknesses, assimilating surface, planting material, *Salix matsudana*, substrate, aerial part, root system.