

УДК 634.8:579.64

Н.І. Теслюк, І. Аврамович

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна,
e-mail: natalana@onu.edu.ua

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ АДАПТАЦІЇ МІКРОКЛОНІВ *PAULOWNIA TOMENTOSA* ДО УМОВ *IN VIVO* З ВИКОРИСТАННЯМ БАКТЕРІЙ *BACILLUS* *MEGATERIUM* ONU 500

Мета роботи: удосконалення процесів адаптації мікроклонів Павловнії повстяної (*Paulownia tomentosa*), вирощеної у культурі *in vitro*, до умов *in vivo* з використанням штаму *Bacillus megaterium* ONU500. **Матеріали і методи.** У роботі використовували методи введення ініціальних експлантів в культуру *in vitro* і мікроклонального розмноження. Корені, підготовлених до адаптації мікроклонів Павловнії повстяної (*Paulownia tomentosa*), за 30 хв перед висадкою у ґрунт інокулювали суспензією бактерій у концентрації $4,6 \times 10^7$ кл/мл, у другій групі – $2,3 \times 10^7$ кл/мл, а третя зі стерильною дистильованою водою слугувала контролем. Після цього рослини висаджували в окремі ємності з підготовленим ґрунтом. На 14-ту, 30-ту та 100-ту добу адаптації вимірювали параметри росту та розвитку досліджуваних рослин. **Результати.** Встановлено, що найбільше життєздатних рослин на 100-ту добу адаптації залишалося у групі мікроклонів з використанням суспензії *B. megaterium* ONU500 у концентрації $2,3 \times 10^7$ кл/мл. Інокуляція коренів мікроклонів Павловнії повстяної перед висадкою у ґрунт бактеріями *B. megaterium* ONU500 у концентрації $2,30 \times 10^7$ кл/мл прискорює процеси росту, підвищує середній приріст пагонів адаптованих рослин на 10,5 см на 100-ту добу адаптації та на 4,0 збільшує утворення кількості вузлів на одну рослину. **Висновок.** Застосування бактерій *B. megaterium* ONU500 з концентрацією $2,3 \times 10^7$ кл/мл підвищує життєздатність, висоту рослин та утворення вузлів мікроклонів Павловнії повстяної.

Ключові слова: *Paulownia tomentosa*, культура *in vitro*, адаптація, мікроклональне розмноження, *Bacillus megaterium*.

Павловнія повстяна (*Paulownia tomentosa*) відноситься до одних з самих швидкорослих дерев і володіє значним економічним потенціалом (цінна деревина, високий темп вироблення біомаси, підвищена стійкість до стресів та ін.) [6]. Павловнія повстяна добре очищає землі [5]. Це є дуже важливим чинником для вирощування її на території України. Основним джерелом забруднення ґрунтів є відходи промислових підприємств, автотранспорт є головним джерелом надходження до ґрунту свинцю, цинку, а також погано працюючі системи санітарної очистки. Забруднені землі потребують відновлювальних робіт. Вирощування Павловнії повстяної рекомендоване для очищення ґрун-

© Н.І. Теслюк, І. Аврамович, 2019



тів і відновлення їх властивостей шляхом інтенсивного землеробства. Звичайні методи розмноження насінням ненадійні через хвороби і шкідників, поганого проростання, а також повільного росту, ніж живці [12]. Застосування методів мікроклонального розмноження для агролісомеліорації має важливе значення. Цей метод пропонує швидкий спосіб виробництва клонованого фонду та сприяє наповненню екологічним високоякісним матеріалом, котрий є генетично однорідним, без хвороб і вірусів [8]. Основним недоліком цього методу є низька життєздатність мікроклонів під час адаптації їх до умов *in vivo*, що часто призводить до втрати 90–100% мікроклонів.

Актуальним та важливим є пошук універсальних, раціональних варіантів технологічного процесу вирощування Павловнії повстяної при масовому розмноженні та удосконалення окремих етапів мікроклонального розмноження з використанням бактерій. Один із найскладніших етапів є адаптація рослин з умов *in vitro* до *in vivo*. Першою серйозною перешкодою для адаптації стає контакт порівняно слабо розвиненої і повністю стерильної кореневої системи мікроклона із мікробіотою ґрунту. Якщо у природі процеси формування ризосфери проходять поступово, то при адаптації рослин з умов *in vitro* коренева система є абсолютно беззахисною проти патогенних мікроорганізмів відкритого ґрунту. Тому саме на цьому етапі є доцільним використання корисних бактерій, вплив яких потенційно може підвищити кінцевий вихід мікроклонів.

У практиці аграрного виробництва накопичено значний матеріал, який підтверджує ефективність використання різних мікроорганізмів, зокрема, ризосферних азотфіксувальних та фосфатмобілізувальних бактерій, для стимуляції росту та розвитку рослин [2]. Із аналізу літературних джерел відомо, що бактерії *Bacillus spp.* позитивно впливають на урожайність, тому що формують біоплівки на коренях рослин та займають екологічні ніші фітопатогенів [7]. Рід *Bacillus* – це один з найбільш різноманітних і комерційно корисних груп бактерій, які синтезують антимікробні речовини проти фітопатогенів: циклічний ліпопептид, сурфактин, ітурін, макролактин та фунгіцин. Ці речовини успішно використовуються у сільському господарстві [9, 10, 11]. Завдяки антагоністичним властивостям по відношенню до інших видів бактерій бацили використовують у виробництві антибіотиків [4]. В лабораторії кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології Одеського національного університету імені І.І. Мечникова вивчено штам *B. megaterium* ONU500, який характеризується високою антагоністичною активністю до фітопатогенних мікроорганізмів та значно стимулює ріст дводольних та однодольних рослин. Цей штам запатентовано як штам-антагоніст проти збудників хвороб сільськогосподарських рослин [14]. Метою роботи було удосконалення процесів адаптації мікроклонів Павловнії повстяної (*Paulownia tomentosa*), вирощеної у культурі *in vitro*, до умов *in vivo* з використанням бактерій штаму *Bacillus megaterium* ONU500.

Матеріали і методи

Матеріалом для дослідження слугували мікроклони Павловнії повстяної (*Paulownia tomentosa*), а також бактерії штаму *Bacillus megaterium* ONU500.



Цей штам характеризується високою антагоністичною активністю до фітопатогенних мікроорганізмів, значно стимулює ріст дводольних та однодольних рослин [14].

Для мікроклонального розмноження Павловнії повстяної *in vitro* застосовували тверде середовище МС (середовище Мурасіге і Скуга) з модифікаціями, яке є зручним для посадки експлантів різних розмірів і розмноження мікроклонів павловнії. В роботі використовували агар-агар у концентрації 8 г/л, фітогормон групи цитокінінів – 6-БАП (6-бензиламінопурин) – 1,2 мг/л та фітогормон групи ауксинів – індолілоцтова кислота (ІОК) – 0,5мг/л [1]. Культивування введених у культуру експлантів здійснювалося в умовах культурального боксу за температури 25 °С, інтенсивності освітлення 2500 лк, відносній вологості 56–70% та фотоперіоді 16 год. Рослини, що сформували 6–7 вузлів, вилучали з пробірок і повторно живцювали. Початок формування коренів спостерігався через 6–8 днів. На цьому етапі здійснювали підготовку культур мікроорганізмів до експерименту.

Бактерії штаму *B. megaterium* ONU500 вирощували у рідкому середовищі LB (Lysogeny broth) стандартного складу, рН – 7,9 у термостаті-шейкері за 180 об/хв до загальної концентрації $9,2 \times 10^7$ кл/мл, яку вони досягали на другу добу культивування[13].

Для адаптації рослин до умов *in vivo* відбирали мікроклони Павловнії повстяної з розвинутою кореневою системою. Рослини мали 5–6 вузлів та були за висотою 5–8 см (Рис. 1).

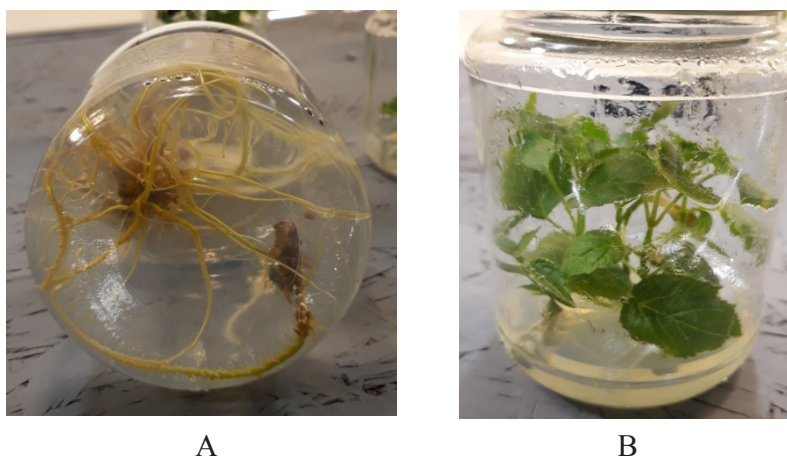


Рис. 1. Культивування мікроклонів Павловнії повстяної на живильному середовищі МС в умовах *in vitro* (А, В):

А – коренеутворення у мікроклонів Павловнії повстяної при розмноженні в культурі *in vitro*; **В** – мікроклони Павловнії повстяної висотою 5–6 см

Fig. 1. Cultivation of microclones of Pavlowniya tomentosa on nutrient medium MS *in vitro* (A, B):

A – root formation in Pavlowniya tomentosa microclones at reproduction in culture *in vitro*; **B** – Pavlowniya tomentosa microclones with height of 5–6 cm

Величина обсягу вибірки для однієї повторності експерименту становила 30 мікроклонів. На 10-ти мікроклонах тестували дію $4,6 \times 10^7$ кл/мл бактерій, на наступних 10-ти мікроклонах – дію $2,3 \times 10^7$ кл/мл бактерій, а інші 10 рослин були контрольними зразками.

Адаптацію проводили за розробленою нами методикою у дві стадії. Перша – підготовка фізіологічного стану мікроклонів: розвиток та нормалізація функціонування продихів, активізація процесів фотосинтезу та дихання мікроклонів, нарощування коренів. З цією метою рослинам поступово відкривали доступ до звичайного повітря протягом семи діб в умовах стерильного культурального боксу (рис. 2).



Рис. 2. Мікроклони Павловнії повстяної на першому етапі адаптації до умов *in vivo*

Fig. 2. Microclones of *Paulownia tomentosa* of the first stage of adaptation for *in vivo* conditions

Потім проводили висадку рослин у підготовлений субстрат, яким слугувала суміш простерилізованих гарячим паром під тиском однієї атм ґрунту «Поліський» універсальний (виробник – ТзОВ «Richland», Україна) та корисної домішки «Агроперліт» (виробник – ТзОВ «Richland», Україна).

Після підготовчого етапу адаптації мікроклони розділяли на три групи. Корені рослин першої групи 30 хв перед висадкою витримували у $4,6 \times 10^7$ кл/мл бактерій, другої групи – у $2,3 \times 10^7$ кл/мл, а третя слугувала контролем зі стерильною дистильованою водою. Після цього рослини висаджували у персональні ємності із підготовленим ґрунтом. Полив здійснювали автоклавованим дистиллятом протягом перших двох тижнів, а потім – звичайною водогінною водою за необхідності.

Спостереження за рослинами після висадки проводили протягом 100 діб. На 14-й, 30-й та 100-й дні адаптації, як найбільш показові для етапів та темпу росту мікроклонів Павловнії повстяної, проводили вимірювання параметрів росту та розвитку досліджуваних рослин. Результати опрацьовували за методом дисперсійного аналізу [3] із використанням комп'ютерних статистичних програм Excel. Дисперсійний аналіз проводили окремо за кожним досліджуваним показником.

Результати дослідження та їх обговорення

Приживлюваність і життєздатність рослин. В зв'язку з тим, що до-



слідження з адаптації мікроклонів Павловнії повстяної проводили в осінньо-зимовий період, результати з приживлюваності за всіма дослідним варіантами були досить низькими, але при цьому зберігалися достовірні закономірності (табл.). Було виявлено, що в середньому найбільше життєздатних рослин на 100-ту добу адаптації залишалося у групі мікроклонів з додаванням $2,3 \times 10^7$ кл/мл бактерій *B. megaterium* ONU500, а саме $51,7 \pm 0,1\%$. Для концентрації $4,6 \times 10^7$ кл/мл цей показник був нижчим і складав $23,6 \pm 0,2\%$, а у контрольної групи на 100-ту добу залишалося лише $8,3 \pm 0,4\%$ життєздатних рослин.

Таблиця

Приживлюваність адаптованих мікроклонів Павловнії повстяної після інокуляції бактеріями *B. megaterium* ONU500

Table

Survival of the adapted microclones of Pavlowniya tomentosa after inoculation with bacteria of *B. megaterium* ONU500

Доба	Концентрація бактерій <i>B. megaterium</i> , кл/мл	Приживлюваність мікроклонів*, %
14	$4,6 \times 10^7$	$29,2 \pm 0,4$
	$2,3 \times 10^7$	$66,1 \pm 0,5$
	контроль	$40,2 \pm 0,4$
30	$4,6 \times 10^7$	$29,2 \pm 0,1$
	$2,3 \times 10^7$	$66,1 \pm 1,1$
	контроль	$20,8 \pm 0,4$
100	$4,6 \times 10^7$	$23,6 \pm 0,2$
	$2,3 \times 10^7$	$51,8 \pm 0,1$
	контроль	$8,3 \pm 0,4$

Примітка – *середнє значення з дослідних повторностей

Note –* average value of experimental repetitions

Показники приживлюваності були відповідно на 43,4% та 15,3% більшими за контрольні, що свідчить про значний позитивний вплив бактерій *B. megaterium* ONU500 на приживлюваність рослин у процесі адаптації.

Висота та приріст рослин. Протягом усього часу спостереження за рослинами найвищі показники приросту надземної частини реєстрували у групі мікроклонів, які інокулювали бактеріями *B. megaterium* ONU500 у концентрації $2,3 \times 10^7$ кл/мл. Трохи нижчими були рослини з використанням $4,6 \times 10^7$ кл/мл, і найменшу висоту мали рослини у контролі (рис. 3).

На 30-ту добу спостереження контрольні рослини у середньому мали приріст висоти $6,8 \pm 0,3$ см, рослини інокульовані бактеріями в концентрації $4,6 \times 10^7$ кл/мл – висотою $7,1 \pm 0,5$ см, а ті, що оброблені суспензією $2,3 \times 10^7$ кл/мл – $8,3 \pm 0,9$ см.

Через 100 діб різниця за висотою приросту пагонів між групами складала $6,0 \pm 0,02$ см, рослини з $4,6 \times 10^7$ кл/мл бактерій *B. megaterium* ONU500 – $13,2 \pm 0,02$ см, з $2,3 \times 10^7$ кл/мл бактерій – $16,5 \pm 1,6$ см.



Таким чином, завдяки інокуляції коренів мікроклонів Павловнії повстяної перед висадкою в ґрунт суспензією бактерій *B. megaterium* ONU500 в концентрації $2,3 \times 10^7$ клм/л, на 100-ту добу адаптації вдалося прискорити процеси росту рослин та підвищити середню висоту приросту пагонів на 7,2 см порівняно із обробкою $4,6 \times 10^7$ кл/мл бактерій та на 10,5 см порівняно із контрольними рослинами.

Найвищі показники за кількістю новоутворених вузлів у рослин протягом 100 діб спостережень мали рослини Павловнії повстяної, корені яких інокулювали бактеріями *B. megaterium* ONU500 у концентрації $2,3 \times 10^7$ кл/мл (рис. 4).

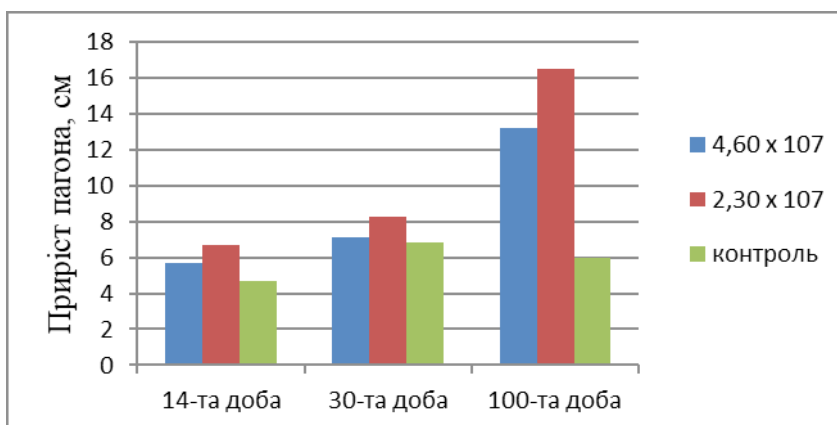


Рис. 3. Приріст рослин Павловнії повстяної під час адаптації після інокуляції бактеріями *B. megaterium* ONU500

Fig. 3. Increase of height of Pavlovniya tomentosa plants during adaptation after inoculation with bacteria of the *B. megaterium* ONU500 strain

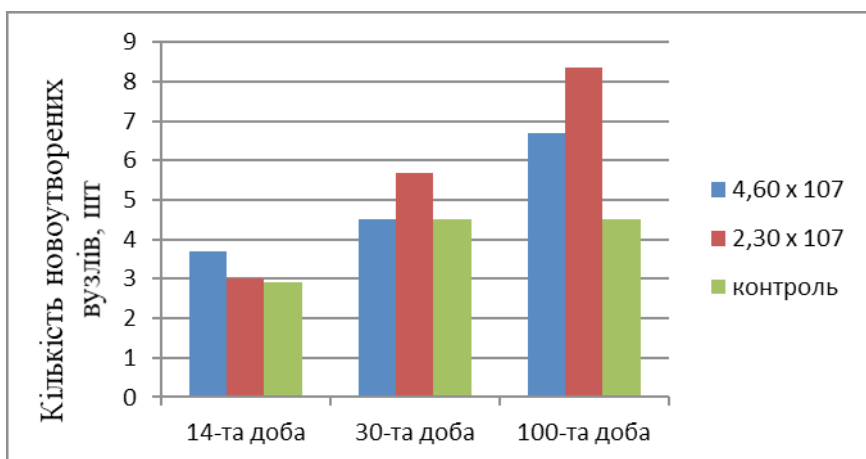


Рис. 4. Кількість новоутворених вузлів у рослин Павловнії повстяної під час адаптації після інокуляції бактеріями *B. megaterium* ONU500

Fig. 4. Number of new formed knots of Pavlovniya tomentosa plants during adaptation after inoculation with bacteria of the *B. megaterium* ONU500 strain

На 30-ту добу експерименту контрольні рослини у середньому мали $3,8 \pm 0,3$ новоутворених вузлів, рослини з $4,6 \times 10^7$ кл/мл бактерій *B. megaterium* ONU500 – $4,5 \pm 0,4$ новоутворених вузлів, а група тих, що інокулювали з бактеріями в концентрації $2,3 \times 10^7$ кл/мл, мали в середньому $5,6 \pm 0,2$ новоутворених вузлів.

Через 100 діб після інокуляції кількість новоутворених вузлів у контрольному варіанті складала по $4,3 \pm 0,01$ вузлів, у варіанті із використанням $4,6 \times 10^7$ кл/мл бактерій *B. megaterium* ONU500 – $6,7 \pm 0,3$ вузлів, а у рослини в досліді з $2,3 \times 10^7$ кл/мл отримано в середньому по $8,3 \pm 0,3$ вузлів.

Таким чином, застосування методу інокуляції кореневої системи мікроклонів суспензією *B. megaterium* ONU500 з концентрацією $2,3 \times 10^7$ кл/мл дозволило підвищити утворення кількості вузлів на 4,0 шт. у рослин павловнії порівняно з контролем на 100-ту добу адаптації.

Результати досліджень з адаптації Павловнії повстяної підтвердили, що бактерії штаму *B. megaterium* ONU500 позитивно впливають на життєздатність лабораторних мікроклонів. Виявлено, що суспензії бактерій *B. megaterium* ONU500 позитивно впливають на параметри росту та розвитку рослин Павловнії повстяної під час адаптації до умов *in vivo*.

Встановлено, що найбільш ефективними для удосконалення процесів адаптації Павловнії повстяної є використання суспензії *B. megaterium* ONU500 з концентрацією $2,3 \times 10^7$ кл/мл. Застосування такого прийому дозволяє підвищити життєздатність, приріст рослин та кількість новоутворених вузлів.

N.I. Tesliuk, I. Avramovych

Odesa National I. I. Mechnykov University,
2, Dvorianska str., Odesa, 65082, Ukraine,
e-mail: natalana@onu.edu.ua

IMPROVING OF ADAPTATION METHODS OF PAVLOWNIYA TOMENTOSA MICROCLONES TO CONDITIONS *IN VIVO* WITH USE OF BACTERIA OF *BACILLUS MEGATERIUM* ONU50

Summary

Aim. Improvement of the processes of adaptation of pavlowniya microclones of the felt (*Paulownia tomentosa*) which is grown up in the culture *in vitro* to *in vivo* conditions with use of a strain of *Bacillus megaterium* ONU500. **Materials and methods.** The roots of Pavlovnia tomentosa microclones were inoculated with $4,60 \times 10^7$ cells/ml bacteria suspension for in 30 minutes before planting, in the second group with $2,30 \times 10^7$ cells per ml, and the third one was the control group with sterile distilled water. The plants were then planted in separate containers with the prepared soil. After planting, the plants were observed for 100 days. On the 14th, 30th and 100th adaptation days, the measurements by growth and development parameters of under studying plants were made. **Results.** More viable plants on the 100th day of adaptation remained in the microclone group with the suspension of *B. megaterium* ONU500, with the concentration of $2,30 \times 10^7$ cells



per ml. Due to inoculating the roots of Pavlovnia felt microclones, $2,30 \times 10^7$ cells/ml of *B. megaterium* bacteria ONU500 there were given the opportunity to accelerate growth processes and increase the average height of adapted plants by 7.30 cm on the 100th day of adaptation. Also, the use of *B. megaterium* ONU500 bacteria with a cell number of $2,30 \times 10^7$ in ml allowed to increase the formation of the number of nodes per 4.04 pcs in Pavlovnia felt plants comparing to the control group on the 100th day of adaptation. **Conclusion.** The usage of *B. megaterium* ONU500 bacterium with the concentration of $2,30 \times 10^7$ cells per ml increases the viability, plant height and number of nodes by 43.45%, 10,5 cm and 4.04 pcs, respectively, comparing to the control group on the 100th day of adaptation.

Key words: *in vitro* culture, adaptation, clonal micropropagation, *Bacillus megaterium* ONU500, pavlovnia.

Н.И. Теслюк, И. Аврамович

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина,
e-mail: natalana@onu.edu.ua

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ АДАПТАЦИИ МИКРОКЛОНОВ *PAULOWNIA TOMENTOSA* К УСЛОВИЯМ *IN VIVO* С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШТАММА *BACILLUS MEGATERIUM* ONU 500

Реферат

Цель работы: усовершенствование процессов адаптации микроклонов Павловнии войлочной (*Paulownia tomentosa*), выращенной в культуре *in vitro*, к условиям *in vivo* с использованием штамма *Bacillus megaterium* ONU500.

Материалы и методы. Использовали методы введения инициальных эксплантов в культуру *in vitro* и микроклонального размножения. Корни подготовленных к адаптации микроклонов Павловнии войлочной (*Paulownia tomentosa*) за 30 мин., перед высадкой инокулировали суспензией бактерий в концентрации $4,60 \times 10^7$ клеток/мл, во второй группе – с количеством клеток $2,30 \times 10^7$ в мл, а третья служила контролем со стерильной дистиллированной водой. После этого растения высаживали в отдельные емкости с подготовленным грунтом. На 14-й, 30-й и 100-й дни адаптации проводились измерения параметров роста и развития исследуемых растений.

Результаты. Больше жизнеспособных растений на 100-е сутки адаптации оставалось в группе микроклонов с суспензией *B. megaterium* ONU500 $2,30 \times 10^7$ клеток в мл. Благодаря инокулированию корней микроклонов Павловнии войлочной перед высадкой в грунт $2,30 \times 10^7$ клеток в мл *B. megaterium* ONU500 удалось ускорить процессы роста и повысить среднюю высоту прироста адаптированных растений на 7,30 см на 100-е сутки адаптации. Также использование бактерий *B. megaterium* ONU500 с количеством клеток $2,30 \times 10^7$ в мл позволило повысить образование количества узлов на 4,04 шт. у растений Павловнии войлочной по сравнению с контролем на 100-е сутки адаптации. **Вывод.** Применение бактерий *B. megaterium* ONU500 с концентрацией $2,30 \times 10^7$ клеток в мл повышает жизнеспособность, прирост растений и количество узлов на 43,45%, 10,5 см и 4,04 шт. соответственно по сравнению с контролем на 100-е сутки адаптации.



Ключевые слова: культура *in vitro*, адаптация, микророзмножение, *Bacillus megaterium* ONU500, павловния.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аврамович І., Теслюк Н.І. Клональне мікророзмноження Павловнії повстяної (*Paulownia tomentosa*) // Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві: матеріали XIII наукової конференції молодих вчених, присвяченої 100-річчю з дня заснування Національної академії аграрних наук України (м. Чернігів, 24–25 жовтня 2018 р.) : тез.доп.: Чернігів : видавець Брагинець О.В. – 2018. – С. 176–179.
2. Мельничук М.Д., П. Григорюк, Т.В. Новак, О.Л. Кляченко, Ю.В. Коломієць, В. Г. Спиридонов, Ключащенко А.А., Антіпов І.О., Оверченко В.В. Біотехнологія рослин : практикум. – К., ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 215 с.
3. Менчер Э. М., Земшман А.Я. Основы планирования эксперимента с элементами математической статистики в исследованиях по виноградарству // – Кишинев: Штиинца, 1986. – С. 238.
4. Мерліч А.Г., Ліманська Н.В., Жунько І.Д., Бабенко Д.О. Вплив *Lactobacillus plantarum* та *Bacillus atrophaeus* на проростання насіння та ріст проростків пшениці // Мікробіологія і біотехнологія. – 2017. – № 1. – С. 36–47.
5. Ткаченко К. Адамове дерево, чи царствена павловнії // У світі рослин. – № 12. – 2013. – С. 26–29.
6. Шурганов Б.В., Мишуткина Я.В., Нескородов Я.Б. Разработка эффективной системы регенерации *Paulownia shan tong* (*P. fortunei* x *P. tomentosa*) // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2015. – № 3. – С. 49–58.
7. Arkhipova T.N., Veselov S.U., Melentiev A.I., Martynenko E.V., Kudoyarova G.R. Ability of bacterium *Bacillus subtilis* to produce cytokinins and to influence the growth and endogenous hormone content of lettuce plants // Plant Soil. – 2005. – Vol. 272, № 1–2. – P. 201–209.
8. Bahri NB, Bettaieb T. *In vitro* propagation of a forest tree *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. – A valuable medicinal tree species // Albanian journal of agricultural sciences. – 2013– V. 12(1). – P. 37–42.
9. Chen Y., Yan F., Chai Y., Liu H., Kolter R., Losick R. Biocontrol of tomato wilt disease by *Bacillus subtilis* isolates from natural environments depends on conserved genes mediating biofilm formation // Environ. Microbiol. – 2013. – Vol. 15, № 3. – P. 848–864.
10. Eppinger M., Bunk B., Johns M.A., Edirisinghe J.N., Kutumbaka K.K., Koenig S.S., Vary P.S Genome sequences of the biotechnologically important *Bacillus megaterium* Strains QM B1551 and DSM319 // Journal of Bacteriology. – 2011. – V. 193(16). – P. 1499–4213.
11. Huang J., Wei Z., Tan S., Mei X., Shen Q, Xu Y. Suppression of bacterial wilt of tomato by bioorganic fertilizer made from the antibacterial compound producing strain *Bacillus amyloliquefaciens* HR62 // J. Agric. Food Chem. – 2014. – Vol. 62. – P. 10708–10716.
12. Rahman M.A., F.Rahman, M. Rahmatullah *In vitro* regeneration of *Paulownia tomentosa* Steud. plants through the induction of adventitious shoots in



explants derived from selected mature trees, by studying the effect of different plant growth regulators // American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. – 2013. – V. 7(4). – P. 259–268.

13. Shimizu K., Nakamura H., Ashiuchi M Salt-Inducible Bionylon Polymer from *Bacillus megaterium* // Applied and Environmental Microbiology. –2007. –V. 73(7). – P. 2378–2379.

14. Пат. 126879 Україна, МПК C12N 1/20, A01N 63/00, на корисну модель. Штам-антагоніст *Bacillus megaterium* ONU 500 проти збудників хвороб сільськогосподарських рослин / Іваниця В. О., Крилова К. Д., Ліманська Н. В., Жунько І. Д., Драгуновська О. І. ; заявл. 29.01.2018 ; опубл. 10.07.2018, Бюл. № 13. – с 4.

References

1. Avramovych I, Tesliuk NI. Clonal micropropagation of Paulownia tomentosa // Microbiology in modern agricultural production: materials of the 13th Scientific Conference of Young Scientists on the 100th Anniversary of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Chernihiv, 2018) Report: Chernihiv: Publisher Braginets OV - 2018. - P. 176-179.

2. Melnychuk MD, Grigoryuk P, Novak TV, OL Klyachenko OL, Kolomiets YuV, Spiridonov VG, Klyuvadenko AA, Antipov IO, Overchenko VV. Plant biotechnology: a workshop. Agar Media Group LLC, Kiev, 2012: 215 (in Ukrainian).

3. Mencher EM. Fundamentals of experiment planning with elements of mathematical statistics in viticulture research. Shtiintsa, Chisinau, 1986: 238 (in Russian).

4. Merlich AG, Limanskaya NV, Zhunko ID, Babenko DO. Influence of *Lactobacillus plantarum* and *Bacillus atrophaeus* on seed germination and growth of wheat seedlings. Microbiology and biotechnology. 2017. 1: 36–47(in Ukrainian).

5. Tkachenko K. Adam's Tree, or the Royal Pavlovia. In the Plant World. 2013.12: 26-29 (in Ukrainian).

6. Shurhanov BV, Myshutkina YV, Neskorođov YB. Development of an effective system of regeneration *Paulownia shan tong* (*P. fortunei* x *P. tomentosa*). Bulletin of the Russian University of Friendship of Peoples. Series: Agronomy and Livestock. 2015.3:49-58 (in Russian).

7. Arkhipova TN, Veselov SU, Melentiev AI, Martynenko EV, Kudoyarova GR. Ability of bacterium *Bacillus subtilis* to produce cytokinins and to influence the growth and endogenous hormone content of lettuce plants. Plant Soil. 2005. 272(1-2): 201-209.

8. Bahri NB, Bettaieb T. *In vitro* propagation of a forest tree *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. - A valuable medicinal tree species. Albanian journal of agricultural sciences. 2013. 12(1): 37 – 42.

9. Chen Y, Yan F, Chai Y, Liu H, Kolter R, Losick R. Biocontrol of tomato wilt disease by *Bacillus subtilis* isolates from natural environments depends on conserved genes mediating biofilm formation. Environ. Microbiol. 2013.15(3): 848–864.

10. Eppinger M, Bunk B, Johns MA, Edirisinghe JN, Kutumbaka KK, Koenig S.S., Vary P.S Genome sequences of the biotechnologically important *Bacil-*



lus megaterium strains QM B1551 and DSM319. Journal of Bacteriology. 2011. 193(16):1499 – 4213

11. Huang J, Wei Z, Tan S, Mei X, Shen Q, Xu Y. Suppression of bacterial wilt of tomato by bioorganic fertilizer made from the antibacterial compound producing strain *Bacillus amyloliquefaciens* HR62. J. Agric. Food Chem. 2014.62: 10708 – 10716.

12. Rahman MA, Rahman F, Rahmatullah M. *In vitro* regeneration of *Paulownia tomentosa* Steud. plants through the induction of adventitious shoots in explants derived from selected mature trees, by studying the effect of different plant growth regulators. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. 2013. 7(4): 259 – 268.

13. Shimizu K, Nakamura H, Ashiuchi M. Salt-Inducible Bionylon Polymer from *Bacillus megaterium*. Applied and Environmental Microbiology. 2007.73(7): 2378 – 2379.

14. A.s. 126879 In Ukraine IPC A01N63 / 00. *Bacillus megaterium* antagonist strain against pathogens of agricultural plants / Ivanytsya VO, Krylov KD, Limanskaya NV, Zhunko ID, Dragunovskaya OI. - № u201800796; Filed on 01/29/2018; Publ. 10.07.2018 - Bull. № 13. - 4 p.

Стаття надійшла до редакції 05.11.2019 р.

