

# БІОТЕХНОЛОГІЯ

УДК 573.6:581.143.6:635

## Ризогенез вівсу за впливу фітогормонів

Л. І. Сторожик<sup>1</sup>, В. І. Войтовська<sup>1\*</sup>, О. А. Зінченко<sup>1</sup>,  
Л. В. Вишневська<sup>2</sup>, Л. М. Кононенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, \*e-mail: kentavr19@gmail.com

<sup>2</sup>Уманський національний університет садівництва, вул. Інститутська, 1, м. Умань, 20305, Україна

**Мета.** Підібрати оптимальну концентрацію фітогормонів та дослідити їх вплив на укорінення вівсу та розробити живильне середовище для індукції ризогенезу в умовах *in vitro*. **Методи.** Для укорінення використовували клонований матеріал різних селекційних зразків вівсу № 493-27; № 477-5; № 399-38; № 425-19 та сорти 'Декамерон' і 'Дарунок'. Укорінення клонів проводили на живильних середовищах за прописами Мурасіге і Скуга та Гамборга і Евелєга із зменшеним складом макросолей, які слугували за контрольні варіанти, а для дослідних варіантів використовували ауксини (ІОК, НОК, ІМК) і цитокініни (6-БАП, кінетин, зеатин) та гібереліни (ГК) в концентраціях від 0,1 до 1,5 мг/л. Під час росту і розвитку рослин вівсу фіксували початок коренеутворення, наявність утворення калюсу, відсоток укорінених рослин (%), кількість корінців (шт.), довжину кореневої системи (см.), ріст рослини (см.) та їх загальний стан. **Результати.** У селекційних варіантах в середньому за концентрації ІМК 1,0 мг/л відсоток укорінених рослин вівсу становив 72,9 %, а у сортах цей показник був дещо вищим – 81,6 %. За використання НОК в зазначеній концентрації у селекційних зразках показник укорінення становив 88,6 % та у сортів – 89,5 %. Найвищий відсоток укорінення встановлено за додавання ІОК у сортових зразках – 89,7 % і 92,3 % у сортів. У сортів 'Декамерон' і 'Дарунок' порівняно із лінійним матеріалом довжина кореневої системи вівсу була довшою порівняно із лінійним матеріалом. 'Декамерон' за використання усіх ауксинів а 'Дарунок' з ІОК і ІМК мав довжину кореневої системи – 7,0 см та НОК – 5,0 см. Лінійні матеріали мали довжину кореневої системи за використанні НОК – 4,5 см, а у ІОК – 5,7 см, ІМК – 5,2 см. Кількість коренів у рослин вівсу з додаванням ауксинів варіювала від 2,0 шт. до 3,8 шт. За концентрації гіберелінової кислоти – 1,0 мг/л рослини вівсу мали висоту від 18 до 26 см, а довжина кореневої системи варіювала від 12 до 25 см. **Висновки.** Розроблено живильне середовище, що дозволяє отримати 91,0 % укорінених рослин вівсу на 14 добу. Ризогенез доцільно проводити на середовищі Гамборга і Евелєга з додаванням ауксинів. Додавання в живильне середовища гіберелінової кислоти незалежно від концентрації забезпечило значне подовження кореневої системи вівсу та витягування листків і міжвузлів. Найвищий відсоток укорінених рослин відмічено за поєднанні ІОК і НОК, а найнижчий – за використанні ІМК у всіх варіантах. Використання концентрації ауксинів більше 1,0 мг/л було недоречним, адже відмічено пригнічення зовнішнього стану рослин та збільшення відсотку укорінених рослин вівсу не відбувалось.

**Ключові слова:** живильне середовище; умови *in vitro*; концентрація; індукція; ризогенез.

### Вступ

Попит на продукцію вівса створює умови для збільшення площ даної культури в Україні, а також поліпшення її якісних показників. Скорочення селекційних ланок і пришвидшення створення гібридного матеріалу з високоякісними показниками можливо

отримати за використання біотехнологічних методів. Проходження основних етапів клонального мікророзмноження або неможливо, або дуже ускладнено без включення до складу живильного середовища фітогормонів росту. Вони дозволяють корегувати ростові процеси рослин, які вирощують в штучних умовах. Для отримання бажаної спрямованості морфогенезу іноді доводиться застосовувати їх у великих концентраціях, що може викликати побічні небажані реакції (утворення калюса, скловидність, передчасну загибель окремих органів). Тому оптимальна концентрація фітогормонів та їх співвідношення для кожної культури підбирається експериментальним шляхом.

Найбільшими виробниками вівса у світі є країни ЄС, частка яких в сумі становить 34,7 % від усього обсягу його виробництва, Канада – 13,4 %, Австралія – 8 %, США – 4,2 %, Бразилія – 2,9 %, Чилі і Китай кожна окремо по 2,7 %, а також Аргентина і Україна, відповідно по 2,2 %. За експертними оцінками світове виробництво вівса сягає близько 22,9 млн т. Найбільший приріст виробництва вівса спостерігався в Австралії (+37,6 %) і Казахстані (+37,3 %), а також у Чилі (+12,6 %) та Росії (+4,9 %). Водночас, досить значне зменшення його виробництва відбулося в США (-27,7 %), Білорусі (-18,7 %), Бразилії (-17 %) і Канаді (-12,5 %) [1–3].

Овес – культура помірного клімату, невибаглива до тепла, в Україні поширена більше на Поліссі та в Лісостепу. З-поміж інших зернових культур вирізняється високим вмістом найцінніших амінокислот, передусім лізину й метіоніну, та вітамінів групи В. Водночас більшість білків вівса голозерного водорозчинні, а отже, добре перетравлюються в організмі людей і тварин. Завдяки високій харчовій цінності це ідеальний продукт для дитячого і дієтичного харчування [5–11]. У біотехнологічному методі значну частку відводиться для оптимального поєднання фітогормонів у середовищах і такі дослідження проводять на багатьох рослинах, що введені в умови *in vitro* [12–14]. Тому, створюючи нові сорти і гібриди вівсу, за використанні біотехнологічних методів, важливо в першу чергу розробити і удосконалити усі етапи клонального мікророзмноження та підібрати оптимальні концентрації речовин, зокрема і фітогормонів у штучних живильних середовищах.

**Фітогормони** (грец. *phyton* – рослина + *hormao* – збуджую, надаю руху) – гормони, що здійснюють координацію взаємодії клітин, тканин та органів, регуляцію функцій та забезпечення цілісності організму, запуск фізіологічних та морфологічних програм у рослин. Фітогормонам належить важлива роль у відповіді рослини на різні зовнішні впливи. Вони обов'язково додаються до поживних середовищ при культивуванні рослинних клітин і тканин *in vitro*. Специфічність дії визначається їхнім співвідношенням. До фітогормонів належать ауксини, цитокініни, гібереліни, абсцизова кислота, етилен, брасиностероїди, жасминова та саліцилова кислоти, а також поліпептид системін. Фітогормони синтезуються в одних тканинах рослинного організму і транспортуються в інші, що призводить до функціональних змін у цих органах і тканинах. Однак, на відміну від тварин, у рослин гормони можуть діяти і безпосередньо в тому місці, де вони утворюються [15, 16].

**Ауксини** (грец. *auxein* – збільшуватися, рости) індукують ріст клітин та їх поділ, а саме: видовження ізольованих колеоптилів чи відрізків стебла, поділ клітин в калюсній культурі за наявності цитокініну; стимулюють утворення бічних коренів у живця, індукують ріст безнасінневих плодів та утворення етилену. Природним ауксином є похідне індолу, що утворюється з триптофану. Ауксин самої загальної дії – це індоліл-3-оцтова кислота (ІОК), виявлена у всіх рослин. Синтетичними аналогами ІОК є 2,4-дихлорфеноксіоцтова кислота (2,4-Д),  $\alpha$ -нафтилоцтова кислота (НОК), індолілмасляна кислота (ІМК) та інші. Синтез ІОК найбільш активно відбувається в апікальній меристемі пагонів, молодому листі, плодах, що розвиваються. Найбільша кількість цього фітогормону міститься в молодих бруньках та листі, квітках, камбії, насінні [17–19].

**Цитокініни** отримали свою назву через здатність стимулювати цитокінез (клітинний поділ). Природний цитокінін – це зеатин, синтетичні – 6-фурфуриламинопурин (кінетин) та 6-бензиламинопурин (6-БАП) є похідними аденіну або амінопурину. Цитокініни в присутності ауксинів стимулюють реплікацію ДНК та індукують поділ клітин, активують ріст сім'ядолей

дводольних рослин, *in vitro* у збільшених концентраціях зумовлюють утворення калюсу та індукують на ньому пагоноутворення. Крім вищих рослин цитокиніни знайдені у морських (*Laminaria digitata*) та прісноводних (*Volvox carteri*) водоростей, деяких бактерій (*Corynebacterium fascians*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Rhizobium japonicum*) та грибів (*Rhizopogon roseolus*). Синтезуються цитокиніни головним чином у коренях та пасивно транспортуються ксилемою до надземних органів. Найбагатші на цитокиніни насіння та плоди, що розвиваються, меристематичні тканини, особливо апікальні меристеми коренів [20–22].

**Гібереліни** (від назви патогенного гриба-аскоміцета *Gibberella fujikuroi*, в якому вони були вперше виявлені) – це тетрациклічні дитерпенові кислоти, що за кількістю вуглецевих атомів розподіляються на C<sub>19</sub>- та C<sub>20</sub>-гібереліни, які синтезуються з ацетил-СоА через мевалонову кислоту та геранілгераніол. Найбільш відомий гіберелін – гіберелова кислота (ГК або ГА<sub>3</sub>). Синтезуються гібереліни в молодих тканинах рослин, які інтенсивно ростуть (незріле насіння, плоди). У меншій кількості гібереліни утворюються у листках, які ще не закінчили ріст. Гібереліни приводять до видовження стебла рослин, збільшення кількості міжвузля, індукції цвітіння, регулюють стать, стимулюють процеси проростання насіння. Однак, на відміну від ауксинів, вони не впливають (або викликають слабкий ефект) на ріст ізольованих міжвузлів або колеоптилів [23].

**Мета досліджень** – підібрати оптимальну концентрацію фітогормонів та дослідити їх вплив на укорінення вівсу та розробити живильне середовище для індукції ризогенезу культури в умовах *in vitro*.

### Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили в секторі культури тканини і клітин *in vitro* відділу генетики і цитології біоенергетичних культур Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України.

Посуд, матеріали і інструменти та живильні середовища готували згідно загальноприйнятих методів і методик [24, 25].

Використовували для укорінення клонований матеріал різних селекційних зразків вівсу № 493-27; № 477-5; № 399-38; № 425-19 та сорти 'Декамерон' і 'Дарунок'.

Оригінатором сортів 'Дарунок' і 'Декамерон' є Верхняцька дослідно-селекційна станція Інституту цукрових буряків НААНУ.

**Сорт 'Дарунок'** тип розвитку – ярий. Стебло середньої висоти (114 см), середньої товщини, міцне, форма куца напівпрямостояча. Остюків майже немає. Маса 1000 насінин 27,9 г. Середньостиглий, вегетаційний період 96 днів. Стійкий проти вилягання, осипається мало 5–9 балів. Круп'яні якості добрі. Плівчастість не висока – 23–25 %. Сорт високоврожайний. Середня урожайність на Рівненському держекспертцентрі становила 3,47 т/га. Стійкий проти сажки, середньо уражується корінчастою і стебловою іржею. Сорт зернового призначення. Занесений до державного Реєстру з 2010 року. Рекомендований для поширення в зоні Лісостепу.

**Сорт 'Декамерон'** внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2007. Рослина за габітусом пряма, середньої довжини, відсутні або дуже рідко зустрічаються рослини із закрученими прапорцевими листками, час викидання волоті – дуже ранній. На найнижчих листках опушеність листкової пластинки відсутня або дуже слабка. Опушеність на найвищому вузлі стебла дуже слабка. Волоть: середньої довжини, орієнтація гілочок розкидиста, положення гілочок горизонтальне, положення вторинних колосків поникле. Колоскові луски середньої довжини та із відсутньою або дуже слабою сіруватістю. Первинне зерно: сіруватість нижньої квіткової луски – відсутня, тенденція до остистості відсутня або дуже слабка Колір нижньої квіткової луски – коричневий. Первинне зерно: має короткі базальні волоски, та короткий стрижень другого зерна. Маса 1000 зерен – 35,2 г. Зернівка московського (пробштейського) типу. Середньостиглий, вегетаційний період 95 днів. Стійкий до осипання та полягання Посухостійкість середня. Високоврожайний, на обласних

державних центрах експертизи сортів рослин отримали середній урожай за роки випробування 5,28 т/га, що на 0,68 т/га більше стандартів. Потенційна урожайність сорту 0,75 т/га, пливчастість 31,9 %, білка має – 13,8 %. Бактеріальним опіком, корончатою іржею уражується слабо. Стійкий проти летючої сажки.

Селекційні зразки вівсу № 493-27; № 477-5; № 399-38; № 425-19 характеризуються високою стійкістю до проти летючої сажки та корончатої іржі, а також мають добрі показники круп'яних якостей.

Укорінення клонів проводили на живильних середовищах за прописами Мурасіге і Скуга та Гамборга і Евелега із зменшеним набором макросолей, які слугували за контрольні варіанти, а для дослідних варіантів використовували ауксини (ІОК, НОК, ІМК) і цитокініни (6-БАП, кінетин, зеатин) та гібереліни (ГК) в концентраціях від 0,1 до 1,5 мг/л. Під час росту і розвитку рослин вівсу в умовах *in vitro* фіксували початок коренеутворення, наявність утворення калюсу, відсоток укорінених рослин (%), кількість корінців (шт.), довжину кореневої системи (см.), ріст рослини (см.) та їх загальний стан.

В термальних приміщеннях здійснювали культивування матеріалу за температури  $24 \pm 2$  °С, освітленні 3000–4000 лк, відносній вологості 65–70 % та фотоперіоді – 16 годин.

Цифровий матеріал оброблено згідно з загальноприйнятими методами, статистичний аналіз експериментальних даних виконували за допомогою пакета прикладних програм Statistica 6.0 [26].

### Результати досліджень

Порівнюючи показники упродовж укорінення рослин вівсу встановлено, що доцільніше використовувати живильне середовище за прописом Гамборга і Евелега (B<sub>5</sub>), а не Мурасіге і Скуга.

Додавання у живильне середовище ауксинів: індоліл-3-оцтової кислоти (ІОК),  $\alpha$ -нафтилоцтової кислоти (НОК), індолілмасляної кислоти (ІМК) дозволяє встановити, що їх концентрації та модифікації істотно впливають на відсоток укорінення і довжину кореневої системи культуральних рослин вівсу. Як видно із даних рисунку 1 найбільший відсоток укорінених рослин відмічено за використанні ІОК і НОК, а найнижчий відсоток встановлено за використанні ІМК на усіх варіантах. У селекційних варіантах в середньому за концентрації ІМК 1,0 мг/л відсоток укорінених рослин вівсу становить 72,9 %, а у сортах цей показник був дещо вищим – 81,6 % (рис. 1).

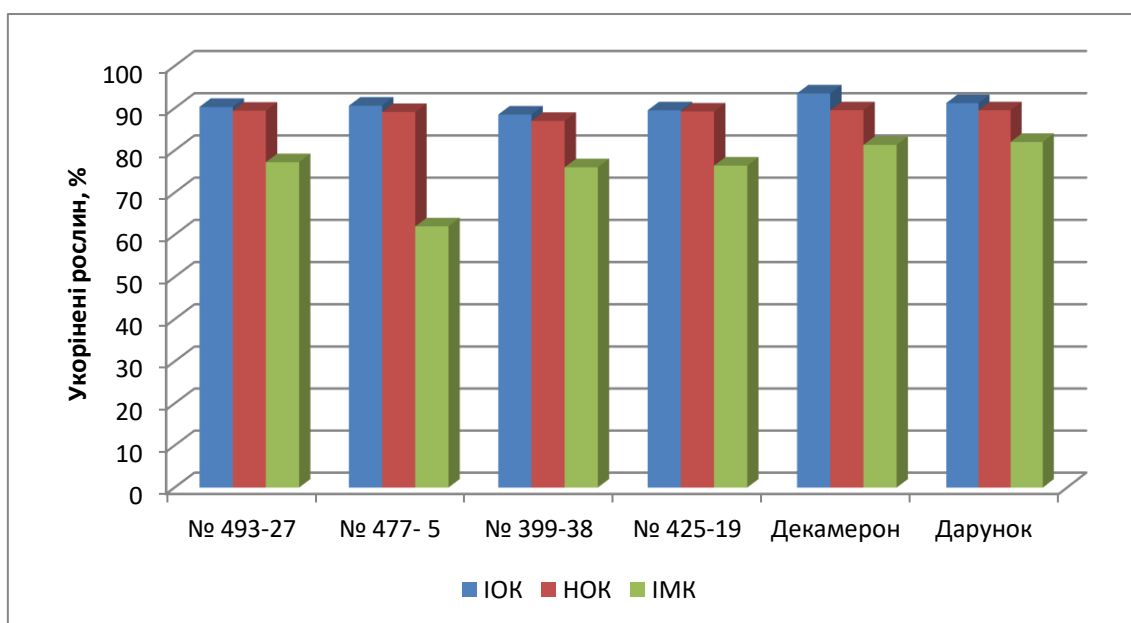


Рис. 1. Укорінення рослин вівсу в культурі *in vitro* за впливу ауксинів

За використанні НОК в такій же концентрації у селекційних зразках цей показник був 88,6 % та у сортів спостерігалось – 89,5 % укорінених клонів. Однак, найвищий відсоток встановлено за додаванні ІОК у сортових зразків – 89,7 % і 92,3 % у сортів. Вищий відсоток укорінених рослин за використанні різних ауксинів спостерігалось у сортів Декамерон і Дарунок порівняно із лінійним матеріалом. Використання концентрації ауксинів більше 1,0 мг/л було недоречним, адже відмічено пригнічення зовнішнього стану рослин та збільшення відсотку укорінених рослин вівсу не відбувалось. Проте із зменшенням концентрації у ІОК до 0,6 мг/л та у НОК до 0,8 мг/л істотної різниці із збільшення та зменшення відсотку рослин не відмічено. Отже, вважаємо, що доцільно використовувати ауксини у концентрації ІОК 0,6 мг/л та НОК 0,8 мг/л, що забезпечують відсоток укорінення рослин вівсу до 91,0 %.

Дослідження впливу ауксинів на довжину кореневої системи вівсу дозволяють стверджувати, що концентрація і власне ауксин впливають на її формування. Однак, залежно від особливостей матеріалу цей показник може значно варіювати. Встановлено, що довжина кореневої системи вівсу була довшою у сортів порівняно із лінійним матеріалом. 'Декамерон' мав цей показник за використанні усіх ауксинів 7 см, а 'Дарунок' ІОК і ІМК – 7,0 см та НОК – 5,0 см (рис. 2). Лінійні матеріали мали довжину кореневої системи за використанні НОК – 4,5 см, а у ІОК – 5,7 см, ІМК – 5,2 см. Експериментальними дослідженнями підтверджено, що важливо обирати рослини із з довжиною центрального корінця 4–5 см, а збільшення (5–10 см) призводять до надмірного її травмування та зменшення (1–3 см) до меншого відсотку приживлюваності.

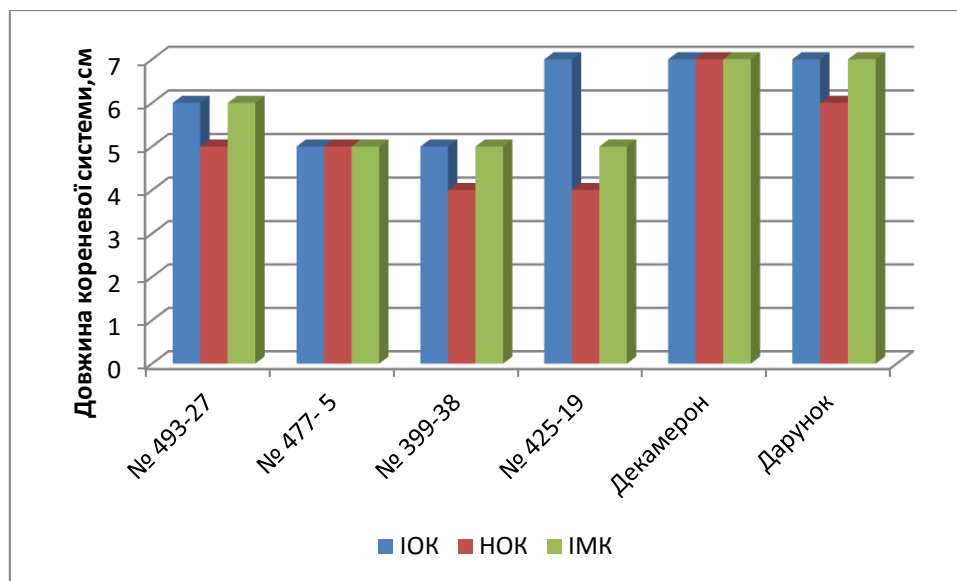


Рис. 2. Довжина кореневої системи вівсу в культурі *in vitro* за впливу ауксинів

Проведені дослідження вказують, що кількість коренів у рослин вівсу з додаванням ауксинів варіювала від 2,0 шт. до 3,8 шт. Встановлена закономірність, що у сортів відмічено вищий відсоток укорінених рослин, довжина кореневої системи, а також і кількість коренів порівняно із лінійним матеріалом. У сортів 'Декамерон' і 'Дарунок' кількість коренів становила 2,8 шт. з ІМК та ІОК – 3,8 і 3,6 шт., НОК – 3,3 і 3,5 шт. У лінійних матеріалах в середньому 2,7 шт. з ІОК, НОК – 2,2 шт., ІМК – 2,1 шт. (рис. 3). Важливо відмітити, що рослини вівсу формують малу кількість додаткових коренів в умовах *in vitro* від 1 до 2 шт. коренів, що є особливістю даної культури.

Цитокінінова група вводиться у живильне середовище для отримання пагоноутворення вівсу, а не для ризогенезу. Однак, встановлено, що вони впливають на подальший ризогенез. Залежно від культури важливо підібрати цитокінін, який дозволить отримати не тільки додаткові пагони, але і створити оптимальне співвідношення між цитокінінами і ауксинами.

Встановлено, що поєднання кінетину 1,0 мг/л і БАП 0,8 мг/л позитивно впливають на культуральні рослини вівсу і дозволяють отримати 7–9 шт. додаткових пагонів. Зокрема зеатин за тих же концентрацій поєднань такого результату не забезпечував. Отже, для отримання оптимального поєднання цитокинінів і ауксинів у живильне середовище для розмноження вівсу варто застосовувати кінетин і БАП, які в подальшому позитивно впливатимуть і на індукцію ризогенезу вівсу в умовах *in vitro*.

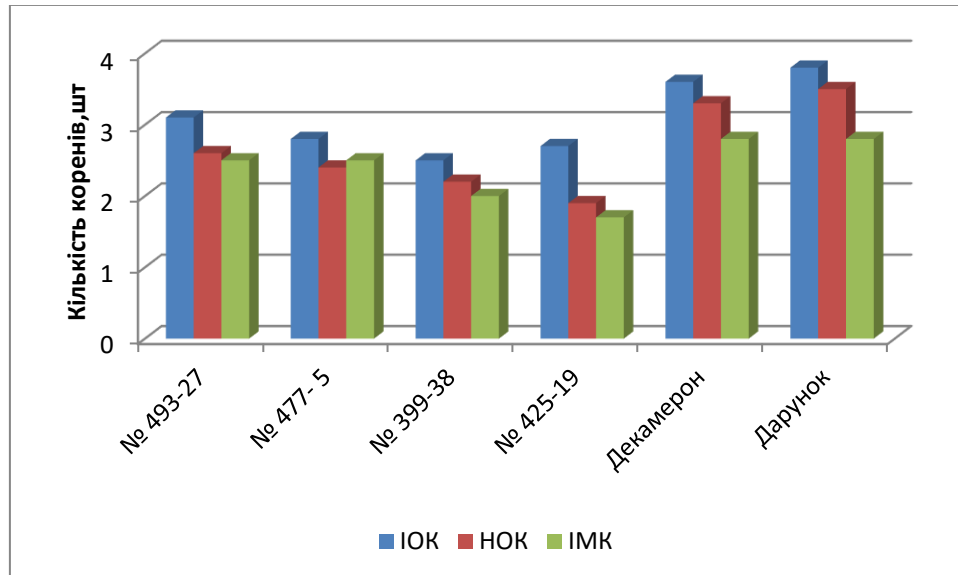


Рис. 3. Кількість коренів у культуральних рослин вівсу за впливу ауксинів

Додавання в живильне середовища гіберелінової кислоти незалежно від концентрації забезпечило значне подовження кореневої системи вівсу та витягування листків і міжвузлів. Як видно із даних за концентрації гіберелінової кислоти – 1,0 мг/л рослини вівсу мали висоту від 18 до 26 см, а довжина кореневої системи варіювала від 12 до 25 см (рис. 4). Найнижчий показники відмічено на селекційному зразку № 399-38, де висота була 12 см, а довжина 18 см.

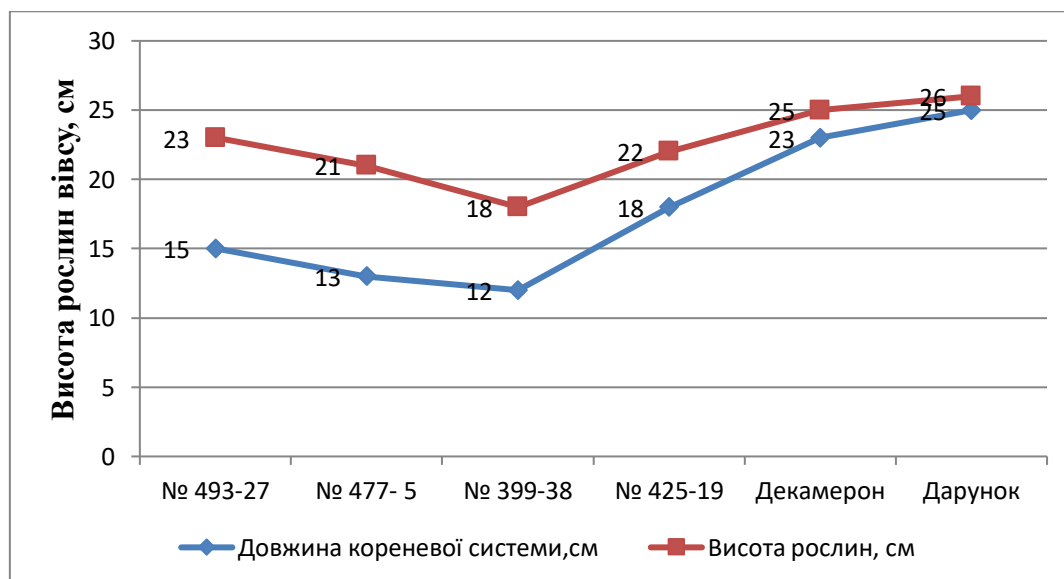


Рис. 4. Висота рослин і довжина кореневої системи вівсу в умовах *in vitro* за впливу гіберелінової кислоти

Найвищі показники встановлено на сортах 'Декамерон' і 'Дарунок' та становили: висота – 25 і 26 см, а довжина 23 і 25 см. Концентрації від 0,5 до 1,0 мг/л за такими ж показниками істотно між собою не відрізнялись, а збільшення до 1,5 мг/л призводило до більш значного збільшення та витягування рослин вівсу, що було небажаним. Тому, вважаємо, що недоцільно додавати гіберелінову кислоту в будь яких концентраціях та збільшувати собівартість живильного середовища.

### Висновки

Укорінення вівсу доцільно проводити на живильному середовищі за прописом Гамборга і Евелега із зменшеним вдвічі набором макросолей.

Додавання у живильне середовище ауксинів: індоліл-3-оцтової кислоти (ІОК),  $\alpha$ -нафтилоцтової кислоти (НОК), індолілмасляної кислоти (ІМК) дозволяє встановити, що їх концентрації та модифікації істотно впливають на відсоток укорінення і довжину кореневої системи культуральних рослин вівсу.

Вищий відсоток укорінення рослин за використанні різних ауксинів спостерігалось у сортів 'Декамерон' і 'Дарунок' порівняно із лінійним матеріалом. Використання концентрації ауксинів більше 1,0 мг/л було недоречним, адже відмічено пригнічення зовнішнього стану рослин та збільшення відсотку укорінення рослин вівсу не відбувалось.

Встановлено, що доцільно використовувати ауксини у концентрації ІОК 0,6 мг/л та НОК 0,8 мг/л, що забезпечують відсоток укорінення рослин вівсу до 91,0 %.

Вплив ауксинів на довжину кореневої системи вівсу дозволяє стверджувати, що концентрація і власне ауксин впливають на її формування, а також і на кількість коренів.

Додавання в живильне середовища гіберелінової кислоти незалежно від концентрації забезпечило значне подовження кореневої системи вівсу та витягування листків і міжвузлів. Концентрації від 0,5 до 1,0 мг/л забезпечували у рослин вівсу висоту від 18 до 26 см, а довжину кореневої системи від 12 до 25 см. Збільшення концентрації до 1,5 мг/л призводило до значного витягування рослин вівсу, що було небажаним.

Розроблено живильне середовище для укорінення вівсу в культурі *in vitro* та експериментально доведено, що використання живильного середовища за прописом Гамборга і Евелега з додаванням ІОК і НОК – 0,6–0,8 мг/л та цукрози – 30,0 г/л дозволяє отримати 91 % укорінення рослин вівсу на 14 добу.

### Використана література

1. Даниленко В. І., Коваленко М. В., Салашна В. О. Сучасний стан виробництва продукції рослинництва в Україні. *Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво*. 2019. № 4. С. 93–98.
2. Нісходовська О. Ю. Стан і тенденції всесвітнього та вітчизняного ринку крупних культур. *Економіка та держава*. 2017. № 6. С. 112–114.
3. Гудзенко В. М. Підходи до створення вихідного матеріалу для селекції сортів ячменю ярого в Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (Миронівка, 21 квітня 2016 р.), Миронівка: Нілан-ЛТД, 2016. С. 25–26.
4. Черчель В. Ю., Федоренко Е. М., Алдошин А. В. та ін. Овес – стан та ефективність виробництва, нові сорти і можливості. *Селекція і насінництво*. 2014. № 106. С. 183–190.
5. Юла В. М., Камінська В. В., Мушик Б. В., Дудка О. Ф. Якість зерна вівса плівчастого і голозерного за різного рівня мінерального живлення. *Зб. наук. праць ННЦ "Інститут землеробства НААН"*. 2017. Вип. 3. С. 54–63.
6. Юла В. М., Мушик Б. В. Вплив агротехнічних факторів на урожайність і якість зерна вівса у Правобережному Лісостепу. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2016. № 58. URL: [http://nd.nubip.edu.ua/2016\\_1/index.html](http://nd.nubip.edu.ua/2016_1/index.html)

7. Кустов І. О., Соц С. М. Особливості технологічних властивостей та хімічного складу голозерного вівса сорту «Саломон». *Харчова наука і технологія*. 2015. № 2. С. 103–108.
8. Нечепоренко Л. П., Орлов С. Д. Генетичні джерела господарсько цінних ознак озимих вівса і їх роль у селекції. *Цукрові буряки*. 2018. № 3. С. 14–15.
9. Devkota N. R., Upreti C. R., Paudel L. N., Joshi N. P. Production potentials of promising oat (*Avena sativa*) varieties in combination with legumes at farmers' field condition. *Nepalese Journal of Agricultural Sciences*. 2015. No. 2. P. 21–24.
10. Barsila R. S. The fodder oat (*Avena sativa*) mixed legume forages farming: Nutritional and ecological benefits. *Journal of Agriculture and Natural Resources*. 2018. No. 1(1). P. 206–222.
11. Холод С. М. Потенціал інтродукованих зразків вівса в умовах південної частини Лісостепу України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2017. Т. 13, № 2. С. 198–205.
12. Олійник О. О., Клюваденко А. А., Мельничук М. Д. Покращення складу живильних середовищ для пришвидшення росту і розвитку троянди ефіроолійної в культурі *in vitro*. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26.7. С. 134–139.
13. Сторожик Л. І., Войтовська В. І. Створення та збереження колекції вівса за використання біотехнологічного методу. *Агробіологія*. 2018. № 1. С. 47–50.
14. Schneider A., Singh P. K. Agarwal Enhanced micropropagation protocol of ex vitro rooting of a commercially important crop plant *Simmondsia chinensis* (Link). *Jornal of forest scines*. 2016. № 62 (3). P. 107–115. doi: 10.17221/80/2015-JFS
15. Kosakivska I. V., Babenko L. M., Shcherbatiuk M. M. et al. Phytohormones during growth and development of Polypodiophyta. *Adv. Biol. Earth Sci*. 2016. Vol. 1. P. 26–44.
16. Веденичова Н. П., Аль-Маалі Г. А., Бісько Н. А., Косаківська І. В. Продукування фітогормонів цитокінінової природи міцелярною біомасою базидієвих грибів. *Физиология растений и генетика*. 2016. № 6. С. 508–518.
17. Авксентьева, О. О., Васильченко М. С., Гаврилук А. В. Активність та вміст фітогормонів-антагоністів у первинних калюсах ізогенних ліній сої з контрастною фотоперіодичною реакцією. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія*. 2017. Вип. 3. С. 55–60.
18. Koleva G. L., Trajkova F., Troicki J. Stimulation of vegetative propagation with auxins in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Agriculture and Plant Sciences*. 2016. Vol. 13, No. 1. P. 69–83.
19. Rugini E., Cristofori V., Silvestri C. Genetic improvement of olive (*Olea europaea* L.) by conventional and in vitro biotechnology methods. *Biotechnology advances*. 2016. Vol. 34, Iss. 5. P. 687–696.
20. Веденичова Н. П., Косаківська І. В. Цитокініни як регулятори онтогенезу рослин за різних умов зростання. Київ : Наш формат. 2017. 200 с.
21. Міщенко С. В. Вплив 6-бензиламінопурину на інтенсивність калюсогенезу і органогенезу *Linum usitatissimum* L. в умовах *in vitro*. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія*. 2019. Вип. 2. С. 92–100.
22. Веденичова Н. П., Косаківська І. В. Новітні аспекти дослідження цитокінінів: еволюція та взаємодія з іншими фітогормонами. *Физиология растений и генетика*. 2016. Т. 48, № 1. С. 3–19.
23. Oliveira J., Rodrigues C., Vandenberghe L. P. S. et al. Obtaining gibberellic acid by various fermentation systems using lemon pulp as a substratecarrier. *Biomed Res Int*. 2017. Vol. 8. <https://doi.org/10.1155/2017/5191046>
24. Войтовська В. І., Сторожик Л. І., Любич В. В., Присяжнюк О. І. Вегетативне розмноження сорго цукрового і зернового. Умань, 2019. 17 с.
25. Манушкіна Т. М. Основи біотехнології в рослинництві. Миколаїв : МНАУ, 2017. 40 с.
26. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.



## References

1. Danylenko, V. I., Kovalenko, M. V., & Salashna, V. O. (2019). Suchasnyi stan vyrobnytstva produktsii roslynnystva v Ukraini. *Derzhava ta rehiony. Serii: Ekonomika ta pidpriemnytstvo*, 4, 93–98. [in Ukrainian]
2. Niskhodovska, O. Yu. (2017). Stan i tendentsii vsesvitnoho ta vitchyznianoho rynku krupnykh kultur. *Ekonomika ta derzhava*, 6, 112–114. [in Ukrainian]
3. Hudzenko, V. M. (2016). Pidkhody do stvorennia vykhidnoho materialu dlia selektsii sortiv yachmeniu yaroho v Myronivskomu instytuti pshenytsi imeni V.M. Remesla. *Selektsiia, henetyka ta tekhnologii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur materialy Mizhnarodnoi naukovo – praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh i spetsialistiv* (Myronivka, 21 kvitnia 2016 r.) (pp. 25–26). Myronivka: Nilan-LTD. [in Ukrainian]
4. Cherchel, V. Yu., Fedorenko, E. M., Aldoshyn, A. V. (2014). Oves – stan ta efektyvnist vyrobnytstva, novi sorty i mozhlyvosti. *Selekciâ i nasinnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 106, 183–190. [in Ukrainian]
5. Yula, V. M., Kaminska, V. V., Mushyk, B. V., & Dudka, O. F. (2017). Yakist zerna vivsa plivchastoho i holozernoho za riznoho rivnia mineralnogo zhyvlennia. *Zbirnik naukovih prac' NNC "Instytut zemlerobstva NAAN"* [Scientific Magazine of the NSC "Institute of Agriculture of NAAS"], 3, 54–63. [in Ukrainian]
6. Yula, V. M., & Mushyk, B. V. (2016). Vplyv ahrotekhnichnykh faktoriv na urozhainist i yakist zerna vivsa u Pravoberezhnomu Lisostepu. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*, 58. [http://nd.nubip.edu.ua/2016\\_1/index.html](http://nd.nubip.edu.ua/2016_1/index.html) [in Ukrainian]
7. Kustov, I. O., & Sots, S. M. (2015). Osoblyvosti tekhnologichnykh vlastyvostei ta khimichnoho skladu holozernoho vivsa sortu «Salomon». *Kharchova nauka i tekhnologhiia*, 2, 103–108. [in Ukrainian]
8. Necheporenko, L. P., & Orlov, S. D. (2018). Henetychni dzherela hospodarsko tsinnykh oznak ozymykh vivsa i yikh rol u selektsii. *Tsukrovi buriaky* [Sugar Beet], 3, 14–15. [in Ukrainian]
9. Devkota, N. R., Upreti, C. R., Paudel, L. N., & Joshi, N. P. (2015). Production potentials of promising oat (*Avena sativa*) varieties in combination with legumes at farmers' field condition. *Nepalese Journal of Agricultural Sciences*, 2, 21–24. [in Ukrainian]
- Barsila, R. S. (2018). The fodder oat (*Avena sativa*) mixed legume forages farming: Nutritional and ecological benefits. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 1(1), 206–222.
10. Kholod, S. M. (2017). Potensial introdukovanykh zrazkiv vivsa v umovakh pivdennoi chastyny Lisostepu Ukrainy. *Plant Var. Stud. Prot.*, 13(2), 198–205. [in Ukrainian]
11. Oliinyk, O. O., Kliuvadenko, A. A., & Melnychuk, M. D. (2016). Pokrashchennia skladu zhyvylynykh seredovyshch dlia pryshvydshennia rostu i rozvytku troiandy efirooliinoi v kulturi *in vitro*. *Nauk. visn. NLTU Ukr.* [Scientific Bulletin of UNFU], 26.7, 134–139.
12. Storozhyk, L. I., & Voitovska, V. I. (2018). Stvorennia ta zberezhenia kolektsii vivsa za vykorystannia biotekhnologichnoho metodu. *Agrobiologiâ* [Agrobiology], 1, 47–50. [in Ukrainian]
13. Schneider, A., & Singh, P. K. (2016). Agarwal Enhanced micropropagation protocol of ex vitro rooting of a commercially important crop plant *Simmondsia chinensis* (Link). *Jornal of forest scines*, 62(3), 107–115. doi: 10.17221/80/2015-JFS
14. Kosakivska, I. V., Babenko, L. M., Shcherbatiuk, M. M., Vedenicheva, N. P., Voytenko, L. V., & Vasyuk, V. A. (2016). Phytohormones during growth and development of Polypodiophyta. *Adv. Biol. Earth Sci.*, 1, 26–44.
15. Vedenychova, N. P., Al-Maali, H. A., Bisko, N. A., & Kosakivska, I. V. (2016). Produkuвання fitohormoniv tsytokininoi pryrody mitseliarnoiu biomasoiu bazydiievkykh hrybiv. *Fiziol. Rast. Genet.* [Plant Physiology and Genetics], 6, 508–518. [in Ukrainian]
15. Avksentieva, O. O., Vasylychenko M. S., & Havryliuk A. V. (2017). Aktyvnist ta vmist fitohormoniv-antahonistiv u pervynnykh kaliusakh izohennykh linii soi z kontrastnoiu fotoperiodychnoiu reaktsiieiu. *Naukovi zapysky TNPU imeni V. Hnatiuka. Ser. Biologhiia*, 3(70), 55–60. [in Ukrainian]

16. Koleva, G., L., Trajkova, F., & Troicki, J. (2016). Stimulation of vegetative propagation with auxins in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Agriculture and Plant Sciences*, 13(1), 69–83, <http://js.ugd.edu.mk/index.php/YFA/article/view/1191>
17. Rugini, E., Cristofori, V., & Silvestri, C. (2016). Genetic improvement of olive (*Olea europaea* L.) by conventional and *in vitro* biotechnology methods. *Biotechnology advances*, 34(5), 687–696.
18. Vedenychova, N. P., & Kosakivska, I. V. (2017). *Tsytokininy yak rehuliatory ontogenezu roslyn za riznykh umov zrostannia*. Kyiv: Nash format. [in Ukrainian]
19. Mishchenko, S. V. (2019). Vplyv 6-benzylaminopurynu na intensyvnykh kaliosohenezu i orhanohenezu *Linum usitatissimum* L. v umovakh *in vitro*. *Visnik Harkivs'kogo natsional'nogo agrarnogo univertitetu. Seriâ Biologiâ* [The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series Biology], 2, 92–100. <http://hdl.handle.net/123456789/1851> [in Ukrainian]
20. Vedenychova, N. P., & Kosakivska, I. V. (2016). Novitni aspekty doslidzhennia tsytokininiv: evoliutsiia ta vzaiemodiia z inshymy fitohormonamy. *Fiziol. Rast. Genet.* [Plant Physiology and Genetics], 48(1), 3–19. [in Ukrainian]
21. Oliveira, J., Rodrigues, C., & Vandenberghe, L. P. S. (2017). Obtaining gibberellic acid by various fermentation systems using lemon pulp as a substrate carrier. *Biomed Res Int.*, 8. doi: 10.1155/2017/5191046
22. Voitovska, V. I., Storozhyk, L. I., Liubych, V. V., & Prysiashniuk, O. I. (2019). Vehetativne rozmnozhennia sorho tsukrovoho i zernovoho: metod. rek. Nats. akad. ahrar. nauk Ukrainy, Umanskyi Natsionalnyi universytet sadivnytstva. Uman. [in Ukrainian]
24. Manushkina, T. M. (2017). *Osnovy biotekhnologii v roslynnytstvi : metod. rekom. do vykonannia praktychnykh robot dlia zdobuvachiv vyshchoi osvity stupenia "bakalavr" spetsialnosti 201 "Ahronomiia" dennoi formy navchannia*. Mykolaiv: MNAU. [in Ukrainian]
25. Ermantraut, E. R., Prysiashniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh u paketi Statistica 6.0*. Kyiv: PolihrafKonsaltnh. [in Ukrainian]

УДК 573.6:581.143.6:635

**Сторожик Л. И.<sup>1</sup>, Войтовская В. И.<sup>1\*</sup>, Зинченко О. А.<sup>1</sup>, Вишневская Л. В.<sup>2</sup>, Кононенко Л. М.<sup>2</sup>** Ризогенез овса при воздействии фитогормонов // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2019. Вып. 27. С. 39–50.

<sup>1</sup>Інститут біоенергетических культур и сахарной свеклы НААН України, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, \*e-mail: kentavr19@gmail.com

<sup>2</sup>Уманский национальный университет садоводства, ул. Институтская, 1, г. Умань, 20305, Украина

**Цель.** Подобрать оптимальную концентрацию фитогормонов и исследовать их влияние на укоренение овса и разработать питательную среду для индукции ризогенеза в условиях *in vitro*. **Методы.** Для укоренения использовали клонированный материал различных селекционных образцов овса № 493-27; № 477-5, № 399-38; № 425-19, сорта 'Декамерон' и 'Дарунок'. Укоренение клонов проводили на питательных средах по прописям Мурасиге и Скуга и Гамборга и Евелега с уменьшенным набором макросолей, которые служили контрольным вариантом. Для опытных вариантов использовали ауксины (ИВК, НОК, ИМК) и цитокинины (6-БАП, кинетин, зеатин) и гиббереллины (ГК) в концентрациях от 0,1 до 1,5 мг/л. Во время роста и развития растений овса в условиях *in vitro* фиксировали начало корнеобразования, наличие образования каллуса, процент укоренившихся растений (%), количество корешков (шт.), длину корневой системы (см.), рост растения (см.) и их общий состояние. **Результаты.** В селекционных вариантах в среднем за концентрации ИМК 1,0 мг/л процент укоренившихся растений овса составляет 72,9 %, а в сортах этот показатель был несколько выше – 81,6 %. При использовании НОК в такой же концентрации в селекционных образцах этот показатель был на уровне 88,6 % и у сортов наблюдалось –

89,5 % укоренившись клонов. Однак, найвищий процент встановлено з додаванням ІВК: в сортових зразках – 89,7 і 92,3 % у сортів. Високий процент укоренившись рослин при використанні різних ауксинів спостерігалося у сортів 'Декамерон' і 'Дарунок' порівняно з лінійним матеріалом. Довжина кореневої системи овса була довшою у сортів порівняно з лінійним матеріалом. 'Декамерон' мав цей показник при використанні всіх ауксинів 7 см, а 'Дарунок' ІВК і ІМК – 7,0 см і НОК – 5,0 см. Лінійні матеріали мали довжину кореневої системи при використанні НОК – 4,5 см, а в ІВК – 5,7 см, ІМК – 5,2 см. Кількість коренів у рослин овса з додаванням ауксинів варіювала від 2,0 до 3,8 шт. Встановлено закономірність, що у сортів відмічено вищий процент укоренившись рослин, довжина кореневої системи, а також і кількість коренів порівняно з лінійним матеріалом. По концентрації гіберелінової кислоти – 1,0 мг/л рослини овса мали висоту від 18 до 26 см, а довжина кореневої системи варіювала від 12 до 25 см. **Висновки.** Розроблено поживне середовище, дозволяє отримати 91,0 % укоренившись рослин овса за 14 днів. Ризогенез цілеспрямовано проводити на середі Гамборга і Евелєга з додаванням ауксинів. Додавання в поживне середовище гіберелінової кислоти незалежно від концентрації забезпечило значне подовження кореневої системи овса і вилучення листків і міжвузлів. Найвищий процент укоренившись рослин відмічено при поєднанні ІВК і НОК, а низький – при використанні ІМК на всіх варіантах. Використання концентрації ауксинів більше 1,0 мг/л було неуместним, оскільки відмічено угнетення зовнішнього стану рослин і збільшення процента укоренившись рослин овса не відбувалося.

**Ключові слова:** поживне середовище; умови *in vitro*; концентрація; індукція; ризогенез.

UDC 573.6:581.143.6:635

**Storozhyk, L. I.<sup>1</sup>, Voitovska, V. I.<sup>1\*</sup>, Zinchenko, O. A.<sup>1</sup>, Vyshnevskaya, L. V.<sup>2</sup>, & Kononenko, L. M.<sup>2</sup>** (2019). Oat rhizogenesis due to the effects of phytohormones. *Nauk. pracі Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 27, 39–50. [in Ukrainian]

<sup>1</sup>*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, \* e-mail: kentavr19@gmail.com*

<sup>2</sup>*Uman National University of Horticulture, 1 Instytutska St., Uman, 20305, Ukraine*

**Purpose.** Select the optimum concentration of phytohormones and investigate their effect on oat rooting and develop a nutrient medium for induction of rhizogenesis *in vitro*. **Methods.** For rooting, cloned material of different breeding samples of oats No. 493-27 was used; No. 477-5; No. 399-38; No. 425-19 and the varieties of Decameron and Gift. Clone rooting was performed on nutrient media according to Murasige and Skug and Hamburg and Eveleg with reduced macromolecules, which served as control variants, and for experimental variants used auxins (IOC, NOC, IMC) and cytokinins (6-BAP, zept, and gibberellins (GA) in concentrations of 0.1 to 1.5 mg/l. During the growth and development of oat plants recorded the beginning of root formation, the presence of callus formation, the percentage of rooted plants (%), the number of roots (pieces), the length of the root system (cm), plant growth (cm) and their overall condition. **Results.** In breeding variants, on average, at a concentration of IBC of 1.0 mg/l, the percentage of rooted oats was 72.9 %, and in the varieties of this indicator was slightly higher – 81.6 %. With the use of NOC in the specified concentration in the breeding samples, the rooting index was 88.6 % and in the varieties – 89.5 %. The highest percentage of rooting was established with the addition of IOC in varietal samples – 89.7 % and 92.3 % in varieties. In the varieties Decameron and Gift, the length of the oat root system was longer compared to the linear material compared to the linear material. KaDecameron for use of all auxins and the gift from IOC and IMC had a root system length – 7.0 cm and NOC – 5.0 cm. Linear materials had a root system length using NOC – 4.5 cm, and in IOC – 5.7 cm, IMC – 5.2 cm. The number of roots in oat plants with auxin addition varied from 2,0 pc. up to 3,8 pcs. At concentrations of gibberellic acid – 1.0 mg/l oat plants had a height of

18 to 26 cm, and the length of the root system ranged from 12 to 25 cm. **Conclusions.** A nutrient medium has been developed that allows to obtain 91.0 % of rooted oats for 14 days. Rhizogenesis is advisable to carry out on the environment of Hamburg and Eweleg with the addition of auxins. The addition of gibberellic acid to the nutrient medium, regardless of concentration, provided a significant lengthening of the oat root system and the extraction of leaves and internodes. The highest percentage of rooted plants was observed in the combination of IOC and NOC, and the lowest in the use of IBS in all variants. The use of auxin concentrations greater than 1.0 mg/l was inappropriate, since the inhibition of the external state of the plants and the increase in the percentage of rooted plants did not occur.

**Keywords:** *nutrient medium; in vitro conditions; concentration; induction; rhizogenesis.*

*Надійшла / Received 12.10.2019*

*Погоджено до друку / Accepted 20.11.2019*