anabiosis and vice versa caused by water stress. Phytochemistry. – 1992. – Vol. 31. – P. 2309–3214. 16. *Taylor J.R.* An Introduction to Error Analysis. California: Univ. Sci., – 1982. – P. 211. 17. *Stefanov K., Markovska G.* eds. Lipid and sterol changes in leaves of *Haberlea rhodopensis* and *Ramonda serbica* at transition from biosis into anabiosis and vice versa caused by water stress. Phytochemistry. – 1992. – Vol. 31. – P. 2309–3214. 18. *Tremolieres A, Siegenthaler P.A.* Reconstraction of photosynthetic structures and activities with lipids. In: Siegenthaler PA and Murata N (eds) Lipids in Photosynthesis: Structure, Function and Genetics. Advances in Photosynthesis. – 1998. – Vol.6. – P. 175–189. 19. *Yamamoto H.* High speed quantitative assey on TLC/HPTLC plates. In: Instrumental HPTLC. Ed. W. Bertch and Raser R. New York. – 1980. – P. 367–384. 20. *Zill L, Harmon E.* Lipids of photosynthetic tissue. I.Salicilic acid chromatography of the lipids from whole leaves and chloroplasts. Biochem.Biophys.Acta. – 1962. – Vol. 199. – № 57. – P. 573–575.

Надійшла до редколегії 11.09.12

УДК 575.222.7:581.1

О. Кваско, асп., Н. Матвєєва, канд. біол. наук, наук. співроб.
Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

ОПТИМІЗАЦІЯ УМОВ УКОРІНЕННЯ *CICHORIUM INTYBUS* L. В КУЛЬТУРІ *IN VITRO*

Визначено умови культивування цикорію Cichorium intybus L сорту 'Пала роса' в культурі in vitro, при яких довжина та маса коренів є максимальною. Такими умовами є ріст рослин на середовищі Мурасиге та Скуга зі зменшеною вдвічі концентрацією мікроелементів та з додаванням 0,1–0,5 мг/л ІМК.

Определены условия культивирования цикория Cichorium intybus L. сорта 'Пала роса' в культуре in vitro, при которых длина и масса корней является максимальной. Такими условиями оказался рост на среде Мурасиге и Скуга с уменьшенным вдвое содержанием макроэлементов и добавлением 0,1–0,5 мг/л ИМК.

The conditions for root induction for chicory (Cichorium intybus L.) was optimized. Maximum weight and length of roots was obtained on ½ MS medium supplemented with 0,1–0,5 mg/l IBA.

Цикорій *Cichorium intybus* L. – цінна лікарська рослина, що культивується в багатьох країнах світу – Індії, Великобританії, Нідерландах, Бельгії, Франції, Німеччині, США та Південній Африці. Значний інтерес до цієї культури пов'язаний з її харчовою цінністю (салатні сорти) та можливістю використання в якості сировини при виготовленні замінника кави. Рослини цикорію також використовуються в медицині та фармакології завдяки наявності низки біологічно активних речовин, таких як інулін, кумарини, сесквітерпенові лактони, вітаміни. Крім того, цикорій має антигепатотоксичні, противиразкові, протизапальні, протипухлинні, кардіотонічні властивості [3] та використовується при лікуванні СНІДу, діабету, пухлин, безсоння, тахікардії [4]. Салатні сорти *C. intybus* вживаються в їжу без термообробки, що робить дану рослину перспективним об'єктом для створення так званих їстівних вакцин за допомогою методів генетичної інженерії.

Відомо, що на процес коренеутворення в культурі *in vitro* впливають концентрація мінеральних солей та наявність регуляторів росту [2]. Так, дослідження Park и Lim [7] показали, що формування коренів краще відбувається при зменшенні концентрації макроелементів в середовищі Мурасиге та Скуга [5] вдвічі. Для ініціації росту коренів, як правило, використовують ауксини – індолілоцтову (ІОК), нафтилоцтову (НОК) та індолілмасляну (ІМК) кислоти. Для рослин *C. intybus* показана залежність індукції формування коренів від наявності та концентрації різних ауксинів. Встановлено, що ІМК сприяє більш ефективному укоріненню пагонів, ніж ІОК та НОК [6].

В даній роботі було вивчено вплив компонентів живильного середовища – концентрації макроелементів та ауксинів – на формування *in vitro* коренів цикорію *C. intybus*.

Матеріали та методи. Для проведення досліджень в якості вихідного матеріалу використовували насіння *C. intybus* сорту 'Пала роса'. Насіння стерилізували в 70 %-му етанолі (1 хв) та 25 %-му розчині комерційного препарату "Білизна" (10 хв). Після цього насіння промивали стерильною дистильованою водою тричі по 10 хв. Оброблене таким чином насіння пророщували на агаризованому без гормональному середовищі Мурасиге та Скуга (MS) в темряві при температурі 26 °С.

Для укорінення пагонів використовували 12-денні проростки. Після відділення коренів пагони культивували на агаризованих середовищах з різною концентрацією макроелементів та ауксинів. Склад середовищ наведено в таблиці 1. Максимальну довжину коренів умовно визначали, вимірюючи довжину найдовшого кореня. Масу кореневої системи визначали при зважуванні. Експерименти проводили в трьох повторностях. Статистична обробка результатів проводилась за стандартними методиками [1].

Таблиця 1

Склад живильних середовищ для дослідження індукції коренеутворення у рослин цикорію

Компоненти середовища	Вміст компонентів (мг/л) в середовищах №№									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Макроелементи	MS*	MS	MS	MS	MS	½MS**	½MS	½MS	½MS	½MS
Мікроелементи	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
Тіамін	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Піридоксин	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Нікотинова кислота	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Біотин	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Са-пантотенат	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Інозитол	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ІОК	–	0,1	0,5	–	–	–	0,1	0,5	–	–
ІМК	–	–		0,1	0,5	–	–	–	0,1	0,5
MES	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Гідролізат казеїну	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Цукроза	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000	3000
Агар	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000

Примітки: * – макро- та мікроелементи за MS [4];
** – концентрація макроелементів в середовищі за MS зменшена вдвічі

© Кваско О., Матвєєва Н., 2013

Результати та їх обговорення. Процес утворення коренів *in vitro* в значному ступені залежить від компонентів живильного середовища. У зв'язку з цим нами було вивчено вплив концентрації мінеральних елементів та регуляторів росту на масу та максимальну довжину коренів *C. intybus* в культурі *in vitro*. Для цього 12-денні проростки цикорію, в яких було відділено корені, культивували на агаризованих середовищах, що містили макроелементи за MS (середовища №№ 1–5), і середовища зі зменшеною вдвічі концентрацією макроелементів ½ MS (середовища №№ 6-10). Середовища № № 2, 7 та 3, 8 містили ІОК в концентраціях 0,1 та 0,5 мг/л відповідно, середовища №№ 4, 9 та 5,10 – ІМК в концентраціях 0,1 та 0,5 мг/л відповідно. Таким чином, склад живильних середовищ для укорінення рослин цикорію відрізнялись як концентрацією макроелементів, так і вмістом ауксинів.

При культивуванні на середовищах №№ 1–5, які містили макроелементи за MS, максимальна довжина коренів через 18 діб культивування була меншою, ніж при культивуванні на середовищах №№ 6–10 зі зменшеною двічі концентрацією макроелементів – 21–27 мм та 31–53 мм відповідно (рис. 1, А).

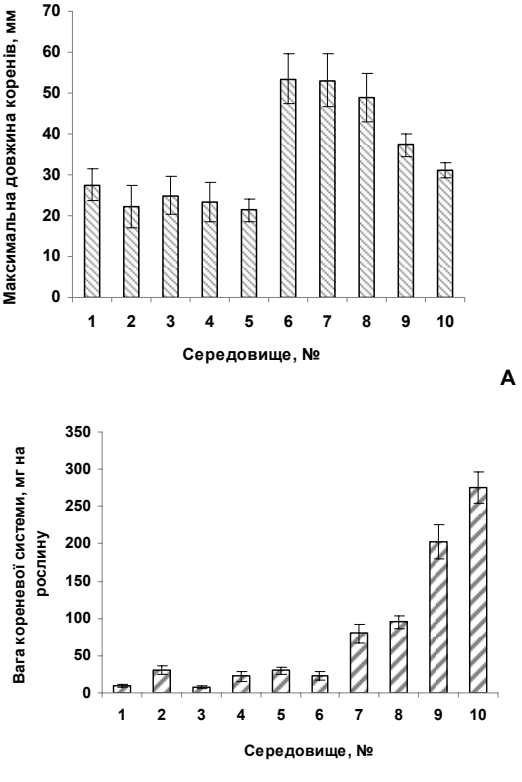

Рис. 1. Максимальна довжина коренів (А) та маса кореневої системи (Б) при культивуванні рослин цикорію на середовищах №№ 1–10 на 18 добу росту

Додавання в середовище ½MS 0,1 мг/л ІОК (середовище № 7) не впливало на показник максимальної довжини коренів порівняно з культивуванням на середовищі ½MS без регуляторів росту (середовище № 6). Збільшення кількості ІОК з 0,1 мг/л до 0,5 мг/л призвело до деякого зменшення максимальної довжини коренів. Найбільшого значення цей показник досягав при культивуванні рослин цикорію на середовищі № 6 (½MS) без регуляторів росту) та №7 (½MS з 0,1мг/л ІОК) та складав 53 мм. Даний показник виявився в 1,9 рази більший порівняно з культивуванням на середовищі MS з 0,1 мг/л ІОК (середовище №2). При використанні середовища ½ MS з 0,5 мг/л ІОК (середовище №8) максимальна довжина коренів складала 48 мм, що є в 1,9 рази більшим порівняно з даним показником при культивуванні на середовищі MS з аналогічним вмістом ауксинів (середовище № 3).

При використанні середовища ½MS з 0,5мг/л ІМК (середовище № 10) спостерігалось зменшення максимальної довжини коренів в 1,7 рази порівняно із середовищем ½MS без регуляторів росту (середовище № 6). Зменшення концентрації ІМК з 0,5 мг/л до 0,1 мг/л (середовище № 9) не призвело до суттєвих змін максимальної довжини коренів. Так, при культивуванні на середовищі з 0,5 мг/л ІМК максимальна довжина коренів складала 31 мм, на середовищі з 0,1 мг/л ІМК – 37 мм. Разом з тим, отримане значення виявилось в 1,4–1,6 рази більше, ніж при культивуванні на середовищі MS з аналогічним вмістом ІМК.

Таким чином, найвищий показник (53 мм) максимальної довжини коренів зафіксовано при культивуванні рослин цикорію на середовищі зі зменшеною концентрацією макроелементів без регуляторів росту, а також при культивуванні на середовищі з таким самим складом макроелементів, але з додаванням 0,1 мг/л ІОК.

Визначення маси кореневої системи на 18 добу культивування показало, що зменшення концентрації макроелементів вдвічі (середовища №№ 6–10) незалежно від вмісту ауксинів сприяє формуванню кореневої системи більшої маси порівняно з культивуванням на середовищах №№ 1–5, що містили макроелементи за MS (рис. 1, Б). Так, при культивуванні на середовищах №№ 6–10 даний показник складав 23–276 мг, що у 3,2–9,5 рази більше, ніж при культивуванні на середовищах №№ 1–5. Додавання в середовище зі зменшеною вдвічі концентрацією макроелементів (½MS) 0,1 мг/л або 0,5 мг/л ІОК (відповідно середовища №№ 7 та 8) призвело до збільшення маси кореневої системи з 23 до 80–95 мг порівняно з культивуванням на середовищі ½MS без регуляторів росту (середовище № 6).

Додавання в середовище ½MS ІМК в концентраціях 0,1 мг/л або 0,5 мг/л сприяло формуванню кореневої системи значно більшої маси порівняно з масою на середовищах ½MS без регуляторів росту та на середовищах ½MS з 0,1 мг/л та 0,5 мг/л ІОК. Так, на середовищі № 10 (½MS та 0,5 мг/л ІМК) маса кореневої системи досягала 276 мг, що у 12 разів більше маси коренів на середовищі № 6 (½MS без регуляторів росту) та в 2,9 рази більше маси коренів на середовищі ½MS 0,5 мг/л ІОК (середовище № 8). При зменшенні концентрації ІМК з 0,5 мг/л до 0,1 мг/л в середовищі ½MS (середовище № 9) спостерігалось зменшення маси кореневої системи з 276 мг до 202 мг.

Таким чином, максимальне значення маси кореневої системи зафіксовано при культивуванні рослин цикорію на середовищі зі зменшеною вдвічі концентрацією макроелементів та додаванням 0,1–0,5 мг/л ІМК.

Висновки. Проведені дослідження показали, що на такі показники росту коренів як максимальна довжина та маса в культурі *in vitro* впливають концентрація макроелементів, присутність та концентрація ауксинів (ІОК та ІМК). Зменешення вдвічі концентрації мікроелементів у середовищі Мурасіге-Скуга сприяє збільшенню максимальної довжини коренів у рослин цикорію сорту 'Пала роса'. Найбільшого значення до 53 мм максимальна довжина коренів досягає при культивуванні на середовищі зі зменшеною вдвічі концентрацією мікроелементів без регуляторів росту або з додаванням 0,1 мг/л ІОК. Збільшенню маси коренів сприяли зменшення концентрації мікроелементів у середовищі Мурасіге-Скуга та додавання 0,1–0,5 мг/л ІМК.

Так, максимальний показник маси кореневої системи (276 мг) отримано при культивуванні рослин цикорію на середовищі зі зменшеною вдвічі концентрацією мікроелементів з 0,5 мг/л ІМК.

1. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. – М. : Высш. шк, 1990. – 350 с. 2. *Шевелуха В.С., Калашникова Е.А., Дегтярев С.В. и др.* Сельскохозяйственная биотехнология: Учеб. под ред. В.С. Шевелухи. – М. : Высш. шк, 2003. – 496 с. 3. *Bais H.P.* Cichorium intybus L. – cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2001. – Vol. 81. № 4. – P. 467–484. 4. *Duke J.A.* Medicinal Plants of the Bible: Out of print Trado-Medic Books. Buffalo, 1983. – 214 p. 5. *Murashige T., Skoog F.* A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant. – 1962. – Vol. 15, № 3. – P. 473−497. 6. *Nitsch J.P., Bui Dang Ha, Nitsch C.* Extraction d'un facteur de bourgeonnement de l'endive (*Cichorium intybus* L) // Bull Soc Bot Fr. – 1966. – Vol. 113. № 6. – P. 425–429. 7. *Park E., H. Lim* Establishment of an efficient in vitro plant regeneration system in chicory (Cichorium intybus L. var. Sativus) // International symposium on vegetable quality of fresh and fermented vegetables. – 2006. – № 4. – P. 115.

Надійшла до редколегії 10.09.11

УДК 582.661.56:578.89

В. Маляренко, магістр, Т Мудрак, асп.
ННЦ "Інститут біології" КНУ імені Тараса Шевченка

ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ ФАСЦІАЦІЙ У ПРЕДСТАВНИКІВ СУКУЛЕНТНИХ РОСЛИН

У соці рослин Ehinopsis sp. f. cristata, Echinocereus pectinatus (Scheidw.) Eng. f. cristata and Chamaecereus silvestrii Br. et. R. f. cristata за допомогою електронного мікроскопа було виявлено 2 типи вірусоподібних часток: нитковидної форми з розміром 650х12нм і паличкоподібної форми з центральним каналом з розмірами 317х18нм. В епідермальних шарах клітин було виявлено веретеноподібні включення.

В соке растений Ehinopsis sp. f. cristata, Echinocereus pectinatus (Scheidw.) Eng. f. cristata и Chamaecereus silvestrii Br. et. R. f. cristata с помощью электронного микроскопа было выявлено 2 типа вирусоподобных частиц ниткообразной формы с размерами 650х12нм и палочковидной формы с центральным каналом с размерами 317х18нм. В эпидермальных слоях клеток были выявлены веретенообразные включения.

In the sap of Ehinopsis sp. f. cristata, Echinocereus pectinatus (Scheidw.) Eng. f. cristata and Chamaecereus silvestrii Br. et. R. f. cristata with an electron microscope revealed two types of virus-particles : filamentous particles with size of 650x12nm and rod-shaped particles with the central channel with the size of 318 x18nm. In the epidermal cell layers was found spindle inclusion.

Фасційовані форми рослин зустрічаються і серед спорових, і серед покритонасінних рослин, але частіше серед покритонасінних [1]. В колекції сукулентних рослин закритого ґрунту Ботанічного саду ім. академіка О.В. Фоміна представлені 36 видів рослин з фасціаціями. Вони належать до 25 родів та 4 родин: *Cactaceae A.L. Juss, Crassulaceae D.C., Euphorbiaceae A.L. Juss, Asclepiadaceae R.Br.* В родині *Cactaceae* – 28 видів рослин, які належать до 20 родів. В родині *Crassulaceae* – 5 видів рослин з фасціаціями, які відносяться до 3 родів (*Echeveria, Pachypytym, Sinocrassula*). В родині *Euforbiaceae* два види: *Euphorbia lactea* Hort. f. cristata*, Euphorbia pugniformis* Brg. f. cristata. Родина *Asclepiadaceae* представлена одним видом *Stapellia herrei* Nelf f. cristata. Всього за літературними даними [2; 3] в родині Cactaceae 73 види рослин з фасціаціями. Серед можливих причин, що можуть викликати утворення фасціацій, розглядають ураження мікроскопічними грибами та вірусні хвороби.

Матеріали та методи. Для виявлення вірусних часток відібрали три фасційованії форми рослин з родини *Cactaceae*: *Ehinopsis sp.* f. cristata, *Echinocereus pectinatus* (Scheidw.) Eng. f. cristata, *Chamaecereus silvestrii* Br. et. R. f. cristata.

Клітинні включення виявляли з допомогою світлового мікроскопа.

Морфологію виявлених вірусів визначали методом трансмісивної електронної мікроскопії шляхом негативного контрастування при інструментальному збільшенні 30 тис.

Результати та їх обговорення. Роботи по вивченню вірусів кактусів з'явились у 60 роках минулого сторіччя [4]. Вперше симптоми вірусного ураження кактусів були детальні описані в Європі 1951р. Пізніше з'явилися повідомлення про виявлення вірусів кактусів в США.

Перебіг деяких вірусних інфекцій у представників родини *Cactaceae* безсимптомний. Проте іноді ці інфекції можуть супроводжуватися появою складних симптомів. Так, на аксиллах кактуса *Opuntia* sp. симптоми проявляються у вигляді хлоротичних кілець і плям, а у *Zygocactus* sp. спостерігається почервоніння пагонів. Іноді виявляють і більш незвичайні ознаки вірусного ураження: зкручування, помітні пожовтіння і пом'якшення стебел внаслідок порушення водного обміну.

Вірус ягідного кактуса (Ferrocactus sp.) викликає серйозну деформацію у тканинах, сформованих після ураження, та призводить до карликовості [5]. Залишається не з'ясованим питання про причину формування аномалій (кристат) у цього та інших видів кактусів. Як можлива причина виникнення таких аномалій розглядається вірусна інфекція [2]. Так, частки, подібні до вірусних, були знайдені в екземплярах "відьмових мітел" Opuntia tuna SD., хоча доведено, що причиною надмірного формування пагонів у цієї рослини є Spiroplasma sp.

При вірусному ураженні кактусів спостерігається утворення великих спірале- або веретеноподібних включень головним чином у зовнішніх шарах клітин заражених рослин. Такі включення легко відрізнити від кристалічних і сферичних включень оксалату кальцію, виявлених в епідермальних шарах стебла *Opuntia* sp. Окрім того, вірусне ураження може спричинити формування включень, подібних до перерваних веретен, спіралей, кілець, ниток, багатогранників та Х-тіл [5].

За допомогою світлового мікроскопу в епідермальних тканинах рослин *Ehinopsis sp.* f. cristata, *Echinocereus pectinatus* (Scheidw.) Eng. f. cristata, *Chamaecereus silvestrii* Br. et. R. f. Cristata було виявлено веретеноподібні включення (рис. 1). Наявність таких включень, можливо, є свідченням вірусної інфекції.

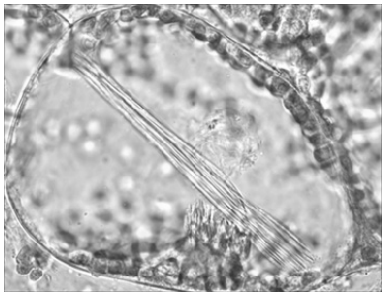

Рис. 1. Веретеноподібне включення в епідермальному шарі клітин Ehinopsis sp. f. cristata

© Маляренко В., Мудрак Т., 2013