



original article | UDC 606:633.854.793 | doi: 10.31210/visnyk2020.03.13


## PECULIARITIES OF CALLUSOGENESIS AND MORPHOGENESIS OF PRIMARY EXPLANTS *IN VITRO* OF DIFFERENT RAPE GENOTYPES (*BRASSICA NAPUS L.*)


O. L. Klyachenko<sup>1\*</sup>

N. V. Shofolova<sup>1</sup>

S. O. Chernii<sup>2</sup>

ORCID  [0000-0002-4087-4082](https://orcid.org/0000-0002-4087-4082)

ORCID  [0000-0003-3207-0110](https://orcid.org/0000-0003-3207-0110)

ORCID  [0000-0002-8369-6415](https://orcid.org/0000-0002-8369-6415)

<sup>1</sup> National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15, Heroyiv Oborony str., Kyiv, 03041, Ukraine

<sup>2</sup> Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15, Henerala Rodymtseva str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine

\*Corresponding author

E-mail: [klyachenko@ukr.net](mailto:klyachenko@ukr.net)

### How to Cite

Klyachenko, O. L., Shofolova, N. V., & Chernii, S. O. (2020). Peculiarities of callusogenesis and morphogenesis of primary explants *in vitro* of different rape genotypes (*Brassica napus L.*). *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 118–124. doi: 10.31210/visnyk2020.03.13

Currently there is important the creation of new genotypes of rape, combining high productivity, technological qualities, as well as resistance to various environmental stressors, based on the use of the new practical developments to improve breeding materials of this crop. One of the effective biotechnological methods which allows to expedite the reproduction of valuable breeding material and obtain a new one is the use of morphogenesis of callus biomass. The study was conducted in the training laboratory of plant biotechnology of the Department of Ecobiotechnology and Biodiversity of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. There were studied 9 varieties and hybrids of winter and spring rapeseed: Danhal, Chorny veleten, Nelson, Aliot, NK Petrol, NK Technic, Cliff, Geros. Callus tissue was planted on 3 variants of Murasige-Skoog medium with different growth regulators 6-BAP, IOC, NOC, 2,4-D. As a result of study it was found that the formation of callus on the K1 medium was observed on the 7th day of cultivation, on the 12th day 72–100% of the explosives formed the calluses. On the second nutrient medium K2 compared to medium K1 a slight decrease in the growth index of rapeseed was found. The formation of callus tissue was observed, which differed in morphological features and a slight increase in biomass, the minimum weight was 122,0 mg and the maximum – 187,9 mg. On K3 medium, a low callus growth index with the lowest mass was observed, with the exception of the Nelson winter rapeseed variety, in which the index increased 1.7 times. The formation of callus tissue of dense consistency of varieties and hybrids of winter and spring rapeseed was observed for 21 days on medias K1 and K2. The medium with the addition of 6-BAP, where later leaf and stem structures were found from the morphogenetic callus, was used for the regeneration of explants of different rapeseed genotypes. Thus, according to the results of the study, it was found that the optimal medium for the growth of morpho- and callusogenesis is the medium containing 6-BAP, on which the formation of a dense callus was observed in almost all rapeseed genotypes.

**Key words:** selection, genotype, callus tissue, morphogenesis, medium, *in vitro*.

**ОСОБЛИВОСТІ КАЛЮСОГЕНЕЗУ І МОРФОГЕНЕЗУ ПЕРВИННИХ ЕКСПЛАНТАТІВ  
IN VITRO РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ РІПАКА (*BRASSICA NAPUS L.*)**

**О. Л. Кляченко<sup>1</sup>, Н. В. Шофолова<sup>1</sup>, С. О. Черній<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

<sup>2</sup> Український інститут експертизи сортів рослин, м. Київ, Україна

Нині велику увагу приділено створенню нових генотипів ріпаку (*Brassica napus L.*), які поєднують високу продуктивність, технологічні якості, а також стійкість до різних стресових чинників довкілля, що ґрунтується на використанні новітніх практичних розробок для покращення селекційних матеріалів цієї культури. Одним з ефективних біотехнологічних методів, що дає змогу прискорити розмноження цінного селекційного матеріалу та отримання нового є використання морфогенезу калюсної біомаси. Дослідження проводили на базі навчальної лабораторії біотехнології рослин кафедри екобіотехнології та біорізноманіття НУБіП України. Досліджували 9 сортів і гібридів озимого та ярого ріпаку: Дангал, Чорний велетень, Сенатор Люкс, Нельсон, Аліот, NK Petrol, NK Technic, Кліфф, Герос. Калюсну тканину висаджували на 3 варіанти живильного середовища Мурасіге-Скуга з різними регуляторами росту: 6-БАП, ІОК, НОК, 2,4-Д. У результаті досліджень виявлено, що на середовищі К1 спостерігалось утворення калюсу на 7-у добу культивування, на 12-у добу – калюси утворили 72–100 % експлантатів. На другому живильному середовищі К2 порівняно із середовищем К1 було виявлено незначне зниження ростового індексу ріпаку. Водночас спостерігали утворення калюсної тканини, яка відрізнялась за морфологічними ознаками та малим приростом біомаси, мінімальна маса становила 122,0 мг, а максимальна – 187,9 мг. На середовищі К3 спостерігали низький ростовий індекс калюсу з найменшою масою, за винятком сорту озимого ріпаку Нельсон, у якого індекс зріс в 1,7 раза. Утворення калюсної тканини щільної консистенції сортів і гібридів озимого та ярого ріпаку спостерігали на 21-у добу на живильних середовищах К1 і К2. Для проведення регенерації експлантатів різних генотипів ріпаку використовували ЖС з додаванням БАП, де згодом з морфогенетичного калюсу було виявлено листкові і стеблові структури. Отже, за одержаними результатами проведених досліджень встановлено, що оптимальним для розвитку морфо- і калюсогенезу є живильне середовище із вмістом 6-БАП, на якому спостерігали утворення щільного калюсу майже в усіх генотипів ріпаку.

**Ключові слова:** селекція, генотип, калюсна тканина, морфогенез, живильне середовище, *in vitro*.

**ОСОБЕННОСТИ КАЛЛЮСОГЕНЕЗА И МОРФОГЕНЕЗА ПЕРВИЧНЫХ ЕКСПЛАНТАТОВ  
IN VITRO РАЗНЫХ ГЕНОТИПОВ РАПСА (*BRASSICA NAPUS L.*)**

**О. Л. Кляченко<sup>1</sup>, Н. В. Шофолова<sup>1</sup>, С. А. Черній<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

<sup>2</sup> Украинский институт экспертизы сортов растений, г. Киев, Украина

На сегодняшний день большое внимание уделено созданию новых генотипов рапса (*Brassica napus L.*), сочетающие высокую производительность, технологические качества, а также устойчивость к различным стрессовым факторам окружающей среды, основанной на использовании новейших практических разработок для улучшения селекционных материалов культуры. Исследования проводились на базе учебной лаборатории биотехнологии растений кафедры экобиотехнологии и биоразнообразия НУБіП Украины. Исследовали 9 сортов и гибридов озимого и ярого рапса: Дангал, Черный великан, Сенатор Люкс, Нельсон, Аліот, NK Petrol, NK Technic, Клифф, Герос. Калюсную ткань высаживали на 3 варианта питательной среды Мурасіге-Скуга с различными регуляторами роста: 6-БАП, ИУК, НУК, 2,4-Д. По полученным результатам проведенных исследований установлено, что оптимальным для развития морфо- и каллюсогенеза есть питательная среда с содержанием 6-БАП, на котором наблюдали образование плотного каллуса почти во всех генотипах рапса.

**Ключевые слова:** селекция, генотип, калюсная ткань, морфогенез, питательная среда, *in vitro*.

### Вступ

Ріпак (*Brassica napus* L.) як олійна та кормова культура становить значну частку продукції аграрного сектора України, перспективного для експорту на міжнародні ринки, а також для виробництва дизельного палива та забезпечення ним внутрішніх ринків [11]. Нинішні селекційні програми озимого та ярого ріпака спрямовані на створення високоврожайних, крупнонасінних сортів гібридів різних типів за вмістом і складом олії з широкою пластичністю до метеорологічних й агроекологічних чинників [5, 6]. Одним зі способів підвищення ефективності селекційного процесу є використання сучасних біотехнологічних методів, які уможливають розширення спектру генетичної різноманітності та скорочення терміну проведення селекції [1, 8]

Аналіз літературних джерел показав, що далеко не всі описані схеми отримання рослин-регенерантів ріпака шляхом прямого і непрямого морфогенезу [4, 12] *in vitro* можуть бути відтворені й успішно застосовані в роботі з досліджуваними генотипами.

*Метою* роботи було вивчення особливостей процесів калюсогенезу і морфогенезу рослин ріпака озимого та ярого в умовах *in vitro*. Серед завдань досліджень – підібрати оптимальні умови та живильне середовище для росту калюсної тканини; дослідити вплив регуляторів росту на регенерацію калюсу різних генотипів ріпаку.

### Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводили впродовж 2018–2020 рр. на базі навчальної лабораторії біотехнології рослин кафедри екобіотехнології та біорізноманіття Національного університету біоресурсів і природокористування України. Об'єктом досліджень слугували сорти ріпака озимого Дангал, Чорний велетень, Сенатор Люкс, Нельсон, Аліот, гібриди NK Petrol, NK Technic та ярого Кліфф, Герос. Насіння ріпака стерилізували 0,9 % гіпохлоритом натрію у експозиції 15 хв. з подальшим триразовим промиванням стерильною дистильованою водою. Калюсну тканину отримували із сім'ядольних листків, стебел асептичних проростків на живильних середовищах, модифікованих Мурасіге-Скуга (МС) [18], які різнилися вмістом регуляторів росту.

K1: МС 6-БАП (1 мг/мл) + ІОК (0,1 мг/мл) + НОК (0,5 мг/мл);

K2: МС + 2,4-Д (1 мг/мл) + ІОК (0,2 мг/мл);

K3: МС + 6-БАП (0,02 мг/мл) + ІОК (0,1 мг/мл) + НОК (2,5 мг/мл);

Калюс вирощували в термостаті за температури 25–26 °С, відносної вологості повітря 70–80 %, без освітлення, з подальшим пасажуванням утвореного первинного калюсу на середовище такого ж складу через кожну 21 добу. Водночас визначали кількісні і якісні показники: приріст калюсної маси [11], консистенцію, забарвлення [2]. Для отримання рослин-регенерантів калюсну тканину пересаджували на модифіковане регенераційне середовище МС з додаванням 2 мг/л БАП.

Експеримент проведено у 20-кратній повторюваності для кожного генотипу і живильного середовища. Середньомісячний приріст сирової маси калюсу визначали як статистичну обробку між кінцевою і початковою масою [7]. Результати оброблено статистично [1].

### Результати досліджень та їх обговорення

**Калюсогенез ріпака озимого і ярого.** Проведені дослідження свідчать, що всі досліджені генотипи здатні утворювати калюс при культивуванні в умовах *in vitro*. При експлантації на живильні середовища сім'ядольних листків та стебел на перший тиждень культивування ріпака озимого та ярого в темряві спостерігали збільшення їх розмірів удвічі та часткове знебарвлення. На 7-у добу культивування у 15–60 % первинних експлантатів (залежно від генотипу та варіанту живильного середовища) було започатковано утворення калюсу, тоді як на 12-у – процес калюсоутворення відбувався у 72–100 % експлантатів. Практично у всіх генотипів спостерігали утворення щільного калюсу на середовищі K1 (табл. 1).

На живильному середовищі K2 з додаванням 2,4-Д (1 мг/мл) та ІОК (0,2 мг/мл) відмічали незначне порівняно із середовищем K1 зниження ростового індексу в усіх досліджених сортів і гібридів ріпаку та утворення невеликої маси калюсної тканини. За такої умови утворений калюс суттєво відрізнявся за морфологічними характеристиками (табл. 2). На поверхні зрізів експлантатів утворювався щільний дрібнозернистий калюс, при подальшому культивуванні якого не відбувалася регенерація рослин. Необхідно відмітити, що мінімальна маса калюсів у середньому формувалася в сортів як ярого, так і озимого ріпака – 122,0 мг, максимальна – на рівні 187,9 мг.

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

### 1. Частота калюсоутворення та морфологічна характеристика калюсу в рослин ріпака озимого та ярого на середовищі K1

Сорт, гібрид	Ростовий індекс (PI)	Середня маса калюсу, мг	Характеристика калюсу
Дангал	8,8±0,6	231,8±20,5	Щільний, білий, матовий
Чорний велетень	7,5±0,5	220,5±35,8	Дуже щільний, білий, матовий
Сенатор Люкс	9,1±0,3	336,1±18,9	Щільний, білий, матовий
NK Technic	9,2±0,4	314,0±16,9	Щільний, білий, матовий
Нельсон	7,2±0,7	196,3±15,8	Рихлий сірий, блискучий або середньої густини, білий, матовий
NK Petrol	8,2±0,4	175,3±32,5	Щільний, білий, матовий
Аліот	11,0±0,4	175,7±36,9	Дуже щільний, білий, матовий
Кліфф	11,6±0,3	450,0±18,6	Дуже щільний, білий, матовий
Герос	9,9±0,7	358,0±15,9	Дуже щільний, білий, матовий

### 2. Частота калюсоутворення та морфологічна характеристика калюсу в рослин ріпака озимого та ярого на середовищі K2

Сорт, гібрид	Ростовий індекс (PI)	Середня маса калюсу, мг	Характеристика калюсу
Дангал	6,8±0,9	176,5±15,9	Щільний, білий, матовий
Чорний велетень	5,4±1,3	150,5±20,8	Дуже щільний, білий, матовий
Сенатор Люкс	6,8±0,5	245,8±18,9	Щільний, білий, матовий
NK Technic	7,2±0,6	126,4±10,2	Щільний, білий, матовий
Нельсон	3,5±0,2	110,0±12,9	Рихлий сірий, блискучий або середньої густини, білий, матовий
NK Petrol	6,1±0,4	98,6±12,3	Щільний, білий, матовий
Аліот	7,0±0,4	123,4±34,6	Дуже щільний, білий, матовий
Кліфф	5,3±0,4	128,4±20,8	Щільний, білий, матовий
Герос	7,4±1,1	245,7±18,7	Дуже щільний, білий, матовий

### 3. Частота калюсоутворення та морфологічна характеристика калюсу в рослин ріпака озимого та ярого на середовищі K3

Сорт, гібрид	Ростовий індекс (PI)	Середня маса калюсу, мг	Характеристика калюсу
Дангал	5,4±0,4	185,6±20,1	Щільний, білий, матовий
Чорний велетень	5,3±1,1	168,2±19,5	Дуже щільний, білий, матовий
Сенатор Люкс	6,2±0,8	250,9±17,3	Щільний, білий, матовий
NK Technic	6,7±0,6	140,1±19,7	Щільний, білий, матовий
Нельсон	5,8±0,7	250,3±15,6	Рихлий сірий, блискучий або середньої густини, білий, матовий
NK Petrol	5,9±0,5	120,4±18,7	Щільний, білий, матовий
Аліот	6,4±1,7	148,6±28,4	Дуже щільний, білий, матовий
Кліфф	5,0±0,8	134,6±16,8	Щільний, білий, матовий
Герос	6,4±0,7	250,6±21,1	Дуже щільний, білий, матовий

При культивуванні експлантатів досліджених генотипів на концентрованому живильному середовищі K3, доповненому 6-БАП (0,02 мг/мл), ІОК (0,1 мг/мл) та НОК (2,5 мг/мл) спостерігалось незначне зниження ростового індексу в усіх досліджених генотипів за винятком сорту озимого ріпака сорту Нельсон, у якого ростовий індекс зріс майже в 1,7 раза. Також у решти сортів та гібридів спостерігалось незначне зростання маси калюсної тканини (табл. 3). З представлених даних видно, що на сере-

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

довищі К3 мінімальна маса калюсу формувалася в озимого ріпака NK Petrol та ярого Кліфф.

Установлено, що на 21-у добу культивування калюсоутворення спостерігалось на всіх досліджених середовищах. Проте більш інтенсивно цей процес відбувався на перших двох варіантах середовищ (К1 і К2), де формувалася калюс щільної консистенції із зеленими осередками, який досягав максимальної маси на середовищі К1 з додаванням 6-БАП (1 мг/мл), ІОК (0,1 мг/мл) та НОК (0,5 мг/мл). На середовищі третього типу (К3) утворювався калюс рихлої консистенції світлого кольору з найменшою масою.

Низка дослідників вважає, що морфогенез починається із формування в калюсі груп меристематичних клітин, так званих осередків морфогенезу, які формуються на поверхні калюсу [7, 15, 16]. На думку інших, морфогенез починається у групах меристематичних клітин з інтенсивним поділом, розміщених у товщі калюсу, має вигляд аморфної маси і складається головню із тонкостінних вакуолізованих паренхіматозних клітин [18, 19]. Кожна з таких клітин може сформувати цілу рослину-регенерант, тому калюсні культури використовують для швидкого розмноження рослин за умови генетичної стабільності тканин [9, 14].

**Регенераційна здатність експлантатів ріпака озимого та ярого.** При вивченні процесу регенерації ріпака озимого та ярого як експлантат використовували морфогенні калюсні тканини з великою кількістю меристематичних зон, які поміщали на модифіковане живильне середовище МС доповнене БАП у концентрації 2 мг/л. У подальшому в калюсній тканині формувалась брунька, з якої розвивався пагін, а згодом біля його основи утворювались додаткові корені. Спостерігали також виникнення у морфогенному калюсі листковидних та стеблевидних структур, частина яких розвивалась у нормальні пагони, а інша призупиняла ріст. Утворені пагони культивували на живильному середовищі МС з додаванням БАП у концентрації 2 мг/л. Остання, як відомо, індукуює розвиток пазушних бруньок і стимулює ріст органів, що перебувають у стані спокою [3]. Отримані маточні рослини ріпаку живцювали через 3–4 тижні після закладання досліду. В таблиці 4 представлено результати регенераційної здатності досліджених сортів ріпаку.

#### 4. Регенераційна здатність генотипів ріпака озимого та ярого

Сорт, гібрид	Висаджено експлантатів, шт.	Морфогенні калюси, %	Кількість утворених пагонів, шт.	Частота регенерації пагонів із калюсу, %	Довжина пагонів, мм
Дангал	95	54	59	61	14
Чорний велетень	76	56	60	64	12
Сенатор Люкс	79	42	40	49	8
NK Technic	75	40	53	57	14
Нельсон	90	36	45	55	10
NK Petrol	80	38	47	50	13
Аліот	73	54	59	63	12
Кліфф	94	49	58	62	12
Герос	99	53	59	64	14
НІР <sub>05</sub>		2,3	2,7	2,9	0,5

Із даних, наведених в табл. 4, видно, що на протестованому живильному середовищі спостерігались висока інтенсивність утворення морфогенних калюсів і частота регенерації пагонів (від 45 до 64 %). Найбільшою регенераційною здатністю калюсів характеризувався сорт Чорний велетень, у якого кількість отриманих рослин-регенерантів становила 60 шт., а частота регенерації рослин з морфогенних калюсів – 64 %. Низька здатність до регенерації спостерігалась у гібридів Сенатор Люкс та Нельсон, у яких кількість отриманих рослин-регенерантів не перевищувала 40 %, а частота регенерації була на рівні 49–50 %.

При перепасируванні окремих пагонів або груп по 2–3 штуки на середовище того ж складу можна за короткий термін одержати велику кількість нових пагонів (30–40 за 9–11 тижнів), які є вегетативним потомством одного експлантату і зберігають генетичну ідентичність.

#### Висновок

Встановлено, що всі досліджені генотипи ріпака озимого та ярого здатні до формування калюсу,



та існує залежність між генотипом рослини і її здатністю до калюсо-, морфо- та органогенезу. Досліджено, що найкращі регенераційні та ростові характеристики мають щільні білі калюси з матовою поверхнею. Вивчено вплив БАП на процеси морфо- та органогенезу досліджених генотипів. Згідно з нашими результатами основна роль в індукції непрямого морфогенезу обумовлюється складом живильного середовища. Установлені особливості непрямого морфогенезу ріпаку озимого та ярого в культурі *in vitro*, що ми використали в дослідженнях із клітинної селекції.

Перспективи подальших досліджень полягають у впровадженні цієї методики калюсоутворення для створення генотипів ріпаку, які зберігатимуть генетичну ідентичність та свої якості.

### References

1. Atramentova, L. O., & Utevska, O. M. (2007) *Statystychni metody v biologii*. Kharkiv: Vydavnytstvo Kharkiv instytutu imeni V.N. Karazina [In Ukrainian].
2. Butenko, R. G. (1999). *Biologiya kletok vysshih rastenij in vitro i biotekhnologii na ih osnove*. Moskva: FBK-PRESS [In Russian].
3. Vedenycheva, N. P., & Kosakivska, I. V. (2017). *Tsytokininy yak rehuliatory ontogenezu roslyn za riznykh umov zrostannia*. Kyiv: [In Ukrainian].
4. Zhang, H. T., Raldugina, G. N., & Kalashnikova, E. A. (2010). Izuchenie pervykh stadij regeneracii pobegov na semyadolnykh eksplantah rapsa (*Brassica napus L.*) pri ispolzovanii geneticheskikh konstrukcij, sodержashih gen GUS s intronom ili gen GFP. *Izvestiya Timiryazevskoj Selskohozyajstvennoj Akademii*, 5, 96–102. [In Russian].
5. Kalenska, S. M., Nidzelskyi, V. A., Pylypenko, V. S., Taran, N. Yu., & Storozhenko, V. O. (2016). Poverkhnevi lipidy ta stiikist roslyn zernobobovykh kultur do stresovykh chynnykiv v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Naukovi Dopovidi Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 3. [In Ukrainian].
6. Karpachev, V. V. (2008). *Raps yarovoj. Osnovy selekcii. Monografiya*. Lipeck: GNU VNIPTI rapsa [In Russian].
7. Kovaleva, O. N. (1992). Citologicheskij analiz klonov, poluchennykh ot nezrelykh zarodyshej yachmenya sorta Bruce. *Nauchno-Tekhnicheskij Byulleten Vserossijskogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Rastenievodstva imeni N. I. Vavilova*, 218, 66–71 [In Russian].
8. Kliachenko, O. L., Sytnik, I. D., & Halchynska, O. K. (2012). *Ozymy ta yaryi ripak. Biologhiia. Seleksiia. Biotekhnolohiia: monografiia*. Kyiv: Fitosotsiotsentr [In Ukrainian].
9. Kosulina, L. G. (1995). Osobennosti processa regeneracii v kallyusnoj kulture zrelykh zarodyshej pshenicy (*Triticum aestivum L.*). *Selskohozyajstvennaya biologiya. Seriya: Biologiya rastenij*, 1, 78–84 [In Russian].
10. Kucherenko, L. A., Madumache, O. P., & Guzhov, Yu. L. (1991). K metodike opredeleniya massy kallusnykh tkanej v processe kultivirovaniya. *Selskohozyajstvennaya Biologiya. Seriya: Biologiya Rastenij*, 3, 84–86. [In Russian].
11. Kliachenko, O. L., & Sytnik, I. D. (2002). *Brassica napus L. in culture in vitro*. *Ahrarna nauka i Osvita*, 3 (3–4), 15–18 [In Ukrainian].
12. Morhun, V. V., Dubrovna, O. V., & Morhun, B. V. (2016). Suchasni biotekhnolohii otrymannia stiikykh do stresiv roslyn pshenytsi. *Fyzyolohiya Rastenyi y Henetyka*, 48 (3), 196–214 [In Ukrainian].
13. Nesterenko, O. H., & Rashydov, N. M. (2018). Reaktsiia roslyn horokhu na diuu solovoho i termichnoho stresovykh faktoriv zalezno vid poperednoho ionizuiuchoho oprominennia. *Biologichni Studii*, 12 (1), 65–72. doi: 10.30970/sbi.1201.547 [In Ukrainian].
14. Chernobrovkina, M. A., Hvatkiv, P. A., Leonteva, A. V., & Dolgov, S. A. (2017). Izuchenie morfologicheskogo potentsiala ozimogo rapsa otechestvennoj selekcii. *Mezhdunarodnyj Zhurnurnal Prikladnyh I Fundamentalnyh Issledovanij*, 11 (2), 260–264. [In Russian].
15. Chaturvedi, R., Razdan, M. K., & Bhojwani, S. S. (2003). Production of haploids of neem (*Azadirachta indica A. Juss.*) by another culture. *Plant Cell Reports*, 21 (6), 531–537. doi: 10.1007/s00299-002-0565-6
16. Klyachenko, O. L., Likhanov, A. F., & Krylovskaya, S. A. (2020). Morphogenetic modules formation in sugar beet callus tissues *in vitro*. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9 (6), 1396–1408.
17. Konieczny, R., Bohdanowicz, J., Czaplicki, A. Z., & Przywara, L. (2005). Extracellular matrix sur-

face network during plant regeneration in wheat anther culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 83 (2), 201–208. doi: 10.1007/s11240-005-5771-9

18. Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15 (3), 473–497.

19. Peixe, A., Barroso, J., Potes, A., & Pais, M. S. (2004). Induction of haploid morphogenic calluses from in vitro cultured anthers of *Prunus armeniaca* cv. 'Harcot'. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 77 (1), 35–41.

20. Steinmacher, D. A., Krohn, N. G., Dantas, A. C. M., Stefenon, V. M., Clement, C. R., & Guerra, M. P. (2007). Somatic embryogenesis in peach palm using the thin cell layer technique: induction, morpho-histological aspects and AFLP analysis of somaclonal variation. *Annals of Botany*, 100 (4), 699–709. doi: 10.1093/aob/mcm153.

Стаття надійшла до редакції 05.08.2020 р.

**Бібліографічний опис для цитування:**

Кляченко О. Л., Шофолова Н. В., Черній С. О. Особливості калюсогенезу і морфогенезу первинних експлантатів *in vitro* різних генотипів ріпака (*Brassica napus* L.). *Вісник ПДАА*. 2020. № 3. С. 118–124.

© Кляченко Оксана Леонідівна, Черній Сніжана Олександрівна,  
Шофолова Наталя Володимирівна, 2020