

ВІДГУК

**офіційного опонента, доктора біологічних наук, професора
Волкова Романа Анатолійовича,
на дисертаційну роботу Ростислава Ярославовича Блюма
«Вплив алополіплоїдизації на дивергенцію генів тубуліну у Хрестоцвітих»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі
знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія»**

Актуальність теми дисертації та її зв'язок з напрямками науково-дослідних робіт. Тубуліни є ключовими структурними компонентами мікротрубочок, однак молекулярне різноманіття та еволюційне походження окремих ізотипів та закономірності збереження їх копій після поліплоїдизації у рослин залишаються недостатньо з'ясованими. Особливий інтерес у цьому контексті становить родина Хрестоцвітих, серед представників якої є добре досліджені модельні види, господарсько важливі культури та численні поліплоїдні таксони зі складною історією геномної еволюції. Наявність геномних ресурсів для *Arabidopsis*, *Brassica* та *Camelina* дає можливість простежити дивергенцію генів тубуліну в широкому еволюційному контексті й оцінити наслідки алополіплоїдизації для їх геномної організації. Саме це визначає актуальність дисертаційної роботи Р. Я. Блюма та зумовлює її значення отриманих результатів для розуміння процесів еволюції як генів цитоскелету рослин, так і еволюції геномів рослин в цілому. Дисертаційну роботу виконано в межах чотирьох держбюджетних тематик ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України» (№ ДР 0122U002425, 0122U002196, 0124U002604, 0125U002944), а також міжнародного проєкту програми EURIZON «Unraveling the diversity of polyploid wild *Camelina* germplasm for biofuel crop improvement» (2024-2025 pp.).

Обґрунтованість та достовірність наукових положень та висновків. Дисертаційна робота Р.Я. Блюма є цілісним комплексним дослідженням, у якому поєднано сучасні порівняльно-геномні, біоінформатичні, філогенетичні,

молекулярно-генетичні та статистичні методи. Здобувачем здійснено повногеномний пошук, доменний і структурний аналіз генів α -, β - та γ -тубуліну різних видів Хрестоцвітих, реконструкцію їх філогенії, аналіз синтенії, геномного оточення та ортологічних зв'язків ідентифікованих генів. Також здобувачем було продемонстровано можливість використання некодуючих послідовностей генів тубуліну для генотипування та ДНК-баркодингу використовуючи TBP-, cTBP- і γ TBP-маркерні системи. Висновки ґрунтуються на узгодженні результатів декількох незалежних підходів, порівнянні значної кількості геномних збірок і належній статистичній обробці експериментальних даних. Теоретичне узагальнення результатів спирається на 276 наукових джерел.

Новизна наукових положень та висновків. Серед найвагоміших результатів дисертаційного дослідження слід відзначити перше детальне вивчення впливу алополіплоїдії на еволюцію родини генів α -, β - та γ -тубуліну у десяти видів Хрестоцвітих. Автором продемонстровано нерівномірність збереження різних ізотипів тубуліну після поліплоїдизації та встановлено походження їх різноманіття внаслідок дуплікаційних подій різного характеру і масштабу. Встановлено унікальні видоспецифічні особливості набору генів тубуліну *A. thaliana*, зокрема втрату ряду ізотипів β -тубуліну, відсутність ортологічної відповідності α -тубулінів у порівнянні з іншими Хрестоцвітими та дуплікаційне походження генів γ -тубуліну. Вперше для дводольних рослин описано атипові варіанти екзон-інтронної організації генів тубуліну у представників *Brassica*: втрату першого інтрона в одному з генів β -тубуліну А-геному та злиття 4-го і 5-го екзонів у γ -тубулінів А- і С-геномів. Важливим результатом є демонстрація ефективності поєднання TBP-, cTBP- та γ TBP-маркерів для ДНК-баркодингу видів *Camelina* і комбінування геномних даних з аналізом поліморфізму довжини інтронів генів тубуліну для генотипування *B. rapa*.

Практичне значення отриманих результатів. Одержані Р. Я. Блюмом дані щодо ортології, дуплікаційного походження та збереження генів тубуліну створюють основу для коректної інтерпретації подальших досліджень експресії і функцій окремих ізотипів тубуліну у рослин. Встановлені закономірності

еволюції цієї родини генів дозволяють точніше оцінювати можливість перенесення результатів, отриманих на модельних видах, зокрема *A. thaliana*, на інші представники квіткових рослин. Результати дисертаційного дослідження також можуть бути використані для розробки та вдосконалення молекулярних підходів до ідентифікації рослинного матеріалу. Запропоноване використання поліморфізму інтронів генів β - та γ -тубуліну розширює можливості ДНК-баркодингу видів *Camelina*, а поєднання геномних даних із ТВР-генотипуванням може бути застосоване для диференціації підвидів і гібридних форм *B. rapa*. Такі підходи можуть знайти практичне застосування у селекційних програмах, таксономічних дослідженнях, ідентифікації гербарного матеріалу та підтвердженні генотипової і сортової приналежності рослинного матеріалу.

Висвітлення результатів у наукових публікаціях. Під час виконання дисертаційного дослідження Блюмом Ростиславом Ярославовичем опубліковано 16 наукових праць: 4 статті у виданнях, індексованих у Scopus (Q1 – 2, Q3 – 1, Q4 – 1), 1 статтю у вітчизняному фаховому виданні та 11 тез доповідей на наукових конференціях. Публікації повно відображають основні результати дисертаційної роботи, їх новизну та наукову значущість.

Структура та обсяг дисертації, стиль викладу та оформлення, відповідність зазначеній спеціальності. Дисертаційна робота викладена на 272 сторінках машинописного тексту та складається зі вступу, п'яти розділів, узагальнення результатів дослідження, висновків, списку використаних джерел та 15 додатків. Обсяг основного тексту становить 173 сторінки. Робота містить 8 таблиць, 47 рисунків та список із 276 використаних джерел.

Слід відмітити, що матеріал дисертаційної роботи викладено логічно і послідовно, результати належно проілюстровані. За тематикою та змістом дисертаційна робота відповідає спеціальності 091 – «Біологія».

Академічна доброчесність. Дисертація та наукові публікації, у яких висвітлено основні результати роботи, не містять ознак академічного плагіату; використані джерела мають належні посилання.

Під час ознайомлення з дисертаційною роботою виникли певні зауваження та запитання, а саме:

1. У роботі вказується, що деякі тубуліни мали ідентичні (або майже ідентичні) амінокислотні послідовності, що ускладнювало їх порівняльний аналіз. Прохання пояснити, чи в роботі було також зроблено порівняння послідовностей ДНК цих генів, чи виявились ці послідовності також ідентичними?

2. З огляду на високу мінливість інтронів генів тубуліну за довжиною, можна очікувати також відмінності і за послідовністю нуклеотидів. Чи не варто було би провести секвенування цих ділянок, адже це дозволило би отримати додаткову інформацію про їх молекулярну еволюцію? Зокрема, зіставлення послідовностей було би корисним при порівнянні високоподібних гомеологів.

3. У дисертації обговорюється питання про можливу функціональну спеціалізацію високоподібних генів тубуліну. Цілком слушно висувається думка, що такі гени можуть відрізнятися за профілем експресії. Відповідно, постає питання - чи не варто було би провести біоінформатичний аналіз промоторів цих генів?

4. На с. 141 вказано: «Оскільки філогенетичне дерево є лише двовимірною проєкцією ієрархічних співвідношень між видами, воно, на жаль, не в змозі точно відобразити складність та переплетеність еволюційних подій, які мали місце в межах роду *Camelina*». Слід зазначити, що у сучасній молекулярній філогенетиці розроблено ряд біоінформатичних інструментів, які дають змогу представляти філогенетичні відносини як мережу, що відображає можливі альтернативні еволюційні сценарії. Чи не варто було застосувати такий підхід для аналізу спорідненості представників роду *Camelina* ?

5. На с. 184 зазначено, що «фрагменти понад 1000 п.о. можуть бути наслідком неспецифічної ампліфікації». Проте, специфічність ПЛР-продукту насамперед визначається характеристиками (довжиною) праймерів та умовами проведення ПЛР (температурою гібридизації праймерів). Чому, на думку автора, довгі ПЛР-продукти мають бути менш специфічними, ніж короткі ?

Також робота має низку **зауважень** стилістичного та технічного характеру.

1. У роботі обговорюється гіпотеза, що β тубуліни можуть умовно поділити на «конститутивні та спеціалізовані» (с. 3, 167, 200). Проте ці два терміни не можна вважати антонімами, адже «конститутивні» насамперед характеризує характер експресії, а «спеціалізовані» - функцію білка. Один і той самий ген/білок може бути одночасно конститутивно експресованим і спеціалізованим за функцією. Чи не варто було би залежно від контексту застосувати терміни «конститутивно експресовані та індуковані гени», або «гени, що забезпечують загальні (базові) або спеціалізовані функції» ?

2. Дисертант неодноразово використовує термін «триплет генів». Видається, що більш коректним було би застосовувати термін «тріада гомеологічних генів» або «тріада гомеологів».

3. У тексті присутні випадки не зовсім вдалого застосування термінів. Напр., на с. 95 іде мова про «швидкість експресії», хоча мабуть мається на увазі «рівень експресії». На с. 96 використовується термін «специфікація гена», хоча, ймовірно, йдеться про «функціональну спеціалізацію», «дивергенцію» або «диверсифікацію».

4. На с. 196 наведено узагальнюючу схему, яка відображає зв'язок між еволюцією Хрестоцвітих та різноманіттям тубулінових генів. На жаль, для цього рисунка не вказаний номер, а підпис є занадто лаконічним.

Проте, наведені вище зауваження та запитання мають уточнюючий характер, не є критично важливими, не ставлять під сумнів зроблені висновки і не зменшують наукову цінність дисертаційної роботи.

В цілому представлена робота Блюма Р.Я. свідчить про набуття її автором теоретичних знань, умінь, навичок та компетентностей за спеціальністю 091 – «Біологія», таких як здатність самостійно проводити наукові дослідження, аналізувати отримані результати, оформлювати їх у вигляді дисертації та публікувати основні наукові здобутки.

Загальний висновок і оцінка дисертації щодо її відповідності чинним вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Дисертаційна робота Блюма Ростислава Ярославовича на тему «Вплив алополіплоїдизації на дивергенцію генів тубуліну у Хрестоцвітих» є завершеним самостійним науковим дослідженням, яке має вагоме теоретичне та практичне значення.

Аналіз дисертаційної роботи показує, що за своєю актуальністю, науковою новизною, достовірністю отриманих результатів, повнотою їх представлення у наукових виданнях та обґрунтованістю висновків дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 із змінами, та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», а її автор, Ростислав Ярославович Блюм, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 091 – «Біологія» (галузь знань – 09 «Біологія»).

Офіційний опонент

завідувач кафедри молекулярної
генетики та біотехнології
Чернівецького національного
університету імені Юрія Федьковича,
доктор біологічних наук, професор,
заслужений діяч науки і техніки України



Роман ВОЛКОВ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 13:09:30 28.08.2026

Назва файлу з підписом: vidguk_Volkov_Blume-sign.pdf
Розмір файлу з підписом: 485.4 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: vidguk_Volkov_Blume-sign.pdf
Розмір файлу без підпису: 451.1 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ВОЛКОВ РОМАН АНАТОЛІЙОВИЧ
П.І.Б.: ВОЛКОВ РОМАН АНАТОЛІЙОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 2251104014
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 13:09:28 28.08.2026
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000D6CF30011F00F006
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підписаний PDF-файл (PAdES)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (PAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.08.19 13:00