

ВІДГУК
офіційного рецензента на дисертаційну роботу
Шадріної Руслани Юріївни
«Роль аутофагії у відповіді *Arabidopsis thaliana* на вплив
мікрогравітації та участь мікротрубочок в опосередкуванні цього
процесу», представлену на здобуття наукового ступеня доктора
філософії за спеціальністю 091 – Біологія

Актуальність теми. Дисертаційне дослідження Шадріної Руслани Юріївни присвячене питанню вивчення аутофагії у рослин *Arabidopsis thaliana* під впливом мікрогравітації. Аутофагія є критичним процесом внутрішньоклітинної деградації та рециркуляції макромолекул і органел, що відіграє вирішальну роль у адаптації рослин до стресових умов. У контексті космічних досліджень, розуміння механізмів аутофагії є надзвичайно важливим для створення систем життєзабезпечення у космосі та стабільного культивування рослин в умовах мікрогравітації. Тема роботи важлива для розуміння базових механізмів адаптації рослин до екстремальних умов навколишнього середовища, зокрема, космосу.

Ступінь обґрунтованості та достовірності. Дисертація Шадріної Руслани Юріївни демонструє високу ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень і висновків. Дослідження містить достатньо детальний опис матеріалів та методів, використаних для досягнення поставлених цілей. Використання лазерної конфокальної мікроскопії для візуалізації аутофагосом та молекулярно-генетичних методів для оцінки рівнів експресії генів *Atatg8*, α - і β -тубулінів, забезпечує високу точність і надійність отриманих даних.

Повнота викладу у фахових виданнях та апробація основних результатів. Основні положення дисертаційної роботи Руслани Шадріної були опубліковані у наукових фахових виданнях, включених до баз даних Scopus та Web of Science, що підтверджує високу наукову цінність та новизну дослідження. Зокрема 4 статті та 8 тез доповідей. До того ж, результати роботи були презентовані на багатьох наукових конференціях, що вказує на активну апробацію дослідження в науковій спільноті.

Академічна доброчесність. Дисертаційна робота виконана з дотриманням принципів академічної доброчесності. У ході перевірки не було виявлено ознак академічного плагіату, фабрикації або фальсифікації даних. Автор коректно цитує використані ідеї та результати інших дослідників, що свідчить про високий рівень відповідальності та етики в науковій діяльності.

Наукова новизна. У дисертації вперше проведено комплексне дослідження впливу мікрогравітації на експресію генів *Atatg8*, α - та β -тубулінів. Вперше досліджено рівні експресії генів β -тубуліну під час розвитку стрес-індукованої аутофагії за умов клінонотування. Ці результати значно поглиблюють розуміння молекулярних механізмів адаптації рослин до стресових умов і можуть слугувати основою для подальших досліджень у галузі космічної біології та біотехнології.

Практичне значення роботи полягає у можливості застосування отриманих результатів для розробки технологій культивування рослин у космічних умовах. Встановлені механізми аутофагії під впливом мікрогравітації можуть бути основою для створення ефективних систем життєзабезпечення на космічних станціях. Результати дослідження також мають потенціал для застосування в агробіотехнології, зокрема в умовах

контрольованого середовища, де рослини можуть зазнавати стресових впливів, подібних до мікрогравітації. Крім того, отримані дані можуть сприяти розробці нових методів підвищення стійкості рослин до стресових факторів, що є актуальним для вирощування культур у несприятливих умовах на Землі, таких як посуха чи висока солоність ґрунтів. Розуміння ролі аутофагії та мікротрубочок у адаптації рослин до екстремальних умов може також сприяти генетичній інженерії рослин, спрямованій на покращення їх адаптивних можливостей. Таким чином, результати дослідження Шадріної Руслани Юріївни мають широке практичне застосування як у космічній біології, так і в сучасному сільському господарстві та біотехнології.

Оцінка структури, змісту та форми дисертації. Дисертація має чітко визначену структуру, яка включає вступ, огляд літератури, матеріали та методи дослідження, результати, обговорення, висновки та список використаних джерел. Кожен розділ логічно пов'язаний з попереднім та наступним, що забезпечує послідовність викладу матеріалу. Викладення результатів дослідження є детальним та ґрунтовним, з використанням сучасних методів аналізу. Загальний обсяг рукопису становить 148 сторінок, включаючи 27 рисунків, 1 додаток та 236 джерел літератури.

Дискусійні положення, зауваження та побажання щодо змісту та оформлення дисертації.

1. Дисертація зосереджена на дослідженні аутофагії в клітинах кореня. Було б корисно розширити дослідження, включивши аналіз впливу мікрогравітації на інші типи клітин, наприклад, клітини листків або стебел. Це дозволило б виявити можливі відмінності в адаптаційних реакціях різних тканин рослин.

2. У роботі основним методом візуалізації аутофагосом була лазерна конфокальна мікроскопія. Використання додаткових методів візуалізації, таких як електронна мікроскопія, могло б надати більш детальну інформацію про структури аутофагосом та їх взаємодію з іншими клітинними компонентами.
3. У дисертації розглядається експресія генів *Atatg8*, α - та β -тубулінів під впливом мікрогравітації. Було б корисно провести додаткові експерименти щодо змін у генетичному матеріалі рослин під впливом мікрогравітації, включаючи аналіз мутацій та епігенетичних змін. Також, враховуючи те, що у арабідопсису представлено ціла родина *ATG* генів (наприклад, *ATG2*, *ATG7*,...), було б непогано вивчити експресію ще декількох.
4. Також бажано було б більш детально описати процедуру оцінки експресії *Atatg8* генів (підбір праймерів, РТ ПЛР...), або послатися на методики, якщо хтось раніше таку оцінку вже проводив.
5. Чому як контроль для РТ ПЛР використовували рівень експресії фактору елонгації α (*AtEF α*)?
6. У роботі не завжди детально описано методи статистичної обробки даних. Детальніший опис використаних статистичних методів та обґрунтування їх вибору підвищили б достовірність отриманих результатів і зробили б їх інтерпретацію більш зрозумілою для читачів.
7. На сторінці 71 сказано, що «...реалізація механізмів аутофагії передбачає формування **двомембранних молекул** – аутофагосом, які доставляють компоненти, що потребують деградації, до літичних вакуолей для їх подальшої рециркуляції

[167].» Мова йдеться про двомембранні структури, а не молекули.

Загальний висновок рецензента. Дисертаційна робота Шадріної Руслани Юріївни є важливим внеском у вивчення адаптаційних механізмів рослин до умов мікрогравітації. Робота виконана на високому науковому рівні. Автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія», зважаючи на високий рівень наукової новизни та практичного значення отриманих результатів.

Рецензент дисертації,
учений секретар ДУ «Інститут
харчової біотехнології
та геноміки НАН України»
д.б.н., с.н.с.

Ярослав ПРКО