

ФІЗІОЛОГІЯ І БІОХІМІЯ РОСЛИН

УДК 58.036:577.112.152.1.19:582.542.11

ВПЛИВ ВОДНОГО РЕЖИМУ НА УЛЬТРАСТРУКТУРНУ БУДОВУ КЛІТИН ЗАРОДКОВОЇ ОСІ НАСІННЯ *PHASEOLUS VULGARIS* L.

© 2015 р. Л. М. Бабенко

*Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного
Національної Академії наук України
(Київ, Україна)*

На прикладі дегідратації й регідратації досліджено вплив водного режиму на ультраструктурну будову клітин ізольованої зародкової осі насіння *Phaseolus vulgaris* L. на різних етапах проростання. Виявлено, що полісоми, ендоплазматичний ретикулум й диктіосоми належать до лабільних структур цитоплазми клітин зародкової осі, котрі формуються за умов гідратації й зникають при зневодненні. Дегідратація зародкових осей у чутливій до зневоднення фазі (12 год) спричиняла плазмоліз клітин і незворотне руйнування їхніх мембранних структур. Обробка розчином абсцизової кислоти (АБК) 10^{-4} М гальмувала процеси структурної перебудови клітин, характерні для фази активного росту (12 год), проте не впливала на їхню життєздатність і слугувала захистом від зневоднення на чутливій стадії проростання зародкової осі насіння *Phaseolus vulgaris* L.

Ключові слова: *Phaseolus vulgaris* L., насіння, зародкова вісь, абсцизова кислота, ультраструктура клітин

Вода належить до критичних зовнішніх чинників, котрі визначають розповсюдження рослин на земній кулі. Дефіцит вологи є найбільш поширеним абіотичним стресором, який впливає на ріст і розвиток рослин, інтенсивність і спрямованість метаболічних процесів, експресію генів, біосинтез білків (Gray, 1997; Ingram et al., 1996; Teet et al., 2013). Дефіцит вологи виникає також під час осмотичного, сольового і холодного стресів і супроводжується змінами у балансі ендогенних фітогормонів, зокрема, зростанням вмісту абсцизової кислоти (АБК) (Zeevaert et al., 1988). Ступінь обводнення, необхідний для початку проростання насіння, варіює у різних видів рослин. Швидкість проростання насіння зумовлюється цілою низкою ознак і чинників, серед яких властивості самого насіння, водоутримуюча спроможність ґрунту тощо. Відомо, що зріле насіння більшості видів помірної кліматичної зони може без втрати життєздатності зневоднюватися до пові-

тряно-сухого стану, переходячи у стан спокою і набуваючи стійкості до зовнішніх несприятливих факторів (Кан, 1982; Николаева и др., 1985; Moura et al., 2010). На ранніх стадіях проростання (3-6 год) після висушування до повітряно-сухого стану шляхом повторної регідратації воно здатне нормально прорости. У пізні періоди проростання (12-18 год) насіння втрачає стійкість до зневоднення і при висушуванні гине.

Період проростання насіння розділяють на стійку і чутливу до зневоднення фази. В стійкій фазі, навіть після кількох циклів гідратації-дегідратації, насіння не втрачає життєздатності. У цьому разі метаболічні процеси, які починаються після проникнення води у насіння, під час висушування лише призупиняються, що забезпечує його прискорене проростання під час повторного обводнення (Bewley et al., 1985; Mусock et al., 2000).

Вважають, що втрата клітинами зародка стійкості до зневоднення пов'язана зі змінами ліпідного обміну та функціонального стану мембран. Для з'ясування багатьох питань, пов'язаних із проростанням насіння і форму-

Адреса для кореспонденції: Бабенко Лілія Михайлівна,
Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, вул.
Терещенківська, 2, Київ, 01601, Україна;
e-mail: lilia.babenko@gmail.com

ВПЛИВ ВОДНОГО РЕЖИМУ НА УЛЬТРАСТРУКТУРНУ БУДОВУ

Маса зародкової осі *Phaseolus vulgaris* L. за різних умов водозабезпечення

Зразок	Маса зародкової осі, мг
Зародкова вісь сухого насіння	4,1 ± 0,3
Після 6 год гідратації	11,2 ± 0,6
Після 1 год дегідратації	5,7 ± 0,4
Після 2 год дегідратації	4,2 ± 0,2
Після 3 год дегідратації	4,1 ± 0,3
Після 4 год дегідратації	4,0 ± 0,3

ванням проростків, важливого значення набуває дослідження механізму регуляції ростових процесів за допомогою фізіологічно активних речовин. Одним з фітогормонів, здатних регулювати процеси росту і розвитку рослин, є абсцизова кислота (АБК). Вона належить до поліфункціональних фітогормонів (Takezawa et al., 2011). До головних фізіологічних функцій АБК належать участь гормону у формуванні стійкості до зневоднення, реакція на дію низької температури, регуляція рухів проростків і сигналінг із залученням цитозольного кальцію і кальційзв'язуючих білків (Sakata et al., 2014). Нині детально досліджено роль АБК у перебігу процесів спокою, дозрівання та проростання насіння (Chandrasekaran et al., 2014). Встановлено, що вміст гормону в насінні змінюється впродовж ембріогенезу. Так, на етапі інтенсивного поділу клітин і диференціації тканин, формування зародка й ендосперму зафіксований низький вміст АБК. Після припинення поділу клітин і під час акумуляції запасних речовин вміст гормону зростає (Taiz et al., 2002).

АБК регулює транспорт вуглеводів й амінокислот, експресує синтез стресових LEA білків пізнього ембріогенезу (Phillips et al., 1997). Ці білки накопичуються у процесі висихання насіння, а також у вегетативних тканинах за умов посухи і зневоднення (Hasegawa et al., 2000; Bray, 2002; Finkelstein et al., 2002). Показано, що під час зневоднення відбувається пригнічення метаболічних процесів, насіння переходить до стану спокою, а вміст АБК поступово зменшується (Taiz et al., 2002; Chandrasekaran et al., 2014).

Дослідження впливу екзогенної АБК на цитоскелет рослинної клітини виявив її певну тканинну специфічність. Зокрема, АБК змінювала орієнтацію кортикальних мікротрубочок у продихових клітинах, що регулювало продихові рухи. Проте у прилеглих до продихової щілини клітинах епідермісу переорієнтації мікротрубочок не спостерігалось (Lü et al., 2010).

Метою цієї роботи було вивчення особливостей ультраструктурної будови клітин ізольованої зародкової осі насіння *Phaseolus*

vulgaris L. під час стійкої й чутливої до зневоднення фаз проростання, а також дослідження впливу екзогенної АБК на ультраструктуру клітин зародкової осі під час чутливої до зневоднення фази.

МЕТОДИКА

Дослідження проводили із однорідним за розмірами і масою неушкодженим насінням низькорослої білої спаржевої квасолі *Phaseolus vulgaris* L. сорту Білозерна. Відпрепаровані зародкові осі розкладали у чашки Петрі – по 30 шт, зволожували у 10 мл води або 10^{-4} М розчину АБК і витримували в темряві у термостаті, при температурі $+25^{\circ}\text{C}$. Зародкові осі зневоднювали в ексикаторі над CaCl_2 при $+25^{\circ}\text{C}$. Швидкість зневоднення визначали за зміною маси зародкових осей (таблиця), життєздатність – шляхом повторного пророщування. Відбір зразків здійснювали у наступні фази: стійку до зневоднення (після 6 год гідратації, 4 год дегідратації й 4 год гідратації); чутливу до зневоднення (через 12 год після гідратації, 4 год дегідратації й 4 год гідратації; через 12 год гідратації на 10^{-4} М розчині АБК, 4 год дегідратації й 4 год гідратації на воді).

Для дослідження ультраструктурної будови клітин зародкові осі розділяли на сегменти завдовжки 1-2 мм, які фіксували у 3% розчині глутарового альдегіду і 1% OsO_4 , потім зневоднювали у низці розчинів етилового спирту зростаючої концентрації і переносили у суміш епоксидних смол епон-аралдит за методом Carde (1987). Ультратонкі зрізи готували на мікротомі та аналізували на мікроскопі JEM 1200 EX (Японія). У досліджах використовували (\pm) цис-транс-абсцизову кислоту (Sigma, США). Усі дослідження проводили в двох біологічних і трьох аналітичних повтореннях.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Проведеними раніше дослідженнями було встановлено, що ізольовані зародкові осі насіння квасолі протягом перших 6 год після проростання інтенсивно поглинають воду, внаслідок чого їхні розміри швидко збільшуються. У

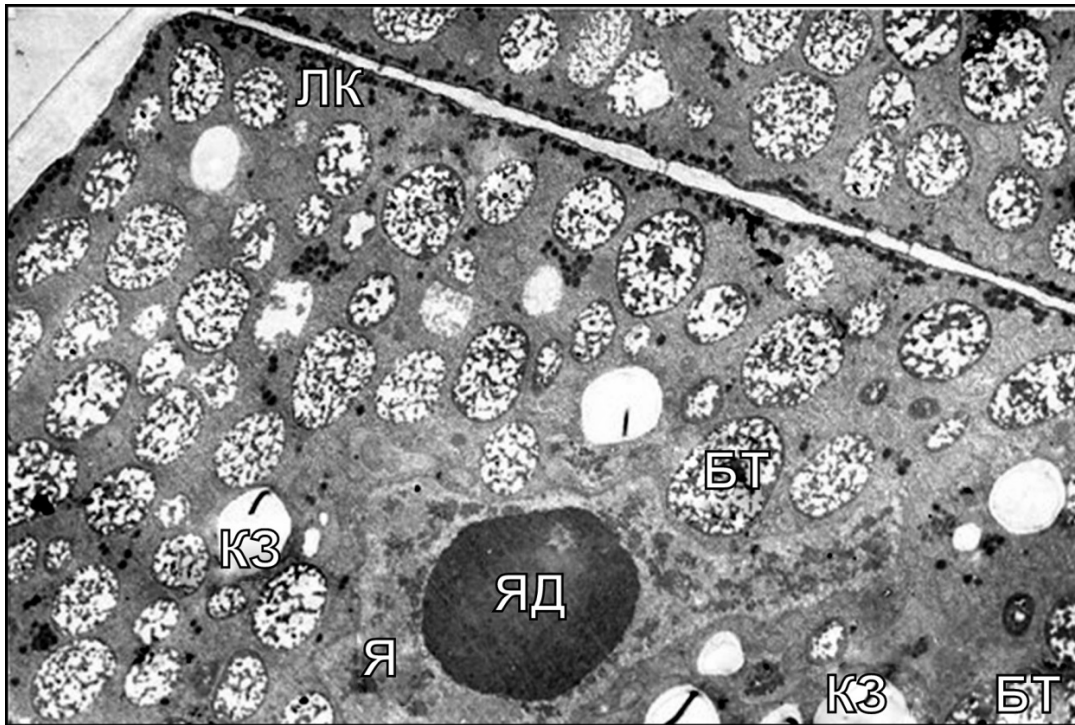


Рис. 1. Ультраструктурна будова клітин зародкової осі сухого насіння *Phaseolus vulgaris* L.: БТ – білкове тіло, ЛК – ліпідні краплі, КЗ – крохмальне зерно, Я – ядро, ЯД – ядерце (збільшення – 2000 ×).

наступні 4 год вологість осі практично не змінюється і лише через 10 год знову підвищується (Бабенко та ін., 2003; 2005). Повторне зростання обводнення зумовлене початком вакуолізації клітин і їхнім переходом до росту розтягненням. Аналіз препаратів зародкової осі сухого насіння показав, що її клітини мають чітко окреслену плазматичну мембрану. Цитоплазма містить багато білкових тіл простої будови, ядро розміщується у центральній частині клітини, містить ядерце і має виражену лопатеву форму. Пластиди типової форми містили невеликі крохмальні зерна. Із внутрішнього боку плазмалеми, у безпосередній близькості від неї, розміщуються запасні ліпіди у вигляді ліпідних крапель. Вони утворюють на периферії цитоплазми своєрідний досить щільний ліпідний шар. В цитоплазмі відсутні елементи ендоплазматичного ретикулуму (ЕР), апарат Гольджі, полірибосоми (рис. 1).

Після 6 год гідратації у структурі клітин зародкової осі відбулися певні зміни: міграція ліпідних крапель від плазмалеми, зменшення їх розмірів, що свідчить про активний ліполітичний процес. Вздовж клітинної оболонки формувалася гранулярний ЕР у вигляді довгих тяжів, візуалізувалися диктіосоми. В цитоплазмі та на мембранах ЕР були наявні полірибосоми. Ядро набуває кулястої форми, в ньому досить чітко видно ядерце. В пластидах спостерігався ріст крохмальних зерен. Білкові тіла дещо збі-

льшуються у розмірах, а їх вміст набуває дрібно гранулярної структури (рис. 2, А). Дегідратація зародкових осей після 6 год перебування у воді викликала часткову міграцію ліпідних крапель до плазмалеми, розпад мембран ЕР, полірибосом і диктіосом (рис. 2, Б). Висушування зародкових осей до повітряно-сухого стану не вплинуло на їхню життєздатність і при повторній гідратації вони відновлювали ріст. На даному етапі проростання зазначені структурні зміни, очевидно, не є вирішальними у втраті стійкості клітин зародкової осі до зневоднення. Після наступних 4 год. регідратації в клітинах зародкової осі відновилися структурна перебудова цитоплазми, спрямована на активування метаболізму й утилізацію запасних речовин. У клітинах активувалось формування полірибосом, мембран ЕР і диктіосом (рис. 2, В).

Отже, дослідження ультраструктурної будови клітин зародкової осі насіння квасолі після висушування і повторного обводнення показало, що в стійкій до зневоднення фазі хоча й відбувалися зміни в ультраструктурі при висушуванні, однак за повторної гідратації структура клітин відновлювалася.

При дослідженні ультраструктури клітин зародкової осі після 12 год інкубації у воді відзначені подальші зміни в їхній будові, пов'язані з переходом клітин у функціонально активний стан. У цитоплазмі ще помітні окремі ліпідні

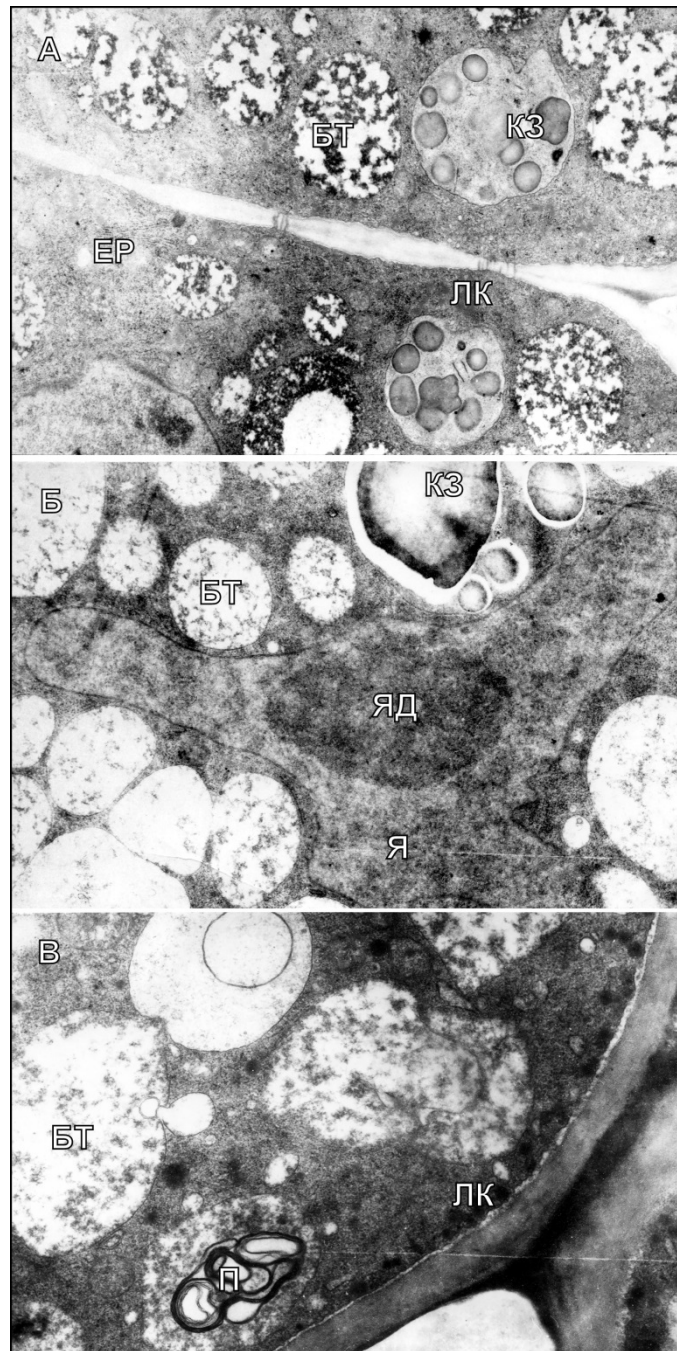


Рис. 2. Ультраструктурна будова клітин ізольованої зародкової осі насіння *Phaseolus vulgaris* L. в різні періоди: 6 год гідратації на воді (А); 4 год дегідратації (Б); 4 год. регідратації (В): БТ – білкове тіло, ЛК – ліпідні краплі, КЗ – крохмальне зерно, Я – ядро, ЯД – ядерце, ЕР – ендоплазматичний ретикулум, П – пластида (збільшення – 4000 х).

краплі, хоча переважна більшість їх уже гідролізувалася (рис. 3, А). У клітинах добре розвинута система ЕР і апарату Гольджі. Мітохондрії переходять конденсований стан з високою щільністю матриксу і розширеними кристами, пластиди диференціюються в амілопласти з багатьма крохмальними зернами. Внаслідок гідролізу білкових тіл відновлюється функція вакуолярної системи. У разі зневоднення зародкових осей після 12 год гідратації спостерігався розпад ЕР, диктіосом і полірибосом. Відбу-

вався плазмоліз клітин і руйнування їхніх мембранних компонентів (рис. 3, Б).

Повторна гідратація зародкових осей спричинювала розпад цитоплазматичних структур. У цитоплазмі клітин утворювалися згустки, в яких можна було ідентифікувати лише крохмальні зерна (рис. 3, В).

При дослідженні ультраструктури клітин після 12 год інкубації на розчині АБК 10^{-4} М було показано, що цей фітогормон блокує процеси гідролізу ліпідних крапель і білкових тіл,

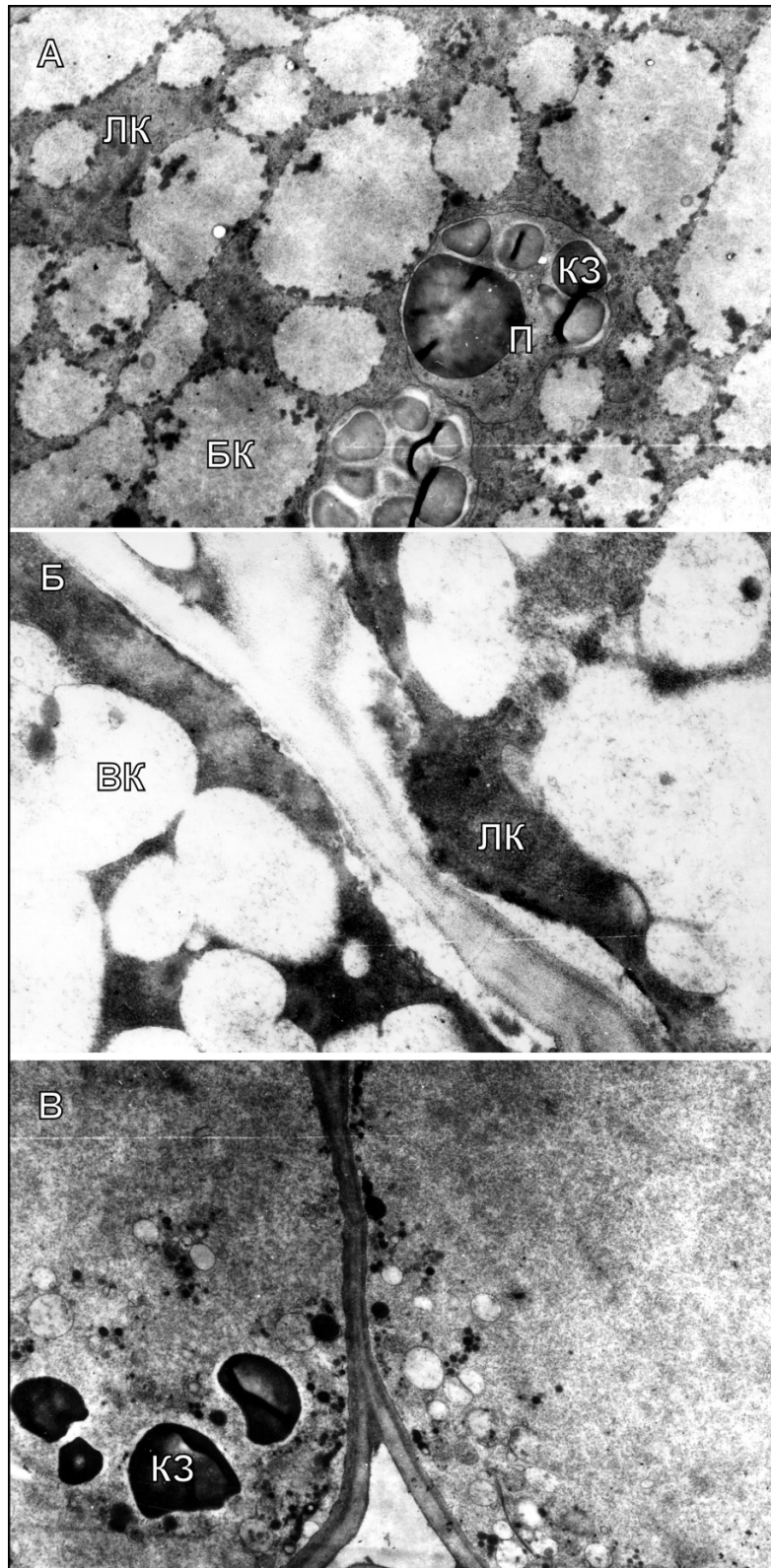


Рис. 3. Ультраструктурна будова клітин ізольованої зародкової осі насіння *Phaseolus vulgaris* L. в різні періоди: 12 год гідратації на воді (А); 4 год дегідратації (Б); 4 год. регідратації (В): БТ-білкове тіло, ЛК – ліпідні краплі, КЗ – крохмальне зерно, ВК – вакуоля, П – пластида (збільшення – 4000×).

що в свою чергу перешкоджає відновленню в клітинах вакуолярної системи; формуванню ЕР, диктіосом. Фактично обробка АБК уповільню-

вала процеси субструктурних змін, що відбувалися в лаг-фазі, збільшуючи її тривалість (рис. 4). Дегідратація зародкових осей після 12 год

ВПЛИВ ВОДНОГО РЕЖИМУ НА УЛЬТРАСТРУКТУРНУ БУДОВУ

інкубації на 10^{-4} М розчині АБК викликала часткову міграцію ліпідних крапель до плазмалемми, розпад мембран ЕР, полірибосом і диктіосом, ядро набувало вираженої лопатевої форми (рис. 4, Б). Загалом ультраструктура цитоплазми клітин практично не відрізнялась від такої у клітин сухої зародкової осі. Повторна гідратація зародкових осей сприяла відновленню

мембранної структури клітин, у цитоплазмі ще були помітні окремі ліпідні краплі вздовж плазмалемми. Висушування зародкових осей до повітряно-сухого стану після 12 год інкубації на 10^{-4} М розчині АБК не вплинуло на їхню життєздатність і при повторній гідратації вони відновлювали ріст.

Отже, якщо зневоднення зародкової осі

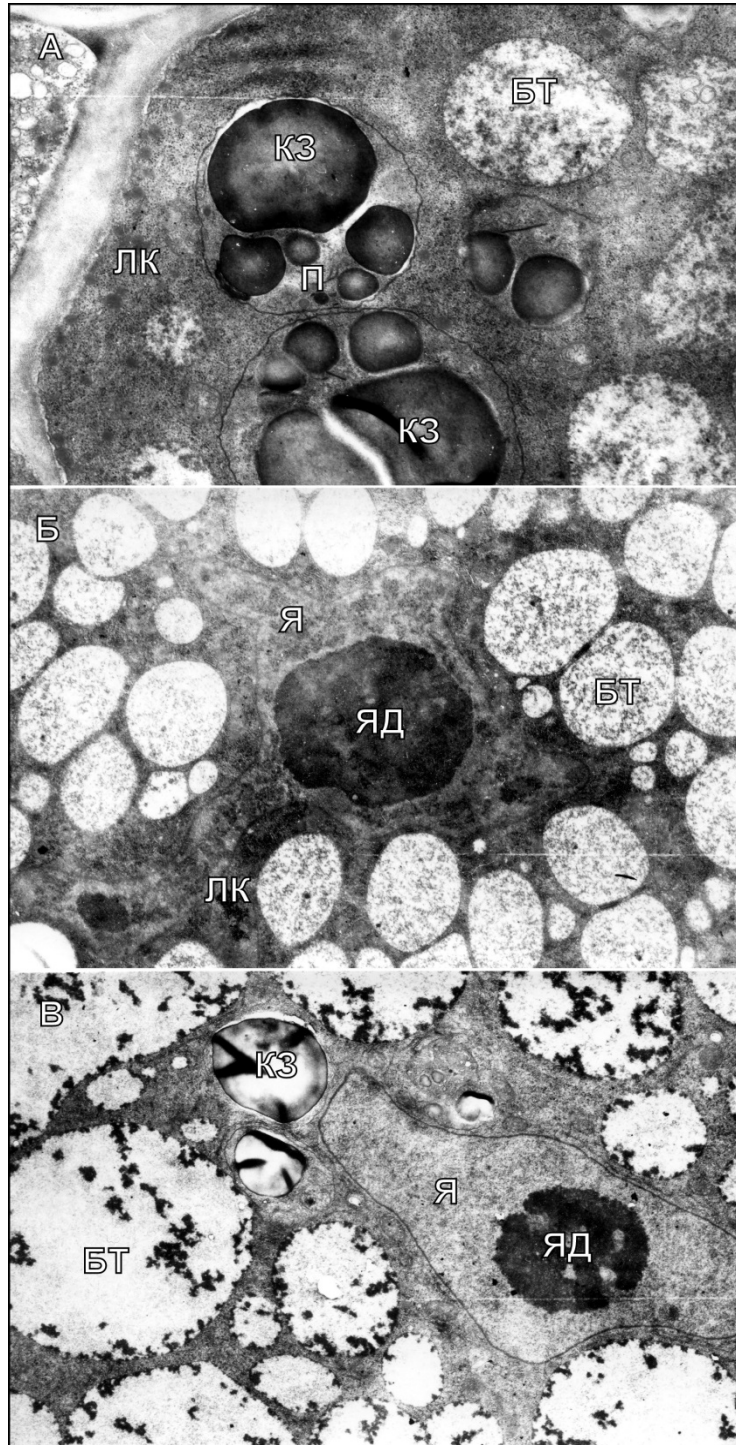


Рис. 4. Ультраструктурна будова клітин ізольованої зародкової осі насіння *Phaseolus vulgaris* L. в різні періоди: 12 год гідратації на розчині АБК 10^{-4} М (А); 4 год дегідратації (Б); 4 год регідратації на воді (В): БТ – білкове тіло, ЛК – ліпідні краплі, КЗ – крохмальне зерно, П – пластида, Я – ядро, ЯД – ядерце (збільшення – 4000 ×).

відбувалося під час чутливої фази, в клітинах мали місце структурні зміни, після яких відновлення мембранних структур клітин ставало неможливим. Незворотні зміни окрім ушкодження мембран призводять до загибелі клітин. Обробка АБК уповільнювала процеси субструктурних змін, збільшуючи тривалість лаг-фази. В той же час АБК виступала протектором дегідратації на чутливій до зневоднення стадії. Чимало досліджень присвячено ефектам АБК на стабільність цитоскелету, оскільки деполімеризація кортикальних мікротрубочок є однією зі складових реакції на холодострес. Екзогенна АБК підвищує холодостійкість цитоскелету (Блюм и др., 2012; Nick, 2008; Timofeeva et al., 2000). Стабільність мікротрубочок, індукована АБК, рекомендована як діагностичний маркер стійкості до холоду різних сортів озимої пшениці (Khokhlova et al., 2004).

У формуванні стійкості зародкової осі до зневоднення важлива роль належить запасним ліпідам. Міграція ліпідних крапель до плазмалемі в стійкій до зневоднення стадії свідчить про участь ліпідів у процесах репарації мембран і може розглядатись як захисна реакція на водний дефіцит. Протекторну роль ліпідних крапель було виявлено також за інших абіотичних стресів. Так, після теплового стресу в клітинах *Amarantus caudatus* відбувалося істотне накопичення, осміофільних пластоглобул (Kosakivska et al., 2008). Характерною ознакою впливу стресорних температур була поява пластоглобул у стромі хлоропластів та ліпідних крапель у цитоплазмі клітин *Vitis vinifera* (Salem-Fnayou et al., 2011). Головним ефектом, спричиненим короткотривалою дією низької температури було накопичення у стромі хлоропластів чисельних пластоглобул і ліпідних крапель у цитоплазмі клітин *Triticum aestivum* L. сорту Ятрань 60. Кількість сформованих пластоглобул значно перевищувала контрольну (Бабенко та ін., 2014). Доведено, що поява пластоглобул у хлоропластах у більшості випадків є наслідком світлового або температурного стресів (Brehelin et al., 2007). Такі зміни у структурі клітин дозволяють використовувати ліпідні краплі як візуальний маркер після дії стресору.

Отже, дослідження впливу водного режиму виявило специфічні зміни ультраструктурної будови клітин ізольованої зародкової осі насіння *Phaseolus vulgaris* L., котрі залежали від етапу проростання. До лабільних структур цитоплазми клітин зародкової осі, що формуються за умов гідратації й зникають при знево-

дненні віднесені полісоми, ендоплазматичний ретикулум й диктіосоми. Дегідратація зародкових осей у чутливій до зневоднення фази викликала плазмоліз клітин і незворотне руйнування їхніх мембранних структур. Обробка розчином абсцизової кислота (АБК) 10^{-4} М гальмувала процеси структурної перебудови клітин, характерні для фази активного росту, проте не впливала на їхню життєздатність і слугувала захистом від зневоднення на чутливій стадії проростання.

Автор висловлює подяку к.б.н. Г.І. Мартину за наукові консультації при виконанні експерименту та інтерпретації отриманих результатів.

Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці Держаного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом Ф64/23-2015.

ЛІТЕРАТУРА

- Бабенко Л.М., Мартин Г.І., Мусатенко Л.І. Структурно-функціональні особливості проростання насіння квасол // Физиология и биохимия культ. растений. – 2003. – Т. 35, № 2. – С. 138-143.
- Бабенко Л.М., Мартин Г.І., Косаківська І.В., Мусатенко Л.І. Вплив зневоднення на ліпоксигеназну активність та ультраструктуру клітин зародкової осі під час проростання насіння квасолі // Физиология и биохимия культ. растений. – 2005 – Т. 37, № 4. – С. 305-312.
- Бабенко Л.М., Щербатюк М.М., Косаківська І.В., Клишчук Д.О, Акімов Ю.М. Структурно-функціональні особливості 14-добових проростків *Triticum aestivum* L. сорту Ятрань 60 за умов температурного стресу // Scientific Journal «Science Rise». Ser. Biology. – 2015. – № 6/1 (11). – С.7-14.
- Блюм Я.Б., Красиленко Ю.А., Емец А.И. Влияние фитогормонов на цитоскелет растительной клетки // Физиология растений. – 2012 – Т. 59, № 4. – С. 557–573.
- Кан А.А. Покой семян: семена концепции и теории // Физиология и биохимия покоя и прорастания семян. – М.: Колос, 1982. – С.47-71.
- Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. – Л.: Наука, 1985. – 510 с.
- Пятыхин С.С. Стресс у растений: физиологический подход // Журн. общ. биологии. – 2008. –Т. 69, № 4. – С. 294-311.
- Bray E.A. Plant Responses to Water Deficit // Trends Plant Sci. – 1997. –V. 2. – P. 48-54.

ВПЛИВ ВОДНОГО РЕЖИМУ НА УЛЬТРАСТРУКТУРНУ БУДОВУ

- Bray E.A. Abscisic acid regulation of gene expression during water-deficit stress in the era of the Arabidopsis genome // *Plant Cell Environ.* – 2002. – V. 25. – P. 153-161.
- Brehelin C., Kessler F., Van Wijk K. Plastoglobules: versatile lipoprotein particles in plastids // *Trends Plant Sci.* – 2007. – V. 12. – P. 260-265.
- Bewley J., Black M. Seed: Physiology of development and germination. – New York; London: Plenum Press, 1985. – 348 p.
- Carde Jean-Pierre Electron microscopy of plant cell membranes. Methods in enzymology // *Plant Cell Membranes.* – 1987. – V. 148. – P. 599-622.
- Chandrasekaran U., Liu A. Endogenous abscisic acid signaling towards storagereserve filling in developing seed tissues of castor bean (*Ricinus communis* L.) // *Plant Growth Regul.* – 2014. – V. 72. – P. 203-207.
- Finkelstein R.R., Gampala S.S., Rock C.D. Abscisic acid signaling in seeds and seedlings // *Plant Cell.* – 2002. – V. 14. – P. 15-45.
- Hasegawa P.M., Bressan R.A., Zhu J.K., Bohnert H.J. Plant cellular and molecular responses to high salinity // *Annu. Rev. Plant. Mol. Plant Physiol.* – 2000. – V. 51. – P. 463-499.
- Ingram J., Bartels D. The Molecular basis of dehydration tolerance in plants // *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* – 1996. – V. 47. – P. 377-440.
- Khokhlova L.P., Olinevich O.V., Raudaskoski M. Reorganization of the microtubule and actin cytoskeleton in root cells of *Triticum aestivum* L. during low temperature and abscisic acid treatments // *Cell Biol. Int.* – 2003. – V. 27. – P. 211-212.
- Kosakivska I.V., Klymchu D.O., Negretzky V.A., Bluma D.A., Ustinova A.Yu. Stress proteins and ultrastructural characteristics of leaf cells in plants with different types of ecological strategies // *Gen. Appl. Plant Physiol.* – 2008. – V. 34, №3-4. – P. 405-418.
- Lü B., Gong Z., Wang J., Zhang J., Liang J. Microtubule dynamics in relation to osmotic stress-induced ABA accumulation in *Zea mays* roots // *J. Exp. Bot.* – 2010. – V. 58. – P. 2565-2572.
- Macherel D. Identification in pea seed mitochondria of a late-embryogenesis abundant protein able to protect enzymes from drying // *Plant Physiol.* – 2005. – V. 137. – P. 157-167.
- Moura E.F., Marília Contin Ventrella M.C., Moitoike S.Y. Anatomy, histochemistry and ultrastructure of seed and somatic embryo of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae) // *Sci. Agric.* – 2010. – V. 67, №4. – P. 399-407.
- Mycock, D.J., Berjak P., Finchsavage W.E. Effects of desiccation on the subcellular matrix of the embryonic axes of *Quercus robur* // *Seed Biology – Advances and Applications.* – Wallingford, U.K.: CABI Publishing, 2000. – P. 197-203.
- Nick P. Microtubules as sensors for abiotic stimuli // *Plant Microtubules. Development and Flexibility /* Ed. P. Nick. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. – P. 175-206.
- Phillips J., Artsaenko O., Fiedler U., Horstmann C., Mock H.-P., Muntz K., Conrad U. Seed-specific immunomodulation of abscisic acid activity induces a developmental switch // *EMBO J.* – 1997. – V. 16. – P. 4489-4496.
- Sakata Y., Komatsu K., Takezawa D. ABA as a universal plant hormone // *Progress in Botany, 75 /* Eds. U. Lüttge et al. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2014. – P. 57-96.
- Salem-Fnayou A.B., Bouamama B., Ghorbel A., Mliki A. Investigations on the leaf anatomy and ultrastructure of grapevine (*Vitis vinifera*) under heat stress // *Microsc. Res. Tech.* – 2011. – V. 74. – P. 756-762.
- Takezawa D., Komatsu K., Sakata Y. ABA in bryophytes: how a universal growth regulator in life became a plant hormone? // *J. Plant Res.* – 2011. – V. 124. – P. 437-453.
- Taiz L., Zeiger E. Abscisic acid: A seed maturation and antistress signal / *Plant physiology.* 3rd Ed. / Eds. L. Taiz, E. Zeiger. – Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc., 2002. – P. 539-558.
- Timofeeva O., Khokhlova L., Belyaeva N., Chulkova Y., Garaeva L. Cytoskeleton-induced alterations of the lectin activity in winter wheat under cold hardening and abscisic Acid (ABA) // *Cell Biol. Int.* – 2000. – V. 24. – P. 375-381.
- Teet N.M., Kawarasaki Y., Lee R.E., Denlinger D. L. Expression of genes involved in energy mobilization and osmoprotectant synthesis during thermal and dehydration stress in the Antarctic midge, *Belgica antarctica* // *J. Comp. Physiol.* – 2013 – 183. – P.189–201
- Zeevaart J.A.D., Creelman R.A. Metabolism and physiology of abscisic acid // *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* – 1988. – V. 39. – P. 439-473.

Надійшла до редакції
22.09.2015 p.

БАБЕНКО

**INFLUENCE OF WATER REGIME
ON CELLS ULTRASTRUCTURE OF EMBRYONIC AXIS
IN SEEDS OF *PHASEOLUS VULGARIS* L.**

L. M. Babenko

*M.G. Kholodny Institute of Botany
National Academy of Sciences of Ukraine
(Kyiv, Ukraine)
e-mail: lilia.babenko@gmail.com*

The effect of water treatment based on dehydration and rehydration on ultrastructure of cells isolated from embryonic axis of *Phaseolus vulgaris* L. seeds at different stages of germination has been investigated. It was found that polysomes, endoplasmic reticulum and dictyosomes belong to labile structures of cytoplasm of embryonic axis cells which are formed under conditions of hydration and disappear with dehydration. Dehydration of embryonic axes at sensitive to dehydration phase (12 hours) caused cells plasmolysis and irreversible destruction of their membrane structures. 10^{-4} M abscisic acid (ABA) treatment retards process of cells restructuring typical for the active growth phase (12 hours), but had no effect on their viability and served as protection from dehydration on sensitive stage of seed germination to embryonic axis of *Phaseolus vulgaris* L.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., seeds, embryonic axis, abscisic acid, ultrastructure of cells

**ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА
НА УЛЬТРАСТРУКТУРУ КЛЕТОК ЗАРОДЫШЕВОЙ ОСИ
СЕМЯН *PHASEOLUS VULGARIS* L.**

Л. М. Бабенко

*Институт ботаники им Н.Г. Холодного
Национальной Академии наук Украины
(Киев, Украина)
e-mail: lilia.babenko@gmail.com*

На примере дегидратации и регидратации исследовано влияние водного режима на ультраструктуру клеток изолированной зародышевой оси семян *Phaseolus vulgaris* L. на разных этапах прорастания. Выявлено, что полисомы, эндоплазматический ретикулум и диктиосомы относятся к лабильным структурам цитоплазмы клеток зародышевой оси, которые формируются в условиях гидратации и исчезают при обезвоживании. Дегидратация зародышевых осей в чувствительной к обезвоживанию фазе (12 ч) вызывала плазмолиз клеток и необратимое разрушение их мембранных структур. Обработка раствором абсцизовой кислоты (АБК) 10^{-4} М тормозила процессы структурной перестройки клеток, характерные для фазы активного роста (12 ч), однако не влияла на их жизнеспособность и служила защитой от обезвоживания на чувствительной стадии прорастания зародышевой оси семян *Phaseolus vulgaris* L.

Ключевые слова: *Phaseolus vulgaris* L., семена, зародышевая ось, абсцизовая кислота, ультраструктура клеток