

М.М. ЩЕРБАТЮК, М.П. СТАХІВ

Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України
вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01601, Україна
mshcherbatyuk@ukr.net

СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ КЛІТИН РІЗНИХ ЗОН МІЖВУЗЛЯ *ZEA MAYS* L. У ПРОЦЕСІ ЙОГО РОСТУ

К л ю ч о в і с л о в а: *Zea mays*, зони інтеркалярного
росту, міжвузля, світлова мікроскопія, електронна мікроскопія,
стебло

Вступ

На відміну від дводольних рослин, у яких ріст осьових органів забезпечують апікальна та стержнева меристеми, формування стебла в однодольних відбувається завдяки функціонуванню інтеркалярних меристем, розташованих в основі кожного міжвузля. Представники родини *Poaceae* є найтипівішими рослинами з інтеркалярним ростом стебла. Інтеркалярною меристемою вважається ділянка біля нижнього вузла, сформована клітинами, які активно діляться. Ріст новоутворених клітин розтягуванням забезпечує активне видовження стебла в акропетальному напрямку [5, 7, 12].

Як відомо, в зоні інтеркалярної меристеми відбувається досить активна проліферація клітин. Меристема локалізована між широкою верхньою та вузькою нижньою зонами розтягування. Клітини останньої дуже повільно розтягуються, в результаті чого формується вузький шар зрілих клітин. Умовно нижні зони розтягування і диференціації називають підмеристемою. Клітини зони розтягування та зони диференціації, розташовані над меристемою, втрачають здатність ділитися. Однак нещодавно висунуто гіпотезу [18], за якою частина паренхімних клітин верхньої зони розтягування зберігає здатність до поділу, і тоді клітини діляться в процесі росту міжвузля. Основною метою нашої роботи було визначення розмірів клітин міжвузля кукурудзи у площині вздовж осі стебла та вивчення особливостей ультраструктури клітин різних зон міжвузля цієї рослини під час росту.

Об'єкти та методи досліджень

Об'єктом дослідження були міжвузля рослин *Zea mays* L. (гібрид Буковинський 11Т), вирощених у польових умовах, у фазі семи листків, тобто в момент розгортання сьомого листка. Для вивчення відбирали шосте міжвузля, довжина якого не перевищувала шести сантиметрів. Такі міжвузля, за попередніми дослідженнями, характеризуються добре розмежованими ростовими зонами [5].

© М.М. ЩЕРБАТЮК, М.П. СТАХІВ, 2012

Для світлооптичного вивчення структури клітин міжвузля матеріал фіксували сумішшю ФОС (40 %-ий формалін, крижана оцтова кислота, 50°-ний етиловий спирт у співвідношенні об'ємів 5:5:90). Препарати для світлооптичної мікроскопії готували за стандартною методикою [15], після зневоднення матеріал вміщували у парафін. Зрізи виготовляли за допомогою санного мікротому (Reichert, Австрія), фарбували реактивом Шиффа, вводили в канадський бальзам і вивчали у світловому мікроскопі (Carl Zeiss NU-2, Німеччина). Під час світлооптичних досліджень було оброблено рослинний матеріал у десяти біологічних повторах. На препаратах визначали розміри не менш як 25 клітин у кожній ділянці вздовж перерізу міжвузля.

Для дослідження ультраструктури клітин основної паренхіми відбирали шматочки тканин із нижньої, середньої та верхньої частин міжвузля розміром 1×2 мм, які фіксували 3 %-им розчином глютаральдегіду на фосфатному буфері з рН 7,2 протягом двох годин. Постфіксацію здійснювали 1 %-им розчином тетроксиду осмію за кімнатної температури впродовж трьох годин. Матеріал зневоднювали висхідними концентраціями етилового спирту згідно із загальноприйнятою методикою і заливали в суміш епону з аралдитом. Ультратонкі зрізи готували за допомогою ультрамікротому LKB-3, контрастували цитратом свинцю за Рейнольдсом [3] протягом семи хвилин. Зрізи тканин міжвузля досліджували і фотографували в трансмісійному електронному мікроскопі JEM-1230 (JEOL, Японія). Розміри клітин та їхніх компартментів розраховували на мікрофотографіях за програмою UTHSCSA Image Tool 3.0 із використанням лінійки-шкали, вказаної на мікрофотографіях. Отримані дані статистично обробляли відповідно до загальноприйнятих методик [13] за допомогою програми Excel пакета MS Office 2003.

Результати досліджень та їх обговорення

Здійснені дослідження показали, що клітини шостого міжвузля кукурудзи в процесі його росту мають різну структуру і перебувають на різних стадіях диференціації. Виходячи з положення про неоднорідність будови міжвузля в процесі росту, коли відбуваються поділ та ріст клітин розтягуванням, можна виявити різні зони в міжвузлі (рис. 1). Зокрема, інтеркалярна меристема завдовжки 5-6 мм розташовується не безпосередньо над нижнім вузлом, а відокремлюється від нього ділянкою немеристематичних клітин, що формують так звану підмеристему, в якій вирізняються зони росту розтягуванням та диференціації. Перехід від інтеркалярної меристеми до нижньої зони розтягування досить чіткий — це відбувається завдяки швидкому збільшенню розміру клітин. На відстані 1,5-2,0 мм від інтеркалярної меристеми вони досягають розмірів, близьких за довжиною до клітин зони розтягування, локалізованих над меристемою. Довжина підмеристематичної зони не перевищує двох міліметрів. Верхня зона розтягування, розташована над меристемою у досліджуваних міжвузлях, поширюється на довжину понад 30 мм. Перехід від інтеркалярної меристеми до верхньої зони розтягування відбувається шляхом збільшення розмірів клітин на

ділянці у кілька міліметрів. Існує думка [5], що верхньою межею інтеркалярної меристеми є ділянка клітин, довжина яких зростає вдвічі порівняно з розмірами основної маси клітин інтеркалярної меристеми. Розміри міжвузля збільшуються головню за рахунок росту верхньої зони розтягуванням клітин. Над цією ділянкою міститься зона диференціації, розміри якої досягають приблизно 15 мм і яка складається із зрілих сформованих клітин.

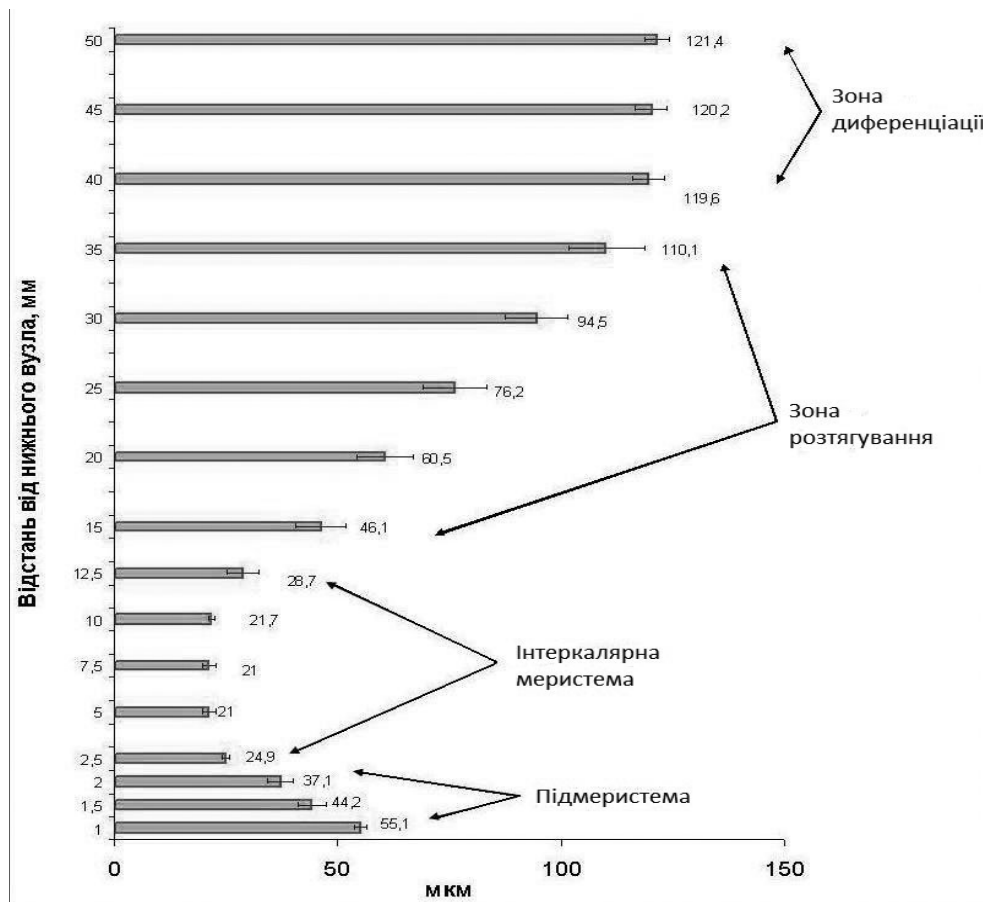


Рис. 1. Довжина паренхімних клітин шостого міжвузля кукурудзи (стрілками показано межі ростових зон)

Fig. 1. Length of parenchyma cells of the sixth internode of *Zea mays*. The confines of growing zones are showed with arrows

Світлооптичний аналіз поздовжніх і поперечних зрізів із різних сегментів міжвузля показав, що воно сформоване, в основному, клітинами паренхіми і провідних пучків. У свою чергу, кожний пучок містить три—п'ять судин ксилеми та елементи флоєми, оточені клітинами склеренхіми. Камбій у судинних пучках відсутній. За даними літератури, провідні пучки в інших видів злаків також характеризуються відсутністю спеціалізованих твірних тканин [14, 19].

У процесі дослідження виявлено, що частина клітин інтеркалярної меристеми ділиться в площині, паралельній осі стебла. Це зумовлює збільшення числа рядів клітин по вертикалі стебла, що забезпечує його потовщення. Крім того, з ростом міжвузля діаметр клітин основної паренхіми збільшується. Порівняння розміру клітин інтеркалярної меристеми і зони диференціації міжвузля дало змогу виявити, що в ділянці зрілих клітин їхній діаметр майже вдвоє перевищує діаметр меристематичних клітин (рис. 2).

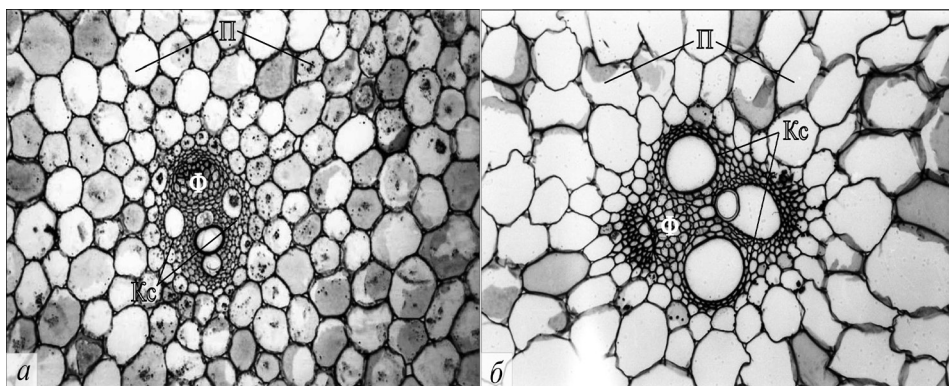


Рис. 2. Поперечні зрізи міжвузля у зоні інтеркалярної меристеми (а) і зрілих (диференційованих) клітин (б) 100х. У м о в н і с к о р о ч е н н я: Кс — ксилема, П — паренхіма, Ф — флоема

Fig. 2. Cross sections of the internode on a level of intercalary meristem (a) and mature cells (b) 100x. Designations: Кс — xylem, П — parenchyma (ground tissue), Ф — phloem

Одержані дані свідчать, що міжвузля стебла кукурудзи потовщується як шляхом збільшення числа рядів клітин у вертикальному напрямку, так і за рахунок значного розтягування клітин основної паренхіми радіально.

Результати електронно-мікроскопічних досліджень показали, що клітини меристематичної зони слабовакуолізовані, оскільки вакуоль у них займає незначний об'єм (рис. 3, а). Як і для клітин апікальних меристем стебла та кореня, для клітин вставної меристеми характерна електронно-щільна цитоплазма з високим вмістом органел. Із переходом клітин до росту розтягуванням насамперед у багато разів збільшується відносний об'єм осмотично активних компартментів клітини — вакуолей; окрім того, відбувається новоутворення мітохондрій із численними кистами (рис. 3, б).

Отже, клітини зони інтеркалярної меристеми за своєю ультраструктурою досить подібні до апікальних меристематичних клітин. Однак слід відзначити і деякі відмінності. Зокрема, їхній розмір на кілька порядків перевищує розміри клітин апікальних меристем як стебла, так і кореня [1, 6]. Ядра таких клітин зазвичай округлої, зрідка — дещо овальної форми, а ядерна оболонка містить досить чіткі внутрішню та зовнішню мембрани, які формують численні ядерні пори. Ядро має переважно одне ядерце діаметром понад мікромметр. Нуклеоплазма

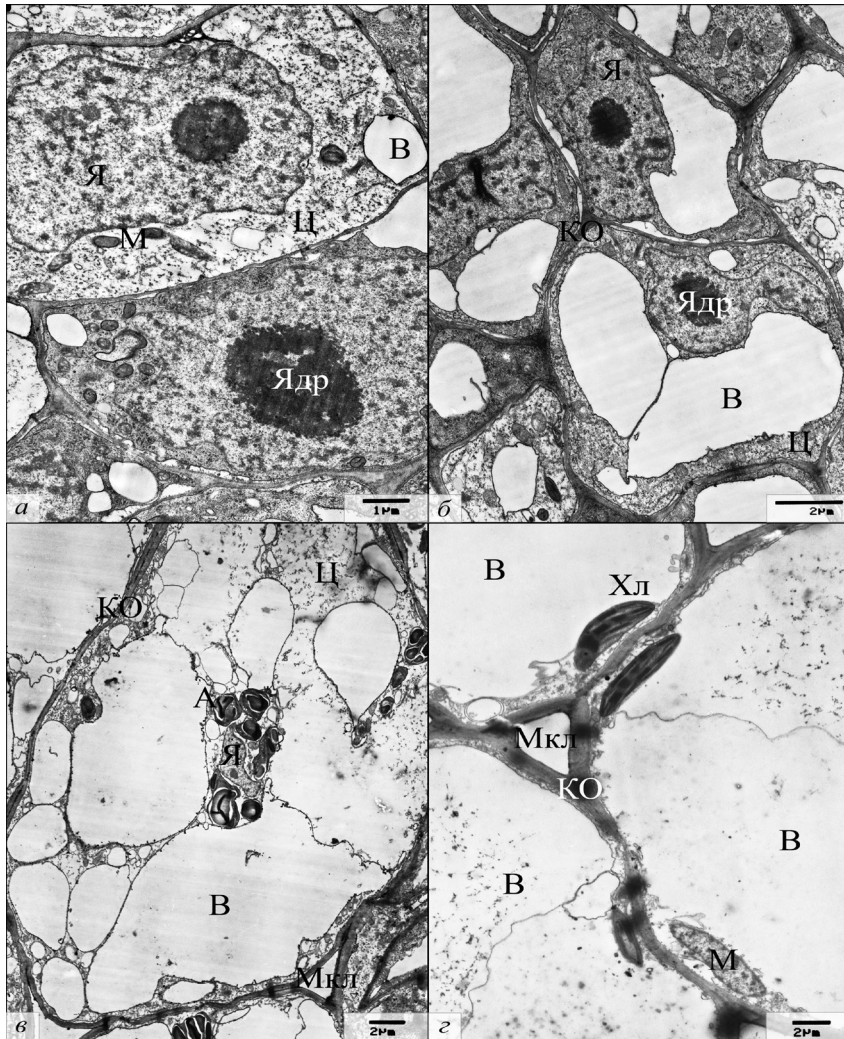


Рис. 3. Фрагменти клітин міжвузля кукурудзи: *а* — клітини інтеркалярної меристеми; *б* — клітини із сегментів міжвузля над зоною інтеркалярної меристеми, які починають рости розтягуванням; *в* — клітини, що активно ростуть у середніх сегментах міжвузля (зона розтягування); *г* — фрагменти паренхімних клітин зони диференціації (поперечні зрізи, TEM: *а* — 5000х; *б* — 4000х; *в* — 2000х; *г* — 2000х). У м о в н і с к о р о ч е н н я (тут і на рис. 4): Я — ядро, Ядр — ядерце, Ц — цитоплазма, В — вакуоля, А — амілопласт, М — мітохондрія, Хл — хлоропласт, КО — клітинна оболонка, Мккл — міжклітинник

Fig. 3. Fragments of cells of a growing maize internode: *a* — cells of intercalary meristem; *б* — cells of segments over the intercalary meristem zone which begin to growth by elongation; *в* — rapidly growing cell from middle segments (zone of elongation); *г* — fragments of parenchyma cells from differentiation (maturation) zone (cross section, TEM: *a* — 5000х; *б* — 4000х; *в* — 2000х; *г* — 2000х). Designations (here and on Fig. 4.): Я — nucleus, Ядр — nucleolus, Ц — cytoplasm, В — vacuole, А — amyloplasts, М — mitochondrion, Хл — chloroplast, КО — cell wall, Мккл — intercellular space

характеризується високою гомогенністю. Цитоплазма клітин вирізняється значною густиною, містить невеликі мітохондрії округлої форми, які рівномірно розподілені по всьому її об'єму. Пластиди представлені типовими амілопластами здебільшого овальної форми з одним, рідше — двома-трьома крохмальними зернами. Товщина первинних клітинних оболонок у зоні інтеркалярної меристеми кукурудзи становить у середньому $0,18 \pm 0,06$ мкм. Відомо, що клітинна оболонка виконує опорну, формотвірну і захисну функції. Окрім того, з нею пов'язані процеси поглинання, транспортування та виділення клітиною води і розчинених у ній речовин різної природи. Залежно від функціональної спеціалізації самої клітини роль певних функцій оболонок може посилюватися, тоді як інших, навпаки, — втрачатися. Саме цим пояснюються варіації структури клітинних оболонок, що спостерігаємо в клітинах різних типів [1, 12].

Зона розтягування складається з клітин, для яких характерна наявність кількох великих вакуолей (рис. 3, в). Окремі дрібні вакуолі в цитоплазмі клітин виявляють тенденцію до злиття. Слід відзначити істотну динамічність вакуолярної системи. Це пов'язано з тим, що саме з участю вакуолей відбувається безперервна взаємодія вмісту цитоплазми з накопиченими у вакуолях численними іонами та метаболітами [1, 2, 10, 20]. Швидке надходження води у вакуолі та ріст клітин розтягуванням забезпечуються високим рівнем експресії аквапоринів, які виявлені в клітинах зони розтягування коренів [10]. Подібні процеси відбуваються і в клітинах міжвузлів під час їхнього росту. Завдяки формуванню центральної вакуолі і швидкому збільшенню її об'єму змінюється співвідношення цитоплазма/вакуоля на користь вакуолі, оскільки її об'єм зростає значно швидше, ніж об'єм цитоплазми. Вакуоля, підтримуючи тургор клітини, що росте розтягуванням, сприяє формуванню такого співвідношення площі поверхні та об'єму протопласта, завдяки якому відбуваються інтенсивний обмін вмісту клітин із навколишнім середовищем та рецепція сигналів, що сприймає цитоплазма [9, 10, 20]. Цей процес регулюється передусім фітогормонами. Зокрема, для нормального росту клітин розтягуванням необхідне постійне надходження з апексу пагона ауксину [9, 11], що забезпечує так званий кислий ріст. Гіберелін, як показали численні дослідження і згідно із сучасними уявленнями про його роль в активних ростових процесах [4, 9, 11, 16], перемикає програму розвитку клітини від меристематичного стану до росту розтягуванням.

Ультраструктура клітин зони розтягування, на відміну від такої клітин зони інтеркалярної меристеми, має певні відмінності. Так, ядра набувають характерної гвинтоподібної форми, властивої рослинним клітинам, які ростуть [1]. Великий розмір крохмальних зерен та формування периферійних мембранних комплексів у стромі спостерігаються в структурі амілопластів. Слід відзначити, що мітохондрії у клітинах зони розтягування також мають добре розвинену внутрішню будову — численні кристи. Для цих органел характерна чітка, контрастна оболонка, притаманна клітинам, які активно ростуть [1, 19]. Товщина оболонок клітин зони розтягування сягає $0,35 \pm 0,07$ мкм, що значно перевищує таку в клітинах зони інтеркалярної меристеми.

Ми також виявили в зоні росту розтягуванням серед вакуолізованих клітин особливі клітини, які характеризуються меншими розмірами, мають чіткі меристематичні ознаки, зокрема, ядра значного розміру, електронно-щільну цитоплазму, кілька провакуолей невеликого розміру або зрідка зафіксовано цілковиту їхню відсутність (рис. 4). Такі клітини зберігають меристематичні ознаки, незважаючи на специфічний фітогормональний баланс, виявлений нами у зонах розтягування міжвузлів, коли відзначався досить високий рівень фітогормонів промоторної дії — ауксинів і цитокінінів [17, 21]. Отримані нами дані щодо існування клітин із такими ознаками підтверджують припущення, висунуте в літературі [18] на підставі дослідження лише морфологічних ознак клітин міжвузлів кількох видів злаків (*Bambusa sp.* Schreb., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L.): серед клітин, які активно ростуть у зонах розтягування, залишається частина клітин меристематичного типу, що зберігають здатність до поділу [18]. У зоні розтягування досліджуваних міжвузлів кукурудзи клітини з меристематичними ознаками рееструються досить часто. Як свідчать здійснені нами статистичні дослідження, на кожні 15—20 клітин, що активно ростуть розтягуванням, припадає одна дрібна клітина з меристематичними ознаками. Подібних клітин у зоні диференціації ми не виявили. Можна припустити, що відзначені дрібні клітини меристематичного типу можуть ділитися й активно рости розтягуванням на завершальних етапах видовження міжвузля в міру диференціації та старіння навколишніх клітин.

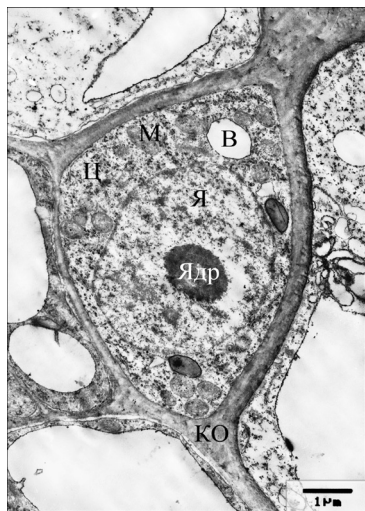


Рис. 4. Клітина меристематичного типу, виявлена між клітинами паренхіми, які активно ростуть. Зріз зроблено на рівні середини міжвузля (поперечний зріз, TEM, 5000x)

Fig. 4. The cell characterized by meristematic features among the growing parenchyma cells. The area at middle of internode (cross section, TEM, 5000x)

Клітинам зони диференціації (рис. 3, з) властива одна велика вакуоля, яка займає близько 90 % усього об'єму клітини. Цитоплазма представлена у вигляді вузького пристінного шару і має незначну електронну щільність. Органели більш-менш рівномірно розподілені по всьому об'єму цитоплазми. Мітохондрії зберігають переважно ортодоксальну структуру з чіткою зовнішньою мембраною.

Товщина оболонки клітин зони диференціації сягає $0,62 \pm 0,17$ мкм. Для клітинних оболонок характерне формування серединної пластинки. Характер змін ультраструктурної організації клітин у процесі росту міжвузля вказує на їхнє старіння, що засвідчує насамперед баланс між об'ємом цитоплазми та вакуолі у клітинах зони диференціації [1, 12]. Для зони диференціації властиві утворення великих міжклітинників — як результат значного збільшення об'єму клітин і зміни їхньої форми. Міжклітинники набувають трикутної або злегка еліпсоподібної форми.

Отже, як свідчать отримані дані, ультраструктурна організація клітин різних тканин міжвузля кукурудзи в процесі його росту виявляє значну гетерогенність. За літературними даними, в інтеркалярних меристемах відсутній центр спокою, внаслідок чого вони активно функціонують лише певний проміжок часу [6, 19]. Стосовно ж зміни біохімічних показників — вмісту нуклеїнових кислот і білків, а також кількості ДНК, РНК і білків, то максимальна концентрація останніх на один грам маси сухої речовини відзначається в клітинах меристематичної зони, хоч абсолютний уміст цих речовин підвищується в міру росту клітин, досягаючи максимуму в зоні диференціації (у розрахунку на одну клітину) [8]. На етапі росту міжвузля в зоні розтягування і диференціації клітини нагромаджують нуклеїнові кислоти та білки, хоча їхня концентрація в міру росту клітин зменшується, що пов'язано, очевидно, з підвищенням оводненості клітин. Клітини зони розтягування, розташовані над меристемою, відрізняються від клітин підмеристематичної тканини вищим умістом нуклеїнових кислот. Клітини зони диференціації підмеристеми характеризуються доволі високою концентрацією ДНК і відносно незначною, порівняно з іншими зонами, — РНК. Розміри клітин цієї зони не збільшуються, що характерно для зони диференціації, проте вміст нуклеїнових кислот та білків у клітинах зростає. Припускають, що на цей час у зрілих клітинах триває синтез ферментів, необхідних для метаболічних процесів [8].

Гістохімічне дослідження нефіксованих живих тканин міжвузлів кукурудзи, проведене раніше на поздовжніх зрізах, засвідчило наявність різної кількості запасних поживних речовин та ліпідів у клітинах зон інтеркалярної меристеми, росту розтягування і диференціації [4]. Найбільша кількість ліпідів виявлена в зоні інтеркалярної меристеми. В міру переходу клітин до активного росту шляхом розтягування, а потім — до диференціації, клітини основної паренхіми характеризуються зменшенням умісту ліпідів. Однак щодо вмісту крохмалю в пластидах спостерігається протилежна тенденція — пластиди меристематичних клітин майже не містять крохмалю. Максимальна концентрація крохмальних зерен зафіксована в паренхімних клітинах вузлів, які містяться між пучками провідних тканин та у їхньому прошарку, розташованому між вузлом й інтеркалярною меристемою. Вважають [4], що зміни вмісту крохмалю значною мірою корелюють із етапами диференціації клітин, тоді як вмісту ліпідів — з етапами фізіологічної активності клітин на стадії їхнього росту розтягуванням.

Таким чином, клітини різних ростових зон міжвузля кукурудзи чітко відрізняються за ультраструктурними особливостями. Для зони інтеркалярної

меристеми характерні дрібні клітини, які майже не містять вакуолей, мають щільну цитоплазму та компактне ядро. Клітини зони розтягування значною мірою вакуолізовані, у них гвинтоподібної форми ядра і цитоплазма, яка містить велику кількість амілопластів. У зоні розтягування, крім зазначених ознак, спостерігаються клітини з чіткими меристематичними ознаками, що локалізуються вище вузької зони інтеркалярної меристеми і за багатьма властивостями здатні до поділу. Очевидно, ці клітини забезпечують незначне видовження та потовщення на завершальних етапах росту міжвузля. Також вони можуть бути функціонально задіяні у процесі відновлення вертикального положення стебла після вилягання внаслідок дії вітрів або зливи. Для клітин зони диференціації характерні вузький шар цитоплазми, великого розміру вакуолі, значна кількість амілопластів. Оболонки клітин у процесі росту міжвузля суттєво потовщуються. Для клітин зони диференціації цей показник вищий більш як утричі порівняно з меристематичними.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Атлас ультраструктуры растительных клеток* / Под ред. Г.М. Козубова и М.Ф. Даниловой. — Петрозаводск, 1972. — 296 с.
2. *Бузукашвили Э.Л., Гордецкий А.В.* Изменение ионного статуса в процессе роста стебля кукурузы // *Физиол. и биохим. культ. раст.* — 1987. — **19**, № 3. — С. 270—274.
3. *Гайер Г.* Электронная гистохимия. — М.: Мир, 1974. — 488 с.
4. *Дудинский Я.А.* Обмен веществ в клетках зон интеркалярного роста: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Киев, 1966. — 18 с.
5. *Дудинський Я.А., Медведєв А.А.* Цитологічна характеристика інтеркалярного росту злаків і методологічні можливості вивчення його метаболізму // *Укр. ботан. журн.* — 1970. — **27**, № 1. — С. 83—89.
6. *Иванов В.Б.* Меристема как самоорганизующаяся система: поддержание и ограничение пролиферации клеток // *Физиол. раст.* — 2004. — **51**, № 6. — С. 926—941.
7. *Мартин Г.Г.* Клітинний ріст стебла кукурудзи // *Укр. ботан. журн.* — 1988. — **45**, № 4. — С. 35—39.
8. *Медведєв А.А.* Физиолого-биохимическая характеристика интеркалярного роста: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Киев, 1971. — 25 с.
9. *Медведєв С.С.* Физиология растений. — СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2004. — 336 с.
10. *Обручева Н.В.* Поступление воды как фактор растяжения клеток // *Укр. ботан. журн.* — 2008. — **65**, № 4. — С. 596—603.
11. *Полевой В.В., Саламатова Т.С.* Физиология роста и развития растений. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. — 240 с.
12. *Рейвн П., Эверт Р., Айкхорн С.* Современная ботаника. Т. 2. — М.: Мир, 1990. — 344 с.
13. *Рокицкий П.Ф.* Биологическая статистика. — Минск.: Высшейш. шк., 1967. — 328 с.
14. *Серебрякова Т.И.* Морфогенез побегов и эволюция жизненных форм злаков. — М.: Наука, 1971. — 360 с.

15. *Фурст Г.Г.* Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей. — М.: Наука, 1979. — 155 с.
16. *Шевелуха В.С.* Рост растений и его регуляция в онтогенезе. — М.: Колос, 1992. — 594 с.
17. *Щербатюк М.М., Ситник К.М.* Індолілоцтова та абсцизова кислоти в процесах росту стебла кукурудзи *Zea mays* L. // *Studia biologica* (Львів). — 2010. — 4, № 1. — С. 45—52.
18. *Evans L.S., Perez R.K.* Diversity of cell lengths in intercalary meristem regions of grasses: location of the proliferative cell population // *Can. J. Bot.* — 2004. — 82, (1). — P. 115—122.
19. *Evert R.F.* *Esau's plant anatomy*. 3rd ed. — Hoboken, New Jersey: Wiley Interscience, 2007. — 607 p.
20. *Obroucheva N.V.* *Seed germination: a guide to the early stages*. — Leiden: Backhuys Publishers, 1999. — 158 p.
21. *Shcherbatyuk M.M.* The distribution of cytokinins in growing internodes of the maize stem *Zea mays* L. // Мат-лы 6-й Междунар. науч. конф. «Регуляция роста, развития и продуктивности растений» (28—30 октября 2009 г., г. Минск). — М.: ИВЦ Минфина, 2009. — С. 162.

Рекомендує до друку
Є.Л. Кордюм

Надійшла 13.07.2011 р.

Н.Н. Щербатюк, М.П. Стахив

Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, г. Киев

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОК РАЗНЫХ ЗОН МЕЖДОУЗЛИЯ *ZEA MAYS* L. В ПРОЦЕССЕ ЕГО РОСТА

Работа посвящена исследованиям структуры клеток ростовых зон междоузлия кукурузы. Представлены данные о зонах интеркалярного роста, а также информация об изменении размеров клеток основной паренхимы междоузлия в осевой плоскости. Для междоузлий характерно присутствие интеркалярной меристемы, верхних и нижних ростовых зон, сформированных клетками, растущих растяжением, и клетками на стадии дифференциации. Установлено, что клетки различных зон четко характеризуются разными ультраструктурными особенностями. В зоне роста клеток растяжением обнаружены небольшого размера клетки с четкими меристематическими свойствами — электронно-плотной цитоплазмой, крупным ядром и несколькими провакуолями. Высказано предположение, что выявленные клетки, благодаря их свойству активно делиться, способствуют удлинению междоузлия на завершающих этапах его развития.

К л ю ч е в ы е с л о в а: *Zea mays*, зоны интеркалярного роста, междоузлие, световая и электронная микроскопия, стебель.

M.M. Shcherbatyuk, M.P. Stakhiv

M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Science of Ukraine, Kyiv
STRUCTURAL FEATURES OF CELLS IN DIFFERENT ZONES OF *ZEA MAYS* L.
INTERNODE DURING ITS GROWTH

Cellular structure of the growing internode of *Zea mays* L. was investigated. Data on zones of the intercalary growth and information on various size of parenchyma cells in the axial plane are provided. The internodes are characterized by the presence of the intercalary meristem, the upper and lower zones of elongation and maturation, composed of the elongated and differentiated cells. It has been shown that cells of various growing zones definitely have different ultrastructure. The elongation zone contains small—cells possessing meristematic properties — small volume cytoplasm with high contrast, large nucleus, and several provacuoles. It is supposed that these cells, due to their properties, promote the elongation of internodes at final stages of their development.

Key words: internode, light microscopy, electron microscopy, stem, zones of intercalary growth, Zea mays.