



## **ВАЖЛИВЕ І КОРИСНЕ ЗІБРАННЯ ФІТОФІЗІОЛОГІВ**

Товариство фізіологів рослин Росії 2—6 жовтня 2006 р. на базі Ростовського державного університету, в рамках конференції «Фізіологія рослин — фундаментальна основа сучасної агробіотехнології», провело школу для студентів і молодих учених. Її мета — сприяти зближенню фундаментальної науки й освіти, досвідчених науковців та перспективної молоді.

Відкриваючи роботу школи, **В.М. Хрянін** (Пенза) наголосив на фундаментальності фізіології рослин, знання якої дають змогу розуміти внутрішню організацію рослинного організму та регулювати процеси, які в ньому відбуваються.

**Т.І. Трунова** (Москва) у лекції «Низькотемпературний стрес у рослин — холодостійкість і морозостійкість» акцентувала увагу на екологічному значенні проблеми, оскільки адаптація рослин до конкретних умов у різних районах нашої планети є одним із факторів, що визначають ареали поширення дикорослих видів і можливість їх інтродукції. Пошкодження від низькотемпературного впливу передусім пов'язані зі структурними змінами мембран, а адаптація холодо- та морозостійких рослин базується на глибокій функціональній і структурній перебудові клітин. Індукція стійкості рослин до холоду і морозу є мультигенною властивістю, тобто її формування пов'язане зі зміною експресії багатьох генів.

**Н.Л. Клячко** (Москва) представила аудиторії лекцію «Цитоскелет і його роль у функціонуванні рослинної клітини». Так, форма і дифузний ріст клітин залежать від орієнтації мікротрубочок у кортикальній зоні цитоплазми, тоді як апікальний ріст, наприклад, корневих волосків чи пил-

кових трубок — від мікрофіламентів. Цитоскелет є матриксом для багатьох біохімічних процесів, таких як гліколіз чи синтез білка, а також для компонентів сигнальних систем клітини. Існують різні рівні регуляції функціонування цитоскелету: від експресії генів актину і тубуліну — до численних і швидких перебудов їхніх структур у відповідь на внутрішньо- і зовнішньоклітинні стимули. При цьому такі перебудови відіграють помітно більшу роль, ніж зміни активності індивідуальних генів і складу цитоскелетних білків.

Т.А. Горшкова (Казань) у доповіді «Клітинна оболонка — ключовий компартмент рослинної клітини» відзначила виняткову складність формування клітинної оболонки і будови її компонентів, обумовлену здатністю кожного з моносахаридів утворювати кілька сотень різних типів зв'язків. Однак залишається відкритим питання ідентифікації генів, що кодують ключові ферменти метаболізму клітинної оболонки — глікозилтрансферази. Підкреслено складність аналізу лігніну, характерна особливість біосинтезу якого полягає у тому, що полімеризація вільних монолігнолів, його мономерів, відбувається неферментативно, за вільнорадикальним механізмом, хоча для її ініціації необхідне окиснення монолігнолів з участю пероксидаз і/чи лактаз. Зазначено, що стосовно клітинної оболонки некоректно вживати поняття «позаклітинний матрикс», «зовнішньоклітинне середовище», оскільки складається враження, що йдеться не про компонент рослинної клітини, а про відокремлену від неї структуру.

Дискусійним питанням «Трансмембранного транспорту води і аквапоринам як регуляторам цього процесу» була присвячена лекція М.С. Трофімової (Москва). Зокрема, висвітлювалися молекулярні механізми водної проникності, на яких заснована аквапорин-опосередкована регуляція осмотичної проникності мембран рослинних клітин; синтез аквапоринів — конституційний і такий, що запускається чи пригнічується у відповідь на зміни внутрішніх і зовнішніх факторів; участь аквапоринів у регуляції водного обміну за дії водного стресу тощо.

На питання «Як проникають метаболіти у клітини — через апопласт чи симпласт?» зробила спробу відповісти в цікавій лекції О.В. Войцеховська (Санкт-Петербург). Поряд із рушійною силою транспорту через апопласт — різницею електрорхімічних потенціалів й екзоцитозу — можливий і ендоцитоз, який вважався нездійсненим через наявність у рослин тургорного тиску. Симпластний транспорт відбувається за участю плазмалем шляхом дифузії чи «масового потоку», при цьому структурна організація плазмалем і механізми регуляції плазмалемового транспорту залишаються слабовивченими. Зона контакту клітин мезофілу листка з клітинами флоєми дрібних жилок має специфічну структурну організацію, яка забезпечує високоефективне поглинання асимілятів по апопласту (протуберанці клітинної оболонки) і симпласту (плазмалемові поля). Симпластна система завантаження флоєми передбачає перенесення цукрів із зони їх низької концентрації — клітин мезофілу — у транспортне русло флоєми, де концентрація цукрів максимально висока. В апопластній групі рослин перенесення сахарози з мезофілу в апопласт здійснюється за градієнтом її концентрації, а подальше завантаження сахарози з апопласту у флоему відбувається за участю АТФази плазмалем.

У симпластній групі рослин клітини мезофіту і флоєми з'єднані численними плазмодесмами, за рахунок чого логічно очікувати вирівнювання концентрацій метаболітів у флоємі і мезофілі. Однак цього не відбувається. Нещодавно запропоновано модель, за якою рушійною силою симпластного перенесення речовин між флоємою і мезофілом може бути градієнт водного потенціалу між цими тканинами, а механізмом перенесення — «масовий потік».

**В.М. Хрянін** (Пенза) у лекції «Регуляція статі у рослин» підкреслив, що статевий диморфізм у рослин є не лише пристосувальною ознакою, яка з'явилася у процесі еволюції, а й наслідком фізіолого-біохімічних відмінностей чоловічих і жіночих організмів. Згідно з еколого-гормонально-генетичною концепцією автора прояв статі у рослин реалізується через вплив екологічних факторів на ендогенну гормональну систему, яка, своєю чергою, взаємодіє з генетичним апаратом. З фітогормонів, що відіграють важливу роль у диференціації статі, цитокініни спричиняють жіночу сексуалізацію, гібереліни — чоловічу. Певний тонкий баланс фітогормонів, замість переважання того чи іншого гормону, призводить до утворення бісексуальної квітки. Широке розповсюдження гермафродитних квіток дає підстави вважати, що такий баланс точно контролюється певними стабілізуючими факторами.

Лекція **В.І. Чікова** (Казань) була присвячена «Еволюції уявлень про зв'язок фотосинтезу з продуктивністю рослин». Після відкриття фотосинтезу і до формування концепції донорно-акцепторних взаємовідносин (Мокроносів, 1969) між фотосинтезуючими (донори) і споживаючими асиміляти (акцептори) органами рослин стало очевидним, що продуктивність лімітується транспортними процесами й активністю синтетичних процесів в органах, які споживають асиміляти. Синтетичні процеси в органах-споживачах залежать від кількості асимілятів, що надходять до них. Між окремими споживачами може виникати конкуренція за одержання асимілятів. Зокрема, дуже важливою є конкуренція між плодеlementами і кореневою системою, яка впливає на функціонування всієї рослини.

Досить актуальною була лекція **Ю.В. Балюкіна** (Москва) «Адаптація рослин до високих концентрацій солей: взаємодія водного і сольового обміну». Пригнічення росту рослин при ґрунтовому засоленні пов'язано із токсичною та осмотичною дією іонів. Галофіти-акумулятори солей і галофіти-ексклудери (соленепроникні) мають різні стратегії подолання негативної дії солей. Захист від осмотичного впливу солей полягає у зменшенні водного потенціалу клітин до рівня нижчого, ніж у ґрунтовому розчині, або збільшенні осмотичного тиску клітини за рахунок синтезу низькомолекулярних органічних сполук чи акумуляції іонів. В акумуляторів солей градієнт водного потенціалу, який створюється концентраційними градієнтами іонів й осмолітів, підтримує потік води у рослині у висхідному напрямку. Галофіти-ексклудери для зниження водного потенціалу не використовують іони, оскільки вони виводяться у ґрунт. Тому іонотранспортуючі білки ( $\text{Na}^+/\text{H}^+$ -антипортер плазмалемі епідермісу і кори кореня) в них функціонують у цілому як система, що виводить іони з рослини, а не депонує їх. Функцію створення градієнта водного потенціалу вздовж вертикальної вісі виконують осмоліти ор-

ганічного походження. Ще однією властивістю галофітів-ексклудерів є низька іонна проникність плазмалеми клітин епідермісу і кори кореня.

Тему адаптивних реакцій рослин продовжила лекція І.В. Сєрьогіна (Москва) «Адаптація рослин до важких металів». Надходження важких металів у клітину активує одразу кілька неспецифічних і специфічних систем захисту і детоксикації: зв'язування металів у клітинних оболонках і вакуолях; індукція ферментів, що відповідають за нейтралізацію вільних радикалів і пероксидів, утворення яких підсилюється в результаті метал-індукованого окиснювального стресу; синтез осмолітів; зміни хімічного складу клітинних оболонок (відкладення калози і суберину); зміни гормонального балансу (передусім етилену й АБК); синтез металоїонів і фітохелатинів. Усі ці зміни спрямовані на підтримання гомеостазу і визначають стійкість рослин до металів.

С.С. Медведєв (Санкт-Петербург) у лекції «Роль кальцію в житті рослин» розкрив винятково важливу роль одного із вторинних посередників сигнальних систем клітини - кальцію. Унікальність і особливості кальцієвого сигналіngu полягають в ензиматичному, на відміну від  $\text{Ca}^{2+}$ , утворенні інших вторинних посередників; у  $\text{Ca}^{2+}$  характерній системі мембранного транспорту, яка забезпечує не тільки формування градієнтів іонізованого  $\text{Ca}^{2+}$  на всіх клітинних мембранах, а й здійснює кодування і передачу Са-сигналу; в існуванні для іонів  $\text{Ca}^{2+}$  специфічних Са-зв'язуючих сенсорних білків, здатних декодувати і передавати Са-сигнал як у гідрофільному, так і в гідрофобному середовищах; у формуванні  $\text{Ca}^{2+}$  лабільних комплексів з вищим і непостійним координаційним числом і різною довжиною зв'язків і тільки за допомогою іонів  $\text{Ca}^{2+}$  можливого хвилеподібному поширенні сигналу по клітині і за її межі. Дефіцит кальцію призводить до набухання пектинових речовин і порушення структури клітинних оболонок, появи некрозів на плодах і запасних тканинах, загнивання листків та коренів тощо.

Г.В. Новикова (Москва) у лекції «MAP-кінази клітин рослин — парадигма чи міраж» зазначила, що основною «валютою» при трансдукції різних сигналів є фосфорилування білків. Серед ферментів, котрі його каталізують, найінтенсивніше досліджуються мітоген-активуєчі протеїнкінази (МАРК), які кодуються численними сімействами генів Сер/Тре протеїнкіназ. Різні типи протеїнкіназ локалізовані в цитозолі, де вони утворюють МАРК каскад, що активується/інактивується при сприйнятті сигналів рецепторами. Ці каскади контролюють експресію специфічних генів шляхом фосфорилування факторів транскрипції, які є їх основними мішенями. Одна з характерних функцій МАРК каскадів — ампліфікація сигналу. МАРК каскади забезпечують відповідь клітини на численні сигнали. Вони можуть взаємодіяти на різних рівнях, переносити одночасно кілька сигналів і здатні працювати як комутатори, що дозволяє їм відфільтровувати незначні зміни сигналу. Попри значну кількість даних, що вказують на можливу роль МАРК і МАРК каскадів у відповідях клітин рослин на зовнішньо- і внутрішньоклітинні сигнали, картина залишається досить суперечливою.

І.Ю. Воронін (Москва) представив лекцію «Фотосинтез — результат коєволюції гео- і біосфер Землі». Еволюція атмосфери Землі визначена природним зату-

ханням активності планетарного ядерного реактора, від якого залежать темпи виводу відновлених мінеральних елементів на поверхню Землі, та індукованим цим глобальним фактором перемиканням біоти на зовнішнє джерело енергії відновлення органічної речовини (фотосинтетично-активна радіація Сонця). Саме ці фактори разом із життєдіяльністю авто- і гетеротрофних організмів у чіткій узгодженості з електрохімією окиснення-відновлення і досі підтримують відносну постійність газового складу атмосфери, який, таким чином, контролюється процесами фотосинтезу і дихання.

Ю.І. Долгіх (Москва) запропонувала аудиторії лекцію «**Методи культури тканин у селекції рослин**». Культивовані клітини рослин можуть використовуватися для полегшення і прискорення гібридизації, мутагенезу і відбору. Запилення у пробірці і метод ембріокультури дають змогу подолати несхрещуваність між батьками при віддаленій гібридизації. У разі більш серйозної несумісності на допомогу приходять соматична гібридизація ізольованих протопластів. Сьогодні метою селекціонерів передусім є створення нових сортів з поліпшеними властивостями, наприклад, стійких до різних хвороб чи до таких несприятливих факторів навколишнього середовища, як посуха, засолення, екстремальні температури, затоплення тощо. Виділення тканин рослин і культивування їх у штучних умовах індукують генетичну мінливість, що виявляється в рослинах, отриманих з культивованих клітин. Це явище, яке називається соматональною мінливістю, можна разом із індукованим мутагенезом використовувати для підвищення генетичної різноманітності сільськогосподарських рослин. Застосовуючи селективні живильні середовища, можна одразу в культурі *in vitro* відбирати клітини із заданими ознаками і потім отримувати з них рослини. Але щоб уникнути появи небажаних ознак, необхідна розробка надійних і ефективних методів відбору клітин та регенерації рослин з культивованих тканин.

У заключній лекції «**Генетично модифіковані організми і біологічна безпека**» В.М. Цидендамбаев (Москва), після наведеної цікавої інформації про генетично модифіковані організми (ГМО), висловив занепокоєння тим, що на сьогодні технологія їх створення є вкрай недосконалою, а це — причина серйозних біологічних й екологічних ризиків для людини та навколишнього середовища. Функціонування вставленого чужинного гена, як і сусідніх з ним, визначатиметься його місцем у новому для нього геномі, що є абсолютно непередбачуваним. Наслідками цієї ситуації можуть бути непрогнозована зміна роботи генетичного апарату, порушення клітинного метаболізму і синтез токсичних й алергенних сполук, раніше невластивих клітині. Не підтвердився відомий аргумент про те, що використання ГМО суттєво знижує застосування хімічних засобів у сільському господарстві. Крім того, технологія створення ГМО може мати також інші призначення — так званої генетичної зброї, наприклад, проти конкретної особи, групи населення, етносу, раси. Наявність у генних технологіях багатьох недоліків та недостатня вивченість ГМО потребують перегляду існуючої тенденції дедалі ширшого їх використання, адже поки що це становить біологічну небезпеку. Вважається, що ГМ продукти призначені для бідних країн з низьким рівнем контролю за безпечністю харчування.

Окремо було представлено стендові доповіді молодих учених.

На завершення висловлюю подяку оргкомітету за високий рівень організації конференції, цікаві та актуальні доповіді, надання можливості молодим дослідникам поспілкуватися з провідними спеціалістами з фізіології рослин.

*І.Д. ГУМЕНЮК*