

## ПЛАСТИЧНІСТЬ ОНТОГЕНЕЗУ РОСЛИН – ЗАПОРУКА ЇХНЬОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДО ЗМІН ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Рослини – унікальні живі істоти, які створюють органічні речовини з води та вуглекислого газу за допомогою сонячного світла, забезпечуючи людство киснем і необхідною їжею, тобто без рослин людство існувати не може. На жаль, цю просту істину часто забувають різні верстви суспільства. Слід нагадати, що наземні рослини – трави, чагарники, дерева – ведуть прикріпленій спосіб життя, внаслідок чого вони позбавлені можливості уникати несприятливих впливів зовнішнього середовища. Тому в наш час, коли посилюється антропогенний тиск та відбуваються глобальні зміни клімату, важливим етапом на шляху забезпечення сталого розвитку є розробка наукових основ і принципів комплексного екологічного моніторингу навколишнього середовища, першочерговою загальнобіологічною проблемою стало пізнання механізмів, за допомогою яких рослини пристосовуються до несприятливих метеорологічних і кліматичних змін, забезпечуючи тим самим незмінну продуктивність природних фітоценозів і агроценозів. У цьому напрямі в Інституті ботаніки ім. М.Г. Холодного за темою «Пластичність онтогенезу рослин при змінах водного режиму: клітинні та молекулярні аспекти» розроблено теоретичні положення і виявлено клітинні та молекулярні ознаки фенотипічної пластичності рослин, ознаки, зміни яких обумовлюють адаптацію рослин до несприятливого оселища. Вони стосуються питань розвитку, репродукції та поширення рослин в найрізноманітніших екологічних умовах.

Яскравим прикладом пластичності є будова листків гетерофільних водних рослин, у числі яких усім добре відомі глечики жовті (*Nuphar lutea*) та латаття білі (*Nymphaea alba*), що мають підводні і плаваючі листки. При спаді води рослини опиняються на березі, утворюючи так звану «наземну форму», у цих випадках листки існують у повітрі.



Плаваючі листки *N. Lutea*



Підводні листки *N. Lutea*

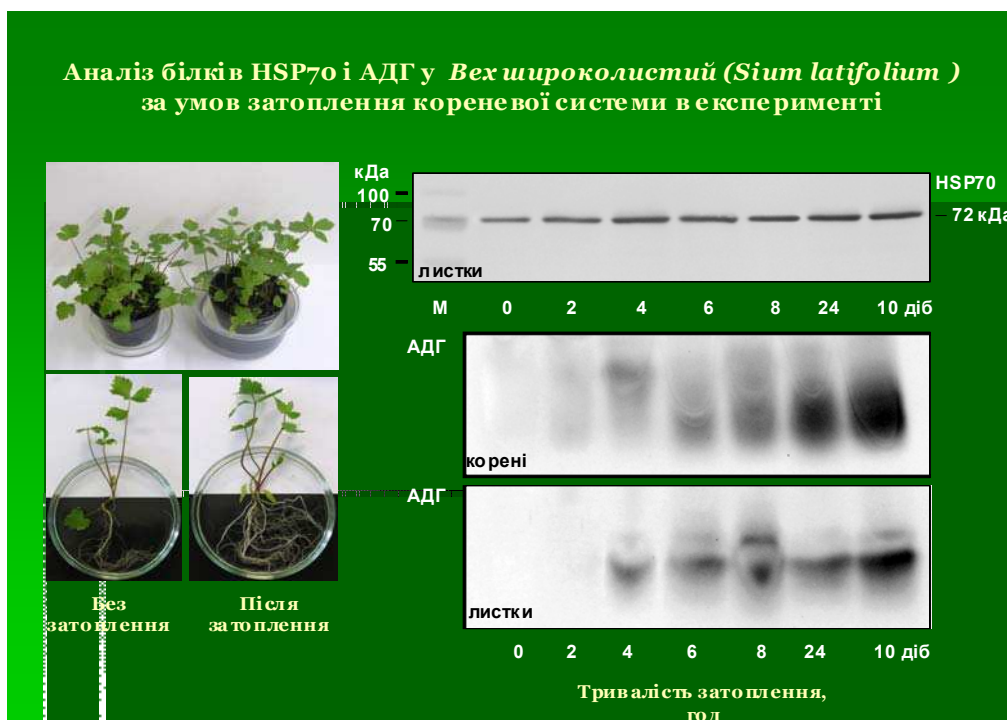


Наземні листки *N. Lutea*

За допомогою методів світлової та електронної мікроскопії показано, що пластичними мікроморфологічними та ультраструктурними ознаками листків різних гетерофільних рослин є такі: наявність чи відсутність продихів і воскового нальоту, товщина шару кутикули та листкової пластинки, тип мезофілу (від дорзовентрального до гомогенного), кількість шарів мезофілу, розмір епідермальних і паренхімних клітин, об'єм міжклітинників, розташування хлоропластів в клітинах мезофілу та кількість тилакоїдів у гранах. На відміну від плаваючих та наземних листків, підводні листки в усіх досліджених видів характеризуються відсутністю

продихів, диференційованого мезофілу (гомогенний тип), меншою товщиною листкової пластинки, збільшенням об'єму міжклітинників, розташуванням хлоропластів вздовж антиклінальних стінок, значною кількістю тилакоїдів у гранах, до 20 і вище. Особливості структури підводних листків сприяють їхньому оптимальному функціонуванню у водному середовищі, зокрема кращому постачанню вуглекислого газу, який транспортується в клітини через кутикулу епідермальних оболонок. У наземних листків виявлено збільшення товщини листкових пластинок, зменшення розмірів клітин верхнього епідермісу та об'єму міжклітинників порівняно до таких плаваючих листків, що, як припускається, дозволяє зменшити втрату вологи і, таким чином, сприяє пристосуванню водних рослин до їхнього існування в більш посушливих умовах суходолу. У цілому, структурно-функціональна організація фотосинтетичного апарату (в першу чергу, кількість тилакоїдів у гранах, співвідношення хлорофілу  $a/b$  і суми хлорофілів до каротиноїдів, індукція флуоресценції хлорофілу) підводних листків подібна до такої листків тіньовитривалих наземних рослин, а плаваючих і наземних листків – до таких світлолюбних рослин. Отже, пластичність ознак фотосинтетичного апарату забезпечує фотосинтез в контрастних фізичних середовищах – повітряному та водному, в різних умовах інтенсивності та спектру світла, доступу вуглекислого газу та кисню.

На функціональному рівні пластичність рослин чітко демонструється рівнем синтезу білків теплового шоку з молекулярною масою 70 кДа (БТШ70), які відіграють істотну роль як у забезпеченні виживання клітини в стресових умовах, так і у нормальному метаболізмі. Високий рівень цих білків є індикатором порушення внутрішньоклітинного гомеостазу: його активація передуює розвитку специфічних адаптивних реакцій в перші години стресу, коли організм піддається найбільшим деструктивним процесам, і супроводжує адаптивні процеси при тривалому (кілька діб) впливі несприятливого фактору, постійного або зростаючого. Так, було встановлено, що види із більшим діапазоном стійкості, наприклад вех широколистяний (*Sium. latifolium*), мальва лісова (*Malva silvestris*) та м. пульхелла (*M. pulchella*)



характеризувались більш тривалою та значною активацією синтезу БТШ70. У листках справжніх водних рослин, наприклад, водяного горіха плаваючого (*Trapa natans*) – з вузьким діапазоном стійкості до теплового стресу – індукція синтезу відбувалась на низькому рівні, а

у водяної капусти (*Pistia stratiotes*), що пристосувалася до росту на суші, виявлено три ізоформи БТШ70, які були відсутні у плаваючих листках цієї рослини. На підставі одержаних даних розроблено та відпрацьовано метод використання БТШ70 в якості індикатора стресу при тестуванні рослин природних угруповань та в якості біомаркера негативного впливу екологічних факторів при моніторингу природного середовища. Цей метод може бути застосований при тестуванні оранжерейних рослин та сільськогосподарських культур, зокрема, в генетико-селекційній роботі при випробовуванні нових сортів на посухо- та жаростійкість.

Також показано, що посухостійкий сорт кукурудзи Достаток більш стабільно реагує на зниження вологості ґрунту, ніж чутливий до посухи сорт Переяслівська за такими показниками як кількісні зміни вмісту ліпідів і жирних кислот цитоплазматичної мембрани клітин коренів рослин та активність асоційованого з мембраною ферменту  $H^+$ -АТФази, що є активною транспортною системою, для чого використовує енергію, яка вивільнюється при гідролізі АТФ. Припускається, що гідролітична активність  $H^+$ -АТФази може бути біомаркером ступеня пристосованості рослин до посухи.

На підставі даних щодо рівня експресії певних генів, чутливих до посухи, та швидкості росту проростків арабідопсису таля (*Arabidopsis thaliana*) при дії водного дефіциту, що посилюється, та після відновлення нормальної вологості субстрату припускається, що дія помірного водного дефіциту має характер еустресу, тобто мобілізує можливості організму для підвищення його життєздатності після припинення дії цього чинника.

Висунуто уявлення, що основною формою складних взаємовідношень рослин у ценозі є співіснування, що обумовлюється особливостями їхньої біології та екології (тривалість онтогенезу, системи розмноження, послідовність сезонного розвитку) та рівнем фенотипічної пластичності у певних умовах інтенсивності та спектру світла, водозабезпечення, типу ґрунту. Саме співіснування видів, різних за біологією та екологією забезпечує стабільність біоценозу. Універсальна реакція рослин різної біології та екології на ці несприятливі впливи – скорочення онтогенезу, тобто прискорення переходу від вегетативної фази до генеративної, найпоширеніші приклади – очерет звичайний (*Phragmites australis*) і сосна звичайна (*Pinus sylvestris*). Адаптивні відповіді на молекулярному рівні широко варіюють залежно від екологічних особливостей виду та генетично запрограмованої норми реакції.

Фундаментальні надбання з проблеми пластичності онтогенезу рослин є основою для визначення нових клітинних і молекулярних маркерів для оцінки та прогнозу стану й стійкості дикорослих рослин та сільськогосподарських культур на різних етапах росту й розвитку, оцінки в цілому їхнього адаптивного потенціалу при дії різного ступеня несприятливих змін екологічних факторів.

Відділ клітинної біології та анатомії  
чл.-кор. НАН України Кордюм Єлизавета Львівна  
Тел.: 044 272 32 36