

УДК 372.857:881.111.1

А. Смоля, канд. біол. наук, О. Панюта, канд. біол. наук,
Т. Паршикова, д-р біол. наук

ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ СТРУКТУРИ І ФУНКЦІЙ ОБОЛОНКИ РОСЛИННОЇ КЛІТИНИ АНГЛІЙСЬКОЮ МОВОЮ

Описано оригінальну методику, що поєднує вивчення біологічного матеріалу та іноземної мови. Як приклад, наведено хід практично-ігрового заняття "Особливості структури і функцій оболонки рослинної клітини".

The original method, which combined the study of biology and foreign language, has been described. The practical lesson "The peculiarities of the structure and functions of the plant cell wall" is presented in the article.

Розроблені в останні роки методичні підходи дозволили значно просунутись у розумінні принципів функціонування рослинного організму як цілісної системи. У багатьох періодичних виданнях світу представлені результати досліджень, проведених на різних рівнях організації системи – субклітинному, клітинному, організменому, біоценотичному. Важливі результати досягнуті також у розумінні структури геному, поліморфізму рослинної ДНК, процесах модифікації ДНК та їхньому впливу на експресію ядерних генів, розкриті особливості регуляції експресії ядерних генів та координації регуляторних систем трьох генетично автономних компартментів рослинної клітини – ядерного, пластидного та мітохондріального.

Успіхи в пізнанні особливостей будови та роботи рослинної клітини, унікальних властивостей, що визначаються функціями полісахаридної клітинної стінки, сумісною роботою трьох геномів, будовою численних мембранних систем, властивостями транспортних та сигнальних механізмів дозволили глибоко дослідити онтогенез рослинного організму та стати передумовою для розробки біотехнологічних прийомів управління програми розвитку клітин.

Для розуміння сутності процесів життєдіяльності рослини важливою задачею є вивчення сучасних уявлень про будову та функції клітинної стінки та мембранних структур рослини. Отримання такої інформації неможливе без вільного володіння іноземною мовою (перш за все англійською), оскільки у більшості професійних дискусій, електронних лекціях, що читаються провідними вченими світу, на міжнародних конференціях, з'їздах, симпозіумах, для спілкування та обговорення отриманих результатів використовується саме вона.

В зв'язку з цим, на базі кафедри фізіології та екології рослин Київського національного університету імені Тараса Шевченка було розпочато розробку та апробування практичних занять, які знайомили б майбутніх науковців-біологів з останніми досягненнями біологічної науки мовою оригіналу.

Метою даної роботи було визначити структуру та функції клітинної стінки та високоорганізованих мембранних структур рослинної клітини англійською мовою.

Як й всі інші практичні заняття, наведене в цій роботі, як приклад, заняття "Особливості структури і функцій оболонки рослинної клітини" складається з двох частин: біологічної та граматичної. Біологічний блок ведеться англійською мовою, в разі необхідності роз'яснення надається українською мовою. Блок присвячений граматиці англійської мови, викладається українською мовою для полегшення розуміння. Кожний блок розподіляється на кроки, метою яких є логічне розкриття теми. Обидва блоки супроводжуються яскравими слайдами, фотографіями, малюнками, схемами, таблицями. Використовуються широкі можливості сучасних комп'ютерних технологій, мультимедійні системи. В кінці першого блоку часто демонструються короткі анімаційні чи документальні стрічки, що дозволяють краще розкрити тему заняття. Граматичний блок має бути органічно пов'язаним з лексикою

першого блоку. На базі лексики біологічного блоку наводяться граматичні приклади, а також створюються оригінальні вправи в контексті лексики біологічного блоку. Таким чином, студенти повторюють граматику англійської мови у лексичному просторі біологічної спеціальності, що надає можливість поступового невимусеного занурення у англомовний простір, знімає мовний бар'єр. А надання контекстної цільової спрямованості лінгвістичним вправам дає можливість студентам набути необхідний досвід у майбутній фаховій діяльності. Тому такі заняття допоможуть безболісно адаптуватися у новому мовному професійному середовищі молодим спеціалістам-біологам у майбутньому.

Біологічний блок. STEP1/ Крок 1. Розпочинається заняття з повторення того, що оболонка рослинної клітини складається із клітинної стінки та плазмалеми (плазматичної мембрани), яка оточує цитоплазму клітини. Студенти намагаються дати визначення клітинної стінки на іноземній мові, і викладач узагальнює, що клітинна стінка/cell wall – це структурне утворення на периферії клітини (за межами клітинної мембрани – плазмалеми/plasmalemma), яке надає їй міцності, зберігає форму і захищає протопласт, та представляє відповідний слайд. Оскільки цей слайд відразу занурює студентів в світ англомовної термінології, то доцільно уважно ознайомитися з новими термінами з точки зору правопису та фонетики.

Далі викладач пропонує рольову гру, котра спрямована на успішну самореалізацію студентів шляхом створення психолого-дидактичної ситуації. Аудиторія ділиться на дві великі групи. Одна група представляє собою команду науковців, котра вперше в світі відкрила будову клітинної стінки, друга група – будову мембран.

На цьому етапі студенти першої групи включаються у гру, представляючи від свого імені поставлену задачу. Викладач доповнює, демонструючи яскраві фотографії та малюнки. Звертає увагу на англійську термінологію. Клітинна стінка/cell wall, говорить викладач, в основному складається з полісахаридів/ polysaccharide, найважливішими з яких є целюлоза (клітковина)/ cellulose, геміцелюлоза/hemicellulose і пектинові/pectins речовини. До складу клітинної стінки можуть входити органічні (лігнін/lignin, суберин/suberin, віск/wax, кутин/cutin, білок/protein) і неорганічні (солі кальцію, кремнезему) речовини.

Проведені експериментальні дослідження свідчать, що клітинна стінка складається з 2 або 3 структурно незалежних, але взаємодіючих полімерів. Кожний з них виконує свої специфічні функції. Основна складова, що утворює каркас клітинної стінки, побудована з лінійних мікрофібрил клітковини/cellulose microfibril та гліканів/glycans, що їх з'єднують. Друга складова формується з пектинових полісахаридів /pectin polysaccharide. Третя складова побудована з структурних білків або фенілпропанолів. Особлива увага зараз приділяється визначенню та вивченню тих цукрів, які беруть участь в побудові клітинної стінки. Відомо, що полімери цукрів (полісахариди) формують головний структурний остів клітинної стінки. В побудові всіх її вуглеводних поліме-

рів звичайно беруть участь лише 10-11 різних моносахаридів, причому вони обов'язково знаходяться в циклічній (фуранозній або піранозній) формі. На сучасному етапі серед моносахаридів ідентифіковані: α -L-Рамноза (Rha), α -D-Глюкоза (Glc), α -D-Маноза (Man), α -D-Галактоза (Gal), α -D-Апіоза (Api), α -D-Ксилоза (Xyl), β -L-Арабіноза (Ara), α -D-Глюкуронова кислота (GlcA), α -D-Галактуронова кислота (GalA) та α -L-Фукоза (Fuc). Полісахариди клітинної стінки прийнято називати за основними цукрами, що входять до їх складу. Наприклад, ксилоглюкан має основний ланцюг, що складається з β -1-4 глюкозильних залишків, до яких приєднуються бічні ксилоні одиниці. Глюкуроноарабіноксилан має основний ланцюг з ксилоні залишків з бічними групами, що складаються з глюкуронової кислоти та арабінози. В останні роки були визначені чотири головні класи структурних білків клітинної стінки, три з яких отримали назву за домінуючою у складі даного білка амінокислотою – це гідроксипролінзбагачені глікопротеїни (HRGPs – від *hydroxyprolin-rich glycoproteins*), пролінзбагачені білки (PRPs) та гліцинзбагачені білки (GRPs). Їхня кількість залежить від типу тканини та виду рослин. Структурні білки клітинної стінки звичайно кодуються великими мультигенними родинами. Їх синтез знаходиться під контролем розвитку. Всі мРНК білків клітинної стінки мають сигнальну послідовність, що направляє білки по секреторному шляху. Четвертий клас структурних білків – арабіногалактанові білки (AGPs). Крім клітинної стінки, ці білки знайдені також у везикулах апарату Гольджі та плазмалемі. Клонування генів деяких AGPs показало, що ці білки збагачені проліном/гідроксипроліном, аланіном та серином/треоніном [1].

Для ретельного розкриття теми розглядаємо будову кожного з трьох шарів клітинної стінки. У клітинній стінці розрізняють серединну пластинку/middle lamella, первинну/primary і вторинну/secondary клітинну стінку/cell wall. Серединна пластинка з'єднує первинні стінки сусідніх клітин та складається з пектинових речовин. Первинна стінка тонка, збагачена пектином та геміцелюлозою, еластична, може розтягуватись і не перешкоджає росту клітини.

Вторинна стінка містить велику кількість целюлози, товстіша, багатшарова, майже не здатна до розтягання. Вона формується життєдіяльною цитоплазмою/cytoplasm і нашаровується зсередини на первинну стінку. У сформованій вторинній стінці виділяють три шари: зовнішній/external, що прилягає до первинної стінки, середній/middle, найтовстіший, та внутрішній/internal, який часто відрізняється за структурою та властивостями від двох попередніх, а тому деякі дослідники виділяють його окремо і називають третинною стінкою [2].

З метою більш глибокого розкриття матеріалу викладач демонструє наступний слайд з якого видно, що вторинна клітинна стінка накладається на первинну несучим шаром, в результаті чого у вторинній стінці залишаються не потовщені ділянки – пори/pits. Пори двох сусідніх клітин розташовані одна проти одної. Через них і відбувається міжклітинний зв'язок. Пори мають вигляд каналів, перегорджених первинним шаром, який називається замикаючою плівкою в той час як перфорації/perforations – наскрізні отвори в клітинних стінках судин та ситоподібних трубках рослин. По них вільно транспортуються поживні речовини.

Розрізняють прості пори/simple pits та облямовані пори/bordered pits. У простих пор канал нагадує циліндричний хід у стінці між двома сусідніми клітинами. В такому каналі є серединна роздільна плівка. В облямованих порах канал не циліндричний. Він розширюється в напрямку від порожнини кожної клітини до спільної замикаючої плівки. Тонка плівка, що з'єднує дві одна проти одної розміщені пори з різних клітин, посередині утворює потовщення – тор, або торус. Його діаметр дещо біль-

ший за діаметр вхідного отвору. При зміні осмотичного тиску, тор бере участь в відкриванні та закриванні пори. Тобто може функціонувати як клапан і регулювати транспорт речовин. Облямовані пори, як правило, характерні для трахеїд і судин, але можуть бути і в паренхімних клітинах. Плазмодесми/plasmodesmata – цитоплазматичні тяжі, що з'єднують протопласти сусідніх рослинних клітин і забезпечують передачу сигналу та транспорт поживних речовин. Плазмодесми розміщуються в каналах, що утворюються під час поділу клітин. Простір каналців виступає плазмалемою.

Наприкінці Кроку 1 даємо визначення протопласту, симпласту, апопласту. Стежимо за правильною артикуляцією.

Протопласт/*protoplast* – живий вміст клітини, що складається з каріо- та цитоплазми, обмежений плазмалемою.

Симпласт/*syplast* – сукупність всіх протопластів живих клітин організму, що сполучені цитоплазматичними нитками – плазмодесмами.

Апопласт/*apoplast* – вільний простір, віднесений до позацитоплазматичних компонентів тканини рослин (до клітинних стінок і міжклітинників), по яких відбувається вільна дифузія речовин.

STEP 2/Крок 2. Переходимо до визначення поняття "клітинна мембрана/cell membrane". Студенти дають визначення на англійській мові, доповнюючи один одного. Викладач підсумовує, демонструючи слайд з визначенням терміну та представляючи синоніми (*plasma membrane, plasmalemma*). Уточнюємо, що плазмалема – це плазматична мембрана, що оточує зовні протопласт і прилягає до клітинної стінки. Далі продовжуємо рольову гру розпочату на першому етапі заняття. На цьому етапі вже студенти другої групи включаються у гру, представляючи від свого імені існуючі моделі будови мембрани, та доповнюючи один одного.

Вчитель підсумовує, що дійсно згідно моделі типу сандвіча/*sandwich models* біологічні мембрани мають вигляд тришарової структури, в якій ліпідний бішар розташований між двома шарами білку. На сьогодні найбільш визнаною є запропонована у 1972 році англійськими вченими С.Сінгером і Г.Ніколсоном/*S. Singer and G. Nicolson* рідинно-мозаїчна модель/*fluid mosaic membrane model* будови біологічних мембран, згідно якої мембрани складаються з подвійного шару ліпідів/*lipid bilayer*, у який занурені білки.

Детальна будова ліпідного бішару розглядається викладачем на наступному слайді. Наголошується, що ліпідний компонент мембран представлений фосфоліпідами/*phospholipids*, гліколіпідами/*glycolipids*, стероїдами/*steroids* тощо [3].

Звертаємо увагу студентів на те, що молекули ліпідів розташовані упорядковано – перпендикулярно до поверхні, у два шари так, що їхні гідрофільні голівки/*hydrophilic heads/hydrophilic region* спрямовані назовні, а гідрофобні хвостики/*hydrophobic tails/ hydrophobic region* – всередину мембрани.

Наступним постає запитання, а які ж типи білків знайдено в мембранах? Студенти пригадують, що білки мембран поділяються на периферійні/*peripheral*, розташовані на поверхні ліпідного шару, та інтегральні/*integral/transmembrane*, глибоко занурені в нього [4]. Останні можна поділити на три типи: 1) білки, занурені в ліпіди з одного боку мембрани; 2) білки, що пронизують подвійний шар наскрізь; 3) білки, що цілком занурені в ліпіди, заховані в них. За допомогою таблиці, яку демонструє викладач наводяться приклади різних типів білків та вказуються їх функції (функції ферментів, насосів, переносників, йонних каналів, білків-регуляторів і структурних білків).

Тепер розглядаємо різні типи переносу речовин крізь мембрану, а саме:

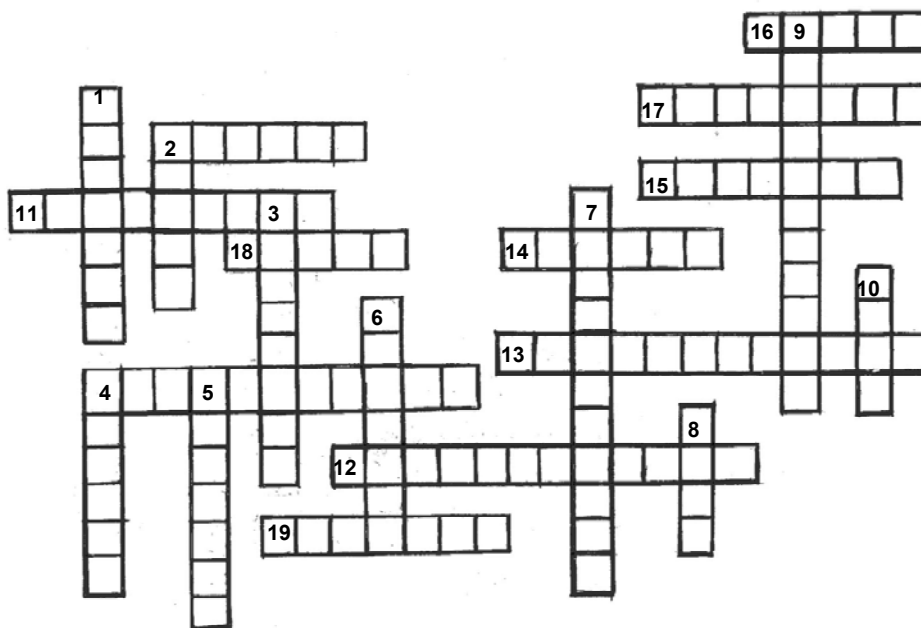
Уніпорт/*uniport* – перенесення транспортним білком розчиненої речовини крізь мембрану.

Симпорт/*symport* – перенесення речовин в тому ж напрямку, куди транспортується інша молекула, завдяки білку-переноснику.

Антипорт/*antiport* – перенесення речовин крізь мембрану в сторону, протилежну напрямку перенесення речовин транспортним білком.

На наступному слайді схематично зображена траєкторія руху різних трансмембранних білків (кожному з яких відповідає літера англійського алфавіту) через ліпідний бішар. Завдання полягає в тому, щоб визначити, які з білків здатні проходити ліпідний бішар лише один раз, а які багато разів.

CELL WALL and MEMBRANE



ANSWERS

ACROSS:

- 2 – лігнін
- 4 – плазмалема
- 11 – цитоплазма
- 12 – глікопротеїн
- 13 – фосфоліпід
- 14 – глюкан
- 15 – уніпорт
- 16 – ланцюг
- 17 – жорсткість
- 18 – ксилема
- 19 – бішар

DOWN:

- 1 – білок
- 2 – ліпід
- 3 – симпласт
- 4 – пектин
- 5 – симпорт
- 6 – пластина
- 7 – гідрофобний
- 8 – пори
- 9 – гідрофільний
- 10 – хвостик

ACROSS

- 2 – lignin
- 4 – plasmalemma
- 11 – cytoplasm
- 12 – glycoprotein
- 13 – phospholipid
- 14 – glycan
- 15 – uniport
- 16 – chain
- 17 – rigidity
- 18 – xylem
- 19 – bilayer

DOWN

- 1 – protein
- 2 – lipid
- 3 – symplast
- 4 – pectin
- 5 – symport
- 6 – lamella
- 7 – hydrophobic
- 8 – pits
- 9 – hydrophilic
- 10 – tail

STEP 3/Крок 3. Підсумовуємо набуті знання, пропонуємо визначити функції плазмалеми та клітинної стінки у гри. Для цього студентам необхідно вибрати функції плазмалеми та клітинної стінки з переліку, який представлено у вигляді таблиці. Аудиторія ділиться на дві групи. Виграє група, яка дала більше правильних відповідей. Можна зазначити, що такі завдання піднімають рівень збудження кори головного мозку, а як відомо, при підвищенні рівня збудження центральної нервової системи краще запам'ятовується матеріал.

Можна зазначити, що такі завдання викликають емоційні відгуки у аудиторії, являються фундаментом для закріплення вже існуючих знань та базою для їх розширення та поглиблення. На фоні емоційного піднесення краще запам'ятовується лексичний матеріал, кожний студент декілька разів вимовляє нові слова, у разі необхідності викладач пише на дошці транскрипцію слів, що важко вимовляються. Деякі слова повторюють-

ся хором всією аудиторією. Таким чином, знімається напруга перед іноземною мовою, страх непорозуміння. Крім того, закріплюються артикуляційні навички. Для тренування правильної вимови окремих звуків викладач може запропонувати повторити за ним скоромовки, прислів'я або просто окремі пари звуків.

Закінчуємо перший блок заняття перевіркою вивченого на даному занятті лексичного матеріалу [5] шляхом вирішення оригінального кросворду, запропонованого викладачем (рис.1). Завдання полягає в тому, щоб не дивлячись в свої записи, перекласти термінологію заняття з української на англійську мову. Після того, як кросворд вирішено, пропонуємо обмінятися листками та перевірити кросворд сусіда. Таким чином, перевіряємо лексичну компетенцію майбутніх фахівців та їхнє мовне відчуття. Крім остаточного засвоєння термінології завдання-кросворд дає можливість короткого відпочинку, відновлює емоційну рівновагу, поживляє аудиторію.

Граматичний блок. Другий блок заняття – граматичний, але пов'язаний з фактичним матеріалом першого блоку.

STEP 1/ Крок 1. Оскільки на попередньому занятті ми ознайомилися з граматичними особливостями в англійській мові такої частини мови як іменник, то тепер у нас є підґрунтя для знайомства з артиклем, частиною мови, котра відсутня в українській мові і котра багато разів звучала в ході представленого заняття.

Викладач нагадує правила вживання означеного та неозначеного артикля, а також випадки відсутності артиклів перед іменниками. Також викладач зазначає, що артикль може стояти перед іншими частинами мови, якщо автор хоче надати даній частині мови характер іменника. Пропонується завершити Крок 1 бліц-опитуванням.

STEP 2/ Крок 2. Студентам пропонується перейти безпосередньо до виконання практичної вправи. Завдання полягає в тому, що необхідно вставити потрібні артиклі в текст, речення якого пронумеровані та знайти відповідний їм ланцюг з артиклів. Виграє той, хто зробить менше помилок. Текст узагальнює інформацію про клітинну стінку

та мембрану. Таким чином граматична вправа відпрацьовується в контекстних рамках заданої теми. Наприкінці граматичного блоку викладач пропонує вставити артиклі у відомий жартівливий вірш, що сприяє завершенню заняття на високій позитивній емоційній ноті.

Як бачимо, вивчення біологічної дисципліни на іноземній мові задає і контекстні рамки вивчення і самої іноземної мови, що призводить до того, що студентам задаються контури їхньої професійної діяльності в нових умовах економічної, наукової та освітньої євроінтеграції. Крім того, так формується іншомовна комунікативна професійно-спрямована компетенція студентів у неможовому навчальному закладі.

1. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин. – К.: Либідь, 2005. – 808 с. 2. Медведев С.С. Физиология растений. – СПб.: Изд-во С-Петербург. ун-та, 2004. – 336 с. 3. Красильникова Л.О., Садовниченко Ю.О. Анатомія рослин. – Х.: Колорит, 2004. – 237 с. 4. Бавуто Г.А., Еремін В.М., Жигар М.П. Атлас по анатомії рослин. – Мн.: Ураджай, 2001. – 248 с. 5. Кириченко Е.Б. Русско-французско-английский словарь. Физиология и биохимия растений. – М.: Наука, 2002. – 371 с.

Надійшла до редколегії 31.03.09

УДК 582.231

О. Пацко, асп., Т. Паршикова, д-р біол. наук

ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ АСОЦІАЦІЙ АЗОТФІКСУЮЧИХ БАКТЕРІЙ І СИНЬОЗЕЛЕНИХ ВОДОРОСТЕЙ

*Досліджено вплив вільноживучих азотфіксуючих бактерій родів *Azotobacter*, *Azospirillum*, синьозелених водоростей *Nostoc commune*, *Anabaena variabilis* та бінарних композицій даних мікроорганізмів на енергію проростання насіння салату, ріс та розвиток рослин пшениці. Показано, що використання даних асоціацій виявилось більш ефективним, ніж діазототрофів і синьозелених водоростей окремо, та забезпечило достовірне підвищення досліджуваних показників.*

*The influence of free-living diazotrophs *Azotobacter* and *Azospirillum* genus and cyanobacteria of *Nostoc commune* and *Anabaena variabilis*, as well as their binar composition on the energy of growing of *Lactuca sativum* seeds, on the growth and development of *Triticum vulgare* was investigated. It was shown that using of composition of nitrogen-fixing bacteria and cyanobacteria was more effective than their monocultures. As a result it was observed the reliable increasing of the growth parameters.*

Вступ. На сьогоднішній день забезпечення рослин основними біогенними елементами ускладнюється і погіршується з кожним роком, а тому відноситься до однієї з найважливіших і найпріоритетніших проблем сучасної агроекології.

Масштабність виробництва мінеральних добрив в Україні вимагає колосальних енергетичних витрат, покриття яких не дає втішних результатів. При зростанні доз внесення мінеральних добрив, не компенсується потреба рослин у основних макро- та мікроелементах та значно погіршується якість сільськогосподарської продукції. Особливо гострою є проблема біологічної азотфіксації. Негативні зміни азотфіксуючої здатності мікрофлори ґрунтів внаслідок різноманітних причин (хімізації, нестачі вологи, вітрів, дефіциту органічних сполук, дії несприятливих факторів тощо) посилюють підкислення ґрунтового розчину, збільшують рухливість мікро- та макроелементів. А ці процеси призводять не лише до дефіциту основних поживних елементів, але й до їх незбалансованості по співвідношенню складових компонентів. Так, наприклад, за даними Е.Н. Мішустина і його колег [4] уже в 70-ті роки минулого століття разом з сільськогосподарською продукцією земної кулі щорічно з ґрунту виносилося близько 100 млн. т. азоту. Внесення мінеральних добрив компенсувало лише 12 млн. т. У зв'язку з цим, науковцями ряду країн проводяться фундаментальні дослідження, спрямовані на з'ясування механізмів процесу азотфіксації та деталізацію перебігу окремих фізіолого-біохімічних реакцій при зв'язуванні інертної молекули азоту в доступну рослинам форму. Істотне підвищення рівня фіксації азоту біологічним шляхом і залучення його в природний кругообіг – одне з важливих завдань сучасності. Практичний аспект розробок в цьому напрямі полягає в пошуку шляхів мобілі-

зації внутрішніх ресурсів азотфіксаторів і досягнення максимальної інтенсивності даного процесу.

Не дивлячись на те, що на сьогодні досягнуто значних успіхів у дослідженні зазначеної проблеми, ефективність процесу азотфіксації в природних умовах значно нижча від рівня, досягнутого на дослідних ділянках [2]. Тобто, біологічний потенціал азотфіксуючих мікро- та макроорганізмів реалізовано ще далеко не повністю.

Метою наших досліджень було перевірити можливість використання асоціацій діазототрофів і синьозелених водоростей та вивчити їх вплив на рослини.

Об'єкт та методи досліджень. Культури водоростей вирощували до стаціонарної фази росту на поживному середовищі Фітцджеральда в модифікації Цендера й Горема (при температурі 22°C та освітленні 6-7,5 Вт/м²). Концентрацію хлорофілу визначали спектрофотометричним методом, а показник рівня життєздатності клітин (або величину їх потенційної фотосинтетичної активності) оцінювали за інтенсивністю флуоресценції [7]. Концентрація хлорофілу *a* у *Nostoc commune* становила 1719,6 мкг/л, а показник фотосинтетичної активності – $\Delta F=0,15$; у *Anabaena variabilis* – 1506,7 мкг/л та $\Delta F=0,15$. Штами діазототрофів, отримані з Колекції ґрунтових мікроорганізмів Інституту сільськогосподарської мікробіології, вирощували на рідких середовищах: *Azospirillum brasilense* 54 і *Azospirillum brasilense* 18-2 – на середовищі з мелясою, консорціум M70/2 (*Azotobacter chroococcum* M70 та *Azotobacter vinelandii* Mx) – на середовищі Ешбі. Нітрогеназну активність діазототрофів, синьозелених водоростей та бінарних асоціацій даних мікроорганізмів визначали в чистій культурі. Синьозелені водорості вирощували на середовищі Фітцджеральда в модифікації Цендера і Горема, азоспірили – на напіврідкому середовищі Доберейнера, азотоба-

© Пацко О., Паршикова Т., 2009