

**ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО НАПРЯМКУ ФІТОФІЗІОЛОГІЇ В УКРАЇНІ***Київський національний університет ім. Т. Г. Шевченка*

Розкрито становлення екологічної фізіології рослин в Україні. Підкреслено вагомий внесок одного із засновників цієї галузі науки – академіка Євгена Пилиповича Вотчала, охарактеризовано головні напрямки його наукової діяльності в контексті вивчення екологічної фітофізіології: закономірності руху води в рослині, посухостійкість сільськогосподарських культур, еколого-фізіологічні дослідження фотосинтезу, особливості польової фізіології рослин.

*Ключові слова: фізіологія рослин, екологічний напрямок, Україна, пріоритети.*

T. E. Khrystova

*Taras Shevchenko Kiev national university***ECOLOGICAL DIRECTION FORMATION OF PHYTOPHYSIOLOGY IN UKRAINE**

It is exposed the ecological plant physiology formation in Ukraine. It is underlined the meaningful contribution of one of the founders of this science area, academic Evgeniy Phylipovich Votchal. It is characterized the main directions of his scientific activity in context of ecological phytophysiology studying: the water moving regularity at plant, farming cultures' drought-stability, ecological-physiological researches of photosynthesis, peculiarities of field plant physiology.

*Key words: plant physiology, ecological direction, Ukraine, priorities.*

Останнім часом в Україні значно розширилися дослідження в галузі екологічної фітофізіології, завданнями якої є вивчення впливу зовнішніх умов існування на процеси життєдіяльності та з'ясування принципів інтеграції фізіологічних процесів у рослинному організмі. Результати цих досліджень спрямовані на вирішення комплексу важливих питань: підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, розв'язання екологічних проблем, охорона навколишнього середовища та його раціональне використання.

Поглиблене вивчення водного режиму та стійкості рослин сприяло формуванню в Україні в 90-х рр. XIX ст. екологічної фізіології рослин. Й. В. Баранецький, С. М. Богданов, Є. П. Вотчал, В. Р. Заленський, В. В. Колчунов та інші вітчизняні вчені в своїх дослідженнях неодноразово торкалися питань впливу зовнішніх умов на забезпеченість рослин водою і стійкість їх до несприятливих факторів довкілля (Развитие биологии на Украине, 1984). На початку XX ст. Є. П. Вотчал та В. М. Любименко розробили теоретичні засади екологічного напрямку фітофізіології і створили перші дослідницькі програми, реалізовані вже у 20-30-х рр. (Природознавство в Україні ..., 2001). Є. П. Вотчал започаткував фізіолого-екологічний аспект досліджень фотосинтезу (Моргун, 2001). У цей період екологічна фізіологія рослин виділилась у самостійну галузь, але ще не були визначені шляхи її розвитку. Методи, якими користувалася молода наука, здебільшого запозичувалися з класичної фізіології, хоча нові завдання вимагали інших підходів до їх розв'язання.

Мета роботи передбачала на основі історико-наукової реконструкції становлення фізіології рослин в Україні в контексті розвитку світової науки дослідити, узагальнити і систематизувати фітофізіологічні погляди Є. П. Вотчала; розкрити значущість творчого доробку вченого для сучасної екофізіології рослин. Досягнення означеної мети вимагало вирішення таких завдань: проаналізувати наукову спадщину Є. П. Вотчала з вивчення різних аспектів життєдіяльності рослин в історико-хронологічному контексті; з'ясувати головні напрямки досліджень відомого вченого; охарактеризувати внесок Є. П. Вотчала в розвиток екофізіології рослин. Робота проводилась у рамках наукової теми № 0104U002429 «Історичний розвиток фізіології рослин в Україні».

Вагомий внесок у вивчення різних екологічних аспектів фітофізіології зробив самобутній український вчений, академік Євген Пилипович Вотчал (1864–1937), який розробляв нові напрямки в цій галузі. Його дослідження з фітоекології були присвячені різноманітним аспектам впливу зовнішніх факторів на забезпеченість рослин водою і стійкість їх до несприятливих умов довкілля. Для наукової творчості цього вченого характерні такі ознаки: критичний аналіз літературної спадщини попередників; тісний зв'язок теорії і практики; висока експериментальна майстерність; оригінальні методики.

Є. П. Вотчал вславився своїми класичними дослідженнями з екології водного режиму рослин. Капітальна праця «Про рух пасоки (води) в рослинах» (Вотчал, 1897) складається з

двох частин: перша містить унікальний історико-критичний аналіз світової літератури з надзвичайно складного питання – механічної будови водоносної системи рослин; друга присвячена власним експериментальним дослідженням загального характеру руху вмісту деревини, виконаних з використанням гранично досконалої фізіологічної методики (автоматичний запис коливань тиску в елементах деревини, які проводять воду). Автором було доведено пасивність деревини в пересуванні води по стовбуру і розроблено теорію (у подальшому вона стала загальноновизнаною), згідно з якою в транспорті води та розчинених у ній речовин виняткове значення має робота кінцевих двигунів рослини – кінчиків коренів (кореневий тиск) і хлорофілонової паренхіми листків (присисна дія листків).

Важливого значення вчений надавав дослідженням складу і ролі пасоки в тканинах дерева по всьому стовбуру. Для цього він розробив оригінальну методику отримання зразків пасоки зі стовбура дерева у природних умовах із додержанням асептики. Є. П. Вотчал установив природну стерильність пасоки, наявність у ній ферментів амілази, оксидази і каталази, їх кількісне співвідношення. Він констатував зміну активності ферментів, яка підвищується одночасно з посиленням обміну речовин під час весняного розвитку дерева (Вотчал, 1916). Ці дослідження сприяли формуванню поглядів на пасоку як важливий елемент обміну речовин живої тканини. Подальші роботи стосувались коливань тиску в трахеолі стовбура дерева в природних умовах в залежності від інсоляції та погодних умов (дощ, сніг, град, вітер тощо). Вітчизняним ученим було встановлено ряд нових фактів, які поглибили уявлення в галузі екофізіології деревних рослин.

Неоціненний внесок зробив Є. П. Вотчал у вивчення екологічних аспектів фізіології сільськогосподарських культур. Ці дослідження охоплювали комплексне вивчення умов водного балансу, фізіологічної природи посухостійкості, асиміляції вуглекислого газу листками в природних умовах у нормально вкорінених рослин. Вперше фотосинтез і газообмін досліджувалися паралельно з водним балансом, транспірацією, температурою листків, вмістом хлорофілу, а також дією геофізичних факторів (Вотчал, 1928а).

У зв'язку з тяжкими наслідками посухи 1921 р. перед Є. П. Вотчалом і його співробітниками було поставлене завдання всебічного дослідження з метою селекції природи посухостійкості сільськогосподарських рослин. Посухостійкість розглядалася ним як сукупність фізіологічних властивостей рослин, які забезпечують високий урожай за умов недостатнього водозабезпечення: «Посухостійка рослина – це рослина, створена шляхом творчої діяльності людини, це рослина, яка здатна в умовах посухи зберігати від патологічного відхилення нормальний стан комплексного балансу динаміки фізіологічних процесів і завдяки ньому продовжує нормальну фотосинтетичну роботу, навіть в умовах спеки і недостатньої кількості води в ґрунті. Крім особливостей фізіологічної динаміки, посухостійкість пов'язана і з кількісними особливостями та ступенем збалансованості анатомічної будови листка і з її пристосованістю до збереження згаданої фізіологічної збалансованості» (Вотчал, 1932, с. 207-208). Цей авторитетний учений уперше ввів до наукового обігу термін «посуховрожайність». Причини неврожайності рослин при посузі ототожнювалися з такими при зниженні врожаїв у роки з підвищеною сухістю. Своєрідність у вивченні суті впливу посухи на рослини полягала у введенні поняття про патологічний стан фізіологічних функцій (Вотчал, 1928б). Є. П. Вотчал першим охарактеризував різницю між ксерофітністю і посухостійкістю. Ксерофіти – це представники видів, розповсюджених у посушливій зоні з невеликими запасами вологи; зміни структури їх клітин і тканин, спрямованості фізіологічних і біохімічних процесів у різних органах при поступовому обезводнюванні є для них нормальними. Посуха ж у зоні достатнього зволоження – явище тимчасове, тому ті процеси, які відбуваються під впливом недостатнього водозабезпечення в культурних рослин (особливо в критичний період) відносяться до патологічної фізіології.

Головна увага у дослідженнях Є. П. Вотчала приділялась не водному балансу, як це було прийнято в ті роки, а процесам асиміляції і дихання при нормальному і патологічному стані рослин. Було доведено, що для з'ясування посухостійкості рослин важливе значення має динаміка за умов посухи низки фізіологічних процесів (інтенсивності фотосинтезу, дихання, транспірації, зміни температури листків, їх тургору). При порушенні водного балансу, а потім фізіологічного режиму вплив внутрішніх факторів стає провідним, а зовнішніх – відступає на другий план. У цьому, на думку вченого, полягає особливість дії мінливих природних умов. Комплексні вивчення посухостійкості рослин уперше проводилися у польових умовах спеціально розробленими методами. Дослідження, виконані у 1923–1930 рр. під керівництвом Є. П. Вотчала, дали можливість обґрунтувати теорію посухостійкості сільськогосподарських культур (Вотчал, 1932). Є. П. Вотчал надавав великого значення селекції на посухостійкість, на основі власних теоретичних висновків він сформулював необхідні для практичного застосування положення відбору посухостійких рослин.

Є. П. Вотчал разом із співробітниками (І. М. Толмачов, А. С. Оканенко, О. О. Табенцький, О. М. Кекух, Ф. І. Завгородній, Х. М. Починок та інші) заклав фундамент у галузі вивчен-

ня еколого-фізіологічних аспектів фотосинтезу. Основна мета цих праць – вироблення керівних положень для створення посухостійких сортів сільськогосподарських культур. Виходячи з того, що провідну роль у формуванні врожаю відіграє процес асиміляції вуглекислоти рослинами, Є. П. Вотчал вивчив денний хід інтенсивності фотосинтезу листків цукрового буряку за допомогою власно створеної стаціонарної газометричної установки. Досліди показали, що асиміляція зростає вранці, з підвищенням інтенсивності світла і температури, потім знижується при посиленні інсоляції і знову підвищується при її послабленні; тобто денна динаміка фотосинтезу має 2-вершинний характер. Поряд зі зниженням асиміляції в листках деяких рослин розвиваються патологічні процеси – листки прив'ядають, втрачають тургор та початкову форму. Провідною причиною в депресії асиміляції є порушення водного балансу внаслідок розриву між випаровуванням води листками і подачею її коріннями в спекотні години дня. У ці ж години починається й розлад теплового балансу, який проявляється в перегріванні листків. Ці явища викликають порушення загального метаболізму, яке характеризується підсиленням дихання і припиненням асиміляції. Уперше було встановлено, що у денні години спостерігається глибока депресія фотосинтезу, іноді відбувається виділення  $CO_2$  на світлі (Вотчал, 1926).

У керуванні Є. П. Вотчалом лабораторії також детально вивчався тісно пов'язаний з фотосинтезом процес транспірації. Дослідження Вотчала та його учнів (Д. Я. Самійленко, О. М. Кекух, Ф. І. Завгородній) усупереч думці більшості спеціалістів, які дивилися на цей процес як на «фізіологічне зло», підтвердили важливу роль транспірації у пересуванні по рослинах мінеральних і органічних речовин. Констатувались незалежні від зовнішніх умов коливання в денному ході транспірації (Вотчал, 1928а, 1928в).

Зосередивши увагу на вивченні всього комплексу процесів, які впливають на врожай, - асиміляції вуглекислого газу, диханні, транспірації, температурі всередині тканини і кількості хлорофілу, Є. П. Вотчал установив декілька нових фізіологічних закономірностей: «транспіраційна втома», «транспіраційний коефіцієнт асиміляції» (співвідношення між кількістю витраченої на транспірацію води і кількістю вуглекислоти, яка поглинається за цей же час), «депресія асиміляції» та інші (Вотчал, 1926, 1928в). Всебічне вивчення процесу фотосинтезу учнями Вотчала привело до подальшої деталізації і поглибленого аналізу цього явища в аспекті екологічної фізіології.

На початку ХХ ст. польову практику відносили до галузі агрономічних наук і її особливості майже не вивчали, бо вважали їх далекими від цілей класичної фізіології рослин. «Чиста наука» цих тем не торкалась; висновки, отримані шляхом використання класичних методів дослідження, мало допомагали сільськогосподарській практиці. Створювалось різке роз'єднання інтересів ботанічних і агрономічних наукових сфер. Дослідження наукової школи Є. П. Вотчала, усуваючи це роз'єднання, відповідали потребам практики. Саме у зв'язку науки з практикою поля формувалися теми досліджень її представників, створювались оригінальні теорії польових явищ. Це були новаторські роботи.

У процесі розробки теорії врожайності та посухостійкості було започатковано новий напрям досліджень – польову фізіологію рослин. Мета його – створення теоретичних основ для організованого впливу на розвиток рослин. Є. П. Вотчал докладно описав принципи цього напрямку: «1. Я відмовився від усіх екологічних аналогій та висновків на основі законів фізіології і перейшов до прямого експериментального вивчення польових явищ безпосередньо під відкритим небом... 2. У першу чергу я поставив пряме вивчення не окремих елементів складного комплексу в лабораторії, а навпаки, всього складного явища в цілому в його природній обстановці. 3. ... я брав у дослідження, в першу чергу теми, зв'язані з явищами, теорію яких необхідно було негайно дати виробництву. Ці теми виявлялись такими, що дають і найбільш цінні наукові результати. 4. Із складного комплексу сторін того, що цікавило виробництво, я брав у дослідження тільки те, що на основі попереднього фізіологічного аналізу повинне було грати провідну роль у виникненні важливого для виробництва явища. 5. Детальне вивчення окремих елементів складного комплексу я ставив у другу чергу. І вибір цього елемента ставив у залежність від зв'язування ступеня важливості його для ролі у виникненні вивчуваного» (Вотчал, 1939, с. 32). Фізіологічне порівняльне сортовивчення (основа нового напрямку) охоплювало в комплексі вивчення анатомічної будови, процесів асиміляції вуглекислого газу, дихання і температури листка. Основний відступ від правил фізіологічної методики в цих дослідах – та обставина, що в центрі уваги дослідників було вивчення патологічних ухилів у рослинному організмі. У зв'язку з тим що перенесення дослідів у поле примусило відмовитися від основних правил класичної фізіології рослин (сталість умов), Є. П. Вотчалом з співробітниками були сконструйовані оригінальні постійні лабораторні установки, розроблені високочутливі точні методи аналізу для роботи з рослинами, які ростуть у ґрунті. Паралельно з фізіологічним обліком здійснювали на місці спостереження за геофізичними факторами (сонячна інсоляція, температура та вміст вуглекислого газу в повітрі, вологість повітря і ґрунту), тому дослідні установки ділилися на два сектори – фізіологічний та географічний. Таким чином, динаміка системи «рослина – поле» охоплювалась в усіх її провідних ланках.

Польові дослідження мали порівнювальний характер (у дослідях використовували одночасно кілька сортів рослин і стандарт); були значно тривалішими за часом проведення і проводилися з використанням комплексного підходу. Дослідників цікавили процеси, які відбуваються паралельно у різних сільськогосподарських рослин і в різних їх лініях за безперервний ряд денних годин. Усе це вимагало не звичайних дослідів, а цілої серії установок і спостережень, що йшли без перерви один за одним. Крім того, проводилися паралельні спостереження двох фізіологічних процесів – асиміляції і транспірації. «Тут потрібні серії визначень, які характеризують те, як протікають процеси при тому чи іншому поєднанні географічних факторів, при тій чи іншій їх зміні. Тут потрібні добові, денні, ранкові, передзахідні та інші ходи вимірювань процесів, що вивчаються. Тільки таким шляхом можуть бути надійно уловлені расові і видові відміни та виявлені слабкі й сильні сторони організації» (Вотчал, 1928б, с. 225). Кінцева мета роботи Вотчала та його учнів полягала у виробленні методичних прийомів для селекціонерів при доборі на підвищену врожайність і на стійкість урожаїв в умовах посухи. Відповідно до принципів польової фізіології рослин було розроблено теорію виробничих властивостей цукрових буряків, що враховувала як нормальні, так і патологічні процеси, які протікають при культивуванні. Розв'язання цього завдання мало важливе державне значення, воно сприяло відновленню і подальшому розвитку традиційної для України галузі – цукрової промисловості.

Праці Є. П. Вотчала і його школи (1925–1936 рр.) зайняли одне з основних місць у нашій країні серед досліджень з фізіології цукрових буряків і охоплювали питання фотосинтезу, водного режиму, мінерального живлення і біохімічних процесів, які протікають у різних сортів культури. Дослідження проводилися за трьома напрямками. Перший із них був присвячений вивченню посухостійкості рослин. Наступний розділ – це цикл робіт з цукристості цукрових буряків з метою раціоналізації оцінки і теоретичного обґрунтування добору за цією ознакою. І, нарешті, досліджувалась анатомічна будова в процесі онтогенезу культури. У 1931–1933 рр. під керівництвом Є. П. Вотчала було розпочато серію досліджень, присвячених фізіологічному обґрунтуванню зв'язку між біохімічним складом, анатомічною будовою культури та її цукристістю. Детально вивчали динаміку накопичення і переміщення цукрів як протягом дня за різних погодних умов, так і протягом вегетації рослин різного віку в сортів урожайного та цукристого напрямків. Процеси цукронакопичення розглядали в тісному зв'язку з онтогенезом, філогенезом та екологією культури. Науковою школою Є. П. Вотчала були виявлені закономірності динаміки накопичення і пересування цукрів у тканинах коренеплодів цукрових буряків за різних погодних умов (Вотчал, 1939).

Таким чином, на початку ХХ ст. в Україні екологічна фізіологія рослин виділилася в окрему галузь, одним із засновників якої був Є. П. Вотчал. Під його керівництвом уперше в світі було сформульовано теорію транспорту води в рослинах; досліджено особливості руху пасоки в стовбурах дерев; розроблено методику, що зв'язувала вивчення водного режиму, теплового балансу, фотосинтезу, дихання і врожайності сільськогосподарських культур; проаналізовано відмінність природи посухостійкості ксерофітів і культурних рослин; висунуто оригінальне положення про патологічний стан фізіологічних функцій у рослинах під час посухи; розпочато еколого-фізіологічні дослідження природи фотосинтезу; започатковано новий напрям досліджень – польову фізіологію рослин, створено теорію промислових властивостей цукрових буряків. Нові, принципово важливі розробки вченого в науці і техніці експерименту дали суттєвий поштовх розвитку ряду напрямків фізіології рослин, необхідних для прогресу різних галузей сільського господарства і промисловості.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Вотчал Е. Ф.** Дневной ход испарения и географические факторы / Е. Ф. Вотчал, Ф. И. Завгородний // Дневник III Всесоюзного съезда ботаников в Ленинграде. – Л.: Б.и., 1928а. – С. 358-369.
- Вотчал Е. Ф.** Исследования по ассимиляции CO<sub>2</sub> сельскохозяйственными растениями в природных условиях / Е. Ф. Вотчал, И. Н. Толмачев // Дневник Всесоюзного съезда ботаников в Москве в январе 1926 года. – М.: Изд-во Ассоциации НИИ при физ.-мат. фак. 1-го МГУ, 1926. – С. 47-49.
- Вотчал Е. Ф.** К вопросу о составе и роли пасоки. I. Присутствие ферментов в пасоке. II. Об изменении в содержании оксидаз в пасоке в течение плача // Сб. статей, посвященный К. А. Тимирязеву его учениками в ознаменование 70-летия со дня его рождения. – М., 1916. – С. 509-572.
- Вотчал Е. Ф.** О движении пасоки (воды) в растении: Критическое и экспериментальное исследование. – М.: Тип. Кушнерева, 1897. – 390 с.
- Вотчал Е. Ф.** О явлениях транспирации утомления // Дневник Всесоюзного съезда ботаников в Москве в январе 1926 года. – М.: Изд-во Ассоциации НИИ при физ.-мат. фак. 1-го МГУ, 1926. – С. 49-50.
- Вотчал Е. Ф.** Полевая физиология (нормальная и патологическая) и физиологическое сортоизучение в селекции // Тр. Науч. ин-та селекции. – 1928б. – Вып. 2. – С. 209-236.
- Вотчал Е. Ф.** Транспирационный коэффициент ассимиляции / Е. Ф. Вотчал, А. М. Кекух // Дневник III Всесоюзного съезда ботаников в Ленинграде. – Л.: Б.и., 1928в. – С. 367.

**Вотчал Е. Ф.** Физиология производственных свойств свеклы (Урожайность в условиях засухи, засухоустойчивость и устойчивость высоты урожая) // Науч. зап. по сах. пром-ти. – 1939. – Вып. 3-4. – С. 12-60.

**Вотчал С. П.** Теорія походження неврожаю в умовах посухи та зміни тургору і рухи листків як показники стану загального комплексного балансу динаміки фізіологічних процесів рослини // Журн. біо-ботан. циклу ВУАН. – 1932. – № 7-8. – С. 207-209.

**Моргун В. В.** Історія розвитку фізіології рослин в Україні / В. В. Моргун, В. К. Мусяка, В. К. Яворська // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть: У 2 т. / Гол. ред. В.В. Моргун. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – Т. 1. – С. 6-19.

**Природознавство** в Україні до початку ХХ ст. в історичному, культурному та освітньому контекстах / Ю. В. Павленко, С. П. Руда, С. А. Хорошаєва, Ю. О. Храмов. – К.: Видавничий дім «Академперіодика», 2001. – 420 с.

**Развитие биологии** на Украине: В 3 т. / Гл. редкол.: К. М. Сытник (гл. ред.) и др. – К.: Наук. думка, 1984-1986. – Т. 1. С древнейших времен до великой Октябрьской социалистической революции / Редкол.: Б. Г. Новиков (отв. ред.) и др. – 1984. – 416 с.

*Надійшла до редколегії 12.03.08*