

## НАУКОВА СПАДЩИНА ЄВГЕНА ПИЛИПОВИЧА ВОТЧАЛА

(до 145-річчя від дня народження)



Євген Пилипович Вотчал (1864—1937) — видатний учений, талановитий експериментатор, доктор біологічних наук, професор, академік Академії наук України, один із фундаторів екологічного напрямку вітчизняної фізіології рослин, фізіології окремих сільськогосподарських культур, а також терпентинового виробництва в країні. Він — засновник великої вітчизняної школи фізіологів рослин. Його багатогранна наукова діяльність залишила помітний слід в історії розвитку української науки.

Наукова спадщина Є.П. Вотчала, складниками якої є фахові дослідження, популярні статті, історичні екскурси, різниться глибоким індивідуальним характером, величезною науковою ерудицією. За 50 років плідної наукової діяльності вчений опублікував 62 праці. Найпродуктивнішими були останні 20 років роботи. На жаль, багато наукових праць вченого залишилося неопублікованими, оскільки він дуже прискіпливо ставився до кожного відкритого явища, багаторазово перевіряв конкретні факти і лише після цього пропонував знайдену залежність широкому колу науковців. На підставі комплексного аналізу наукової спадщини можна констатувати, що роботи Є.П. Вотчала з фізіології рослин розвивались переважно в таких напрямках: вивчення водного режиму рослин (розробив теорію транспорту води по рослині, досліджував особливості руху пасоки по стовбурах дерев); створення підґрунтя для розвитку екологічного напрямку фізіології сільськогосподарських культур (розробляв питання фізіологічної природи посухостійкості, фізіології фотосинтезу, започаткував польову фізіологію рослин, зокрема фізіологію цукрових буряків); дослідження фізіології хвойних дерев (вивчав гідродинамічні процеси в системі смоляних ходів рослин, розробив наукові основи підсочування, стояв біля витоків терпентинового виробництва в країні); з'ясування особливостей ґрунтового живлення рослин. Характерними ознаками діяльності вченого були: критичний підхід до наукової спадщини попередників; висока експериментальна майстерність (сконструював багато нових приладів, опанував методики найтоншого експерименту); оригінальні авторські розробки й методики; органічний зв'язок теорії з практикою.

Є.П. Вотчал уславився своїми класичними дослідженнями з екології водного режиму рослин, які охоплювали не лише питання фізіології рослин, а й були пов'язані зі складними проблемами гідродинаміки. Істотну допомогу при виконанні цієї роботи надав молодому досліднику видатний учений в галузі механіки М.Є. Жуковський. Копітка теоретико-експериментальна робота була завершена у 1897 р. написанням магіс-

терської дисертації «Про рух пасоки (води) в рослинах», що складалася з двох частин. Перша містила унікальний історико-критичний аналіз світової літератури з надзвичайно важливого й непростого питання — механічної будови водоносної системи рослин, починаючи з праць М. Мальпігі (1679 р.) та перших фізіологічних дослідів С. Гейлса (1727 р.). У цьому виявилась одна з характерних рис ученого — критичний підхід до наукової спадщини попередників. Друга частина присвячена власним експериментальним дослідженням загального характеру руху пасоки по деревині, виконаних із використанням оригінальної й досконалої фізіологічної методики (автоматичний запис коливань тиску в елементах деревини, які проводять воду). Автор довів пасивність деревини в пересуванні води по стовбуру і детально розробив теорію (в подальшому вона стала загально визнаною), згідно з якою в транспорті води й розчинених у ній речовин вирішальне значення має робота кінцевих двигунів — кінчиків коренів (кореневий тиск) і хлорофілоносної паренхіми листків (присисна дія листків). Є.П. Вотчал дійшов висновку про важливе значення цих чинників, він вважав, що «...водоносна система осьових органів в будь-яку пору року виявляється простим аналогом неперервних сполучних труб між апаратами, які подають воду і споживають її. «Труби» ці виявляють надто своєрідні властивості, які виражаються в надзвичайній «еластичності» їхнього вмісту. Але в той же час поведінка цього останнього дуже пасивна і потік його легко можна зробити зворотним». Учений експериментально встановив аналогію між водними потоками у деревині й колонці з піском, насиченим водою та бульбашками газу. На підставі цього М.Є. Жуковський математично обґрунтував теорію Є.П. Вотчала і розробив математичну модель явища, яка пояснювала рух соку в рослині дією фізичних сил. За цю роботу Є.П. Вотчалу було присуджено ступінь не магістра, а доктора ботаніки. Результати досліджень вітчизняного вченого не були опубліковані за кордоном, тому його внесок у вивчення закономірностей руху води у стовбурі рослин був визнаний у світі лише через 10—15 років (після виходу в світ праць англійського фізіолога Г.Г. Діксона).

Є.П. Вотчал виявив низку нових для науки фактів, які поглибили уявлення щодо екофізіології деревних рослин. Він розробив оригінальну методику відбирання проб пасоки зі стовбура дерева на різних рівнях у природних умовах із дотриманням асептики; встановив факт природної стерильності пасоки; з'ясував її ферментний склад і кількісні зміни в часі. Це дало змогу уточнити знання про хімічну природу пасоки та її участь в обміні речовин рослин. Є.П. Вотчал вперше вивчив коливання тиску в трахеолі стовбура дерева в природних умовах залежно від зміни інсоляції, інтенсивності вітру, кількості опадів, хмарності тощо.

Вагомі й оригінальні праці вченого стосовно фізіології найважливіших сільськогосподарських культур присвячені розв'язанню таких стрижневих проблем, як комплексне вивчення умов водного балансу (основа фізіологічної природи посухостійкості) та дослідження асиміляції вуглекислого газу листками в природних умовах у нормально вкорінених рослин.

Посухостійкість сільськогосподарських рослин Є.П. Вотчал розглядав 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 за умов посухи зберігати від патологічного відхилен-

ня нормальний стан комплексного балансу динаміки фізіологічних процесів і завдяки цьому продовжувати нормальну фотосинтетичну роботу, навіть за умов спеки і недостатньої кількості води в ґрунті. Крім особливостей фізіологічної динаміки, посухостійкість пов'язана з кількісними особливостями та ступенем збалансованості анатомічної будови листка і з її пристосованістю до збереження згаданої фізіологічної збалансованості». Цей авторитетний учений вперше ввів у науку термін «посуховрожайність», який характеризував відмінність між ксерофітністю і посухостійкістю. Є.П. Вотчалу належить пріоритет введення до фізіології рослин поняття про патологічний стан фізіологічних функцій рослин для пояснення втрат урожаїв за умов посухи.

Головну увагу в дослідженнях самотутній український вчений приділяв не водному балансу, як це було прийнято в ті роки, а процесам асиміляції та дихання за нормального і патологічного станів рослини. Переконаливо було доведено, що для з'ясування посухостійкості рослин важливе значення має динаміка за умов посухи деяких фізіологічних процесів, зокрема інтенсивності фотосинтезу, дихання, транспірації, зміни температури листків, їх тургору та ін. Комплексне вивчення посухостійкості рослин вперше проводили в польових умовах спеціально розробленими методами. Є.П. Вотчал надавав великого значення селекції на посухостійкість: сформулював конкретні положення відбирання посухостійких рослин, важливу роль відводив бракуванню всіх біотипів, схильних до проявів патологічного стану в спекотну і ясну погоду. Дослідження, виконані у 1923—1930 рр. під керівництвом Є.П. Вотчала, дали змогу науково обґрунтувати і практично підтвердити теорію посухостійкості рослин.

Є.П. Вотчал зі співробітниками (І.М. Толмачов, А.С. Оканенко, О.О. Табенцький, О.М. Кекух, Ф.І. Завгородній, Х.М. Починок) заклали фундамент вивчення еколого-фізіологічних аспектів фотосинтезу, вперше в країні розробили методику, яка пов'язувала фотосинтез, водний режим, тепловий баланс, дихання і врожайність за неодмінного визначення чинників зовнішнього середовища. Для вимірювання інтенсивності фотосинтезу Є.П. Вотчал створив стаціонарну багатоканальну газометричну установку, вперше застосував визначення кількості  $\text{CO}_2$  у швидкому струмені повітря з використанням індикатора (фенолфталеїну). Одночасно вимірювали температуру листка, транспірацію (гравіметричним методом), вологість і температуру повітря, інтенсивність сонячної радіації. Було встановлено, що асиміляція зростає вранці, зі збільшенням інтенсивності світла й підвищенням температури, потім знижується опівдні й знову підвищується у другій половині дня, тобто денна динаміка фотосинтезу має двовершинний характер. Одночасно зі зниженням асиміляції в листках деяких рослин розвиваються негативні процеси: вони прив'ядають, втрачають тургор, початкову форму. Головна причина депресії асиміляції — порушення водного балансу через перевищення випаровування води листками над постачанням її коренями у спекотні години дня. В ці години відбувається порушення теплового балансу (перегрівання листків). У результаті розладнується загальний метаболізм, що характеризується посиленням дихання і гальмуванням асиміляції. Вперше було встановлено, що депресія фотосинтезу опівдні іноді може бути такою глибокою, що навіть виділяється  $\text{CO}_2$  на світлі. Подальші роботи в цьому напрямі привели до поглибленого аналізу фотосинтезу в аспекті екологічної фізіології.

Під керівництвом Є.П. Вотчала колектив учених (Д.Я. Самійленко, О.М. Кекух, Ф.І. Завгородній та інші) детально вивчив процес транспірації й усупереч думці більшості фахівців, які вважали цей процес «фізіологічним злом», підтвердили важливу роль транспірації у пересуванні по рослинах мінеральних та органічних речовин. Констатовано незалежні від зовнішніх умов коливання денного ходу транспірації. Є.П. Вотчал вперше встановив, теоретично обґрунтував і сформулював такі фізіологічні поняття: «транспіраційна втома», «транспіраційний коефіцієнт асиміляції», «депресія асиміляції» та ін.

У процесі розробки теорії посухостійкості й урожайності започатковано новий напрям досліджень — польову фізіологію рослин. Його мета — створення теоретичних основ для керованого впливу на ріст і розвиток рослин. Основні ознаки, за якими цей напрям відрізняється від класичної «лабораторної» фізіології рослин, Є.П. Вотчал сформулював так: «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. З цією метою я сконструював у 1925 р. спеціальний павільйон, який розкривається, в саду ботанічної лабораторії КПІ — КСГІ (1925—1930) і, потім, на полі ВНЦ, на Батієвій горі під Києвом (1932). 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. З усієї кількості тем, висунутих таким вивченням, я досліджував, в першу чергу, ті, які зв'язані з явищами, теорію яких необхідно було негайно дати виробництву. Ці теми звичайно виявлялись такими, що давали 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 відігравати 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 з'ясування ступеня важливості його для ролі у виникненні виучуваного». Фізіологічне порівняльне сортовивчення (основа нового напрямку) охоплювало в комплексі вивчення анатомічної будови, процесів асиміляції вуглекислого газу (характеризують накопичення сухої речовини), транспірації (показник водного балансу рослин) і температури листка (показник нормальної або патологічної спрямованості фізіологічної динаміки листка) в природних умовах. Основним відступом від визнаних на той час правил фізіологічної методики в цих дослідах був той, що в центр уваги дослідників ставилось вивчення патологічних відхилень у рослинному організмі та їх перехідних станів.

Перенесення досліджень у мінливі умови поля потребувало паралельного обліку фізіологічних параметрів і спостережень за зовнішніми чинниками на місці: сонячною інсоляцією, температурою і вмістом вуглекислого газу в повітрі, вологістю повітря й ґрунту. У зв'язку з цим дослідні установки ділили на два сектори: фізіологічний та географічний. Динаміка системи рослина — поле була охоплена в усіх її провідних ланках. Польові дослідження різнилися порівняльним характером (використовували одночасно кілька сортів рослин і стандарт); були тривалими; мали комплексний характер (вивчали процеси асиміляції і транспірації паралельно для різних сільськогосподарських рослин, різних їх ліній протягом дня). Кінцевою метою роботи Є.П. Вотчала та його учнів було

вироблення конкретних методичних прийомів для селекціонерів при доборі на підвищену врожайність і стійкість урожаїв в умовах спеки й посухи на основі фізіологічного підходу. Для попереднього швидкого визначення змін зеленого забарвлення листка упродовж його розвитку протягом сезону та за різних погодних умов він розробив стандартні шкали для точного визначення блиску й інтенсивності відтінків листків різних рослин для діагностики фізіологічного стану в польових умовах, які значно поширились у країні.

Праці Є.П. Вотчала та його школи щодо фізіології цукрових буряків охоплювали питання фотосинтезу, водного режиму, мінерального живлення і біохімічних процесів різних сортів цієї культури. Основою комплексних досліджень (1925—1936) була розробка теорії виробничих якостей цукрових буряків. Роботи проводили у трьох напрямках: дослідження посухостійкості рослин; цикл робіт стосовно цукристості буряків з метою раціоналізації оцінки й теоретичного обґрунтування добору за цією ознакою; вивчення змін анатомічної будови в процесі онтогенезу культури. Детально вивчали динаміку накопичення і переміщення цукрів упродовж дня за різних погодних умов і протягом вегетації рослин різних форм, різного віку, а також сортів урожайного та цукристого типів. Процеси цукронакопичення досліджували в тісному зв'язку з онтогенезом і філогенезом культури. Є.П. Вотчал розробив спеціальну методику, згідно з якою цукри осаджувались у вигляді озонів саме в місцях їх локалізації. Найбільше цукрів відкладалось у «паренхіматичних обкладках» судин. Учений розрізняв цукри запасні (локалізовані в основній паренхімі), функціональні (в судинних пучках) і транслокаційні. Коливання кількості запасних цукрів у різних сортів пояснювали анатомо-морфологічними особливостями й умовами вирощування. Основною частиною теорії виробничих властивостей цукрових буряків були такі положення: зміна вмісту цукрів у сусідніх тканинах не поступова, а стрибкоподібна; суть високої цукристості коренеплодів полягає у високому вмісті цукрів в основній паренхімі; кількісне співвідношення цукрів у паренхімі й пучках старих коренів залишається таким самим, як у молодих; наявність цукрів як у флоємі, так і в ксилемі дає підставу для перегляду загальноприйнятої думки про флоєму як основне і єдине місце пересування пластичних речовин по рослині; стрибок вмісту цукрів строго локалізований у місцях переходу листкового черешка в голівку кореня.

Наукова школа Є.П. Вотчала на основі фізіологічних досліджень зробила вагомий внесок у формування теоретичних основ створення нових сортів цукрового буряка. Відповідно до принципів польової фізіології рослин, було розроблено теорію виробничих властивостей цукрових буряків, яка враховувала нормальні й патологічні процеси в онтогенезі культури. Вирішення цього завдання мало важливе державне значення, сприяло розвитку в Україні цукрової промисловості.

Практично надзвичайно цінними є роботи Є.П. Вотчала, що заклали основи вітчизняного промислового виробництва скипидару й каніфолі, які раніше імпортували. Він започаткував новий експериментальний напрям — дослідження гідродинамічних процесів у системі смоляних ходів рослин, що дало змогу створити теоретичну базу для розробки раціональних способів підсочування, а також обґрунтував можливість систематичних поранень деревини сосни упродовж тривалого часу без істотного впливу на її життєздатність. На величезних площах насаджень

було запроваджено спеціальну методику тривалої прижиттєвої експлуатації смоловидільного апарату цього дерева. У 1920—1924 рр. вперше проведено дослід, які підтвердили практичну можливість та економічну доцільність підсочувального виробництва, складено перші плани з управління й організації дослідних ділянок. Учений доклав чимало зусиль для вирішення гострої проблеми підготовки кадрів терпентинової промисловості.

Євген Пилипович Вотчал вписав золоті сторінки в історію біологічної науки в Україні, його зірка яскраво засяяла в сузір'ї перших вітчизняних фізіологів рослин. У дослідженнях талановитого вченого, завжди актуальних і цілеспрямованих, виявилися глибокі знання в різних галузях біологічної науки. Нові, принципово важливі розробки Є.П. Вотчала в науці й техніці експерименту стали поштовхом до розвитку низки напрямів фізіології рослин, необхідних для прогресу різних галузей сільськогосподарства і промисловості.

© 2009 р. *Т.Є. ХРИСТОВА,  
М.М. МУСІЄНКО*