

Н. Гаморак.

Камянець Под.

Новий тип транспірографа.

„...At present we are largely occupied in trying to find out the antecedent conditions that determine the processes that go on in the plant... For these problems qualitative observations are of but little value, and emphasis is now being strongly placed on quantitative experimentation... But the apparatus and methods by which effective conditions may be controlled and measured are generally not yet available; they remain mostly to be devised... In this connection it may be pointed out that, for the present and immediate future, contributions in instrumentation and technique should be regarded as much more important than any general conclusions that may be derived from most of our commonly only abortive attempts to obtain reliable knowledge of causal relations by short-cuts that are not planned to succeed in the broader way...“

(B. E. Livingston: The present crisis in plant physiology, 1927.)

Цитовані слова, як не треба краще, характеризують теперішнє становище у фізіології рослин.

Перехід від якісного до кількісного способу дослідження, а властиво перевага цього останнього, вимагає прецизної та справної апаратури. Тимчасом фізіологія рослин, як порівнюючи недавню науку, ще не встигла її витворити. Сусідні області, що з ними по методиці фізіологія тісно сходиться — фізика й хемія — не тільки не можуть часом дати потрібної методики та апаратури для спостережень процесів життя, значно складніших, як процеси в неживій матерії — а противно, не раз фізіологам приходится робити нові відкриття або їх поглиблювати в області неживого (розробка фізіологами питань осмотичного тиснення, евапорації і т. д.). Тому й не дивно, що ми й до тепер ще не маємо усталеної, стандартизованої апаратури навіть для таких основних життєвих процесів рослини, як ассимиляція, дихання,

транспірація, абсорпція. Ми повинні в цім напрямку стремітися до типу так прецізного, справного і так стандартизованого апарату, яким являється для анатомії мікроскоп. Але до цього типу фізіологічного апарату ми ще далекі і при теперішньому становищі не приходиться дивуватися словам В. Е. Livingstona: „I judge that hardly a single passingly satisfactory experiment has ever been performed with plants...“ (op. cit.).

Значить, на порядку дня у фізіології рослин — відкриття прецізної та справної апаратури. Кількісний спосіб дослідження вимагає масових спроб. Складність життєвих процесів вимагає співучасті в розробці одної проблеми більшої кількості дослідників, вимагає колективної розробки. Ця потреба в масових і колективних дослідах ставить певні вимоги до апаратури: вона повинна бути стандартизована (щоби можна було між собою з певністю порівнювати кількісні дані поодиноких дослідів); даліше, вона повинна бути по можливості автоматична — для економії часу. Автоматична реєстрація має ще й другу важливу додатну сторону: вона усуває суб'єктивні помилки спостерігача.

І не дивно, що на відкриття такої автоматичної апаратури віддають чимало часу. Та з многочисленних спроб тільки невелика кількість апаратів на стільки виправдала себе, що їх заготовляють в певній стандартизованій формі (наприклад самореєструючий авксанометр). А зрештою і до цього часу не має у фізіології рослин такої апаратури і коли приходиться влаштувати фізіологічну лабораторію, то треба мало що не всі апарати робити на окремі замовлення, чи то на підставі літератури, чи то на основі власних проєктів.

Перейдемо тепер до апаратів, що являються нашою темою — транспірографів, тобто самореєструючих апаратів до поміру транспірації, одного з найважливіших процесів у житті рослини. Відомий цілий ряд спроб конструкції таких апаратів. Огляд цих апаратів можна знайти в книзі Burgerstein-a (1), Grafe (4, 5), а також у праці Briggs-a і Schrantz-a (3). І хоч ці спроби сягають ще часів Vesque-a (8), тобто 1878 року — помімо цього ще до тепер ні один з апаратів не закріпився у вжитку.

А що для помірів транспірації потрібно такого стандартизованого самореєструючого апарату — про це мабуть багато говорити не приходиться. Не тільки суто теоретична сторона проблемів водного режиму рослини вимагають цього, але в не меншій мірі практичні питання, звязані з посухостійкістю ро-

слин, з'окрема культурних рослин. В обидвох випадках треба масових та численних спроб, що їх можна виконати тільки при наявності доброї апаратури.

Колиж ми переглянемо літературу про „техніку“ поміру транспірації, то завважується цікаве явище, що апаратом даної конструкції користується тільки сам його винахідник, а в загальне вживання цей апарат не входить. Це вказує на існування причин, що перешкаджають вживанню таких апаратів, що роблять їх результати не раз непевними.

Одна з таких важливих причин, що перешкаджають точній роботі транспірографів — це різні принагідні зовнішні потрясення, що виводять вагу з рівноваги. Особливо мають значіння ці потрясення при лабораторних спробах і навіть при найбільш стабільній установці не вдається їх зовсім усунути.

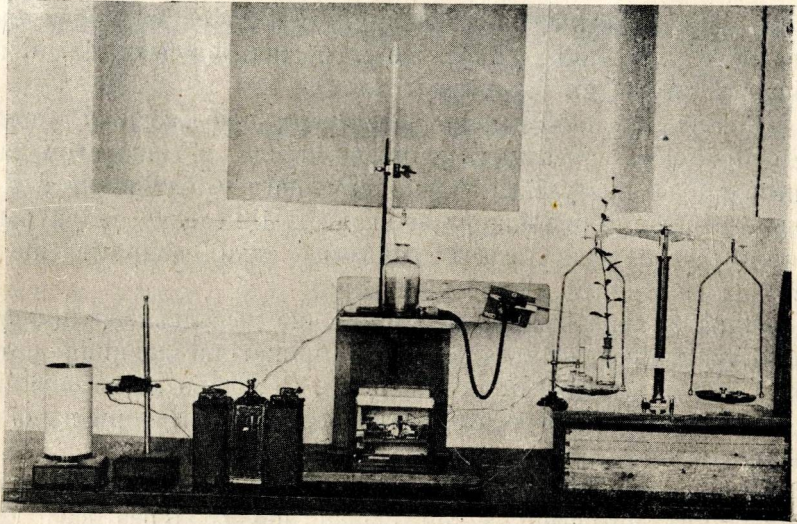
При дотеперішніх спробах старалися усунути вплив цих принагідних потрясень в той спосіб, що до терез ваги були прикріплені диски, погружені в густий плин (гліцерину). Але „успокоювачі“ такого типу зменшують чутливість ваги, роблять її рухи повільними, а що найважливіше, зовсім не застерігають від фальшивої реєстрації в моментах безпосередно перед фактичною реєстрацією, бо тоді навіть „приглушене“ потрясення вповні вистарчає, щоби спричинити реєстрацію.

Вище наведені міркування і спроби в цьому напрямку переконали мене в необхідності нових конструкцій. В дальнішому подаю опис апарату, що ним я користувався успішно при моїх лабораторних спробах над транспірацією рослин.

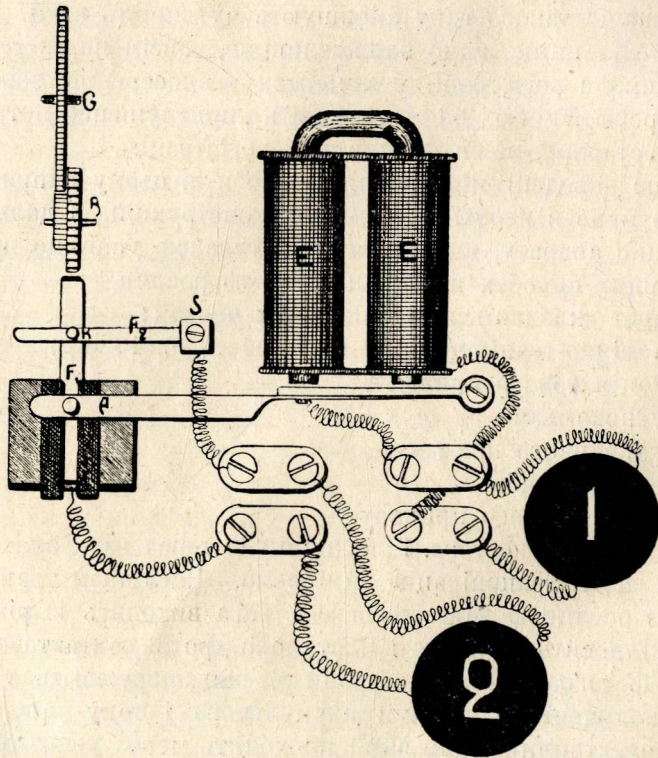
Апарат складається зі слідуєчих частин:

- а) хемічно-технічної ваги (чутливість на 10 mg),
- б) контактового приладу,
- в) успокоювача,
- г) капельного приладу,
- д) акумуляторів,
- е) реєструючого приладу.

Як бачимо з фотогр. 1, на одній із терез ваги знаходиться рослина, що її транспірацію виміряємо. Наслідком транспірації тереза із рослиною стає легшою і вага виходить із рівноваги. Тереза підноситься уверх і платинові дроти контактового приладу (на фотографії з лівої сторони терези) погружуються в ртуть. Дроти сполучені з полюсами акумулятора і тому при контакті повстає електричний ток, який проходить через успокоювач (на фотографії 1 в низу між вагою і акумуляторами).



Малюнок 1.



Малюнок 2. 1 — до ргунного контакту.
 2 — до капельного приладу та реєструючого приладу.

Будова успокоювача стане нам зрозуміла зі схеми 2. Коли наступає на вазі контакт, електричний ток проходить через електромагнети EE . Якір A притягується ядром електромагнетів і рівночасно з якором входить в рух металева пружинка F_1 . На кінці цієї металевої пружини мається гумовий наконечник. Коли електромагнети вводять в рух пружинку F_1 , гумовий наконечник доторкається щільно до колісця годинникового приладу R і пружинка F_1 наслідком руху колісця підноситься у верх. По деякому часі пружинка F_1 підносячись входить в дотик зі срібним контактом K , що мається на поперечній пружинці F_2 . Тільки вже наслідком цього другого контакту приходять до діяння апарати, що обозначені в схемі цифрою „2“, а саме капельний прилад і реєструючий прилад.

Капельний прилад вже описаний мною в попередній публікації (6). В основі він залишився той самий, хоч впроваджено деякі зміни. Функціонування цього приладу опирається на принципі сполучених судин. В пляшці (що її виразно видно на фотогр. 1) мається парафіновий олій (paraffinum liquidum). Пляшка має в низу отвір, до якого щільно пристосована гумова рурка. На своїому другому кінці гумова рурка насунена на шклянну рурку, що прикріплена до якоря електромагнетів типу електричного дзвінка. Апарат зрегульовується в той спосіб, що при нормальному становищі парафіновий олій в кінці шкляної рурки стоїть на однаковій висоті з рівнем плин у пляшці і тому олій не витікає. Колиж прийде до контакту (через K в успокоювачі), тоді електромагнети активуються, притягують якір і з ним шклянну рурку в низ, кінець шкляної рурки стає нижше рівня плин у пляшці і на основі принципу сполучених судин парафіновий олій стає впливати зі шкляної рурки в формі каплини.

Каплина парафінового олію спадає в мензурку, що мається на вазі. Наслідком того ліва тереза (на фотогр. 1) стає важша і спадає в низ, ртутний контакт переривається, а рівночасно з тим переривається діяння електромагнетів EE в успокоювачі. Пружинка F_1 входить в своє нормальне положення і контакт K переривається. Наслідком того електромагнети капельного приладу перестають притягувати якір, він підноситься у верх wraz із шклянною руркою і парафіновий олій перестає витікати. Значить, при відповідній чутливості вага повертає після випадення одної каплини в початкове становище.

Кожна каплина реєструється на барабані, що його бачимо на фотогр. 1 з лівої сторони, з самого краю. Барабан робить

оборот раз в 24 години. Регістрація відбувається електромагнетним приладом, як часто при фізіологічних спробах. За кожний раз, коли активуються електромагнети капельного приладу, рівночасно проходить ток через електромагнети реєструючого приладу і перо зазначає на барабані точку. Значить: кожній каплі парафінового олію, що випадає в мензурку на вазі, відповідає одна точка на барабані.

Остається дати пояснення, в чому полягає значіння успокоювача. Коли вага виходить з рівноваги наслідком зміни тягару, то ця зміна рівноваги являється сталою. Колиж на вагу діють принагідні потрясення, то вони викликають короткі коливання, що спричинюють контакт на вазі і ток в електромагнетах *EE* не на довше, як декілька секунд. Успокоювач при допомозі шрубки *S* (гляди мал. 2) зрегульований в той спосіб, що при короткотривалім потрясенні пружинка F_1 не доходить до контакту *K* — бо заким вона дійде, ток переривається в електромагнетах *EE* наслідком коливання в другому напрямку. Колиж зміна тягару являється сталою, тоді пружинка F_1 наслідком функціонування годинникового приладу підноситься до контакту *K*. Через цей контакт входить в діяння капельний апарат, капля олію випадає, а рівночасно на барабані реєструється точка. Шрубкою *S* можна регулювати час контакту на вазі, що проходить без реєстрації.

Методом каплин користується також апарат Blockman-a і Raibe-a (2). Але конструкція цього апарату опирається на зовсім другому принципі (каплини води витікають з пляшки Маріота), успокоювач гліцеринового типу, а як плин вживається вода. Вживання води спричинює можливість випарування; тим самим викликає помилки при спробах. А дальше тягар каплин парафінового олію значно менший¹⁾ і тим самим спостереження можуть бути значно більше деталізовані.

Для ілюстрації функціонування апарату подаю декілька лабораторних спроб (фотогр. 3).

Спроба 10. 14/V. Галузка *Aesculus Hippocastanum* зрізана під водою і вложена в пляшку з водою. Видно сильнішу транспірацію в полудневу пору (13—15 год.) і чимраз більше зменшення ночью.

¹⁾ У моїх спробах тягар каплі був при кімнатній температурі пере-січно 23 мг.

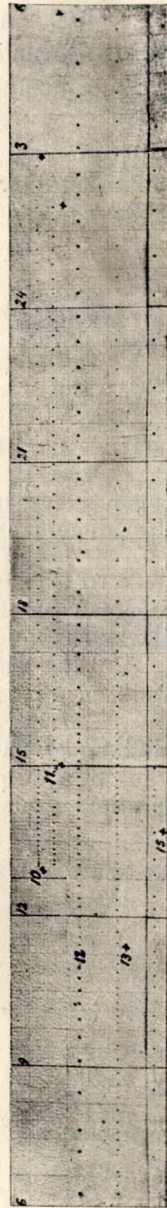
Спроба 11. 15/V. Галузка *Acer Negundo*. Перебіг транспірації як в спробі 10.

Спроба 12. 16/V. Галузка *Berberio vulgaris*, свіжо зрізана. Спробу продовжувано цілу добу. Перебіг транспірації як у попередніх спробах — сильна транспірація 12—15 год., декілька раз слабша ночью.

Спроба 13. 17/V. Та сама галузка *Berberis vulgaris*. Перебіг транспірації аналогічний, як 16/V.

Спроба 15. 19/V. Та сама галузка *Berberis vulgaris*. Перебіг транспірації такий, як у спробах 12 і 13, але інтензивність його значно менша. Спроби 12, 13 і 15 доказують, що при експериментах зі зрізаними галузками інтензивність транспірації в пізніших днях спроби сильно зменшується, хоч перебіг транспірації на протязі доби остає тойже. Тому при таких спробах треба докладно вказувати час, що пройшов після зрізання галузки.

Дякуючи електричному успокоювачу описаним апаратом можна працювати і в лабораторії, де буває навіть досить неспокійно. І так зазначені мною спроби відбувалися в той час, коли кругом по сусідніх аудиторіях йшли лекції і кількість випадкових потрясень була велика. Всеж таки вказано, щоби спроби з транспірографом проводилися по можливості в спокійних умовах, бо, коли принагідні коливання відбуваються надто часто, тоді реєстрація на барабані не раз не дає зовсім докладної картини; треба вводити в неї деякі корективи. Правда, до цих корективів звичайно досить легко дійти. І так буває, що в коротці перед нормальною реєстрацією наступає принагідне потрясення. При малій амплітуді коливання повстає контакт, випад каплини і реєстрація. Значить, тут реєстрація, що мала відбутися пізніше, наступає дещо скоріше. Такі неточності легко завважити і виправити: віддалення точок реєстрації звичайно буває рівномірне і легко впізнати правдиве місце точки реєстрації. Сама кількість точок (тобто абсолютна кількість транспірованої води) зазначена правильно.



Малюнок 3.

Друга неточність моглаби повстати тоді, коли вже підчас самого випаду каплини і реєстрації ділає сильне потрясення. Це потрясення перериває випад каплини і очевидно, що в скорому часі, коли тільки вага заспокоїться, наступає нова реєстрація. На барабанах, що обертаються раз в 24 год. — ці дві реєстрації сліднують по собі так близько, що вся ненормальність реєстрації виявляється тільки в дещо грубшій точці.

Література.

1. Burgerstein A. Die Transpiration der Pflanzen. Bd. 1 — 1904; Bd. 2 — 1920; Bd. 3 — 1925.
2. Blackman V. H. and Paine S. G. A recording transpirometer. *Ann. of Bot.* 28, 1914.
3. Briggs and Shantz. An automatic transpiration scale of large capacity for use with freely exposed plants. *Journ. Agricultur. Research.* Washington, 5, 1915.
4. Grafe V. *Ernährungsphysiologisches Praktikum*, 1914.
5. Grafe V. Messung der Gas- und Wasserbewegung im Pflanzenorganismus. *Handbuch der biolog. Arbeitsmethoden*, Abt XI, Teil 2, H. 1, 1920.
6. Гаморак Н. Новий апарат для поміру транспірації рослин. *Записки Сільсько-Господ. Інституту в Кам'янці на Поділлі*, т. 3, 1926.
7. Livingston B. E. The present crisis in plant physiology. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. Vol. 53, 1927.
8. Vesque M. J. L'absorption comparée directment à la transpiration. *Annales des sciences naturelles. Botanique*. Vol. VI, 1878.

