

POREDBENA MJERENJA INTENZITETA
DISANJA ZELENIH LISTOVA I LATICA
U NEKIH BILJNIH VRSTA

With Summary in English

IVAN REGULA

(Iz Instituta za botaniku Sveučilišta u Zagrebu)

Primljeno 21. 3. 1969.

Uvod

Pregled podataka o disanju cvijeta i cvjetnih dijelova donosi Fischer (1960). Prema tom prikazu već je De Saussure (1822) u svojim istraživanjima izmjene plinova kod biljaka izvršio prva uspoređivanja intenziteta disanja cvjetova i zelenih listova. Iako su se dobiveni rezultati odnosili na svježju težinu ispitivanog biljnog tkiva odnosno organa, oni označuju početak istraživanja tih procesa kod biljaka. Nešto kasnije je slična istraživanja izvršio Curtel (1890, 1898), koji je uspoređivao disanje čitavih cvjetova sa zelenim listovima i primijetio da cvjetovi u tami izlučuju više ugljičnog dioksida od zelenih listova iste težine. U prilog intenzivnijeg disanja cvjetova govore i rezultati Kostytscheva (1924). Međutim izražavanje intenziteta disanja na osnovi svježje težine pokazalo se nepouzđano, jer mnogi cvjetovi poslije značajnijeg primanja vode mogu dio primljene vode ubrzo izgubiti, pa to dovodi do oscilacije svježje težine kao što je slučaj kod cvjetova kratkog vijeka (Jumelle 1889, Ball 1933, Phillis i Mason 1936). Već je A. Maige (1907) upozorio da ne postoji stalan proporcionalan odnos između disanja i suhe težine, kao ni između suhe i svježje težine. Ovi se odnosi mijenjaju u toku razvoja i starenja kod listova u korist suhe težine, dok latice starenjem uglavnom gube na suhoj težini (Schumacher 1931, Ball 1933, Combes 1935 a, b, 1936, Matthaei 1957, Lausch 1958) i samo djelomično primaju supstancije (Champigny 1953). Većina autora istraživala je intenzitet disanja čitavih cvjetova kao i njihove promjene u toku razvoja. G. Maige (1911) bio je međutim prvi koji je izvršio mjerenja izmjene plinova

pojedinih dijelova cvijeta. Našao je, doduše, na osnovi određivanja svježeg težine da intenzitet disanja opada ovim redoslijedom: gineceji, andreceji, lapovi, latice i zeleni listovi. Međutim Genevois (1928/29) je uspoređivanjem disanja pojedinih dijelova cvijeta manometrijskom metodom i na osnovi određivanja suhe težine ustanovio da prašnici ponekad dišu manje intenzivno od latica kao i od zelenih listova koji dišu jednako ili manje intenzivno od latica. Istraživanja su pokazala da intenzitet disanja kod latica oscilira u toku razvoja. Najveća aktivnost u izmjeni plinova primijećena je za vrijeme pune cvatnje, dok kasnije opada (A. Maige 1907, Griesel i Biale 1957, Zolotovitch i Deceva 1964).

Zeleni listovi kao i latice pokazuju opadanje intenziteta disanja u toku starenja i oscilacije tog intenziteta obzirom na svjetlost i tamu u kojoj dišu intenzivnije (Sharkawy, Lomis i Williams 1967).

Ispitujući različite ekološke tipove biljaka Pisek i Knapp (1959) su ustanovili da zeljaste biljke dišu intenzivnije od listopadnog drveća, dok zimzelene biljke pokazuju najslabiji intenzitet disanja (pogotovo u toku zimskih mjeseci), iako su mjerenja u sva godišnja doba vršena kod iste temperature.

U ovom radu poredbeno je mjeren intenzitet disanja zelenih listova i latica u biljaka koje pripadaju različitim ekološkim tipovima.

Materijal i metode

Biljke upotrebljene za pokuse uzgajane su u Botaničkom vrtu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Za istraživanja se nastojalo uzeti biljke u doba cvatnje, jer je tada njihov metabolizam najintenzivniji, a u ovisnosti s njim i disanje koje je u ovom radu ispitivano. U pokuse su uzimani zeleni listovi i latice, a samo izuzetno lapovi (ukoliko su bili korolinični).

Za mjerenje intenziteta disanja upotrebljena je kolorimetrijska metoda po Alviku (1939), koju su kasnije razradili Walter (1949), Zeller (1951) te Rheinheimer (1957).

Mjerenje je vršeno u tami u zatvorenom sistemu kod temperature 20°C kako bi se isključili vanjski faktori (svjetlost i ugljični dioksid iz okolne atmosfere). U tu svrhu upotrebljene su epruvete s gumenim čepovima, kojih je slobodni volumen (u zatvorenom stanju) iznosio 70 ml. U prostor iznad tekućine u svakoj probi (epruveti) smješten je biljni materijal tako da je nanizan na žicu koja je gornjim krajem pričvršćena na donju stranu gumenog čepa i koja je ujedno služila kao nosač. U epruvete je stavljeno po 3 ml bikarbonatske otopine (Kauko i Calberg 1935) s dodatkom krezolnog crvenila kao indikatora. Posebno se pazilo da biljni materijal ne dođe u neposredni dodir s otopinom. Bikarbonatna otopina upotrebljena je kao sredstvo za promatranje promjena koncentracije ugljičnog dioksida. Pokusi su vršeni u termostatu. Promjena parcijalnog tlaka ugljičnog dioksida u zraku slobodnog prostora epruvete dovodi do promjene parcijalnog tlaka ugljičnog dioksida u bikarbonatnoj otopini dok se ovi tlakovi ne izjednače. Promjena ugljičnog dioksida u ovom sistemu praćena je promjenom pH vrijednosti, odnosno promjenom boje indikatora u otopini.

Paralelno je načinjen i niz pufera s rastućim pH vrijednostima (7,2 —8,1) i istim indikatorom (Steiner 1940). Prema promjeni boje otopine na kraju pokusa mogla se kolorimetrijski odrediti promjena pH vrijednosti uspoređivanjem s puferom iste boje. Iz razlike pH vrijednosti otopine na početku i na kraju pokusa mogla se pomoću baždarene krivulje odrediti promjena % volumena ugljičnog dioksida u zatvorenom prostoru. Vrijednosti % volumena CO₂ kod različitih pH vrijednosti i temperature izračunane su pomoću Langeove formule (Lange 1956). Poslije pokusa izmjerena je svježa težina biljnog materijala svake pojedine epruvete (probe), a zatim je biljni materijal sušen 24 sata kod temperature 105°C i određena njegova suha težina. Iz ovih podataka mogla se prema formuli

$$x = \frac{\% \text{ vol. CO}_2 (70\text{-FG}) 60}{t \text{ TG}} \quad (\text{Lieth 1960})$$

— gdje FG znači težinu svježe tvari, TG težinu suhe tvari, t vrijeme trajanja pokusa u minutama, 70 volumen zatvorenog sistema izražen u cm³, a 60 broj minuta koji odgovara 1 satu — izračunati količina izdisanog ugljičnog dioksida na sat izražena u mg po gramu suhe tvari(x).

Rezultati i diskusija

Pokusi su prema intenzitetu disanja pojedine vrste različito dugo trajali. Ukoliko je disanje bilo intenzivnije, pokus je trajao kraće vrijeme kako promjene pH vrijednosti otopine ne bi prešle granice upotrebljivosti indikatora. Temperaturne oscilacije za vrijeme pokusa iznosile su najviše ± 1°C.

U tabeli I prikazane su količine izdisanog CO₂ u toku pokusa preračunane na gram suhe tvari i vrijeme jednog sata.

Usporedimo li mjerne podatke o intenzitetu disanja zelenih listova i latica prikazane u tabeli I, vidimo da su kod jedne te iste biljke vrijednosti dišnog intenziteta latica uvijek više nego kod listova.

Uspoređivanja intenziteta disanja između ekološki različitih vrsta pokazala su da listovi kserofita (*Quercus coccifera* 0.23, *Ilex aquifolium* var. *ferox* 0.31, *Sedum rupestre* 0.43, *Asparagus acutifolius* 0.52) dišu manjim intenzitetom od mezofita (*Linum perene* 1.34, *Lilium bulbiferum* 1.01, *Malva silvestris* 1.95 i dr.) i hidrofita (*Nelumbo lutea* fl. albo 2.84, *Nuphar luteum* 1.11, *Nymphaea alba* 1.05).

Poznato je da sadržaj vode staničja utječe na intenzitet disanja naročito kod sjemenki koje kliju. Singh i Varadpande (1930) mogli su što više ustanoviti da smanjenje količine vode dovodi do pada intenziteta disanja i u zelenim listovima.

Kod istraženih biljaka jači intenzitet disanja uvijek je vezan na organ s većim sadržajem vode (latica u usporedbi s listovima istih biljaka, te listovi hidrofita i mezofita u usporedbi s listovima kserofita). Stoga se čini vjerojatnim da je sadržaj vode jedan od glavnih faktora koji uvjetuje utvrđene razlike u intenzitetu disanja latica i zelenih listova.

Tabela I — Table I

Ime biljke Name	Porodica Family	Intenzitet disanja izražen u mg CO ₂ po gramu suhe tvari na sat		Postotak vode u svježem tkivu Percentage of water in fresh tissue	
		Rate of respiration expressed as mg CO ₂ per gram dry weight per hour		listovi leaves	latice petals
		listovi-leaves	latice-petals		
<i>Ilex aquifolium</i> var. <i>ferox</i> Ait.	<i>Aquifoliaceae</i>	0,31	—	69	—
<i>Agrostemma</i> <i>githago</i> L.	<i>Caryophyllaceae</i>	0,58	1,08	79,4	79,2
<i>Centaurea</i> <i>cyaneus</i> L.	<i>Compositae</i>	0,97	1,07	82,0	78,9
<i>Hieracium</i> <i>pannosum</i> Boiss.	<i>Compositae</i>	0,73	—	83,9	—
<i>Sedum</i> <i>rupestre</i> L.	<i>Crassulaceae</i>	0,43	1,05	88,7	87,8
<i>Erica</i> <i>carnea</i> L.	<i>Ericaceae</i>	0,75	—	69,0	—
<i>Quercus</i> <i>coccifera</i> L.	<i>Fagaceae</i>	0,23	—	47,0	—
<i>Hippuris</i> <i>vulgaris</i> L.	<i>Hippuridaceae</i>	1,23	—	85,0	—
<i>Iris</i> <i>pallida</i> Lam.	<i>Iridaceae</i>	0,54	3,21	85,7	93,6
<i>Salvia</i> <i>argentea</i> L.	<i>Labiatae</i>	0,85	1,84	82,0	87,9
<i>Melittis</i> <i>melissophyllum</i> L.	<i>Labiatae</i>	0,85	2,39	75,8	89,3
<i>Colutea</i> <i>arborescens</i> L.	<i>Leguminosae</i>	1,07	2,1	78,5	87,3
<i>Cytisus</i> <i>spinescens</i> Presl.	<i>Leguminosae</i>	0,71	1,22	65,1	86,3
<i>Spartium</i> <i>junceum</i> L.	<i>Leguminosae</i>	1,02	1,13	83,9	88,8
<i>Asparagus</i> <i>acutifolius</i> L.	<i>Liliaceae</i>	0,52	—	50,2	—
<i>Bulbine</i> <i>semibarbata</i> Haw.	<i>Liliaceae</i>	0,95	1,97	88,8	96,6
<i>Lilium</i> <i>bulbiferum</i> L.	<i>Liliaceae</i>	1,01	4,0	85,0	90,4
<i>Linum</i> <i>perenne</i> L.	<i>Linaceae</i>	1,34	1,76	78,4	94,7
<i>Malva</i> <i>silvestris</i> L.	<i>Malvaceae</i>	1,95	2,34	79,0	86,5
<i>Nymphoides</i> <i>peltata</i> (Gmel) D. Kuntze	<i>Menyanthaceae</i>	0,93	1,4	88,8	94,0

<i>Nelumbo lutea</i> Pers. fl. albo	<i>Nymphaeaceae</i>	2,84	—	81,6	—
<i>Nymphaea</i> <i>alba</i> (L.) Wood.	<i>Nymphaeaceae</i>	1,05	1,72	87,4	91,0
<i>Nuphar</i> <i>luteum</i> (L.) S m.	<i>Nymphaeaceae</i>	1,11	0,39	80,4	84,1
<i>Papaver rhoeas</i> L.	<i>Papaveraceae</i>	1,42	3,85	80,0	88,8
<i>Eschscholtzia</i> <i>californica</i> Cham.	<i>Papaveraceae</i>	2,49	2,64	84,0	89,4
<i>Glaucium flavum</i> Cr.	<i>Papaveraceae</i>	2,27	2,88	87,1	91,0
<i>Philadelphus</i> <i>lemoinei</i> Dipp. »Virginal«	<i>Saxifragaceae</i>	0,96	1,89	74,1	88,7
<i>Verbascum</i> <i>macrurum</i> Ten.	<i>Scrophulariaceae</i>	1,16	2,32	83,5	92,1

Zaključak

Kod dvadesetak sistematski i ekološki različitih biljaka poredbeno je mjeren pomoću Alvikove kolorimetrijske metode intenzitet disanja zelenih listova i latica.

Dobiveni podaci pokazuju da je intenzitet disanja latica kod svih biljaka uvijek viši od intenziteta disanja zelenih listova istih biljaka.

Što se pak tiče zelenih listova biljaka različitih ekoloških grupa ustanovljeno je da je intenzitet disanja listova kserofita u pravilu znatno niži od disanja listova mezofita i hidrofita.

S obzirom na to da veću dišnu aktivnost pokazuju organi s većim postotkom vode, postoji vjerojatnost da je sadržaj vode u stanicama jedan od glavnih faktora koji uzrokuje utvrđene razlike u dišnom intenzitetu.

*

Zahvaljujem prof. dr Zvonimiru Devidé na pomoći prilikom izrade ovog rada.

Literatura

- Alvik, G.*, 1939: Über Assimilation und Atmung einiger Holzgewächse im west-norwegischen Winter. Meddelelser fra Vestlandets Forstlige Forskssation 6, Nr. 22.
- Ball, N.*, 1933: A physiological investigation of the ephemeral flowers of *Turnera ulmifolia* L. var. *elegans* Urb. New Phytologist 32, 13—63.
- Champigny, M.*, 1953: Variations de la composition minérale du perianth de *Narcissus pseudonarcissus* au cours de son développement. Rev. gen. Bot. 60, 475—484.
- Combes, R.*, 1935 a: Étude biochimique de la fleur. La nutrition minérale de la corolle. C. R. Acad. Sci. (Paris) 200, 578—580.
- Combes, R.*, 1935 b: La nutrition azotée de la fleur. C. R. Acad. Sci. (Paris) 200, 1970—1972.
- Combes, R.*, 1936: La nutrition glucidique de la corolle. C. R. Acad. Sci. (Paris) 203, 1282—1284.
- Curtel, G.*, 1890: Recherches physiologiques sur les enveloppes florales. C. R. Acad. Sci. (Paris) 111, 539—541.
- Curtel, G.*, 1898: Recherches physiologiques sur la fleur. Ann. Sci. nat., VIII. sér., Bot. 6, 221—308.
- Fischer, H.*, 1960: Atmung von Blüten und Blütenständen. Handbuch der Pflanzenphysiologie 12, (2) 521—535.
- Genevois, L.*, 1928/1929: Sur la fermentation et sur la respiration chez les végétaux chlorophylliens. Rev. gén. Bot. 40, 654—674, 735—744. Rev. gén. Bot. 41, 49—63, 119—128.
- Griesel, W.*, and *J. Biale*, 1957: Respiratory trend in perianth segments of *Magnolia grandiflora*. Plant Physiol. 32, XLIV.
- Jumelle, H.*, 1889: Recherches physiologiques sur le développement des plantes annuelles. Rev. gen. Bot. 1, 101—122, 195—203, 258—279.
- Kauko, K.*, and *Calbeg J.* 1935: Praktische Ausführung der Kohlensäurebestimmung und Gasmischungen mit Hilfe von pH Messungen. Z. anal. Chemie 102, 393—397.
- Kostytschew, S.*, 1924: Pflanzenatmung. Berlin Springer.
- Lange, O.*, 1956: Zur Methodik der kolorimetrischen CO₂ Bestimmungen nach Alvik. Ber. dtsch. bot. Ges. 69, 49—60.
- Lausch, E.*, 1958: Untersuchungen über Calcium-Rücktransport in höheren Pflanzen. Flora (Jena) 145, 542—588.
- Lieth, H.*, 1958: Grenzen und Anwendungsmöglichkeiten der colorimetrischen CO₂-Bestimmung. Planta (Berl.) 51, 705—721.
- Maige, A.*, 1907: Recherches sur la respiration de la fleur. Rev. gén. Bot. 19, 8—28.
- Maige, G.*, 1911: Recherches sur la respiration des différentes pièces florales. Ann. Sci. nat., IX. ser., Bot. 14, 1—62.
- Matthaei, H.*, 1957: Vergleichende Untersuchungen des Eiweis-Haushalts beim Streckungswachstum von Blütenblättern und anderen Organen. Planta (Berl.) 48, 468—522.
- Phillif, E.*, and *T. Mason* 1936: Further studies on transport in the cotton plant. VI. Interchanges between the tissues of the corolla. Ann. Bot. 50, 679—697.
- Pisek, A.*, and *H. Knapp* 1959: Zur Kenntnis der Respirationsintensität von Blättern verschiedener Blütenpflanzen. Ber. deutsch. bot. Ges. 72, 287—294.
- Rheinheimer, G.*, 1957: Über die Standorte der Moosvegetation in Nadelholzforsten bei Hamburg. Mitt. d. Staatsinstituts f. Allgem. Bot. 11, 89—93.
- Saussure, T. De*, 1822: De l'action des fleurs sur l'air, et de la chaleur propre. Ann. Chim. et Phys. 21, 279—303.

- Schumacher, W.*, 1931: Über Eiweissumsetzungen in Blütenblättern. Jb. wiss. Bot. 75, 581—608.
- Sharkawy, M., R. Loomis, and W. Williams* 1967: Apparent reassimilation of respiratory carbon dioxide by different plant species. *Physiol. Plant.* 20, 171—186.
- Singh, B., and K. Varadpande*, 1930: Studies in the respiration of tropical plants. Effect of injecting water, glucose, and phosphates on a failing system of respiration in the leaves of *Artocarpus integrifolia* and its significance on the mechanism of respiration. *Proc. Indian Sci. Cong.*, 17, 311—312.; *Exp. Sta. Rec.*, 66, 722—723.
- Steiner, M.*, 1940 Herstellung und Prüfung geeigneter Reaktionsbedingungen. In: *Die Methoden der Fermentforschung*. Leipzig, S. 761—744.
- Zeller, O.*, 1951: Über Assimilation und Atmung der Pflanzen im Winter bei tiefen Temperaturen. *Planta* 39, 500—526.
- Zolotovitch, G., und R. Deceva*, 1964: Die Atmungsintensität der Blüte von *Rosa damascena* Mill. *Compt. Rend. Acad. Bulgare Sci.* 17, 657—660.
- Walter, H.*, 1949: Über Assimilation und Atmung der Pflanzen im Winter bei tiefen Temperaturen. *Ber. dtsch. bot. Ges.* 62, 47—50.

SUMMARY

COMPARATIVE MEASUREMENTS OF RESPIRATION RATE OF GREEN LEAVES AND PETALS IN SOME PLANT SPECIES

Ivan Regula

(Botanical Institute, University of Zagreb)

The respiratory activity of leaves and petals of twenty systematically different plants has been comparatively measured by means of Alvik's colorimetric method. The rate of respiration has been expressed in mg. CO₂ per g. of dry weight per hour.

The results (see Table I) show that the respiration rate of petals has been in all investigated plants higher than the respiration rate of their green leaves. The comparison of data obtained with leaves shows further that the rate of respiration of leaves is considerably smaller in xerophytes than in mesophytes and hydrophytes.

According to the results of measurements, organs with higher respiratory activity contain in general also a higher water content. It seems therefore very probable that the water content is one of the most important factors which cause the observed differences in respiratory activity of petals and leaves.