

KOLORIMETRIJSKO ODREĐIVANJE KOMPENZACIONE TOČKE SVIJETLA KOD KORMOFITA

ZLATKO PAVLETIĆ

(Iz Botaničkog instituta Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Zagreb)

1. Uvod

Jedan je zadatak biljne ekologije da ispita, pod kojim se uslovima vrši proces asimilacije. Glavni vanjski faktori, koji kod toga utječu, jesu količina CO_2 u uzduhu i svjetlost. Promjenom tih dvaju faktora nastaju i promjene u intenzitetu asimilacije. Svaka biljka ne reagira jednako, pa je stoga potrebno pronaći mjerilo, koje će pokazati, kako pojedine biljke reagiraju na te promjene. S tim u vezi u novije doba u biljnoj ekologiji znatnu važnost dobiva određivanje t. zv. kompenzacionih točaka. Ovaj su pojam prvi uveli H. Plätzer (1917) i R. Harder (1923), koji razlikuju kompenzacionu točku CO_2 i kompenzacionu točku svjetla. Postoji nekoliko definicija za te pojmove, a najnovija je, koju su dali K. Egle i W. Schenk (1953). Prema toj definiciji kompenzaciona točka CO_2 je ona količina CO_2 u uzduhu, koju neka biljka ne može asimilirati ni pod optimalnim svjetlosnim prilikama, a pod kompenzacionom točkom svjetla razumijevaju isti autori količinu CO_2 , koju kod smanjene jačine svjetla ne može biljka upotrebiti. Drugim riječima, smanjivanjem količine CO_2 ili svjetla dođe se uvijek do jedne točke, kada biljka asimilira isto onoliko CO_2 , koliko disanjem ispušta, odnosno kada se asimilacijom utrošeni CO_2 kompenzira onim od disanja. H. Walter (1949) i O. Zellerova (1951) određivali su i t. zv. dnevnu kompenzacionu točku, t. j. vrijeme, koje je potrebno, da neka biljka u zatvorenom prostoru reasimilira onu količinu CO_2 , koja se nakupila prošle noći prilikom disanja biljke. Kako to u biljnoj ekologiji ima drugo značenje nego spomenute kompenzacione točke, H. Lieth (1958) je predložio za ova mjerenja druge nazive. Umjesto dnevne kompenzacione točke predlaže naziv točka bilance, a za dnevnu kompenzaciju naziv dnevna bilanca CO_2 .

Kompenzaciona točka svjetla određivala se dosada uglavnom za vodene biljke, dok se s kopnenima malo radilo zbog nezgodnih metoda (najviše pomoću »uras« aparata). Biljke, naročito alge, spuštale su se

u zatvorenim staklenim posudama u različite dubine jezera ili mora, gdje vladaju različite svjetlosne prilike, i Winklerovom metodom određivale su se promjene, koje su tu nastale u količini CO₂ u vodi posude. U nekima se količina povećavala, a u drugima smanjivala. Ona granična dubina između tih dviju serija označivala je kompenzacionu točku svijetla. Takvom metodom radio je P. Harder (1923) na vodenim mahovinama i morskim algama i F. Ruttner (1926) na vodenim biljkama, a postoji još čitav niz autora, koji su tu metodu primjenjivali na morske alge. Za kopnene biljke nije dosada postojala metoda, kojom bi se na jednostavan način mogla odrediti njihova kompenzaciona točka svijetla. Tek su u najnovije vrijeme u Botaničkom zavodu Poljoprivredne visoke škole u Stuttgartu Hohenheim vršeni pokusi, da se u tu svrhu primijeni kolorimetrijska metoda, koja se ranije upotrebljavala uglavnom za određivanje dnevne kompenzacione točke, odnosno točke bilance i dnevne bilance CO₂. Za vrijeme svoga boravka u tom zavodu školske godine 1957./58. imao sam prilike upoznati se s tom metodom primijenivši je na oko 500 različitih biljaka, kopnenih kormofita iz svih krajeva svijeta. Tu je metodu razradio za te svrhe pod rukovodstvom prof. H. Waltera asistent spomenutog zavoda dr. H. Lieth, s kojim sam za vrijeme rada usko surađivao.

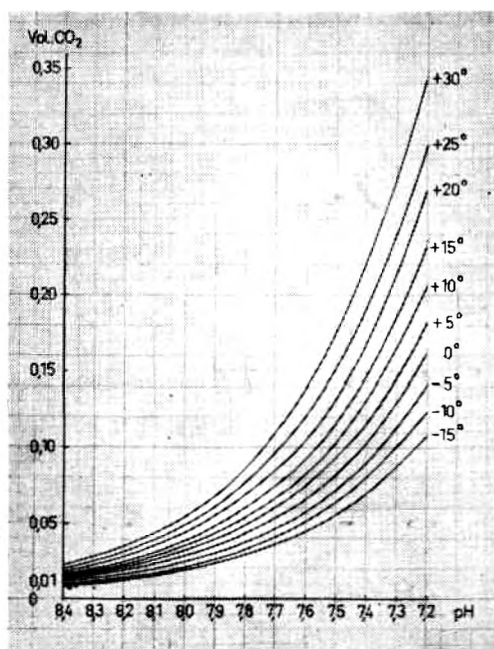
Osnovu metode postavili su kemičari Y. Kauko i J. Calberg (1935), a u botanici ju je prvi primijenio G. Ålvik (1939). Dalje su je za botanička istraživanja razradili H. Walter (1949) i O. Zeller (1951), a u posljednje vrijeme R. Rheinheimer (1957). U svim tim radovima, kako je već rečeno, upotrebljava se uglavnom za određivanje dnevne kompenzacione točke. U najnovije vrijeme bave se njome i češki botaničari J. Čatský i B. Slavík (1958). Kako metoda nije bila bez prigovora, oštro ju je kritizirao B. Frenzel (1955), a neke prigovore stavio je i O. L. Lange (1956). Zbog toga je bilo potrebno da se točno ispita i utvrdi njezina upotrebljivost, što je na svestrani način učinio H. Lieth (1958).

Ovaj je rad izrađen u Botaničkom zavodu Poljoprivredne visoke škole u Stuttgartu (Z. Njemačka) zahvaljujući stipendiji Savezne vlade Njemačke i Saveznog izvršnog vijeća FNRJ, kojima i na ovom mjestu izražavam svoju zahvalnost. Isto tako zahvaljujem predstojniku Zavoda prof. H. Walteru za ustupljeno radno mjesto i stručnu pomoć u toku moga rada, a dr. H. Liethu na ljubaznoj suradnji i uvođenju u metodu.

II. Opis metode

Sušтина metode leži u svojstvu bikarbonatskih otopina da mijenjaju koncentraciju slobodnog CO₂ prema promjenama količine CO₂ u uzduhu, s kojim su u dodiru. Naime, parcijalni pritisci CO₂ u otopini i uzduhu nastoje da se izjednače. Kod veće koncentracije CO₂ u uzduhu, plin ulazi u tekućinu, i obratno, kod veće koncentracije u tekućini plin difundira u uzduh. Te promjene u koncentraciji CO₂ može izazvati zelena biljka ili njezini zeleni organi, ako ih stavimo u zatvoreni zračni

prostor. U tu smo svrhu kod naših pokusa upotrebili veću staklenu epruvetu od cca 200 ccm. Ali mogu se upotrebiti i specijalne staklene posude kuglasta oblika s užim nastavkom za tekućinu, te čepom s termometrom. Ako se u tu epruvetu doda nešto bikarbonatske otopine (oko 2—3 ccm, a može i manje) i u nju stavi neka zelena biljka ili list, te zatvori pomoću gumenog čepa, trošit će se prilikom asimilacije CO₂ i na taj način smanjivati količina tog plina u zračnom prostoru, ali i u tekućini, iz koje će CO₂ difundirati u zračni prostor. S druge strane, ako biljka bude samo disala, povećat će se količina CO₂ u uzduhu, a time i u tekućini, jer će sada plin difundirati iz uzduha u tekućinu.



Sl. 1. Količina CO₂ u zatvorenom zračnom prostoru u odnosu na temperaturu i pH vrijednosti u tekućini-reagensu prema formuli $1,02 \log P = a - pH$. (Po Liethu)

Promjene, koje tako nastaju u tekućini, izazivaju i promjene u pH reakciji, što se može utvrditi dodavanjem neke boje kao indikatora. To znači, da će određenoj količini difundirajućeg CO₂ uvijek odgovarati određena razlika u pH. Kod tih se pokusa pH vrijednosti uglavnom mijenjaju od 7,2 do 8,2 pH pa je stoga potrebno imati na raspolaganju radi uspoređivanja boja indikatora i jedan pH niz od 7,2 do 8,2 pH s razlikom od 0,05 pH. Na osnovu toga može se prema razlici pH na početku i na kraju promatranja izračunati % CO₂ u uzduhu zatvorenog prostora, t. j. epruvete. Kod toga, međutim, znatan utjecaj ima i tempe-

ratura, pa se kod preračunavanja mora i ona uzeti u obzir. Za to služi formula, koju su postavili Kauko i Calberg, a koja glasi $0,94 \log P = a - \text{pH}$. Ta je formula bila također razlogom prigovora od strane Langea, koji smatra, da je točnija formula

$$1,02 \cdot \log P = a - \text{pH}.$$

Lieth je pokusima pokazao, da je Langeova formula točnija. U tim formulama P znači parcijalni pritisak CO_2 , dok je a konstanta, koja ovisi o temperaturi. Odgovarajuće vrijednosti % vol CO_2 prema različitim pH i za različite temperature izračunate po toj formuli prikazane su na sl. 1.

Prema tome potrebno je prije svega pripremiti pojedine otopine s indikatorom. Za bikarbonatsku otopinu uzima se 0,001 n NaHCO_3 i 0,099 n KCl ili 0,084 g/l NaHCO_3 i 7,38 g/l KCl. Kalijev klorid se dodaje kao pufer, da bi se mogle točnije očitati vrijednosti pH. Neki autori (Reitzenstein, 1943) pripremaju otopinu bez KCl, ali u tom slučaju, kako su pokazala ispitivanja Lietha, točnije se vrijednosti dobiju samo u području od pH 7,8 do 8,1. Kao indikator upotrebljava se krezol crvenilo, koje se dodaje 10 mg na 1 l tekućine. Tada tekućina dobije žutocrvenu do purpurnu boju. Ispravnost tekućine ispita se na taj način: u posebnu posudu uzme se nekoliko kubika tekućine, i ako ona, duvanjem u nju, postane sasvim žuta, znači da je ispravno pripremljena. Ponovnim mućkanjem boja treba ponovo postati crvenkastožuta do purpurna. Za točnija mjerenja mora se uzeti u obzir i utjecaj indikatora kao soli, baze ili kiseline.

Za usporedni niz pufer otopina od 7,2 do 8,2 razlike 0,05 pH upotrebljavali smo otopinu borne kiseline, boraksa i NaCl po Palitschu, kako je opisao Steiner (1940). U tu svrhu uzme se n/20 boraksa i posebno n/5 borne kiseline i n/20 NaCl, odnosno na 1 l vode 19,108 g. $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ i posebno na 1 litar 12,405 g. H_3BO_3 + 2,925 g NaCl. Tim se otopinama ekvivalentno dodaje također 10 mg krezol crvenila na 1 l tekućine. Boje za pojedine stupnjeve pH dobijemo odgovarajućim miješanjem tih dviju tekućina, kako se navodi:

n/20 boraks ccm	n 5 borna kis. NaCl ccm	pH
0,75	9,25	7,2
0,9	9,1	7,3
1,1	8,9	7,4
1,3	8,7	7,5
1,5	8,5	7,6
1,75	8,25	7,7
2,05	7,95	7,8
2,35	7,65	7,9
2,7	7,3	8,0
3,05	6,95	8,1
3,5	6,5	8,2

Međustupnjeve (na pr. 7,25) dobijemo, ako u jednakim omjerima izmiješamo tekućine dvaju susjednih stupnjeva (7,2—7,3). Mogu se upotrebiti i druge otopine, na pr. po Sørenseni ili Kolthoffu, čiji se točniji opis može također naći u već citiranoj radnji Steinera.

Ali za određivanje kompenzacione točke svijetla nije potrebno znati količinu CO₂, nego samo količinu svijetla, kod koje dotična biljka kompenzira. U tu svrhu Lieth (1958) je primijenio metodu na poseban način. Ispod jednog izvora svjetlosti postavio je kosu padinu (dasku, ljestve, zid i sl.), na koju se u različitim razmacima postavi niz proba s istom biljkom ili njezinim dijelovima, a prethodno treba paziti, da bikarbonatska tekućina bude u ravnoteži s CO₂ u atmosferi (0,03%). Na taj način na različitim udaljenostima postoji različito osvjetljenje. Blíže izvoru svjetlosti je jače, a prema dnu kosine je slabije. Površina kosine može se označiti u razmacima različite jačine svijetla (u luksima) ili jednostavno metrima od izvora svjetlosti. Ako biljka asimilira, nakon nekog će vremena tekućina postati crvena, a ako diše, postat će žuta. Neke biljke reagiraju brže, a neke slabije, ali naši su pokusi pokazali, da se najbolji rezultati dobiju, ako su probe izložene svjetlosti barem jedan sat. Kompenzaciona točka dobit će se između serija, koje dišu, i onih, koje asimiliraju. Može se dogoditi da u svim epruvetama bude žuta boja, što znači, da je za asimilaciju dotične biljke svijetlo preslabo. Ako pak sve epruvete pokazuju, da biljka asimilira, znači da kompenzaciona točka dolazi kod još slabijeg osvjetljenja. Ako nema nikakvih promjena u boji, znači, da je kompenzaciona točka baš na tome mjestu. Kod toga treba svaki puta izmjeriti i temperaturu. Rezultate dobijene u probama unosimo u posebnu skrižaljku, i to tako da za one, koje asimiliraju, stavimo znak +, a za one, koje dišu, znak —. Kako to izgleda, prikazano je na sl. 2.

Osim toga mogu se u skrižaljku prema potrebi unositi i neki drugi podaci, kao »lihtgenus« sa staništa, gdje je biljka ubrana, podaci o disanju biljke i dr. Kao izvor svjetlosti u našim pokusima upotrebili smo dvije visokotlačne živine žarulje od 400 i 200 W. (marke »Radium«). Za biljke svjetlijih staništa upotrebljavali smo obje žarulje, a za biljke slabije osvjetljenih staništa samo žarulje od 200 W. To se svijetlo međutim ne može poistovjetiti s običnim Sunčevim svijetlom, jer jačina svijetla ovisi i o spektru pojedinih vrsta svijetla. Stoga nam tako dobivene vrijednosti kompenzacionih točaka mogu služiti samo kao relativne vrijednosti, pa je uvijek potrebno da se kod rezultata označi, s kojim se svijetlom radilo. Lieth u tu svrhu predlaže posebne znakove: za dnevno svijetlo L*, za običnu električnu sijalicu L^o, za fluorescentno svijetlo —, a za živine visokotlačne žarulje L.

Ova metoda nije bez prigovora i može se upotrebljavati samo u određenim granicama. Na osnovu prigovora Frenzela i Langea Lieth je ispitao: 1. proračunsku formulu, 2. utjecaj koncentracije indikatora, 3. točnost metode, 4. brzinu reakcije tekućine, 5. sastav tekućine-reagensa, 6. zatvoreni plinski prostor i koncentraciju CO₂ i 7. temperaturu. On ističe, da točnost metode pada i raste sa pH mjerenjem.

Ime biljke	Vrsta svijetla	T C°													
			0 m		1 m		2 m		3 m		4 m		5 m		
a) ABUTILON HYBRIDUM	L 200 W	17,2		+	+			+		+	!	-	-	-	-
b) TETRANEMA MEXICANUM	L 200+ 400 W	17,5	+	+	⊕		-		-	-		-	-	-	-
c) ZINGIBER ZERUMBER	L 200 W	17,8	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+	+
d) PELARGO- NIUM TETRAGONUM	L 200+ 400 W	19,5	-	-	-	-	-		-	-		-	-	-	-

Sl. 2. Shema križaljke u koju se unose podaci:

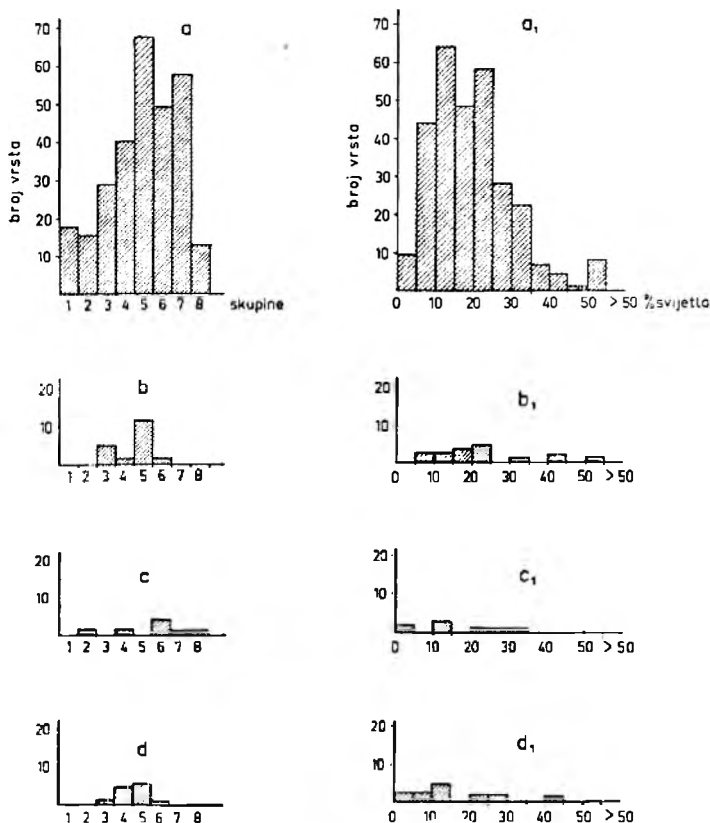
- a) utvrđena kompenzaciona točka; b) kompenzacionu točku pokazuje jedna proba; c) biljka samo asimilira; d) biljka samo diše

Najbolje bi bilo mjeriti pH elektrometrijski, kako to preporučuje Lange, ali i kolorimetrijskim putem može se pod ekološkim uslovima mjeriti razlika od 0,5 pH. Zbog toga se velika točnost postiže kod pH većim od 8, dok je kod 7,3 pH vrlo netočna. Stoga treba nastojati da se radi s vrijednostima, koje su bliže pH 8. Što se tiče brzine promjene boje, kod polaganije izmjene CO₂ (0,1 pH za jedan i više sati) već se nakon kraćeg mućkanja izmijeni boja, a kod brže izmjene (0,1 pH za 1/4 sata) treba mućkati barem 2—3 min, da se dobije odgovarajuća boja. Sve to najviše ovisi o veličini biljke i volumenu plinova u posudi. Intenzitet asimilacije mijenja se u ovisnosti s koncentracijom CO₂, a to opet zavisi o jakosti osvjetljenja. Zbog toga dolazi najviše u pitanje upotrebljivost ove metode. Mora se paziti, kod koje se jačine svjetlosti stalno održava reasimilacija prije proizvedene CO₂ do 0,03% vol. CO₂. Redovito se kod slabijeg osvjetljenja dobivaju pri mjerenju dnevne kompenzacione točke nešto veće vrijednosti, nego što u stvarnosti biva. Liethova mjerenja su općenito pokazala, da za svjetlost jačine ispod 5000 luksa, ta metoda nije upotrebljiva, do 3000 luksa samo još za biljke sjene i mahovine, a do 1500 luksa za talofite. Stoga se za svjetlost ispod 5000 luksa uvijek mora paziti, o kojoj se vrsti radi. Svjetlost jačine od 5000 luksa odgovara otprilike 20% osvjetljenja vedrog ljetnog dana. Kako ima mnogo staništa biljaka, koje nikada ne dosegnu ovakve vrijednosti svijetla, za njih ta metoda nije upotrebljiva. Ovi procesi mnogo ovise i o temperaturi, koja se uvijek mora mjeriti, a po mogućnosti vršiti mjerenja pod konstantnim temperaturama. Kako se biljka nalazi u zatvorenom prostoru, nije uvijek jednaka temperatura u posudi i izvan nje. Naročito su velike promjene kod Sunčevog osvjetljenja, pa stoga treba nastojati, da probe ne budu direktno pod utjecajem Sunčevih zraka. Kod temperatura ispod 10° C griješke nisu tako velike. Metoda se najbolje može upotrebiti za mjerenja dnevne bilanse CO₂, ali isto tako dobro i za određivanje kompenzacione točke CO₂ i kompenzacione točke svijetla. Može se upotrebiti i u svakoj prilici, kada se želi utvrditi, da li neka biljka uopće asimilira ili diše.

III. Eksperimentalni dio

Metoda je bila primijenjena, kako je već rečeno, na nekoliko stotina različitih kopnenih kormofita. Najviše materijala je upotrebljeno iz staklenika Botaničkog vrta Poljoprivredne visoke škole u Stuttgartu. Tu je bilo biljaka iz svih krajeva svijeta i svih biljno-geografskih područja. Najviše je bilo tropskih i suptropskih biljaka, ali su u znatnom broju zastupljene i biljke iz drugih područja. Nešto materijala ubrano je i na otvorenom. Iz Botaničkog vrta uzete su neke četinare i nekoliko biljaka iz malog umjetnog creta, a mahovine su ubrane u šumama i na jednom vodopadu u Švapskoj Juri. Prije pokusa za svaku je biljku izmjeren i relativni »lihtgenus« pomoću posebnog fotometra sa selen-skim fotoćelijama po Liethu, koji omogućuje direktno mjerenje svjetlosti na otvorenom i na staništu.

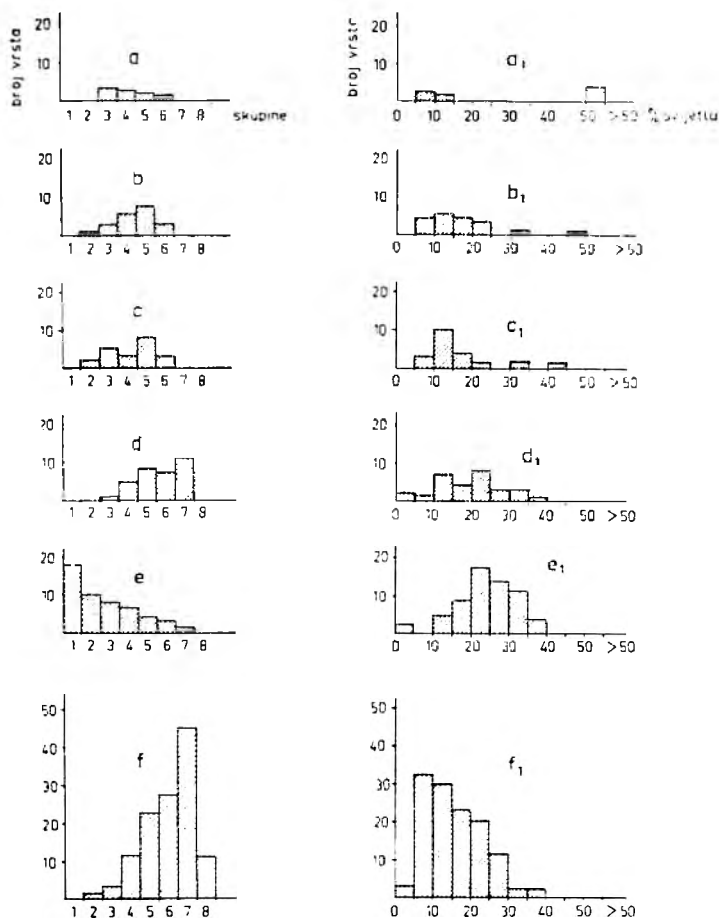
Za svaku biljku pravile su se serije od po 8 proba. Uzimali su se samo listovi. Ako su bili manji u epruvetu se stavljao čitav list, a od većih listova izrezali su se manji dijelovi. U zračni prostor epruvete pričvršćeni su na različite načine. Ili jednostavno zajedno s čepom ili sa žičanim nastavkom pričvršćenim na čepu. Neki su čepovi imali i mali drveni nastavak, o koji se pričvrstio list pomoću navlažene papirnate



Sl. 3. Broj vrsta prema kompenzacionim točkama (lijevo) i »lihtgenusu« (desno): a) sve istražene biljke, b) Bryophyta, c) Pterydophyta, d) Gymnospermae

gaze. Tako smo radili naročito kod manje sočnih listova, jer se uvijek mora nastojati, da list ima na raspolaganju za asimilaciju i dovoljno vode. Kod pripremanja se pazilo, da list bude tako smješten, da čitavom svojom površinom bude osvjetljen. Savijeni listovi nisu dobri, jer neosvijetljeni dio samo diše, pa se ne vrši jednolika izmjena plinova. Epruvete su bile položene na kosini u horizontalnom položaju.

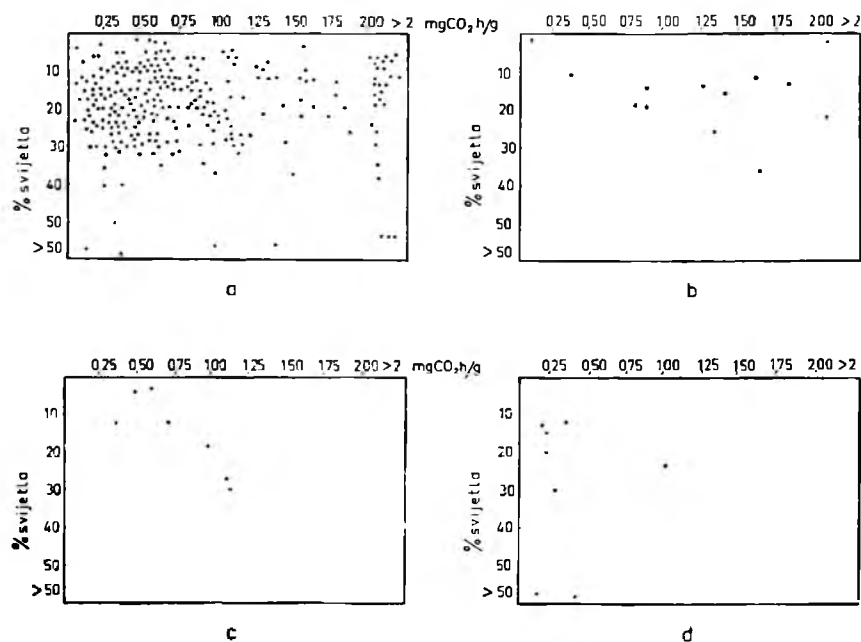
Pokus je bio postavljen u maloj podrumskoj prostoriji bez vanjskoga osvjetljenja. Za čitavo vrijeme trajanja pokusa mjerila se količina vlage i temperatura u prostoriji posebnim registratorom. Biljke sjene bile su najprije izložene slabijem osvjetljenju sa sijalicom od 200 W, a ako je



Sl. 4. Kompenzacione točke (lijevo) i »lihtgenus« (desno) kod Angiosperma: a) srednjoevropske, b) mediteranske, c) australske, d) subtropske, e) tropske i f) sukulentne biljke

osvjetljenje bilo preslabo, nastavilo se s dvjema sijalicama od 200 + 400 W. Kod biljaka svijetla radilo se odmah s dvije sijalice. Svaka je serija bila u prosjeku izložena jedan sat svijetlu. Nakon toga se postavljala serija s novom biljkom. Epruvete s tekućinom iz predašnje serije ostavljale su se u drugoj prostoriji, gdje postoji normalna koncentracija CO₂ (0,03% vol.), razumije se bez čepova. Nakon postignute

koncentracije ravnoteže, epruvete su se mogle upotrebiti za novu seriju. Kod postignute ravnoteže tekućina poprima početnu žutocrvenu boju. Nove serije epruveta najbolje je primijeniti također u ovoj prostoriji, da se ne bi već prilikom prepariranja poremetila ravnoteža. Mogu se doduše i bez tako postignute ravnoteže biljke izložiti svjetlu, ali tada proces nešto dulje traje, naročito ako u epruveti ima mnogo CO_2 , odnosno kada je tekućina sasvim žuta, ili pak obrnuto, ako je svjetlo za biljku preslabo, ako je premalo CO_2 , odnosno ako je tekućina crvena.



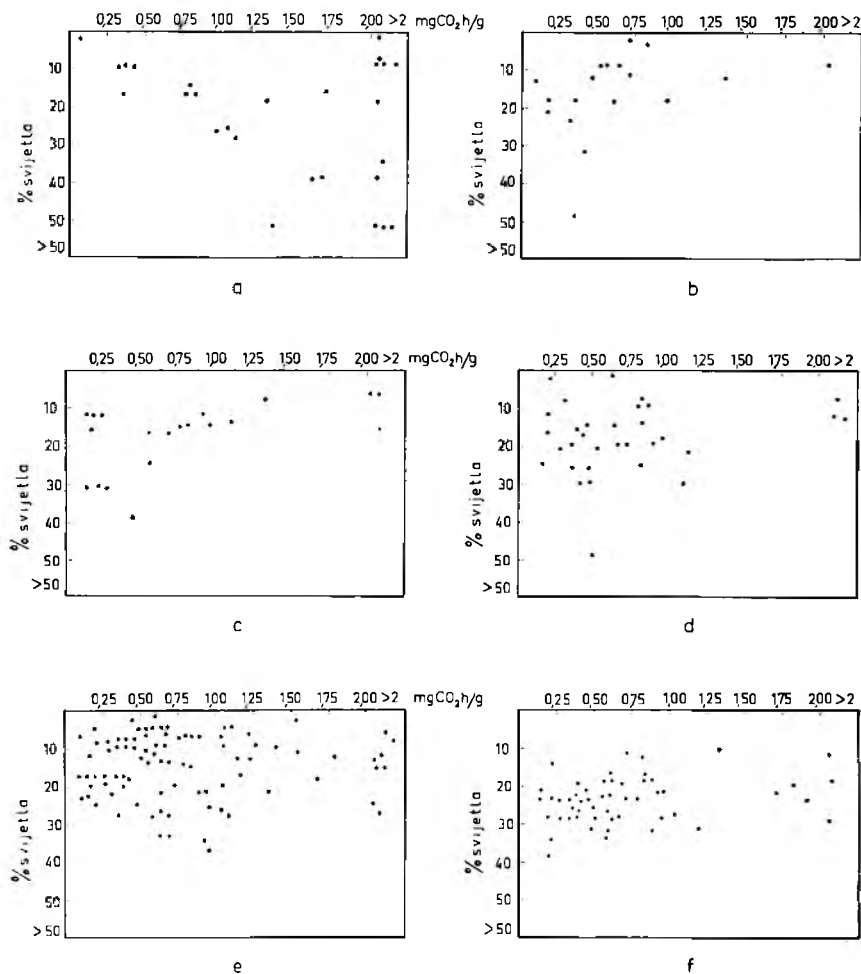
Sl. 5. Odnos između »lihtgenusa« i disanja:

a) sve istražene biljke, b) Bryophyta, c) Pteridophyta i d) Gymnospermae

Pokusi su pravljani potkraj jeseni, u toku mjeseca novembra i decembra 1957. Bilo je dana, kada su postojale nepovoljne temperaturne prilike, pa se tada prostetirja za pokuse posebno grijala, a biljke prenoseci se u nju iz staklenika brižljivo zaštićivale novinskim papirom.

Osim određivanja kompenzacione točke, za većinu biljaka vršena su i mjerenja u vezi s disanjem. Pomoću iste metode pravili su se pokusi u tamnom prostoru bez svjetla. U tu svrhu za svaku su se biljku pripremile tri probe, ali drukčije nego za određivanje kompenzacione točke. Budući da je zbog preračunavanja trebalo znati točan volumen CO_2 , koji je biljka kod disanja isпустиła u odnosu na jedinicu vremena i gram suhe tvari, točno je izmjeren volumen zračnog prostora u epruveti te se dodavalo uvijek točno 5 ccm tekućine, a prethodno se izvagala težina svježih dijelova ispitane biljke. Listići su se kod toga pokusa

stavljali u tanku mrežicu od sintetične tvari, koja je pomoću dviju izbočina na staklenoj stijenci bila pričvršćena u horizontalnom smjeru u sredini epruvete. Čepovi su bili od mekane gume, da bi se mogli ugurati samo do određene visine, koja označuje izmjereni volumen staklene cijevi. Tako pripremljene probe sa zelenim dijelovima biljke



Sl. 6. Odnos između »lihtgenusa« i disanja kod Angiosperma:

a) srednjoevropske biljke, b) mediteranske, c) australske, d) subtropske, e) tropske i f) sukulentne biljke

stavljane su u uspravnom položaju u tamnu prostoriju, pošto su se zabilježili podaci o vremenu (kada je počeo pokus) i o odgovarajućem pH u tekućini. Probe moraju ostati uvijek preko jednog sata u tami. Svojim su disanjem izazvale promjene u koncentraciji pH u tekućini, pa

se nakon pokusa utvrdila nova vrijednost pH i zabilježilo vrijeme, do kada je pokus trajao. Biljni dijelovi se nisu bacili, nego su se stavili u sušionik, da bi se mogla izvagati težina njihove suhe tvari. U termostatu smo ih ostavljali obično preko noći i vagali njihovu težinu idućeg dana. Iz razlike u pH izračunalo se pomoću grafikona, koji je prikazan na sl. 1, koliko je biljka $\%$ vol. CO_2 za vrijeme trajanja pokusa izlučila. Nakon toga za svaku se biljku izračunalo, koliko mg CO_2 izluči u jednom satu po gramu suhe tvari, i to po formuli¹

$$\frac{\% \text{ vol. CO}_2 (104 - \text{FG}) \cdot 135}{t \cdot \text{TG} \cdot 10^4}$$

gdje FG znači težinu u gramima svježe tvari, t vrijeme u minutama i TG težinu suhe tvari u gramima, dok je broj 135 dobiven preračunavanjem volumena za epruvetu i tekućinu, te vremena (sati i minute). Na taj se nač'n dobije, koliko mg CO_2 izdiše biljka u jednom satu po gramu suhe tvari.

Osim toga za svaku je biljku određena njezina sistematska pripadnost i porijeklo.

Sve ispitane biljke možemo razvrstati po sistematskim grupama posebno na Bryophyta, Pteridophyta, Gymnospermae i Angiospermae. Budući da su Angiospermae najbrojnije, možemo ih razvrstati i prema njihovoj biljnogeografskoj pripadnosti, pa sam ih podijelio na ove grupe: a) srednjoevropske biljke, b) mediteranske biljke, c) australske biljke, d) suprotropske biljke, e) tropske biljke, i posebno još kao jednu ekološku cjelinu f) sukulente.

Ako pogledamo sve istražene biljke u cjelini, vidjet ćemo, da kompenzaciona točka svijetla kod raznih biljaka je vrlo različita (sl. 3a). Kao mjerilo možemo uzeti udaljenost u metrima od izvora svjetlosti, u našem slučaju žarulje od 200 i 400 W. Ima dosta velik broj vrsta, naročito kod sukulentnih biljaka, koje ne mogu asimilirati niti na udaljenosti od 0 m i pod najjačim osvjetljenjem. Nasuprot tome, uglavnom tropske biljke asimilirale su i na udaljenosti od preko 5,5 m sa slabijim osvjetljenjem. Kod njih, razumije se, nije bilo moguće odrediti kompenzacionu točku, koja se nalazi ili u području još jačeg osvjetljenja, nego što su obje žarulje, ili pak kod još slabijeg svijetla, nego što je osvjetljenje slabije žarulje na udaljenosti od preko 5,5 m. Ostale pokazuju kompen-

Skupine	1	2	3	4	5	6	7	8
Jače osvjetljenje žarulje 200+400 W	<0 m	0—0,5	0,5—1,2	1,2—1,8	1,8—5,5 m			
Slabije osvjetljenje žarulje 200 W				0—0,5	0,5—1,3	1,2—4	4—5,5	>5,5m
Relativna jačina osvjetljenja	>50	30—50	15—30	7,5—15	4—9,5	2—4	1—2	<1

¹ Vrijedi samo za izvedeni pokus.

zacione točke na različitim udaljenostima od 0 do 5,5 m s jednom ili s objema žaruljama. Na osnovu toga možemo izdvojiti 8 različitih grupa, kako je prikazano na tabeli na str. 124.

Metri označuju udaljenost od izvora svjetlosti, a relativna jačina svijetla 50 odgovara jačini svijetla od cca 5000 luksa. Ako na osnovu ovakve raspodjele usporedimo kompenzacione točke svih istraženih biljaka (sl. 3a), vidjet ćemo, da najveći broj vrsta pripada skupinama 5, 6 i 7. Prema jačem osvjetljenju ima sve manje vrsta, dok kod najjačeg svijetla imaju kompenzacionu točku, kako ćemo još vidjeti, uglavnom samo sukulentne biljke. Isto tako skupini 8 pripadaju uglavnom samo tropske biljke iz tamošnjih prašuma. Ovo se prilično poklapa s vrijednostima »lihtgenusa«. Ako pogledamo te vrijednosti (sl. 3a₁), vidjet ćemo, da je većina biljaka uglavnom s osrednje osvjetljenih staništa. Stoga bismo mogli već sada općenito reći, da biljke sjene imaju uvijek nešto nižu kompenzacionu točku od biljaka svijetla.

Ako pak pogledamo u kojem su odnosu »lihtgenus« i disanje kod svih istraženih biljaka (sl. 5a), vidjet ćemo, da je većina biljaka sa staništa sa slabijim osvjetljenjima, a i njihovo disanje nije tako intenzivno. Znatno je manji broj vrsta, koje dišu nešto intenzivnije.

Kako se pojedine biljke odnose u pogledu asimilacije, disanja i osvjetljenja, bolje ćemo uočiti, ako promotrimo, kako je to kod pojedinih sistematskih, odnosno biljnogeografskih i ekoloških skupina.

1. BRYOPHYTA

Pokusi su vršeni samo na oko 20-ak vrsta, koje su uglavnom stanovnici bjelogoričnih šuma. Bilo je i nekoliko vrsta, koje sam ubrao na jednom sedrenom slapu (Uracher Wasserfall) u Švapskoj Juri, dok je jedan Sphagnum iz malog umjetnog creta u Botaničkom vrtu Poljoprivredne visoke škole u Stuttgartu. Popis svih vrsta s podacima nalazimo na tabli I.

Već iz tih nekoliko vrsta možemo zapaziti, da njihova kompenzaciona točka ne leži tako nisko, iako su to pretežno biljke sjene, što možemo uočiti, ako usporedimo vrijednosti »lihtgenusa« (sl. 3b₁). Najveći broj vrsta pripada skupini 5 (sl. 3b), dakle ni kod previše jakog ni previše slabog osvjetljenja. Ali ih ipak više ima iz 3. skupine, dakle kod jačeg osvjetljenja nego kod slabijeg.

Usporedimo li pak njihov »lihtgenus« s disanjem, vidjet ćemo, da su to pretežno biljke, koje prilično intenzivno dišu (sl. 5b). Većina uživa mali postotak svijetla, ali izdišu po jedinici suhe tvari relativno velike količine CO₂. Samo manji broj vrsta izdiše nešto manje CO₂. Mahovi tresetari sa svjetlijih staništa također pokazuju visok kapacitet disanja.

TABLA I.
Bryophyta

Ime biljke	Porodica	»Liht- genus«	Komp. točka (Skupina)	Dtsanje u mg CO ₂ h/g	Porijeklo
ANEURA pinguis Dum.	Aneureae	30%	3	—	Kosm.
BRACHYTHECIUM rutabulum (L.) Br.	Brachytheciaceae	—	3	1,46	Holarkt.
CRATONEURUM commutatum Roth	Amblystegiaceae	10%	1	3,12	Temp.
DIDYMODON tophaceus Jur.	Pottiaceae	—	5	—	Holarkt.
EUCLADIUM verticillatum Br. eur.	Pottiaceae	5%	3	0,02	Holarkt.
FEGATELLA conica Corda	Marchantiaceae	5%	5	2,12	Holarkt.
FISSIDENS bryoides Hedw.	Fissidentaceae	10%	4	1,54	Temp.
HOMALIA trichomanioides Br. eur.	Neckeraceae	15%	5	1,24	Europa
MADOTHECA platyphylla Dum.	Porellaceae	15%	5	1,78	Temp.
MARCHANTIA polymorpha L.	Marchantiaceae	—	5	—	Temp.
MNIUM punctatum Schreb.	Mniaceae	—	5	—	Temp.
OXYRRHYNCHIUM praelongum Wstff.	Brachytheciaceae	15%	3	0,79	Temp.
PELLIA fabbroniana Raddi	Pelliaceae	40%	5	1,65	Temp.
PHILONOTIS calcarea Schimp.	Bartramiaceae	20%	5	0,74	Temp.
PLATYHYPNIDIUM rusciforme Wstf.	Amblystegiaceae	70%	1	2,33	Temp.
POLYTRICHUM commune L.	Polytrichaceae	20%	3	1,38	Temp.
PREISSIA commutata Nees	Marchantiaceae	20%	6	0,48	Temp.
SPHAGNUM medium Limpr.	Sphagnaceae	40%	5	2,45	Temp.
SPHAGNUM subsecundum Nees	Sphagnaceae	20%	5	2,40	Temp.
TORTULA subulata Hedw.	Pottiaceae	—	5	—	Temp.

Zanimljivo je napomenuti, da pokusi sa sedrotvornim mahovinama nisu uspješni. Ugljična kiselina otapa inkrustirani vapnenac, pa se time povećava količina bikarbonata. Na taj je način tekućina-reagens pokazivala gotovo uvijek žutu boju, te se kompenzaciona točka nije mogla utvrditi. To znači, da i za sedrotvorce ta metoda nije upotrebljiva.

2. PTERIDOPHYTA

Na raspolaganju smo imali samo neke paprati u užem smislu i to svega nekoliko vrsta, od kojih su neke bile tropskog i mediteranskog porijekla (tabla II). Stoga postignuti rezultati ne mogu dati cjelovitu

TABLA II.
Pteridophyta

Ime biljke	Porodica	»Licht-genus«	Komp. točka (Skupina)	Disanje u mg CO ₂ h/g	Porijeklo
ADIANTUM capillus ven. L.	Polypodiaceae	12%	6	0,72	Medit.
ASPIDIUM filix mas Sw.	Polypodiaceae	28%	6	1,18	Holarkt.
BLECHNUM brasiliense Desv.	Blechnaceae	30%	6	1,14	J. Amerika
PLATYCERIUM bifforme Bl.	Polypodiaceae	11%	6	0,35	Indomal.
POLYPODIUM falcatum	Polypodiaceae	4% ^d	8	0,42	Tropi
POLYPODIUM vulgare L.	Polypodiaceae	23%	4	0,97	Holarkt.
PTERIS cretica L.	Pteridaceae	3%	7	0,67	Mediterr.
SALVINIA natans Hoffm.	Salviniaceae	10%	2	13,43	Temp.

sliku o ekološkim uslovima asimilacije kod ovih biljaka. Ipak možemo uočiti (sl. 3c), da većina ima kompenzacionu točku kod slabijeg osvjetljenja (skupine 6, 7 i 8). To je posve razumljivo, ako uzmemo u obzir da su to uglavnom biljke sjene, što možemo uočiti i iz vrijednosti »lihtgenusa« izmjenjenog na njihovim staništima (sl. 3c₁).

U pogledu disanja (sl. 5c) možemo uočiti, da relativno slabo dišu. Ukratko možemo reći, da su to biljke sjenovitih staništa, s niskom kompenzacionom točkom svijetla i relativno slabim disanjem.

3. GYMNOSPERMAE

Pregled ispitanih vrsta s podacima nalazimo na tabli III. Većinom su to četinari, a samo jedna vrsta pripada gnetinama. Listovi, odnosno iglice, potječu uglavnom s grana, koje se nalaze na sjenovitim stani-

TABLA III.
Gymnospermae

Ime biljke	Porodica	»Liht-genus«	Komp. točka (Skupina)	Disanje u mg CO ₂ h/g	Porijeklo
ARAUCARIA araucana C. Koch	Coniferae	23%	5	0,89	Čile
ARAUCARIA bidwillii Hook.	Coniferae	13%	3	0,10	Australija
PODOCARPUS chinensis Sw.	Coniferae	14%	6	0,12	Japan
CHAMAECYPERIS nootkaensis Carr.	Coniferae	20%	5	0,22	Sj. Amerika
SEQUOIA gigantea Lindl. et Gord.	Coniferae	22%	5	—	Kalifornija
PINUS silvestris L.	Coniferae	>50%	5	0,16	Evropa
TAXUS baccata L.	Taxaceae	20%	4	—	Temp. podr.
ABIES alba Mill.	Coniferae	30%	4	0,21	Evropa
TSUGA canadensis Carr.	Coniferae	15%	6	—	Sj. Amerika
PICEA excelsa Link.	Coniferae	>50%	4	0,37	Evropa
EPHEDRA minor Host	Gnetaceae	17%	4	0,29	Evropa

štima (sl. 3d). I kod njih možemo zapaziti, da većina istraženih vrsta ima kompenzacionu točku kod osrednjeg osvjetljenja (skupina 5), ali ipak ih više ima s kompenzacionom točkom kod slabijeg osvjetljenja nego u području jačega svijetla (sl. 3d).

Zanimljivo je, da gotovo sve dišu relativno slabo (sl. 5d). Zapravo sve, koje su iz umjerenog područja, izdišu male količine CO₂ po gramu suhe tvari i jedinici vremena (sati). Nešto veću vrijednost pokazuje samo *Araucaria araucana*, ali i to nije najtočnije, jer su za mjerenja disanja bile uzete čitave grančice, a ne samo listići, kao što je bio slučaj s ostalima.

S četinarima su se vršili pokusi i za vrijeme ovogodišnjih mrazova. Ti su pokusi još u toku, ali dosadašnji rezultati pokazuju, da za vrijeme mrazova asimilacijska djelatnost gotovo sasvim prestaje, ili se pak

može registrirati kompenzaciona točka samo kod jakog osvjetljavanja. Zanimljivo je, da nakon nekog vremena, kada se grančice ostave u vodi u zagrijanoj prostoriji (oko 15 °C), listovi ponovo normalno asimiliraju i može se ustvrditi kompenzaciona točka kao kod običnih prilika. Značajno je, da se kod toga disanje ne poremeti. Biljke nakon mraza kao i normalne jednako dišu. Detaljni podaci o tim pokusima objavljeni su u posebnoj radnji (Pavletić-Lieth 1958).

4. ANGIOSPERMAE

Najveći broj (oko 250 vrsta) ispitanih biljaka pripada ovoj skupini. Kako potječu iz različitih biljnogeografskih područja, razvrstat ćemo ih prema njihovu biljnogeografskom porijeklu. Posebnu skupinu predstavljaju sukulentne biljke, koje su za sebe značajna ekološka cjelina.

a) Srednjoevropske biljke

Iako su to biljke našega područja, u ovom našem pokusu su najmanje zastupljene. To je zbog toga, što se radilo u vrijeme, kada vegetacija miruje, pa su se uglavnom mogle upotrebiti biljke iz staklenika. One će se međutim posebno ispitati za vrijeme idućeg ljeta, kada se namjerava obraditi oko nekoliko stotina vrsta raznih ekoloških tipova.

Ovoga puta ispitano je svega nekoliko vrsta (tabla IV) sa svjetlijih i nešto slabije osvjetljenih staništa (sl. 4a1). Kompenzacione točke nalaze

TABLA IV.
Srednjoevropske biljke

Ime biljke	Porodica	»Liht-genus«	Komp. točka (Skupina)	Disanje u mg CO ₂ h/g	Porijeklo
CARDAMINE pratensis L.	Cruciferae	6—8%	4	3,10	Temp.
CYCLAMEN europaeum L.	Primulaceae	10%	4	0,29	Evropa
GALIUM molugo L.	Rubiaceae	6—8%	4	2,39	Evrasia
OXALIS stricta L.	Geraniaceae	35%	6	14,38	Temp.
ANDROMEDA polyfolia L.	Ericaceae	—	5	1,39	Boreal.
CALLUNA vulgaris Salisb.	Ericaceae	—	3	0,96	Evr. Am.
VACCINUM oxycoccus	Vaccinaceae	—	5	2,53	Boreal.
VACCINUM vitis idea L.	Vaccinaceae	—	3	2,56	Boreal.

se kod njih većinom u području osrednjeg osvjetljenja (sl. 4a) i pripadaju uglavnom skupini 4,5 i 6.

Pogledamo li, kako dišu, uzevši u obzir i biljke ostalih sistematskih skupina (mahovine, paprati, golosjemenjače), tada možemo uočiti (sl. 6a), da većina dosta dobro diše, bez obzira na to, da li se nalazi na staništima sa slabijim ili jačim osvjetljenjem. Samo manji broj vrsta sa slabije osvjetljenih staništa nešto slabije diše, dok nema među njima biljaka sa slabije osvjetljenih staništa, koje bi slabije i disale.

b) Mediteranske biljke

U staklenicima smo imali na raspolaganju priličan broj mediteranskih biljaka (tabla V), koje su iz razumljivih razloga rasle poglavito na relativno slabije osvjetljenim staništima (sl. 4b₁). I unatoč tome njihove kompenzacione točke leže u području osrednjeg osvjetljenja (sl. 4b). Također pripadaju, kako vidimo, skupinama 4,5 i 6.

U vezi s disanjem pokazuju prosjek svih ispitanih biljaka (sl. 6b). Najviše ih ima sa slabije osvjetljenih staništa i s relativno slabijim disanjem. Nadalje možemo još uočiti neke, koje su sa slabije osvjetljenih staništa i intenzivno dišu, i one koje na tim staništima slabije dišu, dok nema vrste, koja bi pod jakim osvjetljenjem i dobro disala.

TABLA V.
Mediteranske biljke

Ime biljke	Porodica	»Licht-genus«	Komp. točka (Skupina)	Disanje u mg CO ₂ h/g	Poriijeklo
CENTAUREA ragusina L.	Compositae	12%	5	1,29	Dalmacija
CHAMAEROPS humilis L.	Palmae	6%	5	—	Z. Mediteran
CINERARIA maritima Wuff.	Compositae	10%	5	0,50	Italija
CORONILLA glauca L.	Leguminosae	18%	5	0,60	Mediteran
CYCLAMEN graecum Link	Primulaceae	10%	5	0,68	Grčka
DIANTHUS boissieri Willk	Caryophyllaceae	9%	5	3,05	Španija
DROSOPHYLLUM lusitanicum	Droseraceae	6—8%	4	—	Lusit.
ERICA arborea L.	Ericaceae	24%	4	0,37	Mediteran
HELXINE soleirolii Req.	Urticaceae	15%	3	0,14	Sardinija
LAURUS nobilis L.	Lauriniae	20%	3	0,19	Mediteran

Ime biljke	Porodica	»Liht-genus«	Komp. točka (Skupina)	Disanje u mg CO ₂ h/g	Porijeklo
MYRTUS communis L.	Myrtaceae	22%	4	0,23	Južna Evropa
NERIUM oleander L.	Apocynaceae	31%	3	0,35	Mediteran
ROSMARINUS officinalis L.	Labiatae	5%	5	0,82	Mediteran
RUSCUS aculeatus L.	Liliaceae	50%	6	0,34	Južna Evropa
RUSCUS hypoglossum L.	Liliaceae	10%	6	0,65	Južna Evropa
SENECIO pusillus Guss.	Compositae	18%	2	0,29	Sicilija
STIPA tenacissima L.	Gramineae	18%	4	0,88	Z. Mediteran
TEUCRIUM marum L.	Labiatae	13%	4	0,48	Mediteran

Mnogo je bilo biljaka, koje potječu iz australskog biljnogeografskog područja (tabla VI). I one u uslovima staklenika rastu uglavnom na nešto jače osvjetljenim staništima (sl. 4c). Njihove kompenzacione točke malo se razlikuju od onih iz prethodne skupine (sl. 4c). I kod njih većina ima kompenzacionu točku kod osrednjeg osvjetljenja te pripadaju uglavnom grupama 4, 5 i 6, ali ima ih dosta, kojima je kompenzaciona točka i kod slabijeg osvjetljenja (skupine 2 i 3).

Odnos između »lihtegnusa« i disanja kod njih je gotovo indentičan kao i kod mediteranskih (sl. 6c). Uglavnom one, koje rastu na slabije osvjetljenim staništima, dišu slabije, ali ima i takvih, koje na tim staništima nešto bolje dišu, zatim onih, koje slabije dišu, dok i ovoga puta ne nalazimo biljke, koje bi na jako osvjetljenim staništima i mnogo disale.

TABLA VI.
Australske biljke

Ime biljke	Porodica	»Liht-genus«	Komp. točka (Skupina)	Disanje u mg CO ₂ h/g	Porijeklo
ACACIA dealbata Link.	Mimosaceae	15%	5	0,30	Australija
ACACIA ligustrina Meissn.	Mimosaceae	40%	5	0,47	Australija
ACACIA melanoxylon R. Br.	Mimosaceae	12%	5	0,20	Australija
BULBOPHYLLUM lilianae Rendl.	Orchidaceae	12%	6	0,86	Australija

Ime biljke	Porodica	»Licht-genus«	Komp. teška (Skupina)	Disanje u mg CO ₂ min/g	Portjekto
CALLISTEMON brachyandr. Lindl.	Myrtaceae	12%	5	6,14	Australija
CALLISTEMON lanceolatus Sw.	Myrtaceae	6%	3	2,01	Australija
CALLISTEMON phoeniceum Lindl.	Myrtaceae	18%	2	0,51	Australija
CALLISTEMON rigidus R. Br.	Myrtaceae	13%	3	1,14	Australija
CARMICHAELIA flagelliformis Col.	Leguminosae	30%	6	0,22	N.Zeland
CASUARINA stricta Dryand	Casuarinaceae	12%	5	0,16	Australija
CLIANTHUS puniceus B. et S.	Leguminosae	16%	4	2,70	N. Zeland
CORDYLINE australis Hook	Labiatae	24%	5	0,53	N. Zeland
DROSERA pygmea	Droseraceae	6—8%	4	1,34	Australija
DROSERA spathulata	Droseraceae	6—8%	3	3,08	Australija
EUCALYPTUS globulus Lab.	Myrtaceae	14%	5	0,85	Australija
GEITOMOPLESIMUM cymosum A. Cunn.	Liliaceae	12—15%	3	0,94	Australija
GREVILLEA robusta Cunn.	Proteaceae	31%	4	0,24	Australija
HAKEA suaveolens R. Br.	Proteaceae	14%	5	0,75	Australija
LAPORTEA gigas Wedd	Urticaceae	16%	2	0,58	Australija
LIVISTONA australis Mort.	Palmae	16%	3	0,16	Australija
MELALEUCA hypericifolia Sm.	Myrtaceae	11%	6	0,20	Australija

b) Subtropske biljke

Ovih je biljaka bilo već znatno više (tabla VII) i većinom su rasle na slabije osvjetljenim staništima (sl. 4d₁). Nešto se više razlikuju od pređašnjih skupina. Njihova kompenzaciona točka nalazi se češće u području slabijeg osvjetljenja (sl. 4d), tako da većina vrsta pripada skupinama 5, 6 i 7, dok su kod jačeg osvjetljenja kompenzacione točke nešto rjeđe.

Ako pogledamo, u kakvom su odnosu kod njih »lihtgenus« i disanje, možemo uočiti jasno ograničenu skupinu (sl. 4d). Gotovo sve kod slabijeg osvjetljenja i slabije dišu. Tek svega nekoliko vrsta uz takve svjetlosne prilike nešto intenzivnije diše.

TABLA VII.
Subtropske biljke

Ime biljke	Porodica	»Lihtgenus«	Komp. točka (Skupina)	Disanje u mg CO ₂ h/g	Porijeklo
ARDISIA crenata Sims.	Myrsinaceae	14%	7	0,80	Kina
AUCUBA japonica Thumb.	Cornaceae	20%	5	0,32	Japan
CANAVALIA villosa Benth.	Leguminosae	44%	6	—	Meksiko
CENTRADEMIA inaeq. Don.	Melastomac.	20%	4	0,84	Meksiko
CINNAMOMUM camphora Nees	Laurineae	26%	5	0,48	Kina, Japan
CNESTRUM elegans Schl.	Solanaceae	14%	7	0,47	Kina, Japan
CITRUS trifoliata L.	Rutaceae	10%	6	0,79	Japan
CLERODENDRON trichotomum	Verbenaceae	30%	7	1,08	Japan
CLUSIA mexicana	Guttiferae	30%	5	0,39	Meksiko
CROTON ciliatum Ortg.	Euphorbiaceae	8%	7	0,28	Meksiko, Kuba
DRACAENA drago	Liliaceae	3%	7	0,24	Kanar. otoci
DRACUNCULUS canarien.	Aroideae	20%	6	0,75	Kanar. otoci
EUPHORBIA pulcherrima	Euphorbiaceae	18%	7	0,92	Meksiko
FATSIA japonica D. et P.	Araliaceae	12%	3	0,20	Japan
HEDYCHIUM coccineum	Scitamineae	17%	7	0,20	Nepal
HOFFMANIA refulgens Her.	Rubiaceae	21%	7	0,51	Meksiko
IMPATIENS junnanensis Fr.	Geraniaceae	24%	5	0,80	Kina
JUANULOA aurantiaca	Solanaceae	16%	4	0,41	Meksiko

Ime biljke	Porodica	»Liht-genus«	Komp. točka (Skupina)	Disanje u mg CO ₂ h/g	Portjekto
LIPPIA callicarp. H. B.	Verbenaceae	8 ⁰ / ₀	6	0,82	Meksiko
MAURANDIA scadens	Scrophulariaceae	13 ⁰ / ₀	5	3,33	Meksiko
PINGUICULA caudata Schl.	Lentibulariaceae	6—8 ⁰ / ₀	4	8,44	Meksiko
PITTOSPORUM tobira Dryand	Pittosporaceae	21 ⁰ / ₀	6	0,28	Japan, Kina
PSEUDOSASA japonica Mak.	Gramineae	25 ⁰ / ₀	7	0,15	Japan
RHIPSALIS prismatica	Cactaceae	16 ⁰ / ₀	5	0,41	—
RHOEO discolor Hance	Commelinaceae	10 ⁰ / ₀	6	0,79	Meksiko
RUELLIA rosea Hensl.	Acanthaceae	1—2 ⁰ / ₀	7	0,62	Meksiko
RUELLIA squarrosa	Acanthaceae	20 ⁰ / ₀	4	0,66	Meksiko
SAXIFRAGA sarmentosa L.	Saxifragaceae	12 ⁰ / ₀	7	0,55	Japan
TETRANEMA mexicanum Bent.	Scrophulariaceae	22 ⁰ / ₀	5	1,54	Meksiko
TRACHYCARPUS excelsus	Palmae	26 ⁰ / ₀	5	0,31	Japan
ZEBRINA pendula Schnizl	Commelinaceae	15 ⁰ / ₀	4	0,61	Meksiko
ZEBRINA purpusii Brück.	Commelinaceae	30 ⁰ / ₀	6	0,46	Meksiko

e) Tropske biljke

Najveći broj ispitanih biljaka bio je tropskog porijekla, i to uglavnom iz tropskih prašuma (tabla VIII). I u uslovima staklenika bila su staništa vrlo slabo osvijetljena (sl. 4e.). Što se tiče kompenzacione točke, među ovim biljkama bilo je najviše onih, kojima su točke ležale u području slabijeg osvjetljenja (sl. 4e). Kako vidimo, naročito ih mnogo ima iz skupine 7, pa čak ima priličan broj takvih (skupina 8), koje su i kod najslabijeg osvjetljenja asimilirale. Ostale pripadaju uglavnom skupinama 4, 5 i 6, dok ih ima vrlo malen broj, koje imaju kompenzacionu točku u području jačeg osvjetljenja.

Kod disanja pokazuju znatne sličnosti sa subtropskim biljkama (sl. 6e). Predstavljaju prilično dobro ograničenu skupinu biljaka, koje kod slabijeg osvjetljenja i nešto slabije dišu, ali ih ima i priličan broj, koje u tim svjetlosnim uslovima i nešto intenzivnije dišu.

TABLA VIII.
Tropske biljke

Ime biljke	Porodica	„Liht- genus“	Komp. točka (Skupina)	Disanje u mg CO ₂ h/g	Portjeklo
ABUTILON hybridum Horst.	Malvaceae	18%	6	0,52	Kosm. trop.
AECHMEA coerulescens Horst.	Bromeliaceae	17%	6	1,19	Amerika
AECHMEA ortgiesii Baker	Bromeliaceae	9%	7	0,58	Amerika
AECHMEA tillandoides Bak.	Bromeliaceae	14%	7	0,68	Brazilija
AGAPANTHUS umbel. L'Hérit.	Liliaceae	7%	7	0,49	Afrika
ALONSOA linearis R.—P.	Scrophulariaceae	14%	5	3,05	Peru
ALPINIA galanga Willd.	Scitamineae	21%	7	0,29	Azija
ANONA cherimolia Mill.	Anonaceae	22%	6	0,65	Amerika
ANONA muricata L.	Anonaceae	10%	8	0,33	Amerika
ARAUJA sericifera Broth.	Asclepiadaceae	9%	6	1,25	Peru
ARDISIA humilis Vahl.	Myrsinaceae	100%	6	0,55	Malaja
AREGELIA laevis Mez.	Bromeliaceae	10%	8	—	Brazilija
AREGELIA tristis Mez.	Bromeliaceae	4%	8	1,09	Brazilija
ARISTOLOCHIA brasiliensis	Aristolochiaceae	7%	7	0,79	Brazilija
ARISTOLOCHIA elegans M.	Aristolochiaceae	7%	7	1,04	Brazilija
ARISTOLOCHIA fimbriata Cham.	Aristolochiaceae	10%	7	1,04	Brazilija
ASCLEPIAS curassavica L.	Asclepiadaceae	21%	4	0,93	Afrika
ASPARAGUS sprengeri Reg.	Liliaceae	24%	7	2,03	Afrika
ASPARAGUS plumosum Bak.	Liliaceae	5%	5	0,54	Afrika
BALOTA africana	Labiatae	33%	7	0,73	Afrika
BARTOLOMIA maculata DC	Melastomaceae	35%	5	0,94	Brazilija

Ime biljke	Porodica	»Liht- genus«	Komp. točka (Skuptna)	Dtsanje u mg CO ₂ h/g	Porijeklo
BILLBERGIA nutans Wendl.	Bromeliaceae	18 ⁰ / ₀	8	0,26	Brazilija
BIOPHYTUM sensitivum DC	Geraniaceae	10 ⁰ / ₀	7	1,32	Kosm. trop.
BIXA orellana L.	Bixineae	5 ⁰ / ₀	6	1,09	Amerika
BOUSSINGAULTIA baselloides	Chenopodiaceae	8 ⁰ / ₀	5	0,52	Ekvador
CALLIANDRA anomala Macbr.	Leguminosae	11 ⁰ / ₀	3	1,55	Amerika
CANELLA alba Murr.	Canellaceae	17 ⁰ / ₀	7	0,23	Z. Indija
CAPSICUM anuum L.	Solanaceae	26 ⁰ / ₀	5	1,08	Tropi
CARICA papaya L.	Passifloraceae	5 ⁰ / ₀	7	0,56	Amerika
CARLUDOVICA palmata R.—P.	Cyclanthaceae	18 ⁰ / ₀	4	0,19	Amerika
CASSIA angustifolia Vahl.	Leguminosae	14 ⁰ / ₀	4	0,77	Afrika
CEIBE petandra Gaert	Malvaceae	15 ⁰ / ₀	8	5,77	Azija, Afrika
CHAVICA officin. Miq.	Piperaceae	7 ⁰ / ₀	7	0,45	Azija
CINCHOMA succirubra Pav.	Rubiaceae	2-4 ⁰ / ₀	6	0,37	Peru
CISSUS discolor Blume	Ampelidaceae	9 ⁰ / ₀	7	0,52	Malaja
CITRUS aurantium L.	Rutaceae	15 ⁰ / ₀	6	0,26	Azija
CLERODENDRON thompsonae B.	Verbenaceae	17 ⁰ / ₀	7	0,14	Afrika
CODIEUM variegatum Blume	Euphorbiaceae	10 ⁰ / ₀	7	0,41	Malaja
COFFEA arabica L.	Rubiaceae	5 ⁰ / ₀	7	0,24	Afrika
COLEUS hybridus Hort	Labiatae	24 ⁰ / ₀	4	1,04	Malaja
CRYPTANTHUS acaulis Beer	Bromeliaceae	27 ⁰ / ₀	7	1,17	Brazilija
CRYPTANTHUS zonatus Beer	Bromeliaceae	27 ⁰ / ₀	7	0,43	Brazilija
CURCUMA longa L.	Scitamineae	18 ⁰ / ₀	5	2,29	Azija

Ime biljke	Porodica	„Liht- genus“	Komp. točka (Skupina)	Drsanje u mg CO ₂ h/g	Porijeklo
CURCUMA roscoeana Well.	Scitamineae	18 ⁰ / ₀	4	0,58	Burma
CYANOTIS kewensis Clarke	Commelinaceae	12 ⁰ / ₀	6	0,65	Ist. Indija
CYPERUS papyrus L.	Cyperaceae	8 ⁰ / ₀	6	0,46	Afrika
DATURA arborea L.	Solanaceae	20 ⁰ / ₀	5	0,83	Amerika
DORSTENIA contrajerva L.	Urticaceae	22 ⁰ / ₀	7	0,42	Amerika
DORSTENIA gilettii	Urticaceae	12 ⁰ / ₀	8	0,75	Amerika
DYCKIA rariflora	Bromeliaceae	20 ⁰ / ₀	5	0,85	Brazilija
DIEFFENBACHIA picta Scott.	Araceae	16 ⁰ / ₀	5	0,19	Peru
ERANTHEMUM lindenii	Acanthaceae	13 ⁰ / ₀	7	1,77	Azija
ERYTHROXYLON coca Lam.	Lineae	27 ⁰ / ₀	7	0,73	Peru
EUCOMIS punctata L'Hérit	Liliaceae	10 ⁰ / ₀	5	0,60	Afrika
EXCOECARIA bicolor Hassk.	Euphorbiaceae	14 ⁰ / ₀	6	0,24	Malaja
FICUS elastica Roxb.	Urticaceae	10 ⁰ / ₀	7	0,59	Azija
FICUS triangularis Wab.	Urticaceae	16 ⁰ / ₀	7	1,21	Afrika
FITTONIA argyroneura Coem.	Acanthaceae	23 ⁰ / ₀	5	1,13	Peru
GOSSYPIUM arboreum L.	Malvaceae	21 ⁰ / ₀	5	1,33	Tropi
GOSSYPIUM herbaceum L.	Malvaceae	5-7 ⁰ / ₀	5	0,82	Tropi
HIBISCUS rosa-chinensis L.	Malvaceae	6 ⁰ / ₀	7	0,43	Tropi
HOYA carnosa *	Asclepiadaceae	8 ⁰ / ₀	6	0,85	Azija, Afrika
IMPATIENS sultanii Hook	Geraniaceae	11 ⁰ / ₀	5	4,19	Afrika
JACCARANDA mimosifolia Don.	Bignoniaceae	37 ⁰ / ₀	6	0,98	Amerika
KOHLERIA hirsuta Regel	Gesneriaceae	28 ⁰ / ₀	3	0,38	Indija

Ime biljke	Porodica	»Liht-genus«	Komp. točka (Skuptna)	Disanje u mg CO ₂ h/g	Porijeklo
MANDEVILLEA suaveolens	Apocynaceae	110/0	7	0,53	Amerika
MANIHOT utilissima Pohl	Euphorbiaceae	260/0	6	2,01	Amerika
MARANTA leucocneura Moor	Scitamineae	70/0	7	1,20	Amerika
MEDINILLA magnifica Lindl.	Melastomaceae	140/0	6	0,76	Filipini
MELIANTHUS maior L.	Sapindaceae	50/0	6	0,65	Afrika
MIMOSA pudica L.	Mimosaceae	280/0	5	1,15	Brazilija
MONSTERA deliziosa Lieb.	Aroideae	50/0	7	0,22	Amerika
MUSA manii Wendl.	Scitamineae	90/0	7	0,45	Asam
MUSA sapientum L.	Scitamineae	50/0	6	0,62	Azija
NIDULARIUM striatum Lem.	Bromeliaceae	170/0	7	0,41	Brazilija
NIDULARIUM paxianum Mez.	Bromeliaceae	180/0	8	0,44	Brazilija
NEPENTHES sp.	Nepenthaceae	280/0	6	0,54	Tropi
ORYZA sativa L.	Gramineae	250/0	6	0,49	Tropi
PASSIFLORA suberosa L.	Passiflor.	120/0	5	1,76	Amerika
PASSIFLORA quadrangularis L.	Passiflor.	260/0	4	0,55	Amerika
PAVETTA zimmermanii	Rubiaceae	200/0	7	0,71	Stari svijet
PEPEROMIA elongata H. B.	Piperaceae	280/0	7	0,74	Venezuela
PEPEROMIA hydrocotylodes Miq.	Piperaceae	250/0	6	0,96	Brazilija
PEPEROMIA numularia H. B.	Piperaceae	60/0	6	3,29	Amerika
PEPEROMIA rubella Hook	Piperaceae	30/0	5	1,53	Amerika
PEPEROMIA tytymaloides	Piperaceae	110/0	7	0,28	Amerika
PERSEA gratissima Gaert.	Lauraceae	70/0	7	0,63	Amerika

Ime biljke	Porodica	„Liht- genus“	Komp. točka (Skupina)	Disanje u mg CO ₂ h/g	Porijeklo
PERSEA indica Spreng	Lauraceae	12%	4	0,16	Kanar. otoci
PHOENIX canariensis Hert	Palmae	20%	4	0,21	Kanar. otoci
PHILODENDRON andreaeanum Devans	Aroideae	10%	7	0,40	Amerika
PHILODENDRON ilsemannii Sand.	Aroideae	9%	6	0,36	Sred. Amerika
PHILODENDRON karwenii	Aroideae	21%	7	—	
PILEA spruceana Wedd.	Urticaceae	7%	7	2,71	Peru
PILEA cadieriei G. et G.	Urticaceae	2%	5	0,46	Indokina
PILEA muscosa Lidl.	Urticaceae	5%	8	—	Amerika
PIPER nigrum L.	Piperaceae	11%	7	0,51	Indomalaja
PITCAIRNIA maidifolia	Bromeliaceae	8%	8	0,47	Guatemala
PSIDIUM araca Raddi	Myrtaceae	10%	3	0,23	Brazilija
PSIDIUM cattleyanum Sab.	Myrtaceae	18%	6	0,21	Brazilija
PSIDIUM guajava L.	Myrtaceae	23%	5	0,18	Amerika
PSIDIUM humile Vell.	Myrtaceae	2%	7	0,68	Brazilija
SAINTPAULIA ionantha Wendl.	Gesneriaceae	18%	6	0,40	Afrika
SANCHEZIA nobilis Hook	Acanthaceae	5%	7	0,67	Ekvador
SARCOCOCCA ruscifolia	Buxaceae	5%	4	0,57	Indonezija
SOLANUM capsicastrum Link	Solanaceae	13%	2	0,59	Brazilija
SPARMANIA africana L.	Tiliaceae	14%	7	0,58	Afrika
STREPTOCARPUS rexii Lindl.	Gesneriaceae	32%	7	0,70	Afrika
STROPHANTHUS speciosus R.	Apocynaceae	13%	7	1,66	Afrika
TALINUM patens Willd.	Portulacaceae	24%	5	0,22	Amerika

Ime biljke	Porodica	»Liht-genus«	Komp. točka (Skupina)	Disanje u mg CO ₂ h/g	Porijeklo
THEOBROMA cacao L.	Sterculariaceae	20%	4	0,29	Tropi
TILLANDSIA lindenii Reg.	Bromeliaceae	19%	7	1,03	Peru
TRADESCANTIA albiflora	Commelinaceae	12%	6	2,72	Brazilija
TRADESCANTIA bloesf. Hort.	Commelinaceae	22%	7	0,90	Amerika
TRADESCANTIA crassula Link.	Commelinaceae	14%	6	4,10	Brazilija
TRADESCANTIA navicularis	Commelinaceae	13%	4	1,25	Peru
TRADESCANTIA viridis Hort	Commelinaceae	16%	6	1,58	Brazilija
TREVESIA sundaica Miq.	Araliaceae	7%	8	0,18	Java
VANILLA fragrans Ames	Orchidaceae	17%	7	0,36	Z. Indija
ZINGIBER zerumbet Rosc.	Scitamineae	6%	8	—	Azija

f) Sukulente

Posebnu ekološku skupinu predstavljaju sukulentne biljke. Njih ima u svakom stakleniku u vrlo velikom broju, pa smo i ovdje imali na raspolaganju velik broj različitih vrsta iz različitih biljnogeografskih područja. Kako vidimo (sl. 4f.), i u tim uslovima rastu na ne baš jako zasjenjenim staništima. To su uvijek najsvjetlija mjesta u stakleniku. Za razliku od istraženih tropskih biljaka, koje su tipične biljke sjene, ovo su tipične biljke svijetlih staništa. To se ogleda vrlo jasno i u njihovim kompenzacionim točkama (sl. 4f). Vidimo, da te biljke imaju kompenzacione točke uglavnom kod jačeg osvjetljenja, a prema slabijem osvjetljenju ima ih sve manje. Ali najbrojnije je zastupljena skupina 1. Biljke te skupine ni pod najjačim raspoloživim osvjetljenjem ne mogu asimilirati.

U pogledu disanja pokazuju također prilično ograničenu skupinu biljaka (sl. 6f). Uglavnom dišu slabo uz relativno ne baš jaki »lihtgenus«, a postoji samo nekoliko vrsta, koje u tim uslovima i nešto intenzivnije dišu.

TABLA IX.
Sukulentne biljke

Ime biljke	Porodica	»Licht-genus«	Komp. točka (Skupina)	Disanje u mg CO ₂ /h/g	Porijeklo
SEMPERVIVUM anuum C. Sm.	Crassulaceae	11%	5	1,29	Kanar. otoci
ALOE arborescens Mill.	Liliaceae	26%	1	0,97	Juž. Afrika
ALOE plicatilis Mill.	Liliaceae	39%	4	0,24	Juž. Afrika
ALOE saponaria Haw.	Liliaceae	30%	5	0,21	Juž. Afrika
ANACAMPSEROS filamentosa Sims.	Portulac.	13%	3	0,78	Juž. Afrika
AGAVE americana L.	Amarylidaceae	29%	3	0,36	Amerika
AGAVE filifera Salm-Dyck.	Amarylidaceae	19%	2	0,81	Amerika
BERGERANTUS scapiger Sw.	Ficoideae	30%	3	0,67	Juž. Afrika
BRYOPHYLLUM sp.	Crassulaceae	20%	1	2,61	Juž. Afrika
COTYLEDON umbilicus L.	Crassulaceae	12%	5	2,60	Evropa
CRASSULA portulacea	Crassulaceae	18%	7	0,44	Juž. Afrika
CRASSULA cooperi Regel	Crassulaceae	27%	4	1,11	Juž. Afrika
CRASSULA ericoides Haw.	Crassulaceae	30%	1	0,58	Juž. Afrika
CRASSULA falcata Wendl.	Crassulaceae	30%	2	4,63	Juž. Afrika
CRASSULA lactea Soland	Crassulaceae	25%	1	0,41	Juž. Afrika
CRASSULA lycopodioides Lam.	Crassulaceae	27%	2	0,44	Juž. Afrika
CRASSULA socialis Schoul.	Crassulaceae	20%	4	0,39	Juž. Afrika
CYLYNDROPUNTIA leptocaulis	Cacteae	32%	1	0,55	Meksiko
DELOSPERMA echinata Sw.	Ficoideae	30%	1	0,37	Juž. Afrika
DELOSPERMA lemanii Sw.	Ficoideae	16%	2	0,25	Juž. Afrika
DISCHIDIA bengalensis Col.	Asclepiadaceae	20%	1	1,81	Malaja
DISCHIDIA sagittata Decne	Asclepiadaceae	22%	4	1,72	Java

<i>Ime biljke</i>	<i>Porodica</i>	„Liht- genus“	Komp. točka (Skupina)	Disanje u mg CO ₂ h/g	<i>Porijeklo</i>
ECHEVERIA agovoides Lem.	Crassulaceae	31%	2	1,19	Meksiko
ECHEVERIA perelegans Berg.	Crassulaceae	16%	3	0,60	Meksiko
EPIPHYLLUM truncatum Haw.	Cacteeae	24%	3	0,28	Brazilija
EUPHORBIA alcicornis Baker	Euphorbiaceae	17%	1	0,30	Madagaskar
EUPHORBIA tirucalli L.	Euphorbiaceae	30%	1	0,60	Afrika i Azija
GASTERIA acinacifolia Haw.	Liliaceae	25%	3	0,38	Juž. Afrika
HATORIA mesembr. Lem.	Cacteeae	22%	6	0,36	J. Amerika
HATORIA salicornioides	Cacteeae	23%	6	0,36	Brazilija
HAWORTIA retusa Duval	Liliaceae	19%	3	0,87	Juž. Afrika
HAWORTIA pentagona Haw.	Liliaceae	32%	2	0,46	Juž. Afrika
HAWORTIA trotuosa Haw.	Liliaceae	20%	1	0,65	Juž. Afrika
KALANCHOE crenata Haw.	Crassulaceae	11%	1	0,72	Juž. Afrika
LAMPRANTHUS blandus Sw.	Crassulaceae	25%	2	0,31	Juž. Afrika
LITHOPS sp.	Ficoideae	25%	1	0,45	Meksiko
LITHOPS opticus N. E. Br.	Ficoideae	23%	2	0,57	Juž. Afrika
LITHOPS schwantesi Dnt.	Ficoideae	25%	2	0,73	Juž. Afrika
MESEMBRY- ANTHEMUM liguliforme L.	Ficoideae	22%	2	0,80	Juž. Afrika
MESEMBRY- ANTHEMUM pinatifidum L.	Ficoideae	17%	1	0,83	Juž. Afrika
NEOMAMMILARIA echinaria B. et R.	Cacteeae	24%	3	0,29	Meksiko
OPUNTIA drosilepis	Cacteeae	29%	4	0,32	Meksiko
OPUNTIA minima C. Muell.	Cacteeae	29%	3	0,93	Meksiko

Ime biljke	Porodica	»Liht-genus«	Komp. točka (skupina)	Disanje u mg CO ₂ h/g	Portjekto
PELARGONIUM tetragonum L'Hérit	Geran.	30%	1	—	Juž. Afrika
RHIPSALIS cribrata Pfersd.	Cacteae	23%	7	0,59	Brazilija
RHIPSALIS paradoxa Salm-D.	Cacteae	23%	6	0,21	Brazilija
ROCHEA coccinea DC	Crassulaceae	35%	4	0,57	Juž. Afrika
SANSEVIERA hahnii	Liliaceae	21%	1	0,20	—
SEDUM moranense H. B.	Crassulaceae	20%	1	0,53	Meksiko
SEDUM sieboldii Hort	Crassulaceae	23%	5	0,91	Japan
SEDUM Stahlia Solms	Crassulaceae	30%	1	0,85	—
SENECIO succulentus DC	Compositae	25%	4	0,19	Juž. Afrika
STAPELIA lepida Jacq.	Asclepiadac.	35%	2	0,24	Juž. Afrika
STAPELIA luederitzii	Asclepiadac.	25%	2	1,84	Juž. Afrika
TITANOPSIS lued. Tisch.	Ficoideae	23%	1	0,73	Juž. Afrika

IV. Diskusija i zaključci

Izvedeni pokusi pokazuju, da se kolorimetrijska metoda može upotrebiti za određivanje kompenzacione točke svijetla kod svih skupina kormofita. Ona se primijenila doduše kod umjetnog svijetla i ne pod običnim svjetlosnim uslovima, ali je ipak upotrebljiva, ako se određene biljke ispituju u istim prilikama. Preduslov je, da se radi točno po uputama i da se imaju uvijek na umu granice, kod kojih je ona upotrebljiva, i nedostaci, koji je čine neupotrebljivom, ako se na njih ne pazi. Treba paziti, kod koje se jačine svijetla radi, kakvi su temperaturni i ostali uslovi kod mjerenja, i naročito na čistoću reagensa. Otopina mora biti uvijek sposobna da reagira na promjene u količini CO₂ u zatvorenom zračnom prostoru staklene posude. Svaki dodir bilo s vodom, dijelovima biljke ili nekim drugim tvarima mijenja pH otopine, što onda daje pogrešne podatke o izmjeni CO₂ u zračnom prostoru i u otopini. Stoga je dobro što češće raditi s novom i svježom tekućinom, a posebno treba paziti da epruvete, odnosno staklene posude za pokuse budu uvijek čiste

i bez stranih primjesa. Uzevši sve to u obzir, kolometrijsku metodu možemo posve dobro primijeniti za ekološka istraživanja uslova procesa asimilacije, iako se ne radi direktno u prirodnim uslovima, nego u uvjetima laboratorija i umjetnog svijetla.

Sama mjerenja pokazuju, da postoji veza između »lihtgenusa« na staništima i kompenzacione točke svijetla. Općenito se može uočiti, da biljke sjene imaju kompenzacionu točku u području slabijeg osvjetljenja, a biljke sa svjetlijih staništa kod jačeg osvjetljenja. Od istraženih biljaka najviše svijetla za asimilaciju trebaju sukulentne biljke, a najmanje biljke tropskih prašuma. Subtropske biljke prilično se približavaju tropskima, dok mediteranske i australske zahtijevaju osrednje osvjetljenje. Srednjoevropske biljke ispitane su u malom broju, ali njihove kompenzacione točke svijetla pokazuju, da mogu asimilirati i kod osrednjeg osvjetljenja. Što se tiče pojedinih sistematskih skupina, briofiti i gimnosperme pokazuju iste tendencije kao i srednjoevropske biljke, t. j. njihove se kompenzacione točke nalaze većinom u području osrednjeg osvjetljenja, dok se kod pteridofita može jasno uočiti, da većina asimilira još i kod slabijeg svijetla.

U pogledu disanja različite skupine pokazuju različite tendencije. Jasno odijeljenu grupu predstavljaju tropske i subtropske biljke. One gotovo uvijek, ako su sa staništa slabijeg »lihtgenusa« i slabije dišu, a samo rijetko biljke s takvih staništa izdišu nešto više CO₂ u jedinici vremena po gramu suhe tvari. Drugu skupinu predstavljaju mediteranske i australske biljke. Kod njih biljke sa zasjenjenih i svijetlih staništa u većini slučajeva slabo dišu. Manje ima onih, koje su sa slabije osvjetljenih staništa i jače dišu, dok među istraženim biljkama nije bilo takvih, koje bi rasle na jače osvjetljenim staništima i dobro disale. Posebnu skupinu u tom pogledu predstavljaju i sukulentne biljke. One redovito rastu u uslovima staklenika na nešto bolje osvjetljenim staništima i gotovo uvijek nešto slabije dišu. Zasebnu cjelinu predstavljaju srednjoevropske biljke, a s njima i briofiti. U većini slučajeva dobro dišu, bilo da na svojim staništima uživaju mnogo ili malo svijetla. Nešto ih manje ima, koje su sa slabije osvjetljenih staništa i slabije dišu, dok među ispitanim biljkama nije bilo takvih, koje bi kod jačeg osvjetljenja i slabo disale. Preostaju nam još pteridofiti i gimnosperme. Pteridofiti su bili uglavnom sa staništa ispod 30% »lihtgenusa« i redovito su nešto slabije disali, dok su gimnosperme redovito vrlo slabo disale, bez obzira na to da li su njihove grane uzete sa slabije ili jače osvjetljenih dijelova drveća.

Na kraju možemo ukratko iznijeti rezultate za svaku pojedinu skupinu posebno.

1. *Bryophyta*. Najveći broj vrsta pripada skupini 5, dakle ni kod previše jakog ni previše slabog osvjetljenja. Više ih ima iz skupine 3, kod jačeg osvjetljenja nego u području slabijeg osvjetljenja. Većina uživa mali postotak svijetla, ali izdišu relativno velike količine CO₂. Za sedrotvorne mahovine ova metoda nije upotrebljiva.

2. *Pteridophyta*. Većina ih ima kompenzacione točke kod slabijeg osvjetljenja (skupine 6, 7, 8). Sve su ubrane uglavnom sa slabije osvjetljenih staništa i relativno slabo dišu. Ukratko možemo reći, da su to biljke sjenovitih staništa s niskom kompenzacionom točkom svijetla i s relativno slabim disanjem.

3. *Gymnospermae*. Većina istraženih vrsta ima kompenzacionu točku kod osrednjeg osvjetljenja (skupina 5), ali više ih ima s kompenzacionom točkom kod slabijeg osvjetljenja nego u području jačega svijetla. Sve izdišu male količine CO₂, bez obzira na to da li rastu na svijetlim ili slabije osvjetljenim staništima.

4. *Angiospermae*. Ove su biljke obrađene prema svojem biljnogeografskom porijeklu i ekološkim karakteristikama.

a) *Srednjoevropske biljke*. Ispitan je samo mali broj ovih biljaka. Njihove kompenzacione točke svijetla nalaze se većinom u području osrednjeg osvjetljenja i pripadaju uglavnom skupinama 4, 5 i 6. Većina dosta intenzivno dišu bilo da rastu na staništima sa slabijim ili jačim osvjetljenjem. Samo manji broj vrsta sa slabije osvjetljenih staništa i nešto slabije diše, dok među ispitanima nema biljaka sa slabije osvjetljenih staništa, koje bi i slabije disale.

b) *Mediterranske biljke*. Njihove kompenzacione točke leže u području osrednjeg osvjetljenja, pa pripadaju većinom skupinama 4, 5 i 6. Najviše ih ima sa slabije osvjetljenih staništa i s relativno slabijim disanjem. Ima ih i sa slabije osvjetljenih staništa, koje intenzivno dišu, a i onih, koje na tim staništima slabije dišu, dok nema nijedne vrste, koja bi pod jakim osvjetljenjem i dobro disala.

c) *Australske biljke*. Većina ih ima kompenzacionu točku kod osrednjeg osvjetljenja i pripada također uglavnom skupinama 4, 5 i 6, ali ih ima veći broj, kojima je kompenzaciona točka i kod slabijeg osvjetljenja (skupine 2, 3). Uglavnom one, koje rastu na slabije osvjetljenim staništima, dišu slabije, ali ima i takvih koje na tim staništima i intenzivnije dišu, zatim i onih, koje slabije dišu, dok ni ovoga puta ne nalazimo biljke, koje bi na jako osvjetljenim staništima i mnogo disale.

d) *Subtropske biljke*. Njihova kompenzaciona točka češće je u području slabijeg osvjetljenja, pa većina pripada skupinama 5, 6 i 7, dok su kod jačeg osvjetljenja kompenzacione točke nešto rjeđe. Gotovo sve kod slabijeg osvjetljenja i dišu slabije. Tek svega nekoliko vrsta uz takve svjetlosne prilike nešto intenzivnije diše.

e) *Tropske biljke*. Kompenzaciona točka svijetla najčešće kod njih leži u području slabijeg osvjetljenja. Naročito ih mnogo ima iz skupine 7, pa čak ima priličan broj takvih (skupina 8), koje su i kod najslabijeg osvjetljenja osimilirale. Ostale pripadaju uglavnom skupinama 4, 5 i 6, a vrlo ih malo ima koje imaju kompenzacione točke u području jačeg osvjetljenja. Kod slabijeg »lihtgenusa« i nešto slabije dišu, ali ih ima prilično, koje u tim svjetlosnim uslovima i nešto intenzivnije dišu.

f) *Sukulentne biljke*. U Stakleniku rastu najčešće na nešto bolje osvijetljenim staništima. Uglavnom su im kompenzacione točke kod jačeg osvijetljenja i prema slabijem osvijetljenju ima sve manje biljaka, kojima kompenzaciona točka leži u tom području svijetla. Najbrojnije je zastupljena skupina 1 s biljkama, koje ni pod najjačim raspoloživim svjetlom ne mogu asimilirati. Uglavnom slabo dišu uz relativno ne baš niski »lihtgenus«, a postoji samo nekoliko vrsta, koje u tim uslovima i nešto intenzivnije dišu.

L I T E R A T U R A — L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- Alvik, G.*: Über Assimilation und Atmung einiger Holgewächse im westnordischen Winter. — Meddelelse Nr. 22 fra Vestl. Forsksst. 6/4—1939.
- Čatsky, J.* — *Slavik, B.*: Modifikace Älvinkovi metody stanoveni intesity fotosyntezy v polních podminkach. — Sbornik čeh. ak. zem. věd. ročník 4 (XXXI), číslo 1, 1958.
- Čatsky, J.* — *Slavik, B.*: Eine neue Anwendung der CO₂-Bestimmung nach Kauko zu Assimilationmessungen. — *Planta*, 51, 63—69, 1958.
- Egle, K.* — *Schenk, W.*: Untersuchungen über die Reassimilation der Atmungsäure bei der Photosynthese der Pflanzen. — *Ber. d. Dtsch. Bot. Ges.*, 25, 75, 1953.
- Frenzel, B.*: Einige Bemerkungen zu der CO₂ Bestimmungsmethode nach Älvik. — *Planta* 46, 447, 1955.
- Harder, R.*: Bemerkungen über die Variationsbreite des Kompensationspunktes bei Gaswechsel der Pflanzen. — *Ber. d. Dtsch. Bot. Ges.* 41, 194, 1923.
- Kauko, K.* — *Calberg, J.*: Praktische Ausführung der Kohlensäurebestimmung und Gasmischungen mit Hilfe von pH Messungen. — *Z. anal. Chemie* 102, 393, 1935.
- Lange, Ö. L.*: Zur Methodik der kolorimetrischen CO₂ Bestimmungen nach Älvik. — *Ber. d. Dtsch. Bot. Ges.* 69, 49, 1956.
- Lieth, H.*: Grenzen und Anwendungs-Möglichkeiten der kolorimetrischen CO₂-Bestimmung. — *Planta*, 51, 705—721, 1958.
- Pavletić, Z.* — *Lieth, H.*: Der Lichtkompensationspunkt einiger immergrüner Pflanzen im Winter und im Frühjahr. — *Ber. D. D. Bot. Ges.* 71, 309-314, 1958.
- Plätzer, H.*: Untersuchungen über die Assimilation und Atmung der Wasserpflanzen. — *Verhndl. der Physik. med. Gesellschaft NF. Würzburg* 45, 31, 1917.
- Reitzenstein, H.*: Über die CO₂-Assimilation der Pflanzen in Winter, 1943. (Neobjavljani rukopis)
- Rheinheimer, G.*: Über die Standorte der Moosvegetation in Nadelholzforsten bei Hamburg. — *Mitt. d. Staatsinstituts f. Allgem. Bot.* 11, 89, 1957.
- Ruttner, F.*: Über die Kohlensäureassimilation einiger Wasserpflanzen in verschiedenen Tiefen des Lunzer Untersees. — *Intern. Rev. d. Ges. Hydrobiol. usw.* 15, 1926.
- Steiner, M.*: Herstellung und Prüfung geeigneter Reaktionsbedingungen. In: *Die Methoden der Fermentforschung*. Leipzig, S. 761, 1940.

- Walter, H.: Über die Assimilation und Atmung der Pflanzen in Winter bei tiefen Temperaturen. — Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 62, 47, 1949.
- Walter, H.: Grundlagen der Pflanzenverbreitung Bd III, S. 360, Stuttgart 1951.
- Walter, H.: Die heutige ökologische Problemstellung und der Wettbewerb zwischen den mediterranen Laubwäldern. — Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 69, 263, 1956.
- Zeller, O.: Über Assimilation und Atmung der Pflanzen im Winter bei tiefen Temperaturen. *Planta* 39, 500, 1951.

ZUSAMMENFASSUNG

DIE KOLORIMETRISCHE BESTIMMUNG DES LICHTKOMPENSATIONSPUNKTES BEI DEN KORMOPHYTEN

Die vorliegende Arbeit enthält einen Teil der Ergebnisse von Untersuchungen, die im Botanischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim von Dr. H. Lieth in Angriff genommen wurden und an deren Durchführung der Verf. mitbeteiligt war. Eine umfassende Darstellung der Versuche wird demnächst von H. Lieth in deutscher Sprache veröffentlicht werden.

Die kolorimetrische CO₂-Bestimmungsmethode nach Kauko und Calberg, die Ålvik erstmalig in der Botanik verwendete, ist danach häufig zu CO₂-Umsatzmessungen in ökologischen Arbeiten gebraucht worden. Die Methode wurde jedoch in der letzten Zeit von Frenzel (1955) und Lange (1956) kritisiert. Deshalb wurde sie im Botanischen Inst. der Landw. Hochschule Stuttgart-Hohenheim erneut eingehend geprüft (Lieth 1958). Dabei wurden Grenzen und Möglichkeiten der Methode herausgearbeitet und vor allem auf ihre vorzüglichen Eigenschaften bei Untersuchungen über den Lichtkompensationspunkt hingewiesen.

Der grösste Teil des Versuchsmaterials stammt aus den Gewächshäusern des botanischen Gartens. Nur die Moose und ein Teil der Ericaceen wurden in Freiland des botanischen Gartens und in den Wäldern der Umgebung des Uracher Wasserfalles auf der Schwäbischen Alb gesammelt. Die Versuche wurden in der Zeit vom November 1957 bis Januar 1958 durchgeführt. Aus allen Klassen der Kormophyten sind Arten vertreten. Jede systematische Klasse (Bryophyten, Pteridophyten, Gymnospermen und Angiospermen) ist besonders ausgearbeitet. Die Angiospermen sind noch gesondert in pflanzengeographische Herkünfte und Sukkulenten als besondere ökologische Gruppe unterteilt.

Die Pflanzen wurden während der Versuche mit zwei Quecksilberhöchststrahlklampen (200 und 400 W der Fa. Radium) beleuchtet. Um unterschiedliche Lichtstärken für die einzelnen Pflanzen zu erhalten, wurden diese verschieden weit von den Lichtquellen exponiert. Je nach Eigenart der Pflanzen stellt sich auf einer bestimmten Entfernung von

der Lampe ein Gleichgewicht zwischen Atmung und Assimilation ein. Je nach Lage dieses Kompensationspunktes haben wir die Pflanzen in 8 Gruppen mit fallendem Lichtbedarf unterteilt. Die Beziehungen der Gruppen zur Beleuchtungsstärke und zur Entfernung von den Lampen sind in einer Tabelle des kroatischen Texten auf S. 124 dargestellt.

Ausser dem Kompensationspunkt wurden für jede Pflanzenart der Lichtgenuss am Standort gemessen (nur bei Moosen geschätzt) und in einer besonderen Anwendung der kolorimetrischen CO_2 -Bestimmungsmethode die Atmungsintensität pro g Trockengewicht und Stunde gemessen.

Für die einzelnen systematischen Klassen ergab sich folgendes:

1. *Bryophyten*. Die meisten gehören zur Kompensationsgruppe 5. Ihre Standorte hatten einen geringen Lichtgenuss (geschätzt). Die meisten Moose atmeten relativ stark. Die Ergebnisse an diesen Pflanzen sind wegen der völlig andersgearteten Standorte nicht unbedingt mit den nachfolgenden zu vergleichen. Bei kalktuffbildenden Moosen ist unsere Methode nicht brauchbar. (Abb. 3b, 5b).

2. *Pteridophyten*. Ihr Lichtkompensationspunkt liegt vorwiegend in den Gruppen 6, 7 und 8, also sehr niedrig. Sie wuchsen alle bei niedrigem Lichtgenuss und zeigten eine relativ schwache Atmung. (Abb. 3c, 5c).

3. *Gymnospermen*. Die Lichtkompensation tritt in der Mehrzahl bei mittlerer Beleuchtungsstärke (Gruppe 5) ein. Ihre Atmung ist stets niedrig. Sowohl bei Pflanzen, die bei hohem Lichtgenuss wuchsen als auch bei solchen, die weniger Licht erhielten. (Abb. 3d, 5d).

4. *Angiospermen*.

a) *Mitteleuropäische Pflanzen*. Die wenigen Pflanzen, die wir aus diesen Gruppen prüfen konnten, zeigten eine Lichtkompensation in den Gruppen 4 bis 6. Die meisten atmen ziemlich intensiv. Einige von ihnen gleichen sich bei geringerem Lichtgenuss mit weniger Atmung aus. (Abb. 4a, 6a).

b) *Mediterrane Pflanzen*. Der Lichtkompensationspunkt liegt ebenfalls hauptsächlich in den Gruppen 4 bis 6. In der Regel wird auch hier die stärkere Beschattung am Standort mit schwächerer Atmung ausgeglichen (Abb. 4b, 6b).

c) *Australische Pflanzen*. Lichtkompensationspunkt ebenfalls meist in Gruppe 4 bis 6; bei vielen Pflanzen aber auch bei stärkerer Beleuchtung (Gruppe 2-3). Zwischen Kompensationspunkt, Atmungsintensität und Lichtgenuss am Standort finden wir keine besondere Korrelation. (Abb. 4c, 6c).

d) *Subtropische Pflanzen*. Ihr Lichtkompensationspunkt findet sich in der Regel in der Gruppe 5 bis 7, nur selten darüber. Fast immer zeigen Pflanzen mit schwächerem Lichtgenuss am Standort eine geringe Atmung. (Abb. 4d, 6d).

e) *Tropische Pflanzen*. Die von uns untersuchten Pflanzen haben vorwiegend ihren Kompensationspunkt in der Gruppe 7. Zwischen Lichtgenuss und Atmung finden wir keine Beziehung. (Abb. 4e, 6e).

f) *Sukkulente*n. Diese Gruppe benötigt sehr hohe Beleuchtungsstärken um den Kompensationspunkt zu erreichen obwohl sie in der Regel nur schwach atmen. In wie weit hier die Morphologie der Assimilationsorgane von Bedeutung ist, die in der Regel an eine allseitige Besonnung angepasst scheint, bedarf noch näherer Untersuchung. (Abb. 4f, 6f).

Einschränkend für unsere Ergebnisse in dieser Betrachtungsweise möchten wir darauf hinweisen, dass für die Assimilations- und Atmungsintensität einer Pflanzenart in erster Linie die standörtliche und nicht systematische oder pflanzengeographische Betrachtung von Bedeutung ist. In einem pflanzengeographischen Bereich finden sich immer verschiedene Standorte. Das bedingt die mehr oder weniger grosse Streuung in den einzelnen Gruppen. Die einheitlichsten Standortverhältnisse haben von unseren Gruppen die Sukkulente;n; dementsprechend reagieren sie auch sehr gleichmässig.

(Mit Unterstützung durch den Deutschen Akademischen Austauschdienst und die Deutsche Forschungsgemeinschaft.)