

MILORAD M. JANKOVIĆ i
JELENA BLAŽENČIĆ

ANATOMSKE I MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE VEGETATIVNIH ORGANA TRAPA L. GAJENE UPOREDO U VODENOJ I VAZDUŠNOJ SREDINI POD EKSPERIMENTALNIM USLOVIMA

U V O D

Orašak (*Trapa L.*) je vodena biljka koja živi u barama, umrtvljenim rečnim rukavcima, jezerima i sporo tekućim rekama, u vodama različite dubine, i to kako u plićacima uz samu obalu, tako i u vodi čija dubina iznosi 7—8 m. Pošto dubina vode u njenim staništima varira u toku sezone dolazi do toga da pojedine biljke *Trapa-e* ostanu u jednom periodu van vode, u mulju koji ostaje na onim mestima sa kojih se voda povukla. Takve biljke, koje duže ili kraće vreme žive van vode na muljevitoj podlozi, razlikuju se u pogledu anatomskih i morfoloških osobina od biljaka u vodi (*Trapa longicarpa* M. J a n k. f. *terestris* M. J a n k.). Međutim, ovo se dešava po pravilu samo sa već odraslim biljkama. Ovom prilikom nas je interesovalo da li i sasvim mlade biljčice oraška mogu da opstanu u uslovima vazdušne sredine, odnosno čitav niz pitanja u vezi sa njihovim životom u ovim nepovoljnim uslovima: da li semena oraška mogu da proklijaju van vode; koliko dugo mlada biljčica može da se razvija van vode i na koji način se prilagođava ovim njoj inače nenormalnim uslovima itd. Sva ova pitanja imaju ne samo neposrednog ekološkog značaja već su u vezi i sa širim problemom evolucije viših vodenih biljaka cvetnica na kopnu, odnosno njihovim sekundarnim prelaskom u vodenu sredinu i prilagođavanjem od suvozemnih uslova na uslove vodene sredine. Pri tome, vodene biljke su, više ili manje, sačuvala i neke crte suvozemnih biljaka kao i mogućnost da se našavši se opet na suvu, prilagode takvim promenjenim uslovima (npr. vrste roda *Batrachium*, *Nuphar luteum*, *Nymphoides flava*, *Potamogeton*, itd.). Od posebnog je interesa u kojoj meri se mlade vodene biljčice mogu prilagoditi suvozemnim uslovima. U ovom radu je učinjen pokušaj da se u svetlosti te problematike razmotri mogućnost i način adaptacije, odnosno organogeneze mladih biljčica *Trapa* u vazdušnoj sredini. U tom cilju postavili smo odgovarajuće eksperimente i došli do rezultata koje prikazujemo u ovom radu.

METODIKA I MATERIJAL

Ispitivanja su vršena na vrstama *Trapa europaea* Fler. var. *vulgata* M. Jank., sa plodovima koji su sakupljeni iz bara u Apatinskom plavnom području Dunava, kao i sa vrstama *Trapa longicarpa* M. Jank. i *Trapa brevicarpa* M. Jank. Međutim, najveći deo podataka iznetih u ovom radu odnosi se na vrstu *Trapa europaea* Fler. Naravno, samo se po sebi razume, u svakom eksperimentu uporedo su gajene i posmatrane u vodenj i vazdušnoj sredini samo biljke jedne iste vrste.

Eksperimenti su postavljeni početkom aprila 1964. i 1965. godine, a trajali su do polovine maja. Dužina trajańja eksperimenta je ograničena mogućnostima razvića biljaka *Trapa*-e u vazdušnoj sredini s obzirom da su one posle 40—50 dana razvića podlegale gljivičnoj infekciji. Ovu netopornost biljaka na agresore iz vazdušne sredine mogli bi da shvatimo kao neprilagođenost vazdušnoj sredini. Međutim, neke jedinke su se i pod ovakvim uslovima lepo razvile, dostigavši dužinu od 13 cm, dok su njihovi listovi u rozeti imali i hidrostatička proširenja.

Eksperimentalne biljke su gajene u staklenim komorama (obrnuti stakleni cilindri) u kojima je Fischer-ovim polimetrom svakodnevno merena temperatura vazduha i relativna vlažnost. Znatni stepen vlažnosti u komorama održavan je stalnim isparenjem vode iz pridodatih sudova (čaja ili petri šolja), kao i dolivanjem vode oko komora koje su donjom ivicom bile ograđene ne suviše debelim slojem peska u obliku bedema.

Jedna grupa eksperimentalnih biljaka je gajena u vodi (kontrola), a druga grupa biljaka, iste starosti, u uslovima vazdušne sredine. Naravno, u staklene komore su u petri šolje sa malo vode na dnu stavljeni plodovi oraška izvesno vreme pre klijanja, tako da su oni u stvari klijali u uslovima vazdušne sredine. Na taj način eksperiment je počinjao praktično nešto pre klijanja. Eksperiment je ponavljan 15 puta, a broj eksperimentalnih biljaka se kretao od 100 do 120 u vazdušnoj sredini i isto toliko u vodenj sredini (kontrola). U toku eksperimenta neke biljke iz vazdušne sredine prebacivali smo u vodu, a iz vode u vazdušnu sredinu i posmatrali promene ovih biljaka u izmenjenim uslovima spoljańje sredine.

Za anatomsku obradu eksperimentalnih biljaka u toku eksperimenta povremeno smo fiksirali biljke u sledećem fiksativu:

1. Glacijalna sirćetna kiselina	1 cc.
2. Formalin	2 cc.
3. 96% etil alkohol	15 cc.
4. Destilovana voda	15 cc.

Tako fiksirane delove vegetativnih organa biljaka sprovodili smo kroz seriju alkohola i ksilola do parafina. Materijal, ukalupljen u parafin, sečen je mikrotomom; debljina preparata iznosila je 15—20 mikrona. Posle procesa oslobađanja od parafina, preparati su bojani kombinacijom boja Delafield-ov hematoksilin i safranin. Preseci su pravljani kroz stablo, dršku koja povezuje dva kotiledona, hipokotil i listove.

Radi proučavanja građe listova vršena su, pomoću okularmikrometra, merenja debljine lista, odnosa palisadnog prema sunderastom tkivu, širine i dužine ćelija epidermisa lica i naličja lista, ćelija palisadnog tkiva, ćelija sunderastog tkiva kao i širine intercelulara.

Kod osovinskih organa mereni su odnos primarne kore prema centralnom cilindru, širina (u tangencijalnom i radijalnom pravcu) i dužina ćelija epidermisa, hipoderma, parenhima primarne kore, intercelulara u primarnoj kori, ćelija endoderma, sitastih cevi, ćelija pratilica, traheja, traheida i ćelija srži.

U cilju praćenja morfoloških razlika između biljaka gajenih u vazdušnoj i vodenj sredini, koje su inače bile veoma uočljive, vršena su merenja dužine glavne i sporednih stabljika, dužine i širine internodija, listova, perastih i končastih adventivnih korenova. Kod pomenutih organa izvršena je i uporedna morfološka analiza. Posebna pažnja je posvećena promenama koje se dešavaju na listovima u vezi sa nazubljenošću, pojavom dlaka i stoma, prelazom od sedećih listova ka listovima na kojima se jasno razlikuju liska i lisna drška, i dr.

PREGLED I ANALIZA POSTIGNUTIH REZULTATA

Prethodne napomene

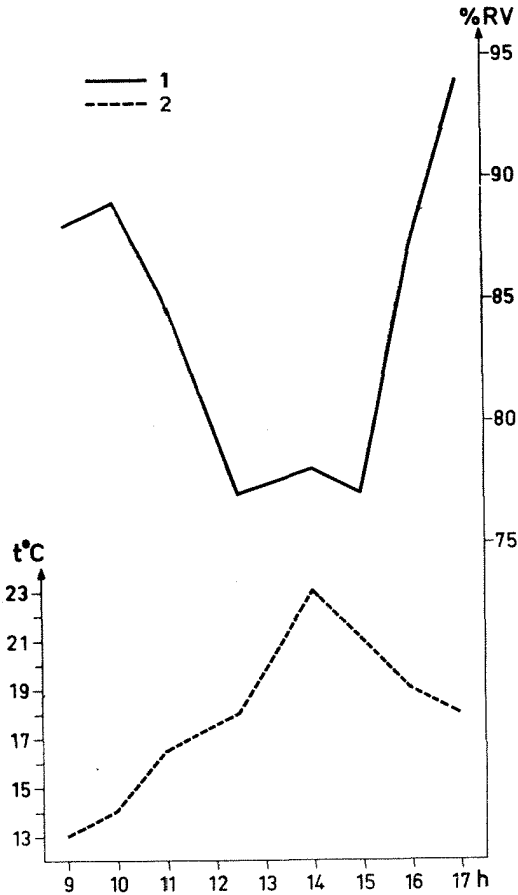
Temperatura vazduha u komorama sa eksperimentalnim biljkama merena je više puta u toku dana u vremenu od 9—18 časova. Najniža temperatura je izmerena u jutarnjim časovima: 13° C; najviša temperatura je zabeležena 8. V 1964. god. i iznosila je 38° C (izmereno u 13 h). Srednja vrednost temperature vazduha u komori, u toku eksperimenta, iznosila je 24,6° C.

Relativna vlažnost u komorama merena je istovremeno sa temperaturom (sl. 1). U toku eksperimenta ona je varirala od 58% do 99%. Najniža vrednost relativne vlažnosti je zabeležena u podnevnim časovima (58% u 12 h), a najveće vrednosti u jutarnjim časovima (99% u 9 h) i u kasnijim popodnevnim časovima (98% u 17,30 h).

Kao što se iz rezultata vidi temperatura vazduha i relativna vlažnost stoje u obrnutom odnosu. I temperatura i relativna vlažnost su varirali u toku dana, a takođe i u toku čitavog eksperimenta što je zavisilo od vremenskih uslova, koji su u ovo doba godine bili veoma promenljivi.

Pre nego što pređemo na analizu postignutih rezultata treba podsetiti da je orašak u prvim fazama svoga razvika submerzna biljka, sve dok rastenjem ne dostigne vrhom površinu vode na kojoj stvara flotantnu rozetu od tipičnih flotantnih listova, diferenciranih na više-manje dugačku peteljku i rombičnu nazubljenu lisku (Barnéoud M., 1848; Eberle G., 1927; Janković M. M., 1955). Pod vodom listovi su na prvim nodusima izrazito lniearni, nenazubljeni a na gornjim nodusima lancetasti, više ili manje nazubljeni. Prelazak od linearnih submerznih listova ka tipičnim flotantnim je uopšte uzev postepen, ali se može smatrati

da se između 10 i 15 nodusa obrazuju izraziti flotantni listovi. Detaljan opis individualnog razvića oraška pod normalnim uslovima, u vodenoj sredini, kao i podela individualnog razvića na stupnjeve, dat je već ranije (M. Janković, 1955).

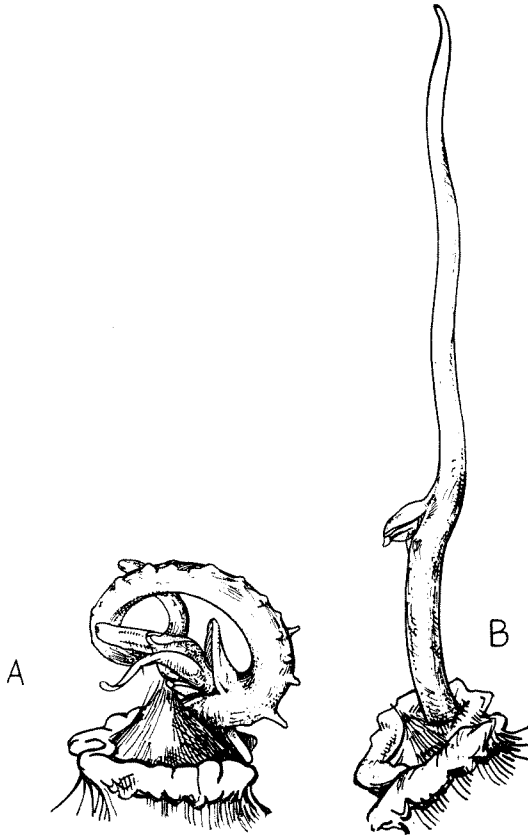


Sl. 1. Kretanje temperature vazduha i relativne vlažnosti u toku 10. IV. 1964. god., u staklenoj komori u kojoj su gajene biljke oraška (*Trapa L.*) u vazdušnoj sredini. 1 — relativna vlažnost, 2 — temperatura vazduha.

Fig. 1. Temperature variation of air and relative humidity in the course of April 4 th, 1964, in glass chamber in which water nut plants (*Trapa L.*) were grown in aerial environment. 1 — relative humidity, 2 — temperature of the air.

Morfološke karakteristike biljaka gajenih paralelno u vodenoj i vazdušnoj sredini. Biljke gajene u vazdušnoj sredini odlikuju se niskim rastom; glavna stabljika biljke stare 41 dan iznosi 3,5 cm. Dužina drške koja povezuje dva kotiledona je 0,4 cm; hipokotil je dugačak 1,7 cm. Na

biljci koja je rasla u vazdušnoj sredini razvio se manji broj nodusa (10—15) nego kod biljke iste starosti koja je rasla u vodi (20—25 nodusa). Osim toga, internodije su veoma kratke. Najduža internodija ima 0,4 cm; ona se nalazi pri osnovi stabla. Idući prema vrhu biljke internodije su sve kraće.



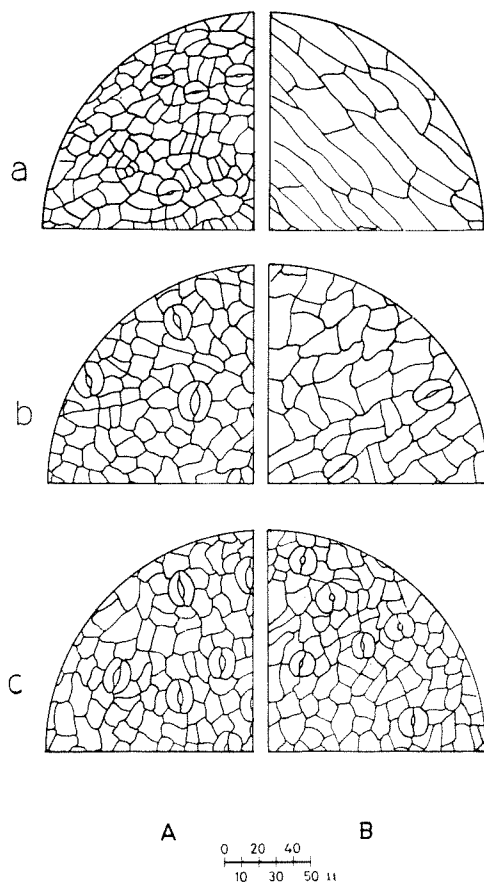
Sl. 2. Mlade biljke oraška (*Trapa* L.) u heterotrofnoj fazi razvića. A — biljka oraška iz vazdušne sredine. B — biljka oraška iz vodene sredine.

Fig. 2. Yang water nut plants (*Trapa* L.) in heterotrophic phase of development. A — Water nut plant from aerial environment. B. — plant from water environment.

Na nodusima biljaka iz vazdušne sredine razvijaju se samo listovi i perasti adventivni korenovi. U toku trajanja eksperimenta končasti jednostavni adventivni korenovi se nisu razvili na nodusima, mada su na osnovi hipokotila bili dobro razvijeni, čak i *razgranati*, što inače za orašak nije tipično.

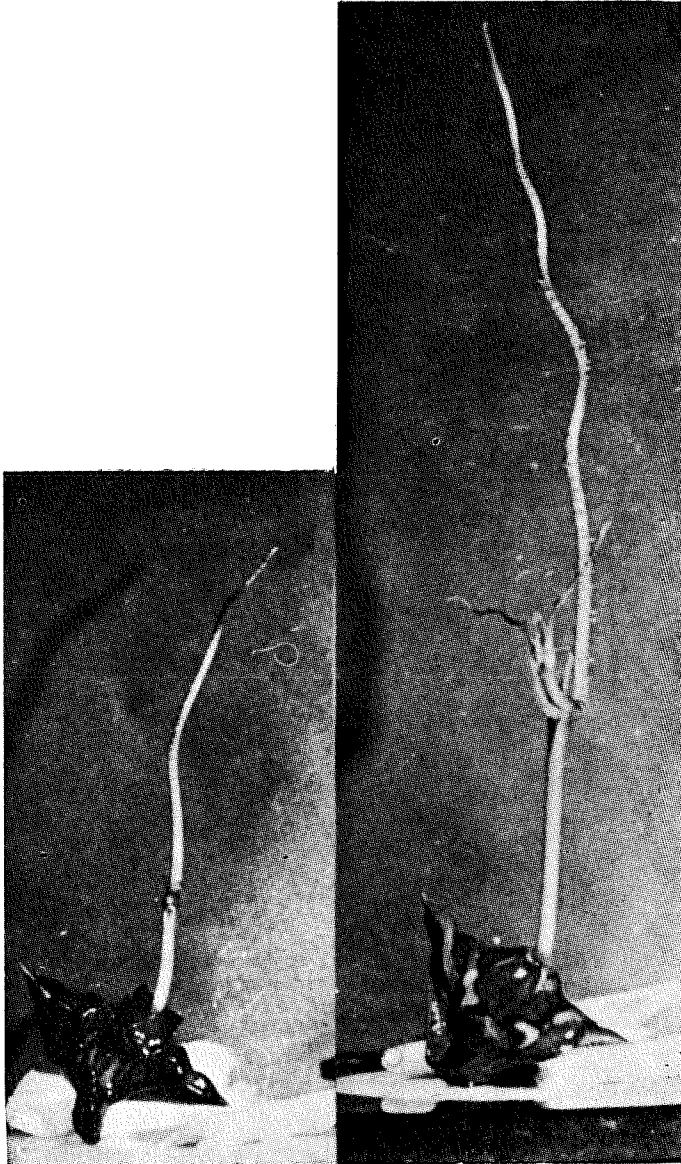
Hipokotil je kod biljaka iz vazdušne sredine kratak (3,5 cm) i spiralno uvijen iznad pupoljčića (sl. 2,A), dok je kod biljaka iz vodene sredine negativno geotropan, uspravan i znatno duži (8—10 cm), (sl. 2, B i 3).

Listovi su sitni, maslinasto zelene boje. Najveća dužina lista je 0,7 cm. Od prvog do petog nodusa (noduse brojimo od osnove stabla prema vrhu biljke) listovi su dugački od 0,5 do 0,7 cm, a široki od 0,2 do 0,3 cm. Počev od petog nodusa pa naviše dužina liske stagnira, ili čak i opada, ali se povećava širina, tako da dostiže širinu od 0,7 cm; znači koliko iznosi i dužina.



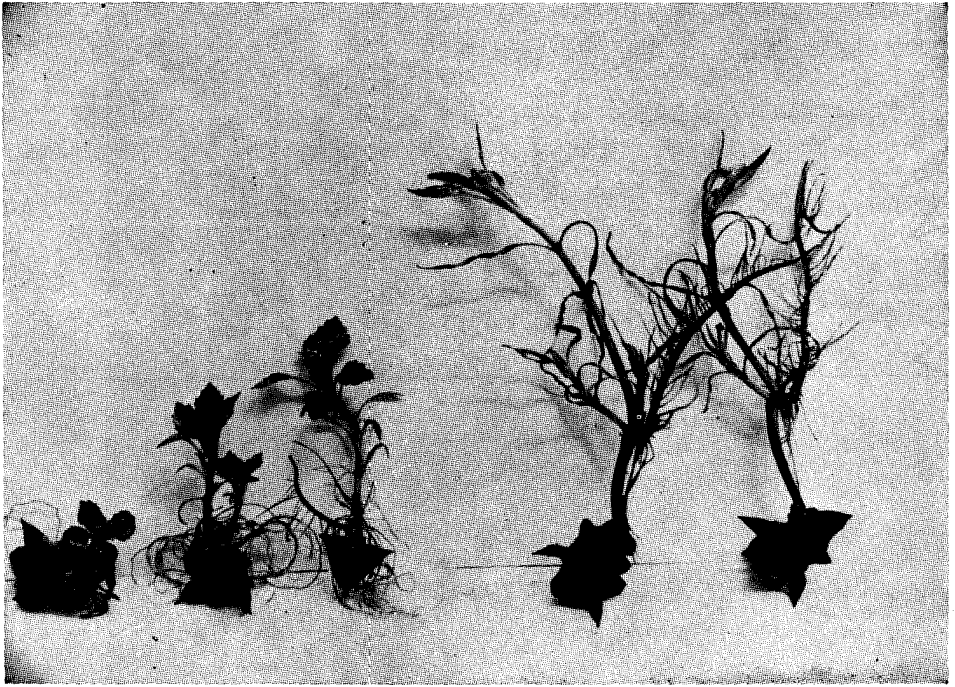
Sl. 4. Epidermis lica lista sa I (a), V (b) i IX (c) nodusa. A — epidermis lista biljke gajene u vazdušnoj sredini, B — epidermis lista biljke iz vode.

Fig. 4. Uppner epidermis of the leaf from I (a). V (b) i IX (c) nodus. A — leaf epidermis of the plant grown in aerial environment, B — leaf epidermis of the plant from water.



Sl. 3 Mlade biljke oraška (*Trapa L.*) iz vodene sredine, u heterotrofnoj fazi razvića.

Fig. 3. Yang water nut plants (*Trapa L.*) from water environment, in heterotrophic phase of development.



Sl. 5. Izgled mladih biljaka oraška (*Trapa* L.) iz vazdušne sredine (levo) i kontrolnih biljaka, iste starosti, gajenih u vodi (desno).

Fig. 5. Appearance of young water nut plants (*Trapa* L.) from aerial environment (left) and control plants, of the same age, grown in water (right).

Samo list na prvom nodusu možemo smatrati linearnim i sedećim. Počev od lista na drugom nodusu dolazi do postepenog suženja osnove lista i do sve većeg diferenciranja na lisnu dršku i lisku.

Nazubljenost se javlja već na listu sa drugog nodusa; međutim, zapazili smo zubce i na listu sa prvog nodusa, mada retko. Idući od listova koji se nalaze na nižim nodusima prema vrhu biljke zupci su sve izraženiji a njihov broj se uvećava. Na listovima sa I i II nodusa zupci su prosti, a na listovima sa ostalih nodusa zupci su dvojni.

Listovi koji su se razvili u vazdušnoj sredini imaju razgranatu mrežastu nervaturu.

Jedan od problema kome smo posvetili posebnu pažnju bio je praćenje pojave stoma. Ovo je od posebnog interesa s obzirom da je orašak vodena biljka, a da je za vodene biljke karakteristično da se stome nalaze samo na licu flotantnih listova, dok na submerznim listovima nema stoma.

Da bismo ustanovili na kome se listu stome prvi put javljaju služili smo se sledećim metodama: metodom otisaka pomoću kolodijuma, metodom skidanja epidermisa i njegovim posmatranjem pod mikroskopom i prosvetljavanjem listova. Sve tri metode dale su isti rezultat: a) stome se nalaze samo na licu lista, b) kod listova biljaka iz vazdušne sredine stome se nalaze već na listu sa prvog nodusa i naviše (sl. 4 a, b, c).

Biljke gajene u vodi razlikuju se od biljaka gajenih u vazdušnoj sredini pre svega visokim rastom: glavna stabljika biljke stare 41 dan dugačka je 45 cm; dužina drške koja povezuje dva kotiledona iznosi 8,5 cm; hipokotil je dugačak 4,0 cm. Internodije su znatno duže kod biljaka iz vodene sredine (najduža iznosi 5,5 cm). S obzirom da biljke u vodi razvijaju i veći broj internodija nego biljke iste starosti gajene u vazdušnoj sredini, to je njihova veća ukupna dužina rezultat ne samo dužih internodija već i njihovog većeg broja.

Na nodusima se razvijaju listovi, perasti i končasti adventivni korenovi. Kod njih, za razliku od biljaka u vazdušnoj sredini, linearni submerzni listovi opadaju čim počnu da se razvijaju končasti adventivni korenovi. Listovi kod biljaka iz vazdušne sredine ne opadaju, ali se nisu razvili ni končasti adventivni korenovi. Kod biljaka u vodi perasti adventivni korenovi su znatno duži (9,5 cm) nego kod biljaka u vazdušnoj sredini (0,3 cm), dok su končasti korenovi dostizali dužinu od 15 cm. Idući od nižih ka višim nodusima dužina adventivnih korenova se smanjuje.

Linearni submerzni listovi su dugački i uzani (dužina 3,5 cm. a širina 0,1 cm). Liska se idući ka vrhu stabljike postepeno skraćuje sve do dužine od 1,0 cm, a širina se povećava do iste vrednosti od 1,0 cm.

Kod biljaka u vodi nazubljenost se javlja na listovima trećeg ili četvrtog nodusa. Povećanje broja zubaca, veća usećenost lista kao i pojava dvostrukih zubaca osobine su karakteristične za listove sa viših nodusa (počev od šestog nodusa). To je, kao što se vidi, znatno drukčije nego kod listova biljaka gajenih u vazdušnoj sredini.

Prve stome smo kod biljaka u vodenoj sredini zapazili na listovima sa četvrtog nodusa; to je veoma interesantno s obzirom da se radi o submerznom listu. Na listu sa petog nodusa stome su još uvek retke (sl. 4b),

a počev od lista na šestom nodusu stome su sve brojnije. Prvi flotantni listovi provode u početku izvesno vreme pod vodom, ali na njima se već tada nalaze mnogobrojne stome. Kao što je napred već navedeno, kod biljaka u vazdušnoj sredini stome se razvijaju već na listu sa prvog nodusa.



Sl. 6. Izgled biljke iz vazdušne sredine.

Fig. 6. Appearance of plants from aerial environment.

Već na osnovu spoljašnje morfologije (sl. 5 i 6) može se zaključiti da se biljke oraška gajene u vazdušnoj sredini razvijaju znatno brže nego biljke gajene u vodenoj sredini, mada je istovremeno njihovo rastenje izrazito usporeno (ovo poslednje očigledno je već i s obzirom na njihovu veličinu u poređenju sa biljkama u vodenoj sredini). Ubrzano razviće ogleda se u skraćenim internodijama, vrlo brzom razvoju rozete sa flotantnim tipom listova, ranom pojavom nazubljenosti i stomama već na prvim listovima, itd.

Karakteristike anatomske građe vegetativnih organa biljaka paralelno gajenih u vodi i vazdušnoj sredini

U cilju utvrđivanja anatomske sličnosti i razlika između biljaka uporedo gajenih u vazdušnoj sredini i u vodi, fiksirali smo u određenim vremenskim razmacima biljke iz jedne i druge sredine i postupkom pravljenja trajnih preparata parafinskom metodom dobili smo seriju preparata kroz stablo i list.

Stablo. Na preseku kroz stablo oraška razlikuju se tri zone: epidermis, primarna kora i centralni cilindar. Posmatranjem preseka napravljenih kroz stablo biljaka iz vazdušne i vodene sredine jasno se zapažaju razlike u njihovoj građi.

Stablo oraška koje se razvija u vodenoj sredini ima tipičnu gradu stabla vodene biljke. Epidermis je jednoslojan, kutikula je jako redukovana a ćeliski zidovi su celulozni. Primarna kora zauzima široku zonu i sagrađena je iz dva tkiva. Odmah ispod epidermisa nalazi se višeslojni hipoderm, a njega postepeno zamenjuje parenhim primarne kore. Poslednji sloj parenhima primarne kore je endoderm.

Centralni cilindar zauzima užu zonu u odnosu na primarnu koru, što je takođe karakteristika vodenih biljaka. Srednji deo centralnog cilindra izgrađuju krupne ćelije srži, u kojima se nalazi skrob. Ispod endoderma nalazi se jednoslojni pericikl čije ćelije imaju tanke, celulozne zidove. Između pericikla i srži, u osnovnom parenhimskom tkivu centralnog cilindra, nalaze se provodni elementi sitaste cevi, traheje i traheidi, kao i ćelije pratilice. Zidovi traheja i traheida su lignifikovani.

Stablo biljaka iz vazdušne sredine ima isti plan građe, ali odnosi pojedinih zona su drukčiji; razvija se novo — mehaničko tkivo — kolenhim, koji je po tipu uglast.

Biljke koje provedu kraće vreme u vazdušnoj sredini imaju na površini stabla jednoslojni epidermis čija je spoljašnja tangencijalna membrana zadebljala. Kod biljaka koje duže vreme provedu u vazdušnoj sredini epidermis kao pokorično tkivo ne postoji. Umesto njega na površini organa se nalazi jedno novo tkivo mrke boje, koje je delimično ispucalo vertikalnim pukotinama. Ćelije ovoga tkiva su višeućelijske i čvrsto međusobom spojene (sl. 7). Tkivo sa ovakvim karakteristikama nismo sreli kod biljaka odgajenih u vodenoj sredini, mada njegove ćelije imaju sličnosti sa ćelijama hipoderma (oblik ćelija i položaj u organu).

Da bi se ustanovila hemijska priroda ćeliskih zidova ovoga tkiva urađene su mikrohemijske probe na celulozu (hlor-cink-jod), lignin (floroglucin i sona kiselina), kutin i suberin (sudana III i hlor-cink-jod). Pre nego što smo uradili poslednju probu na suberin preparate smo držali u Žavelevoj vodi 2 h i isprali smo ih 1% sonom kiselinom da bi smo odstranili lignin.

Na osnovu rezultata koji su dobijeni možemo reći da ćelijski zidovi ovog tkiva nisu celulozni ni lignifikovani. Dobili smo vrlo slabu reakciju na suberin, te na osnovu ovih proba ne možemo sa sigurnošću tvrditi kakve su hemijske prirode ćeliski zidovi ovog tkiva koje se nalazi na površini biljaka odgajenih u vazdušnoj sredini.

Pukotine koje se u ovom tkivu javljaju vrlo su interesantna pojava. One na poprečnom preseku imaju izgled latinskog slova »V« i dosežu skoro, ili sasvim, do kolenhimskih ćelija koje se nalaze odmah ispod pomenutog tkiva.

Ove pukotine, verovatno, nastaju pod pritiskom živog tkiva u procesu debljanja stabla, jer pokorično tkivo, čije su ćelije mrtve, ne može da prati proces debljanja stabla. Ove pukotine, možda, igraju i ulogu organa

za provetravanje (slično lenticelama), jer po svemu sudeći živa tkiva u unutrašnjosti stabla su prilično izolovana od spoljašnje sredine.

Ispod hipoderma, kod biljaka gajenih u vazdušnoj sredini, nalazi se mehaničko tkivo predstavljeno uglastim kolenhimom (sl. 8). Kod biljaka u vodenoj sredini ovo tkivo se javlja u regionu stabla ispod flotantne rozete i to u vreme cvetanja i plodonošenja, dok se u stablima mladih biljaka ne javlja. Pojava mehaničkog tkiva kod biljaka odgajenih u vazdušnoj sredini je adaptacija na izmenjene uslove spoljašnje sredine. Poznato je da kod vodenih biljaka mehaničko tkivo ili se ne razvija ili je vrlo slabo razvijeno u centralnom delu. Kod vodene biljke orašak, koju smo gajili u vazdušnoj sredini, mehaničko tkivo zauzima periferni položaj i to u vidu kontinuiranog prstena, što je inače odlika suvozemnih biljaka.

Ispod kolenhima nalazi se parenhim primarne kore. Čeliski zidovi parenhimskih ćelija su deblji od istih kod biljaka u vodenoj sredini (sl. 9 i 10), a same ćelije su višegaone a ne okrugle kao u istom tkivu biljaka iz vode. Krupni intercelulari postoje, ali se nalaze u manjem broju nego kod biljaka u vodenoj sredini.

U ćelijama ovog tkiva, kod biljaka u vazdušnoj sredini, skrobna zrna se često nalaze u velikoj masi, tako da je teško izvršiti analizu preparata.

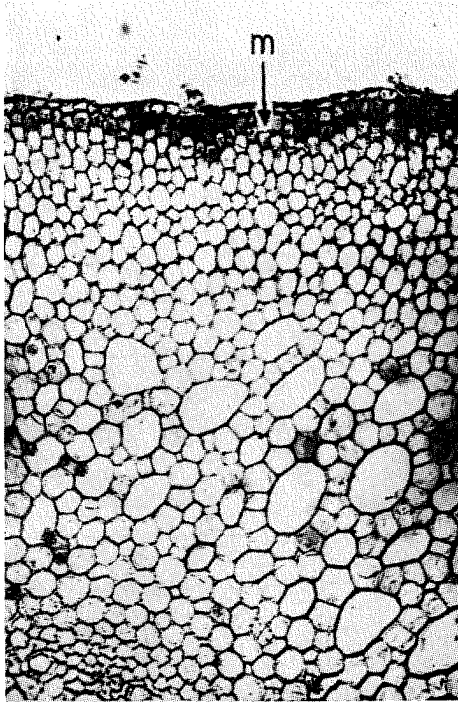
U centralnom cilindru nalaze se isti elementi kao i kod biljaka iz vodene sredine, ali je lignifikacija zidova sudova jasno izražena.

U pogledu srednjih vrednosti dužine i širine ćelija pojedinih tkiva u osovinskim organima (tabela 1) može se konstatovati da se najveće razlike u veličini ćelija, između biljaka gajenih u vazdušnoj i vodenoj sredini, ispoljavaju u njihovoj dužini. Sve ćelije kod biljaka u vazdušnoj sredini su kraće, čak i znatno kraće, od ćelija biljaka u vodenoj sredini. Ovo se naročito odnosi na dužinu ćelija parenhima primarne kore (biljka odgajena u vodi: u dršci — 120 mikrona, u hipokotilu — 103 mikrona, u internodiji — 165 mikrona; biljka odgajena u vazdušnoj sredini: u dršci — 43 mikrona, u hipokotilu — 50 mikrona, u internodiji — 28 mikrona). Slični odnosi se mogu konstatovati i u odnosu na dužinu sitastih cevi (biljka u vodi: u dršci 295 mikrona, u hipokotilu — 240 mikrona, u internodiji 449 mikrona; biljka u vazdušnoj sredini: u dršci — 72 mikrona, u hipokotilu — 83 mikrona, u internodiji 108 mikrona).

Širina ćelija je, nasuprot dužini, ili više-manje ista i kod biljaka u vodi i kod biljaka u vazdušnoj sredini, ili su ćelije u tkivima biljaka iz vazdušne sredine šire, izuzimajući širinu sitastih cevi u internodiji (u vodi 21 mikron, u vazdušnoj sredini 14 mikrona, ili u unutrašnjem floemu 30 mikrona u internodiji biljke u vodi a 16 mikrona u internodiji biljke odgajene u vazdušnoj sredini).

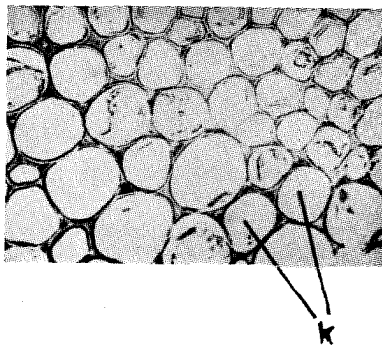
Intercelulari u dršci i hipokotilu su skoro iste širine i kod jednih i kod drugih biljaka, dok su intercelulari u internodiji (stablu) biljke iz vazdušne sredine uži (48 mikrona je širina intercelulara kod biljke iz vazdušne sredine, a 61 mikron kod biljke iz vode).

Primarna kora u internodiji je i kod jednih i kod drugih biljaka dva puta šira od centralnog cilindra; u dršci je primarna kora u kontroli šira



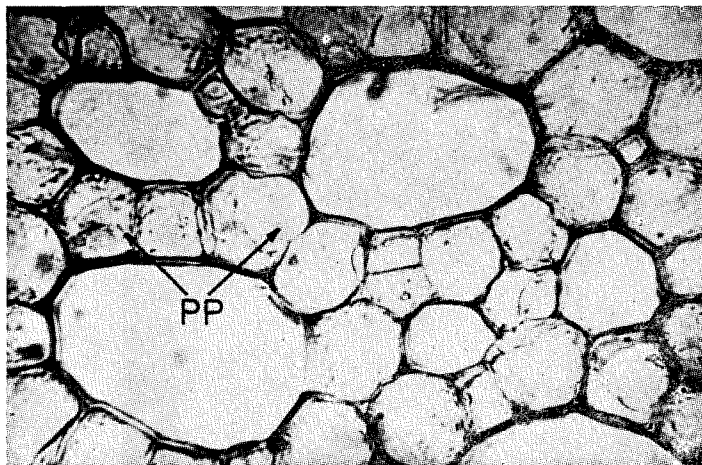
Sl. 7. Poprečni presek kroz stablo (IV internodija) vrste *Trapa europaea* Fler., biljke iz vazdušne sredine. m — mrko pokorično tkivo. (213 x).

Fig. 7. Cross section of the stem (IV internode) of the species *Trapa europaea* Fler., plants from aerial environment. m — brown protective tissue. (213 x).



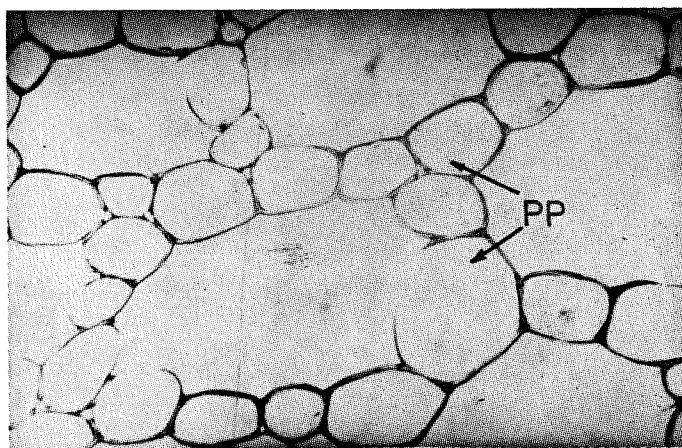
Sl. 8. Poprečni presek kroz stablo (IV internodija) vrste *Trapa europaea* Fler., biljke iz vazdušne sredine. k — kolenhim.

Fig. 8. Cross section of the stem (IV internode) of the species *Trapa europaea* Fler., plants from aerial environment. k — collenchyma.



Sl. 9. Poprečni presek kroz stablo oraška (IV internodija), biljke iz vazdušne sredine. pp — parenhim primarne kore. (853 x).

Fig. 9. Cross section of the stem (IV internode) of the species *Trapa europaea* Fler., plants from aerial environment. pp — parenchyma of the cortex. (853 x).



Sl. 10. Poprečni presek kroz stablo oraška (IV internodija), vrste *Trapa europaea* Fler., biljaka iz vodene sredine. pp — parenhim primarne kore. (853 x).

Fig. 10. Cross section of the stem (IV internode) of the species *Trapa europaea* Fler., plants from water environment. pp — parenchyma of the cortex. (853 x).

Tabela 1

Table 1

Srednje vrednosti dužine (D) i širine (u tangencijalnom — T i radialnom — R pravcu) ćelija epidermisa, hipoderma, endoderma, srži, sitastih cevi, traheja i traheida; širina intercelulara i odnos centralnog cilindričnog cilindra prema primarnoj kori u drsci, hipokotilu i stablu vrste *Trapa europaea* Fler. Vrednosti izražene u mikronima.

The mean values of the length (D) and width (tangential — T and radial — R direction) of the cells epidermis, hypodermis, endoderms, pith, sieve tubes, tracheae and tracheids; the width of the intercellular space and the ratio of the central cylinder to the cortex in the petiole, hypocotyl and stem of the species *Trapa europaea* Fler. Values expressed in mikrons.

	VAZDUŠNA SREDINA AERIAL ENVIRONMENT								KONTROLA (U VODENOJ SREDINI) CONTROL (IN WATER ENVIRONMENT)																
	Drška Petiole				Hipokotil Hypocotyl				Internodije Internodes				Drška Petiole				Hipokotil Hypocotyl				Internodije Internodes				
	T	R	D	T	R	D	T	R	T	R	D	T	R	D	T	R	T	R	D	T	R	D	T	R	
Ćelije epidermisa The cells of the epidermis	15	26	21	12	12	20	25	14	14	33	8	14	79	9	12	53	15	9	89						
Ćelije hipoderma The cells of the hypodermis	15	30	24	14	24	44	15	16	—	12	19	88	14	19	77	14	15	85							
Ćelije parenhima primarne kore. Parenchyma cells of the cortex.	29	24	43	26	24	49	26	30	28	20	21	120	27	25	104	28	31	165							
Intercelularni prostori u primarnoj kori. Intercellular spaces in the cortex.	15	13	—	18	17	—	30	67	—	8	11	—	21	20	—	44	77	—							
Ćelije endoderma The cells of the endoderms	22	19	29	20	16	29	20	18	26	13	12	59	16	17	48	17	15	54							
Sitaste cevi (spoljašnji floem). Sieve tubes (outer phloem)	13	15	72	12	18	83	14	14	108	12	15	295	14	16	240	21	21	449							
Sitaste cevi (unutrašnji floem). Sieve tubes (inner phloem)	20	14	—	15	19	—	17	16	—	18	16	—	15	16	—	30	29	—							
Traheje i traheidi Tracheae and tracheids	15	16	—	19	21	—	24	22	—	22	20	—	25	18	—	52	51	—							
Ćelije srži The cells of the pith	24	24	30	18	18	—	25	25	30	24	24	65	—	—	—	24	24	98							
Odnos centralnog cilindričnog pre- ma primarnoj kori. The ratio of the central cylinder to the cortex.	1062	—	—	856	—	—	296	—	760	—	716	—	646	—	747	—	—	—							
	334	—	—	296	—	—	296	—	364	—	199	—	197	—	362	—	—	—							

Tabela 2

Table 2

Srednje vrednosti širine i dužine ćelija, širine intercelulara, debljine listova i odnos palisadnog prema sunderastom tkivu u listovima vrste *Trapa europaea* Fle.r., biljaka gajenih paralelno u vazdušnoj i vodenoj sredini. (Vrednosti izražene u mikronima).

The mean values of the length and width of the cells, width of the intercellular space, thickness of the leaves, and ratio of the palisade to the spongy tissue leaves of the species *Trapa europaea* Fle.r., of the plants grown parallelly in aerial environment and water (control). Values expressed in microns.

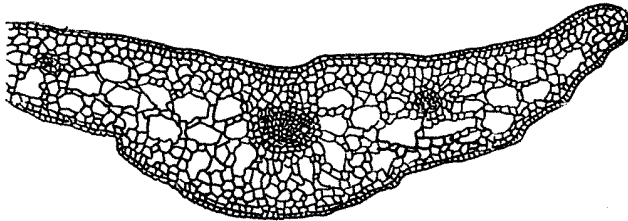
	VAZDUŠNA SREDINA AERIAL ENVIRONMENT						KONTROLA (U VODENOJ SREDINI) CONTROL (IN WATER ENVIRONMENT)					
	List sa III nodusa Leaf from the III nodus.	List sa VIII nodusa Leaf from the VIII nodus.	List sa XVI nodusa Leaf from the XVI nodus.	List sa VIII nodusa Leaf from the VIII nodus.	List sa XVI nodusa Leaf from the XVI nodus.	List sa VIII nodusa Leaf from the VIII nodus.	List sa III nodusa Leaf from the III nodus.	List sa VIII nodusa Leaf from the VIII nodus.	List sa XVI nodusa Leaf from the XVI nodus.	List sa VIII nodusa Leaf from the VIII nodus.	List sa XVI nodusa Leaf from the XVI nodus.	List sa VIII nodusa Leaf from the VIII nodus.
	Širina.	Širina.	Širina.	Dužina.	Dužina.	Dužina.	Širina.	Širina.	Dužina.	Dužina.	Širina.	Dužina.
Ćelije epidermisa lica. The cells of the upper epidermis.	9	13	12	10	12	11	14	8	12	9	12	11
Ćelije palisadnog tkiva. The cells of the palisade tissue.	—	—	10	32	9	37	—	—	12	43	10	40
Ćelije sunderastog tkiva. The cells of the spongy tissue.	—	—	10	24	9	31	—	—	13	34	11	29
Intercelulari. Intercellulars.	—	—	—	—	15	25	—	—	—	—	—	—
Debljina lista. The thickness of the leaf.	22	20	27	28	26	25	31	27	32	23	36	21
Odnos palisadnog i sunderastog tkiva. The ratio of the palisade to the spongy tissue.	56	40	86	71	90	60	56	40	167	125	113	63
Debljina lista. The thickness of the leaf.	12	15	11	8	12	6	16	10	14	6	18	6
Odnos palisadnog i sunderastog tkiva. The ratio of the palisade to the spongy tissue.	87	174	195	85	240	170	132	260	83	3.1	1.8	72
	—	194	—	3.6	—	1.3	—	—	—	—	—	—
	—	54	—	—	94	—	—	—	—	—	—	—

3,6 puta od centralnog cilindra, a kod biljaka iz vazdušne sredine 3,1 put; u hipokotilu je primarna kora u kontroli šira 3,2 puta od centralnog cilindra, a kod biljaka iz vazdušne sredine 2,8 puta. Znatno šira zona primarne kore u odnosu na centralni cilindar je osobina vodenih biljaka, koja se skoro neizmenjena zadržala i kod biljaka iz vazdušne sredine. Iz ovih rezultata se može izvesti i zaključak da je zona primarne kore razvijenija u dršci i hipokotilu nego u stablu. Mada su odnosi zone primarne kore i centralnog cilindra i u kontroli i u vazdušnoj sredini skoro isti, ipak se javljaju razlike u apsolutnoj širini ovih zona. Tako na primer u dršci i hipokotilu je znatno veća srednja vrednost širine primarne kore u vazdušnoj sredini (u dršci — 1063 mikrona; u hipokotilu — 856 mikrona), nego kod biljaka odgajenih u vodi (u dršci — 716 mikrona; u hipokotilu 646 mikrona).

List. Prilikom analize anatomske građe listova, s obzirom na postojanje i submerznih i flotantnih listova, bliže smo ispitivali građu lista sa trećeg nodusa — submerzni list, sa osmog nodusa — flotantni list koji je još potopljen u vodi i list sa šesnaestog nodusa kao flotantni list na površini vode.

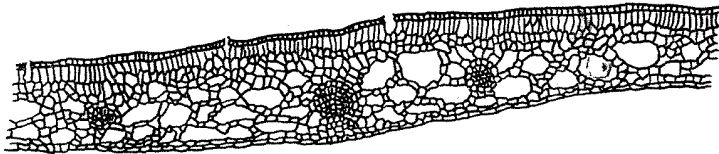
U tabeli 2 dati su numerički podaci srednjih vrednosti za dužinu i širinu ćelija epidermisa lica i naličja lista, ćelija palisadnog tkiva, ćelija sunderastog tkiva, kao i širina intercelulara, debljina lista i odnos palisadnog prema sunderastom tkivu. Sve vrednosti su izražene u mikronima.

Kod submerznih listova u vodenoj sredini (sl. 11), kao i kod listova



Sl. 11. Poprečni presek kroz list sa trećeg nodusa vrste *Trapa europaea* Fleer., biljke iz vodene sredine. (107 x).

Fig. 11. Cross section of the leaf from third nodus of the species *Trapa europaea* Fleer., plants from water environment. (107 x).



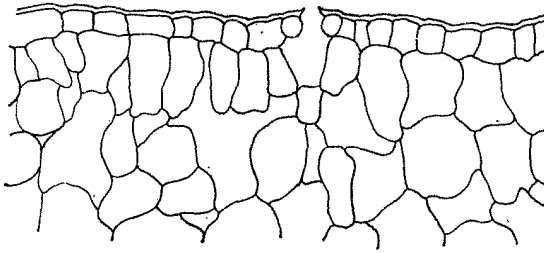
Sl. 12. Poprečni presek kroz list sa trećeg nodusa vrste *Trapa europaea* Fleer., biljke iz vazdušne sredine. (107 x).

Fig. 12. Cross section of the leaf from third nodus of the species *Trapa europaea* Fleer., plants from aerial environment. (107 x).

na nižim nodusima (I i II) u vazdušnoj sredini, mezofil nije diferenciran na palisadno i sunderasto tkivo, međutim u listu sa III nodusa, biljaka iz vazdušne sredine, palisadno tkivo je razvijeno (sl. 12).

Kod listova na osmom nodusu postoji jasno diferencirano dvoslojno palisadno tkivo, a kod lista sa 16-tog nodusa u vazdušnoj sredini razvija se i treći sloj palisadnog tkiva.

Sunderasto tkivo je kod lista sa osmog nodusa 3 do 3,5 puta deblje od palisadnog tkiva, kako kod biljaka iz vodene tako i kod biljaka iz vazdušne sredine. Kod lista sa šesnaestog nodusa ovaj odnos se znatno menja i za list u vodi iznosi 1,8 a za list u vazdušnoj sredini 1,3; to znači da su kod lista u vazdušnoj sredini skoro iste debljine sunderasto i palisadno tkivo.



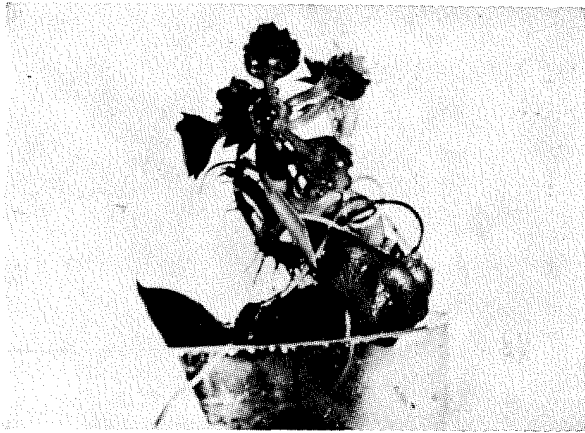
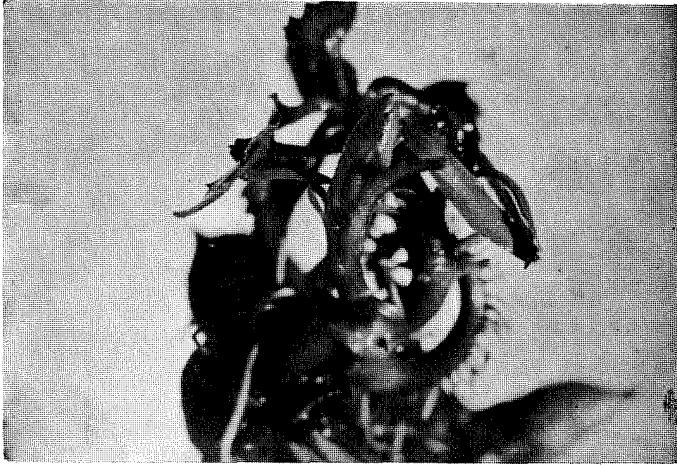
Sl. 13. Poprečni presek kroz list sa trećeg nodusa vrste *Trapa europaea* Fler., biljke iz vazdušne sredine. (640 x).

Fig. 13. Cross section of the leaf from the third nodus of the species *Trapa europaea* Fler., plants from water environment. (640 x).

Kod biljaka u vazdušnoj sredini ćelije epidermisa lica i naličja lista sa III-eg nodusa su duže od ćelija istog tkiva kod lista biljaka koje su rasle u vodi (u prvom slučaju: epidermis lica — 13 mikrona, epidermis naličja 15 mikrona; u drugom slučaju: epidermis lica 8 mikrona, epidermis naličja 10 mikrona). Takođe se javljaju razlike i u širini ćelija na epidermisu lica lista sa III-eg nodusa. U vazdušnoj sredini ove ćelije su kraće od onih u vodenoj sredini (9 mikrona prema 14 mikrona).

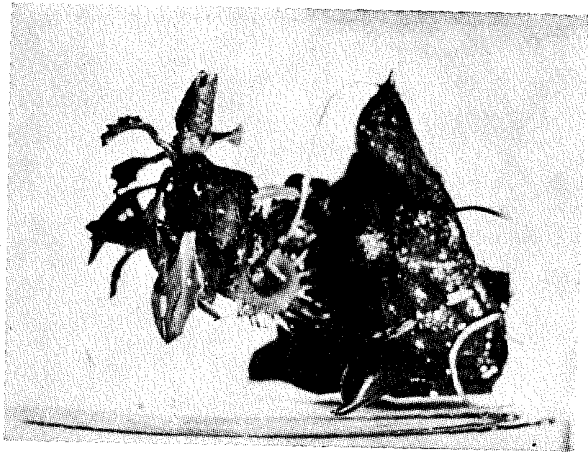
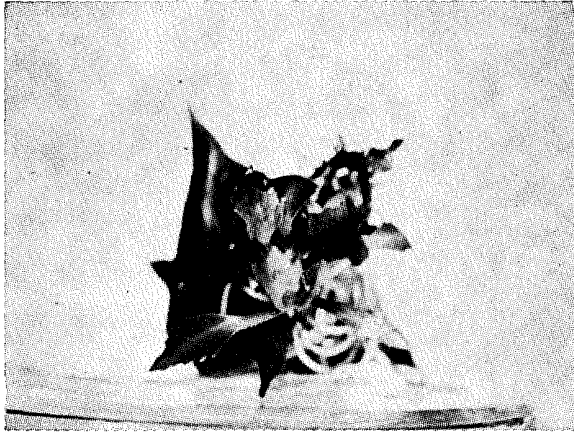
Ćelije sunderastog tkiva su nešto sitnije kod listova biljaka u vazdušnoj sredini.

Intercelulari su znatno krupniji kod listova biljaka u vodi (izuzev lista na III-ćem nodusu). Ovo je naročito izraženo kod lista sa osmog nodusa (širina intercelulara u kontroli 167 mikrona, a u vazdušnoj sredini 87 mikrona).

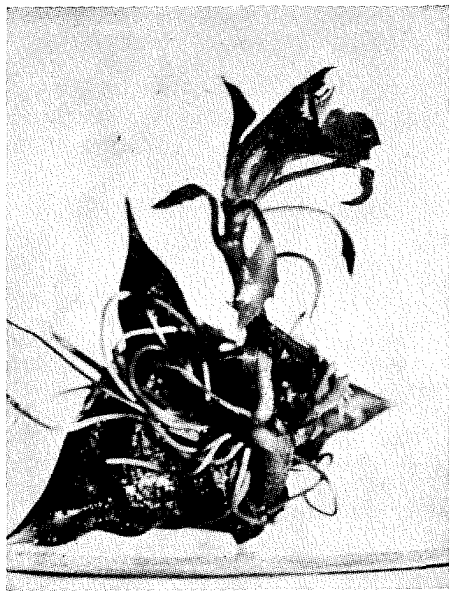


Sl. 14a. Izgled mladih biljaka oraška (*Trapa L.*) iz vazdušne sredine.

Fig. 14a. Appearance of young water nut plants (*Trapa L.*) from aerial environment.



Sl. 14b. Izgled mladih biljaka oraška (*Trapa L.*) iz vazdušne sredine.
Fig. 14b. Appearance of young water nut plants (*Trapa L.*) from aerial environment.



Sl. 14c. Izgled mladih biljaka oraška (*Trapa* L.) iz vazdušne sredine.
Fig. 14c. Appearance of young water nut plants (*Trapa* L.) from aerial environment.

Na preseku kroz III ili IV internodiju, odmah ispod hipoderma, *nalazi se mehaničko tkivo* sagrađeno od ćelija uglastog kolenhima, koje u vidu kontinuiranog prstena zauzima periferni položaj u stablu.

Ćelije parenhima primarne kore su višegaone, a njihovi ćeliski zidovi su zadebljali.

Ćelije koje izgrađuju osovinske organe su, uopšte uzev, sitnije i izrazito kraće od istih u odgovarajućim organima biljaka gajenih u vodenoj sredini.

Ćelije parenhima primarne kore su ovalne i tankozide.

Ćelije koje izgrađuju osovinske organe su, uopšte uzev, krupnije i izrazito duže od istih u odgovarajućim organima biljaka gajenih u vazdušnoj sredini.

Anatomske karakteristike listova

Anatomska građa listova sa nižih nodusa, biljaka iz vazdušne i vodene sredine ne pokazuje neke bitne razlike. Razlike se ispoljavaju na listovima sa viših nodusa.

Palisadno tkivo 2—3 sloja

Intercelulari sitniji (90 mikrona široki).

Palisadno i sunderasto tkivo su skoro niste debljine.

Kutikula jasno izražena.

Ćelije gornjeg epidermisa lista sa I nodusa (površinski gledano) znatno su sitnije od istih kod biljaka gajenih u vodi. Veličina ovih ćelija je manje-više ista na listovima sa viših nodusa.

Stome se javljaju na listu sa I nodusa. *Višećelijske dlake* su konstatovane na naličju lista sa II nodusa.

Palisadno tkivo 1—2 sloja.

Intercelulari *krupniji* (113 mikrona široki).

Sunderasto tkivo 2 puta deblje od palisadnog.

Kutikula slaboo razvijena.

Ćelije gornjeg epidermisa lista sa I nodusa (površinski gledano) znatno su krupnije i izduženije od istih kod biljaka gajenih u vazdušnoj sredini. Ćelije gornjeg epidermisa listova sa viših nodusa su sve manje, tako da na listu sa 9-og nodusa imaju skoro istu veličinu kao ćelije gornjeg epidermisa lista iz vazdušne sredine.

Stome se javljaju na listu sa IV nodusa.

Višećelijske dlake se razvijaju na naličju lista sa VII nodusa.

ZAKLJUČCI

1. U ovom radu prikazani su preliminarni rezultati eksperimentalnog proučavanja uticaja vazdušne sredine na klijanje i ontogenetsko razviće vodene biljke oraška (vrsta *Trapa europaea* Fler., *T. longicarpa* M. Jank. i *T. brevicarpa* M. Jank.). U toku eksperimenta uporedo su posmatrani klijanci i biljke istih vrsta roda *Trapa* u vazdušnoj i vodenoj sredini, što znači eksperimentalni i kontrolni primerci. U staklenim komo-

rama, gde su plodovi *Trapa* klijali i zatim se proklijale biljčice dalje razvijale, relativna vlažnost vazduha varirala je u dnevnim časovima (od 9 do 18 h) u granicama između 58 do 99%, dok je temperatura vazduha iznosila 13 do 38°C (srednja vrednost 24,6°C). Eksperiment je trajao samo do obrazovanja prve flotantne rozete, s obzirom da pri postojećim eksperimentalnim uslovima biljke u vazdušnoj sredini nisu mogle da se dalje razvijaju podležući gljivičnoj infekciji.

2. Biljke oraška koje su proklijale i dalje se razvijale u vazdušnoj sredini razlikuju se od onih u vodenoj (kontrolnih) nizom karakteristika u spoljašnjoj morfologiji i anatomskoj građi, kao i tempu rastenja i osobinama razvića. Te razlike mogu se pripisati uticaju vazdušne sredine, nasuprot vodenoj sredini koja deluje na kontrolne biljke, naime kompleksu spoljašnjih faktora koji se u vazdušnoj sredini ispoljavaju na specifičan način.

3. Rastenje biljaka oraška u vazdušnoj sredini je usporeno u odnosu na kontrolne biljke, što se pre svega ogleda u njihovoj daleko manjoj veličini (posle 41 dana od klijanja biljke u vazdušnoj sredini su dugačke do 3,5 cm, a one u vodenoj 45 cm). Njihove internodije su izrazito kratke, i to sve kraće idući ka vrhu stabljike. Mlade biljke oraška odgajene u vazdušnoj sredini predstavljaju patuljast oblik odraslih biljaka iz vodene sredine (*Trapa L. f. nana*).

4. Nasuprot rastenju, razviće biljaka u vazdušnoj sredini je, u izvesnom smislu, ubrzano. To se pre svega ogleda u tome da se ranije nego kod kontrolnih biljaka, što znači na nižim nodusima, ispoljavaju morfološke i anatomске osobine karakteristične za više (gornje) noduse, pod normalnim uslovima razvića, odnosno za prve flotantne listove, pa čak, u odnosu na građu stabla, karakteristične za fazu cvetanja koja nastupa po pravilu u julu. Već od drugog nodusa listovi počinju dobijati neke karakteristike listova sa viših nodusa kontrolnih biljaka u vodi, kod kojih se neke od tih osobina pojavljuju tek na šestom nodusu. Pre svega možemo navesti pojavu izrazite nazubljenosti listova na donjim nodusima biljaka u vazdušnoj sredini, zatim pojavu stoma već na listovima drugog nodusa, kao i diferenciranje lista na lisku i lisnu dršku, dakle pojavu flotantnih listova, znatno ranije i na nižim nodusima nego kod kontrolnih biljaka.

5. Stablo biljaka iz vazdušne sredine ima isti plan atomske građe kao i stablo kontrolnih biljaka u vodi, ali su odnosi pojedinih zona drukčiji. Osim toga razvija se i jedno novo tkivo: mehaničko tkivo — kolenhim, i to uglastog tipa. Ono je kod biljaka u vazdušnoj sredini konstatovano već na trećoj internodiji. Treba istaći da se kolenhim kod kontrolnih biljaka ne javlja, a u prirodnim uslovima vodene sredine pojavljuje se kod oraška tek u fazi cvetanja, što znači u julu (kolenhim konstatovan na 25-oj internodiji).

6. Nasuprot stabljici kontrolnih biljaka, u vodi, stabljike biljaka iz vazdušne sredine imale su ili jednoslojan epidermis sa zadebljalim spoljašnjim zidom, ili, ako su u vazdušnoj sredini provele duže vreme, epidermis kao pokorično tkivo više ne funkcioniše jer se ubrzo deformiše. Umesto njega na površini organa se razvilo jedno novo pokorično tkivo

mrke boje, delimično ispucalo vertikalnim pukotinama. Čelije ovog tkiva su višegaone i čvrsto međusobno spojene; tkivo sa ovakvim karakteristikama nismo konstatovali kod kontrolnih biljaka u vodenoj sredini, mada njegove čelije imaju sličnosti sa čelijama hipoderma. Mikrohemijske probe na celulozu i lignin dale su negativne rezultate, dok je dobijena vrlo slaba reakcija na suberin. Prema tome, za sada se ne može reći kakve su hemijske prirode čelijski zidovi ovog novog pokoričnog tkiva. Pukotine koje se u njemu javljaju imaju, na poprečnom preseku, oblik latinskog slova »V«, i dopiru skoro ili sasvim do kolenhima. Moguće je da ove pukotine nastaju pod pritiskom živog tkiva, u procesu debljanja stabla, s obzirom da su čelije ovog pokoričnog tkiva mrtve te ne mogu da prate proces debljanja stabla. Te pukotine, možda, igraju ulogu i organa za provetranje (slično lenticelama), jer, po svemu sudeći, živa tkiva u unutrašnjosti stabla su donekle izolovana od spoljašnje sredine. Pojava ovog novog pokoričnog tkiva na stablu predstavlja verovatno pojačanu perifernu zaštitu unutrašnjim tkivima, od sušenja u vazdušnoj sredini, što inače jednoslojan epidermis sa jako redukovanom kutikulom i celuloznim čelijskim zidovima (pojava tipična za kontrolne biljke oraška u vodenoj sredini) ne bi mogao da obezbedi.

7. Kod biljaka oraška gajenih u vazdušnoj sredini javlja se u stablu, već na prvim internodijama, uglasti kolenhim ispod hipoderma, i to sa perifernim položajem u obliku kontinuiranog prstena (sve to je odlika suvozemnih biljaka). Ovakvo tkivo se kod kontrolnih biljaka u vodenoj sredini uopšte ne javlja, a i inače kod mladih biljaka oraška u prirodnim uslovima ono se ne razvija. Tek docnije, za vreme cvetanja i plodonošenja, uglasti kolenhim se razvija, ali tek iznad 25-tog nodusa, a veoma je razvijen u regionu odmah ispod dobro formirane flotantne rozete, pa prema vrhu stabljike.

8. U parenhimu primarne kore zapaža se da su čelije kod biljaka iz vazdušne sredine sa debljim zidovima nego kod kontrolnih biljaka, kao i to da su višegaone a ne okrugle. Krupni intercelulari postoje, ali u znatno manjem broju nego kod biljaka u vodenoj sredini. Centralni cilindar sadrži iste elemente kao i centralni cilindar kontrolnih biljaka, ali je lignifikacija čelijskih zidova sudova kod biljaka u vazdušnoj sredini jasnije izražena. Što se tiče veličine čelija u pojedinim tkivima stabla, može se reći da su one, uopšte uzev, znatno manje kod biljaka gajenih u vazdušnoj sredini.

9. U pogledu listova, konstatovano je da su submerzni listovi kontrolnih biljaka, kao i na prvom i drugom nodusu biljaka u vazdušnoj sredini, bez diferencijacije na palisadno i sunđerasto tkivo. Na osmom nodusu postoji jasno diferencirano dvoslojno palisadno tkivo, a kod lista na 16-om nodusu u vazdušnoj sredini razvija se i treći sloj palisadnog tkiva. Nasuprot kontrolnim biljkama, kod kojih je sunđerasto tkivo deblje od palisadnog, kod oraška u vazdušnoj sredini sunđerasto i palisadno tkivo lista sa 16-og nodusa je podjednake debljine. Čelije sunđerastog tkiva su nešto sitnije kod listova biljaka u vazdušnoj sredini. Intercelulari kod listova bi-

ljaka u vodi znatno su krupniji nego kod listova biljaka u vazdušnoj sredini.

10. Opšti zaključak u vezi sa morfološkim i anatomskim karakteristikama biljaka oraška uporedo gajenih u vazdušnoj i vodenoj sredini je u sledećem: plodovi oraška mogu klijeti u vazdušnoj sredini, a proklijale biljčice se u takvoj sredini mogu dalje razvijati; pri tome, njihovo raste-nje je usporeno (mala veličina čitave biljke i pojedinih njenih delova — patuljast oblik odrasle biljke u prirodnim uslovima), dok je razviće ubrza-no; u vazdušnoj sredini klijanci i mlade biljčice oraška dobijaju čitav niz osobina karakterističnih za suvozemne biljke; dok su kontrolne biljke oraška dugačke i savitljive, biljke oraška u vazdušnoj sredini su kratke (skraćene internodije), čvršće, u njihovoj građi se razvijaju nova tkiva koja im omogućuju da u takvoj sredini rastu uspravno (kolenhim); jača periferna zaštita, posebno na površini stabljike, koja štiti mladu biljku od suvišnog gubitka vode.

11. U izloženim eksperimentima radi se o klijanju i razviću mladih biljčica oraška u vazdušnoj sredini, što se inače u našem podneblju u prirod-nim uslovima ne dešava (klijanje i prve faze razvića oraška odigra-vaju se kod nas uvek u vodenoj sredini, u proleće kada su vode u prirod-nim staništima oraška visoke). Mogućnost klijanja u vazdušnoj sredini i daljeg razvoja prokljalih biljčica oraška u takvim uslovima, što je doka-zano našim eksperimentima, ima određen teorijski značaj, posebno u vezi sa ispoljavanjem niza osobina suvozemnih biljaka u prvim fazama razvića vodene biljke. Međutim, u drugim podnebljima areala roda *Trapa*, pre svega u njegovim tropskim i subtropskim delovima (Afrika, Indija, Jugo-istočna Azija), mogućnost klijanja i razvića prokljalih biljčica u vazdušnoj sredini, do čega u tim oblastima možda često i dolazi s obzirom na odsustvo hladnog perioda godine koji prekida vegetaciju i s obzirom na verovatnost da tamo plodovi oraška klijaju bez perioda mirovanja, može da ima ve-liko biološki i ekološki značaj (nažalost, o biologiji roda *Trapa* u tim obla-stima sasvim se malo zna). U tim podnebljima našavši se van vode, na primer na obali vodenih bazena, plodovi oraška mogu da klijaju (što do-kazuju naši eksperimenti), a prokljalih biljčice se u nepovoljnim uslovima vazdušne sredine mogu da dalje razvijaju i da se izvesno vreme održe pri-lagođavajući se morfološki i anatomski. Sa povećanjem nivoa vode i ove biljke mogu dospeti u vodenu sredinu i u njoj se dalje razvijati sve do cvetanja i plodonošenja. Na taj način, mogućnost za održavanje vrste u tim oblastima se znatno proširuje.

LITERATURA

- Arber A. (1963): Water plants. New York.
 Barnéoud M. (1848): Mémoire sur l'anatomie et l'organogénie du *Trapa natans* L. — Ann. Sc. nat. Bd. 19, Paris.
 Eberle G. (1927): Die Entwicklung der Wassernusspflanze (*Trapa natans*) von der reifen Frucht bis zum Auftauchen der Blattrosette. — A. Nat. u. Mus., Sencken-berg. Naturfor. Gessel., B. 57, H. 1—2, Frankfurt am M.

Janković M. M. (1955): Beitrag zur Kenntnis der individuellen Entwicklung der Wassernuss (*Trapa L.*). I. Die Frage der Abrezung der individuellen Entwicklung der Wassernuss nach Stufen. — Arch. sc. biol., VII, № 3/4, Beograd.

Janković M. M. (1958): Ekologija, rasprostranjenje, sistematika i istorija roda *Trapa L.* u Jugoslaviji. — Srpsko biološko društvo, posebna izdanja, 2. Beograd.

Stover E. (1951): An introduction to the anatomy of seed plants. — Boston.

Зауер Л. М. (1962): Водное растение растёт без воды. Природа, № 6, стр. 116.

Summary

MILORAD M. JANKOVIĆ AND JELENA BLAŽENČIĆ

ANATOMY AND MORPHOLOGY OF VEGETATIVE ORGANS OF TRAPA L., GROWN IN WATER AND AERIAL ENVIRONMENT UNDER EXPERIMENTAL CONDITIONS

In this paper preliminary results concerning experimental studies of effect of aerial environment on germination and ontogenetic development of the aquatic plant, water nut (species *Trapa europaea* Fler., *T. longicarpa* M. Jank. i *T. brevicarpa* M. Jank.) have been presented. In the course of the experiments the seedlings and plants of the same species of the genus *Trapa* were parallelly examined in aerial and water environment, it means experimental and control samples. In glass chambers, where *Trapa* fruits germinated and then germinated plants further developed, relative humidity of the air varied in diurnal hours (from 9 to 18 h) in ranges between 58 to 99%, whereas the temperature of the air amounted 13 to 38°C (the mean value being 24,6°C). The experiment lasted only until the formation of the first floating rosette, since under these experimental conditions the plants in aerial environment could not develop any further being affected with fungous infection.

Water nut plants which germinated and continued to develop further in aerial environment differ from those in water (control ones) by a series of characteristics in outer morphology and anatomical structure, as well as in the rate of growth and properties of development. These differences may be ascribed to the effect of aerial environment, contrary to water environment which affects control plants, namely to the complex of outer factors which are manifested in aerial environment in a specific way.

Growing of water nut plants in aerial environment is slowed down in relation to control ones, what is first of all manifested in their by far smaller size (after 41 days from the beginning of germination plants in aerial environment are 3,5 cm. long and that in water 45 cm). Their internodes are markedly short, and ever shorter towards the top of the stem. Young water nut plants grown in aerial environment have dwarfish shape of the grown plants from water environment (*Trapa L. f. nana*).

Contrary to growing, development of plants in aerial environment is, in some way, quickened. It is first of all manifested, that earlier than in control plants, that is to say on lower nodi, morphological and anatomical properties characteristic of higher (upper) nodi, under normal conditions of development, i.e. for the first floating leaves, and even, in relation to the structure of stem, characteristic of blossoming phase which generally begins in July are observed. Already from the second nodus leaves begin to receive some characteristics of leaves from higher nodi of control plants in water, in which some of these properties appear not before the sixth nodus. First of all we can mention the appearance of marked dentation of the leaves on lower nodi of plants in aerial environment, then the appearance of stomata already on the leaves on the leaves of the I nodus, as well as the differentiation of leaf into leaf lamina and petiole, i.e. the appearance of floating leaves, considerably earlier also on the lower nodi than in control plants.

The stem of plants from aerial environment has the same pattern of anatomical structure as the stem of control plants in water, but rations of some zones are different. Besides one new tissue is being developed: mechanical tissue-collenchyma

which is angular. In plants from aerial environment collenchyma was observed already on the third internode. It has to be pointed out that collenchyma does not appear in control plants and in natural conditions of water environment it appears in water nut not before blossoming phase that is to say in July (the observed collenchyma on the 25th internode).

Contrary to the stem of control plants, in water, the stem of plants from aerial environment had either one-layered epidermis with thickened outer wall, or, if they spent in aerial environment a longer time, epidermis as a protective tissue does not function any longer, because it is soon deformed. Instead of it on the surface of the organ one new, brown, protective tissue developed partially vertically cracked. The cells of this tissue are multiangular and fastly interconnected; we did not notice the tissue with such characteristics in control plants in water environment, although its cells have similarity with those of hypodermis. Microchemical samples on cellulose and lignin gave negative results, whereas very weak reaction to suberin was obtained. Accordingly, for the time being it cannot be said of what chemical nature are the cell walls of this new tissue. The cracks which appear in it have, on the cross section the shape of the letter »V«, and reach nearly or completely collenchyma. It is possible that these cracks are due to the pressure of living tissue, in the process of stem thickening, since the cells of this protective tissue are dead and thus cannot follow the process of stem thickening. These cracks, perhaps, also play the role of the airing organs (similar to lenticels), because, judging to all this living tissues in the inner side of the stem are to some extent isolated from the outer environment. The appearance of this new protective tissue on the stem represents probably the reinforced peripheral protection for the inner tissue, from desiccation in aerial environment, what otherwise one-layered epidermis with very reduced cuticle and cellulose cell walls (phenomenon typical of control water nut plants in aquatic environment) would not be able to secure.

In water nut plants grown in aerial environment there appears in the stem, already on the first internodes, under hypodermis angular collenchyma which is situated peripherally in the shape of a continual ring (these are all characteristics of terrestrial plants). Such a tissue in control plants in water environment does not appear at all, and otherwise it does not develop in young water nut plants in natural conditions. Only later during blossoming and fruiting, angular collenchyma develops under the 25th nodus, and it is very developed in the region immediately under the well formed floating rosete, and the towards the top of the stem.

It is noticed that cells in parenchyma of the cortex of plants from aerial environment have thicker walls than those of control plants, as well as that they are multiangular and not round. Large intercellular spaces exist, but in a considerably smaller number than in plants from water environment. Central cylinder contains the same elements as that of control plants, but lignification of cell walls of tracheae in plants from aerial environment, is more clearly expressed. As for the size of cells in some tissues of the stem, it may be said, that they are, in general, considerably smaller in plants grown in aerial environment.

With respect to leaves, it was observed that submerge leaves of control plants, as well as those on the first and second nodus of plants in aerial environment, are not differentiated into palisade and spongy tissue. On the 8th nodus there exists clearly differentiated two-layered palisade tissue, and in the leaf on the 16th nodus in aerial environment develops also the third layer of palisade tissue. Unlike control plants, in which spongy tissue is thicker than palisade one, in water nut from aerial environment spongy and palisade tissue of the leaf from the 16th nodus is of equal thickness. Cells of spongy tissue are somewhat smaller in the leaves of plants from aerial environment. Intercellular spaces in the leaves of plants from water are considerably larger than in the leaves of plants from aerial environment.

General conclusion concerning morphological and anatomical characteristics of water nuts plants parallelly grown in aerial and water environment, is as follows: water nut fruits may germinate in aerial environment, and already germinated plants in such an environment can further develop; thereby, growing is slowed down (small size of the whole plant and some of its parts — dwarfish shape of the grown plant in natural conditions), whereas the development is quickened; in aerial environment

seedlings and young water nut plants receive a whole series of properties characteristic of terrestrial plants; while control water nut plants are long and pliant, water nut plants from aerial environment are short (shortened internodes), firmer, in their structure new tissues develop which enable them to grow upright in such an environment (collenchyma); peripheral protection strengthens, especially on the surface of the stem, which protects young plant from excessive water loss.

In the described experiments the data on germination and development refer to young water nut plants in aerial environment, what otherwise in our climate in conditions does not occur (germination and the first stages of water nut development occur with us always in water environment, in spring when waters in natural habitats of water nut are high). The possibility of germination in aerial environment and the possibility of further development of germinated water nut plants in such conditions, what was proved in our experiments, has a definite theoretical significance, especially with respect to exhibition of a series of properties characteristic of terrestrial plants in the first phases of development of aquatic plants. However, in other climates of the areal of the genus *Trapa* first of all in its tropic and subtropic regions (Africa, India, South-Eastern Asia) the possibility of germination and development of germinated plants from aerial environment, what in these climatic conditions perhaps often occurs owing to the absence of cold period of the year which interrupts vegetation and also in view of the probability that there water nut fruits germinate without the period of dormancy may have a great biological and ecological significance (unfortunately, only little is known about biology of the genus *Trapa* in these regions). In these climates once outside water, for example on the shore of drainage basins, water nut fruits can germinate (what our experiments prove) and already germinated plants in unfavourable conditions of aerial environment can further develop and for some time maintain adapting themselves morphologically and anatomically. With the increase of water level these plants also may reach water environment and there they continue to develop until blossoming and fruiting. In such a way, the possibility for species maintenance in these regions is considerably widened.

PARALLEL SURVEY OF MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WATER NUT PLANTS (*TRAPA* L.) PARALLELLY GROWN IN AERIAL AND WATER ENVIRONMENT ON THE SAMPLE OF 41-DAY-OLD PLANTS.

Morphological characteristics of plants aerial environment

Petiole connecting two cotyledons short (about 0,4 cm).

Hypocotyl short (2 cm) and spirally bent over gemules. Adventitious roots which, often, ramify near the top, develop on it.

Main stem is short (3,5 cm), firm. Internodes are short and their number on the main stem varies from 10—15. (The longest internode 0,4 cm).

On nodi develop only leaves and feathered adventitious roots. In the course of the experiments feathered adventitious roots did not ramify.

Morphological characteristics of plants from water (control)

Petiole connecting two cotyledons long (about 8,5 cm).

Hypocotyl negatively geotropic, upright, long (7—10 cm). A great number of unramified adventitious roots develop on it.

Main stem lengthened (45 cm) and pliable. Internodes are considerably longer than those of the plants from aerial environment (the longest 5,5 cm). There are 20—25 internodes to rosette.

On nodi develop leaves, feathered ramified and thready single adventitious roots.

Leaves short (0,7 cm), dark green and do not fall down in the course of the experiments. The differentiation into leaf lamina and leaf petiole begins already on the leaf from the II nodus, and on the V nodus the leaf is already clearly differentiated into rhombic, dentate leaf lamina and leaf petiole. Dentation appears on the leaf from the II nodus, and towards the top of the stem the leaves are more markedly dentate.

Leaves. On the lower nodi develop long and narrow (3,5/0,2 cm), sitting, linear submersed leaves which, as soon as feathered and thready adventitious roots develop, soon fall down. Differentiation into leaf lamina and leaf petiole is noticed on the leaves from the IV and V nodus. On the leaf from the VIII nodus leaf petiole and rhombic dentate leaf lamina clearly differ. The first dentation is noticed on the leaf from the III nodus.

Parallel survey of anatomical characteristics of water nut plants (*Trapa* L.) parallelly grown in aerial and water environment of the sample of 41-day-old plants.

Anatomical characteristics of plants aerial environment

Anatomical characteristics of plants from water (control)

Anatomical characteristics of axial organs

Epidermis is a protective tissue only in the first stages of development, and later its cells deform and on the periphery of the organ develops the tissue which has most similarity with cork. The cells of this tissue are brown, stretch in radial lines and are dead. In this tissue vertical cracks are formed, which on the cross section have the appearance of the letter »V« and which, most probably are due to the pressure of living tissue in the process of growing.

On the cross section of the III or IV internode, immediately under hypodermis, there is *mechanical tissue* composed of the cells of angular collenchyma, which like a continuous ring takes a peripheral position in the stem.

Parenchyma cells of the cortex are multiangular, and their cell walls thickened.

The cells composing axial organs are, in general, smaller and markedly shorter than those in the corresponding organs of plants grown in water environment.

Epidermis is the only protective tissue which develops in the course of the experiments.

In the course of the experiments the *formation of mechanical tissue was not observed.*

Parenchyma cells of the cortex are oval and thin-walled.

The cells composing axial organs are, in general, larger and markedly longer than those in the corresponding organs of plants grown in aerial environment.

Anatomical characteristics of leaves

Anatomical structure of leaves from lower nodi, of plants from aerial and water environment do not show some essential differences. The differences are manifested on leaves from higher nodi.

Palisade tissue 2—3 layers.

Intercellular spaces smaller (90 microns wide).

Palisade and spongy tissues are nearly of the same thickness.

Cuticle clearly expressed.

Cells of the upper epidermis of the leaf from the I nodus (surface appearance) are considerably smaller than those of plants grown in water. The size of these cells is more or less the same on leaves from higher nodi.

Stomata appear on the leaf from the I nodus.

Multicellular hairs are observed on lower side of the leaf from the II nodus.

Palisade tissue 1—2 layers.

Intercellular spaces larger (113 microns wide)

Spongy tissue twice as thick as palisade one.

Cuticle poorly developed

Cells of the upper epidermis of the leaf from the I nodus (surface appearance) are considerably larger and more lengthened than those of plants grown in aerial environment. The cells of the upper epidermis of the leaves from higher nodi are ever smaller, so that on the leaf from the IXth nodus have nearly the same size as the cells on the upper epidermis of the leaf from aerial environment.

Stomata appear on the leaf from the IV nodus.

Multicellular hairs develop on the lower side of the leaf from the VII nodus.