

RAD JUGOSLAVENSKE AKADEMIJE ZNANOSTI I UMJETNOSTI

Knjiga 320

ODJEL ZA PRIRODNE NAUKE

Knjiga X.

UREDNIK

Akademik VALE VOUK

JUGOSLAVENSKA AKADEMIJA ZNANOSTI I UMJETNOSTI

R A D

**JUGOSLAVENSKJE AKADEMIJE
ZNAOSTI I UMJETNOSTI**

A

Z A G R E B

1 9 6 0

Tehnička redakcija, tisak, uvez i oprema:
IZDAVAČKI ZAVOD JUGOSLAVENSKE AKADEMIJE
ZAGREB

Z. KLAS i V. VOUK:

PRINOSI FIZIOLOŠKOJ ANALIZI
FERTILIZATORNOG DJELOVANJA
MRKOG UGLJENA

V. Daljnja istraživanja o dušiku kao komponenti fertilizatornog
djelovanja mrkog ugljena

(Sa 8 tabla i 7 tabela u tekstu)

(Primljeno na sjednici Odjela za prirodne nauke od 17. XI. 1956)

U našim dosadašnjim istraživanjima fertilizatornog djelovanja dodatka zeničkog ugljena metodom vodenih kultura mi smo zahvatili i pitanje eventualnog iskorišćenja dušika ugljena (VOUK 1938, VOUK-KLAS 1953). U tu smo svrhu iz osnovne Croneove hranjive otopine eliminirali svu, odnosno polovinu količine dušika, što ga ona u svom normalnom sastavu u obliku KNO_3 sadržava, pa smo uzgajali pokusne biljke u tim nepotpunim hranjivim otopinama dodajući im određene količine zeničkog ugljena. Imajući međutim na umu, da eliminiranjem KNO_3 iz sastava hranjive otopine ne eliminiramo iz nje samo dušik, nego i kalij, a osim toga da time mijenjamo i koncentraciju hranjive otopine, što bi sve moglo ometati jednoznačnost pokusnih rezultata, najavili smo proširenje istraživanja novim pokusnim varijantama, postavljenim s naročitim obzirom na spomenute momente.

Budući da smo željeli da ispitamo efekat dodatka zeničkog ugljena:

1. kod polovične sadržine dušika i kalija u hranjivoj otopini,
2. kod potpunog nedostatka dušika u hranjivoj otopini,
3. kod potpunog nedostatka kalija u hranjivoj otopini,

a isto smo htjeli i da ispedimo djelovanje dodatka mangana kao jednog od mikroelemenata, koji prema literaturnim navodima dovodi u nekom pogledu do sličnog poboljšanja kultura kao i dodatak zeničkog ugljena, to smo 8. IV., odnosno 25. IV. 1953. postavili pokus s 9 različitih pokusnih serija, kod kojih je sastav hranjive otopine odgovarao spomenutim intencijama. Pri sastavu hranjive otopine polazili smo uvijek od sastava normalne Croneove otopine, no u nekim smo pokusnim serijama zbog pokusnih intencija taj sastav morali toliko mijenjati i preuđavati, da se on već prilično odalečavao od sastava normalne Croneove otopine, pa smo oznaku Crone (Cr.) zadržali zapravo samo zbog kratkoće signature i oznake ishodišta.

I. pokusna serija predočuje nam kontrolnu seriju sa normalnom Croneovom hranjivom otopinom (Cr. norm. sa 0,5925 g kalija i 0,2424 g dušika u obliku KNO_3), u drugoj smo pokusnoj seriji dodali ovoj osnovnoj Croneovoj otopini na 1.750 cc. jedan kubični centimetar 3,8‰ otopine MnCl_2 (Cr+Mn), a u III. smo pokusnoj seriji osnovnoj Croneovoj hranjivoj otopini dodali uobičajenu količinu od 7‰ samljevenog zeničkog ugljena, t. j. na 1.750 cc otopine 12,25 g zeničkog ugljena (Cr. + Z). Uzmemo li u obzir količinu dušika, koju prema rezultatima analize (RUMEN) zenički ugljen sadržava: 0,2107 na 12,25 g ugljena, to je količina dušika u toj pokusnoj seriji kod 1.750 cc povišena na 0,4531 g. Što se tiče kalija, to s obzirom na to, da se prema rezultatima analize mogao kalij u zeničkom ugljenu ustanoviti samo u tragovima (RUMEN), dodatkom ugljena hranjivoj otopini njena sadržina na kaliju nije bitno izmijenjena.

U IV. smo pokusnoj seriji, međutim, iz sastava osnovne Croneove hranjive otopine potpuno isključili kalijev nitrat, pa smo mjesto 1,75 g KNO_3 dodali 0,875 g NaNO_3 , 0,35 g KCl i 0,525 g K_2SO_4 . Prema tome ova pokusna serija, signirana kao Cr. — $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N sadržava na 1750 cc 0,3032 g kalija, nešto više od polovine količine, koju sadržava normalna Croneova otopina (na 1.750 cc otopine 0,5925 g K.). Prema intenciji pokusa smanjena je i sadržina dušika, pa on umjesto normalnih 0,2424 g na 1.750 cc iznosi u toj pokusnoj seriji samo 0,1442 g.

V. pokusna serija pu osnovnom sastavu hranjive otopine odgovara IV. seriji, ali joj je dodano 7‰ zeničkog ugljena i prema tome sadržina dušika u ovoj seriji u 1.750 cc hranjive otopine iznosi 0,3549 g. Ova je serija označena (Cr. — $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N + Z).

U VI. pokusnoj seriji, koju signiramo sa Cr.—N, zamijenili smo kalijev nitrat normalne Croneove otopine sa kalijevim kloridom (0,7 g KCl) i kalijevim sulfatom (1,05 g K_2SO_4), pa smo na taj način dobili hranjivu otopinu bez dušika, a sa 0,6026 g kalija na 1.750 cc, dakle tek nešto više, nego što ga sadržava normalna Croneova otopina.

U VII. pokusnoj seriji (Cr. — N + Z) sadržina kalija nije bitno izmijenjena, ali hranjiva otopina ove pokusne serije zbog dodatka ugljena sadržava 0,2107 g dušika.

Da bismo izlučili kalij iz hranjive otopine, to smo u VIII. pokusnoj seriji (Cr. — K) kalijev nitrat zamijenili sa natrijevim nitratom (1,75 g NaNO_3 na 1.750 cc). U toj seriji nalazi se na 1.750 cc 0,2884 g dušika, a u IX. seriji, gdje smo još dodali 12,25 g zeničkog ugljena, sadržina dušika iznosi 0,5990 g, dok je kalij prema rezultatu analize (RUMEN) u sastavu hranjive otopine ove pokusne serije prisutan samo u tragovima.

Svaka pokusna serija zastupana je sa sedam pokusnih posuda. Kao obično, hranjive su otopine svih pokusnih serija pripremane za svaku pokusnu posudu posebno, t. j. svaka je sol za svaku posudu napose odvagana.

Pošto je priprema hranjivih otopina bila za sve pokusne serije završena, uzeto je iz svake pokusne posude pojedine pokusne serije nekoliko

ce promiješanog supstrata radi određenja koncentracije vodikovih iona. Određenje vrijednosti pH izvršeno na Machethovu pH-metru Instituta, dalo je za pojedine supstrate vrijednosti registrirane u tabeli I. Kao što se može razabrati, hranjive su otopine s obzirom na koncentraciju vodikovih iona bile prilično izbalancirane, tek je pH kontrolne otopine, t. j. normalne Croneove otopine bio nešto niži.

Sto se tiče koncentracije hranjivih supstrata, ona je u pokusnim serijama I, II, IV, VI i VIII iznosila 2,5‰, a u pokusnim serijama, u kojima je osnovnom supstratu dodano 7‰ zeničkog ugljena, t. j. u serijama III, V, VII i IX, tim dodatkom bila je povišena na 9,5‰.

Priprema biljnog materijala za pokus bila je otežana nastupom hladnoće, koja je usporavala isključavanje sjemenaka. Sjemenke ricinusa (*Ricinus communis*, žetva Botanički vrt 1952) isključivale su u Petrijevim posudama na navlaženoj bugaćici, a nakon izbivanja radikule su prenešene u posudu s ispranim i iskuhanim savskim pijeskom. Kako kod ricinusa razvoj stabljike znatno zaostaje za razvojem korijenova sistema, morala je pojedina klica biti najprije 25. IV. postavljena između dva napeta traka lika u grlo Voukovih pokusnih posuda, a tek kasnije, kad je stabljika bila dovoljno duga, mogli smo biljke učvrstiti u grla Voukovih pokusnih posuda kao obično pomoću probušenih i prorezanih čepova.

Pokus je proveden sa $9 \times 7 \times 1 = 63$ pokusne biljke.

U eksperimentalnom stakleniku Botaničkog vrta, gdje smo pokus postavili, biljke su se, pošto je otopilo, dobro razvijale, a tokom razvoja počele su se od oko 10. V. ispoljavati i razlike između pojedinih pokusnih serija. 16. V., kada su te razlike bile već prilično izražene, izvršena su prva mjerenja. Rezultati tih mjerenja registrirani su kao srednje vrijednosti izražene u gramima, u tabeli II, a tabela III daje nam pregled tih rezultata izražen u ‰.

S obzirom na *visinu stabljika*, u tom je stadiju našeg pokusa pojava, da kulture u pojedinim pokusnim serijama visinom svojih stabljika zaostaju za visinom kultura u normalnoj Croneovoj otopini, češća i izraženija od pojave, da ih visinom premašuju. Samo u V. seriji možemo konstatirati povišenje uzrasta, a i to samo na približno 10‰, i u seriji III stanje, koje odgovara stanju u kontrolnoj seriji, a u seriji VIII (Cr. — K) imamo zaostajanje uzrasta za preko 50‰. Uz dodatak $MnCl_2$ kulture visinom svojih stabljika nisu mogle dosegnuti kontrolne kulture, a uz dodatak zeničkog ugljena i pri polovičnoj sadržini kalija i dušika u hranjivoj otopini one su ih i prestigle. Značajno je, da u objema serijama s nepotpunom hranjivom otopinom možemo registrirati neko, iako ne veliko povećanje uzrasta biljaka, koje je u VII. pokusnoj seriji: Cr. — N + Z jače izraženo, nego u IX. pokusnoj seriji: Cr. — K + Z.

Što se tiče *dimenzija primarnih listova*, to su općenito njihove diferencije jače izražene, nego diferencije u visini stabljika. Te su dimenzije, i to kako duljina, tako i širina lista, uz dodatak zeničkog ugljena u svakoj od pokusnih serija veće nego u paralelnim serijama bez tog

Tab. II

Srednje vrijednosti Mittelwerte	I Crone norm.	II Crone + Mn	III Crone + Z	IV Crone $-\frac{1}{2}K$ $-\frac{1}{2}N$	V Crone $-\frac{1}{2}K$ $-\frac{1}{2}N+Z$	VI Crone -N	VII Crone -N+Z	VIII Crone -K	IX Crone -K+Z
Visina stabljika do insercije pr. list. — Höhe der Steng. bis zur Insert. d. prim. Blät.	5,56	4,87	5,61	5,51	6,21	3,97	4,96	2,47	3,11
Prim. listovi duljina Länge	5,1	6,3	7,4	6,5	7,3	2,1	2,6	2,5	2,9
Prim. Blätter širina Breite	3,6	4,8	5,2	4,8	5,9	1,3	1,5	1,0	1,9
Duljina glavnog korijena Länge der Hauptwurzel	18,8	22,8	21,3	24,2	24,3	26,4	26,9	24,7	23,2

Tab. III

Srednje vrijednosti Mittelwerte	I Crone norm.	II Crone + Mn	III Crone + Z	IV Crone $-\frac{1}{2}K$ $-\frac{1}{2}N$	V Crone $-\frac{1}{2}K$ $-\frac{1}{2}N+Z$	VI Crone -N	VII Crone -N+Z	VIII Crone -K	IX Crone -K+Z
Visina stabljika do insercije pr. list. — Höhe der Steng. bis zur Insert. d. prim. Blät.	100 %	87,58	100,89	99,10	111,68	71,40	89,20	44,42	55,93
Prim. listovi duljina Länge	100 %	123,52	145,09	138,31	143,13	41,17	50,98	49,01	56,86
Prim. Blätter širina Breite	100 %	133,33	144,44	128,72	163,88	36,11	41,66	27,77	52,77
Duljina glavnog korijena Länge der Hauptwurzel	100 %	121,27	113,40	127,45	129,25	140,42	143,08	131,38	123,40

dotatka. Najveće dimenzije listova registrirali smo u III. i V. seriji (Cr. + Z — i Cr. — $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N + Z), ali i u II. i IV. seriji (Cr. + Mn — i Cr. — $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N) imamo dimenzije, koje premašuju dimenzije listova kontrolnih kultura.

Od značajki *korijenova sistema* registrirali smo u tabelama samo duljinu glavnog korijena, no protokolne nam bilješke daju i podatke o pobočnom korijenju, odnosno o habitusu korijenova sistema uopće. S obzirom na *duljinu glavnog korijena* u svim pokusnim serijama premašuju duljinu korijena u kontrolnoj seriji. Pobočno je korijenje općenito kraće od glavnog korijena, ali u VII. seriji (Cr. — N + Z) ono do-seže gotovo duljinu glavnog korijena, a ističe se svojom utanjenošću. Što se tiče *razgranjenja* korijenova sistema, to je korijenov sistem u kontrolnoj a i u VI. seriji (Cr. — N) razmjerno slabo razgranjen, a u III. i IV. seriji (Cr. + Z; Cr. $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N + Z) ta je razgranjenost obilnija.

S obzirom na ostala obilježja kultura, to smo napose u kulturama VI, VII., VIII. i IX. serije, koje vidno zaostaju za ostalim kulturama, registrirali naročito obilje antocijana u stabljikama, peteljka i žilama kotiledona i listova.

Kako je zbog obilne transpiracije nivo hranidbenih otopina bio već znatno snižen, to smo 23. V. taj utrošak vode nadoknadili dolijevanjem destilirane vode (pH 5.85). Prije dolijevanja određen je pH hranjivih otopina u svim pokusnim serijama. Pritom se postupalo kao i kod prvog određenja koncentracije vodikovih iona u hranjivim otopinama.

pH 23. V.

I. Cr. norm.	6.9	V. Cr. — $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N + Z	7.02
II. Cr. + Mn	7.0	VI. Cr. — N	5.5
III. Cr. + Z	7.0	VII. Cr. — N + Z	6.68
IV. Cr. — $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N	7.19	VIII. Cr. — K	6.8
IX. Cr. — K + Z		6.9	

Usporedimo li ove vrijednosti s vrijednostima svježe priređenih otopina od 25. IV., to vidimo, da je u svim otopinama, izuzev otopine u VI. pokusnoj seriji (Cr. — N), došlo tokom pokusa do *sniženja aciditeta*. To je sniženje bilo najjače izraženo kod kontrolne serije sa *normalnom* Croneovom otopinom: od pH 5.6 na pH 6.9, a dovelo je u svim serijama, izuzev VI. seriju, do blizu neutralne reakcije supstrata. Što se tiče VI. serije (Cr.—N), kod nje je došlo međutim do gotovo *proporcionalnog pojačanja aciditeta*: od pH 6.3 na pH 5.5.

Dne 26. V. su kulture, kojih je međusobna razlika napose s obzirom na prvih pet pokusnih serija prema ostalim serijama postajala sve za-mašnija, snimljena. Slika 1 na tabli I prikazuje nam po jednu kulturu svake pokusne serije s obzirom na stabljiku i listove, a slika 2 istovremeno i s obzirom na korijenov sistem. Visoki bonitet kultura III. i V. serije, odražen prvenstveno u veličini lisnih lamina, a i u uzrastu biljaka, van svake je sumnje.

Što se tiče djelovanja dodatka $MnCl_2$ Croneovoj otopini, ilustriramo ga u poredbi s djelovanjem dodatka zeničkog ugljena slikom 3. Očito je, da u toj fazi pokusa dodatak $MnCl_2$ Croneovoj otopini djeluje povoljno na razvoj i dimenzije lisnih organa, no taj učinak daleko zaostaje za fertilizatornim učinkom dodatka zeničkog ugljena.

Činjenica, na koju smo upozorili ranije, da je naime »najbolji fertilizatorni efekat postignut u kulturama sa polovičnim dodatkom KNO_3 . . . uz istovremeni dodatak mrkog zeničkog ugljena« (VOUK-KLAS, 1953, pag. 47.) odnosi se na konačni ishod pokusa. U ovom stadiju pokusa kulture sa polovičnim sadržajem dušika i kalija u hranjivoj otopini, a uz dodatak zeničkog ugljena nisu, doduše, zaostajale za kulturama sa potpunim sadržajem dušika i kalija i uz dodatak zeničkog ugljena, ali razlike nisu bile tako oštro izražene.

Nasprot tomu bile su razlike u razvoju kultura u potpunoj hranjivoj otopini i kultura bez dušika odnosno kalija u hranjivoj otopini u ovom stadiju pokusa naročito oštre, a napose s obzirom na habitus korijenova sistema. Slika 2 ilustrira nam te odnose. Međutim, iako su pokuse biljke VI., VII., VIII. i IX. serije općenito kudikamo slabije od pokusnih biljaka kontrolne serije, a da i ne govorimo o seriji III i V, to ima ipak i među njima nekih razlika. Kulture VIII. i IX. pokusne serije, dakle kulture bez kalija, daju dojam kultura, koje su, doduše, patuljaste, s kratkom stabljikom i malenim lisnim površinama, no kultura koje kao da se nalaze u istom razvojnog stadiju kao i kontrolne kulture, a kulture u VI. i VII. pokusnoj seriji naprotiv imaju upravo anormalan habitus, habitus izrazito u razvoju zaostalih biljaka. Što se tiče korijenova sistema, to se na slici jasno razabira, da je on kod pokusnih biljaka VI., VII., VIII. i IX. serije u odnosu prema korijenovu sistemu kod kontrolne serije I produžen.

No osim te razlike grmastog, da tako kažemo, i trakastog habitusa korijenja može se i na fotografiji zapaziti razlika između korijenova sistema u kulturama serija VI i VII, te VIII i IX. U pokusnim serijama VIII i IX, dakle u pokusnim serijama sa dodatkom zeničkog ugljena, korijenje je znatno tanje, a izdanci dulji. Napose oštro je ta pojava izražena kod kultura VI. i VII. pokusne serije (Cr. — N; Cr. — N + Z).

29. V. izvršen je detaljan pregled kultura s brojanjem nodija i ponovnim mjerenjima visina stabljika i dimenzija listova. Rezultate prikazuje tabela IV. Napominjemo, da smo zbog pojednostavljenja obradili 1. i 2. list zajedno kao 1. par listova. Gdje, međutim, nije bio razvijen 4. list, dali smo srednje vrijednosti dimenzija 3. lista označujući to zagradom.

Kao što se može iz tabele razabrati, dalji je razvoj kultura već konstatirane razlike doveo do još većeg izražaja. Kulture III. i V. serije prednjače u svakom pogledu, a s obzirom na visinu stabljika postignuta je u ovoj fazi pokusa, kao i u ranijim pokusima, u seriji kod polovičnog sadržaja dušika i kalija, a uz dodatak zeničkog ugljena veća vrijednost, negoli kod kultura sa potpunom količinom dušika i kalija, a također uz

dodatak zeničkog ugljena. Najslabije su kulture VI. serije, t. j. u hranjivoj otopini, koja ne sadržava dušika. Dodatak zeničkog ugljena toj hranjivoj otopini doveo je, doduše, do nekog, iako slabog poboljšanja, koje je najjače izraženo u dimenzijama 3. lista. Međutim, kulture II. serije (Cr. + Mn), koje su u ranijoj fazi pokusa bile jednake ili čak nešto bolje od kultura u kontrolnoj seriji (Cr. norm.), počinju vidno zaostajati, pa se mogu uočiti i prvi počeci patoloških promjena, napose s obzirom na savijanje listova i potamnjene vegetativnog vrška.

Tab. IV

Pokusna serija Versuchsserie	Broj nodicija Anzahl der Nodien	Sred. vrijedn. vis. stablj. u Mitt. Wert d. Stengelhöhe in		Srednja vrijednost dimenzija lista u cm Mitt. Wert d. Blatt- dimensionen in cm			
				1. para 1. Blattpaar		2. para odn. (3. lista) 2. Blattpaar (bzw. 3 Blatt)	
		cm	%	dulj. Länge	šir. Breite	dulj. Länge	šir. Breite
I. Crone normal	4	8,18	100,0	10,5	8,4	(9,4)	(11,2)
II. Cr. + Mn	4	7,74	94,6	10,5	9,1	(8,1)	(9,1)
III. Cr. + Z	5	12,21	149,2	12,9	10,5	13,2	19,7
IV. Cr. — 1/2K — 1/2N	4	8,45	103,2	10,6	9,0	(7,9)	(7,5)
V. Cr. — 1/2K — 1/2N +	5	15,41	188,3	12,6	11,0	12,8	18,0
VI. Cr. — N	2	4,71	57,5	3,3	2,7	(2,3)	(2,5)
VII. Cr. — N + Z	2	5,64	68,9	3,8	2,8	(3,1)	(4,1)
VIII. Cr. — K	3	3,50	42,7	4,4	3,3	2,4	3,0
IX. Cr. — K + Z	4	4,41	53,9	5,6	4,3	2,9	3,5

Nakon izvršenog pregleda kultura ponovo je nadoknadena isparena voda u svim pokusnim serijama kao i 23. V. dolijevanjem destilirane vode. Razumljivo je, da količina isparene vode nije bila jednaka u svim pokusnim serijama; ona je odgovarala veličini transpiracionih ploha, pa je na primjer u serijama III i IV bila kudikamo veća nego na pr. u seriji VI.

Dne 11. VI. pokus je ponovo detaljno pregledan, opet fotografiran i nakon izvršenih potrebnih mjerenja demontiran. Biljna supstanca pripremljena je za sušenje i kasnije određenje težine suhe tvari, i to odjeljeno tvari stabljika i listova i tvari korijenja.

Određen je i pH hranjivih otopina. Na kraju pokusa imale su hranjive otopine ove vrijednosti:

I. Crone normal	pH	7.0
II. Cr. + Mn	pH	7.3
III. Cr. + Z	pH	7.7
IV. Cr. — $\frac{1}{2}$ N — $\frac{1}{2}$ K	pH	7.4
V. Cr. — $\frac{1}{2}$ N — $\frac{1}{2}$ K + Z	pH	7.7
VI. Cr. — N	pH	6.7
VII. Cr. — N + Z	pH	6.7
VIII. Cr. — K	pH	6.7
IX. Cr. — K + Z	pH	6.7

Kako se iz ovoga pregleda može razabrati, reakcija je supstrata uz dodatak zeničkog ugljena u seriji s normalnom Croneovom otopinom i u seriji s polovičnom sadržinom dušika i kalija postala nešto alkaličnija, negoli u paralelnim otopinama bez dodatka ugljena. Međutim u seriji, koja nije sadržavala dušik u sastavu hranjive otopine, i u seriji bez kalija, dodatak ugljena nije nikoliko doveo do promjene reakcije. Zanimljivo je, da je na kraju pokusa reakcija supstrata u serijama VI–IX posve jednaka, te je prema tome prevladan i slab aciditet, koji je 23. V. ustanovljen u reakciji hranjive otopine VI. pokusne serije (Cr. — N : 5,5 \Rightarrow 6,7).

Rezultati izvršenih mjerenja registrirani su u tabeli V, a njihova procentualna vrijednost dana je u tabeli VI, dok nam slike 4–3 prikazuju opći habitus kultura. Prije nego što pristupimo razmatranju tabela dopunjava slike s nekoliko napomena na osnovu naših protokolnih bilješki.

I ako su kontrolne kulture ricinusa daleko bolje i normalnije razvijene nego li što se u Croneovoj hranjivoj otopini razvija gorušica, to ipak nemaju ni one habitus bezprijekornih kultura. To napose vrijedi za vegetacijski vršak, koji je kod većine biljaka ove serije djelomično osušen. U vezi s time dolazi do intenziviranog izbijanja listova drugog reda, koji, međutim, pokazuju neke anomalije kao djelomično osušenost rubova i naboranost lamina i žilnih partija. Korijenov sistem biljaka ove serije odlikuje se razmjerno kratkim pobočnim mjestimice i na vršcima koraloidno zadebljalim korijenjem. Kod više biljaka zapaženo je potamnjenje korijenovih vršaka. Izboji su cca. 3 cm dugi.

U početku pokusa bile su kulture sa dodatkom $MnCl_2$ Croneovoj otopini bolje ili bar nisu zaostajale za kontrolnim kulturama, a sada one predočuju, kako se to iz slika 5 i 6 jasno razabira, patološki promijenjene biljke. Vegetativni vršci su i kod kultura ove serije većinom osušeni, no izbijanje listića II. reda nije tako intenzivirano kao u kontrolnoj seriji. A što se tiče već razvijenih listova, to je već ranije zapaženo savijanje odnosno uvrtanje rubova lamina postalo još više izraženo, upravo kao i opušteni položaj lisnih peteljki. Lamine su većinom krhke. Zelenilo listova, ukoliko nije isprekidano žučkastim mrljama uz glavne žile, nešto je intenzivnije od zelenila listova kontrolne serije. Raščlanjenost stabljike je veoma slabo izražena. Kotiledoni su kao i u kontrolnoj seriji još zeleni. Korijenje nalikuje po svom izgledu na korijenje biljaka kontrolne serije, no izboji dosežu prosječnu duljinu od 7 cm.

III. serija (Cr. + Z) ukazuje se kao najuspjelija serija sa dobro razvijenim jednoliko i intenzivno zelenim laminama listova, izrazitom raščlanjenošću stabljika u internodije te nepovrijeđenim i zdravim vegetacijskim vrškom. Nad prvim nodijem zapaža se povećanje promjera stabljike. Kotiledoni počinju žutjeti i opadati. Korijenov sistem biljaka te serije već naoko daleko nadmašuje svojom masom korijensku masu biljaka kontrolnih serija. Vlasasti izboji dosežu cca. 14 cm u duljinu, a razlika duljine glavnog i pobočnog korijenja takoreći nestaje (ispor. sl. 7).

Biljke IV. serije (Cr. — $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N) nalikuju svojim općim habitusom na biljke prve pokusne serije, a oštećenjima približuju se biljkama II. serije (Vidi sl. 6 i 8). Korijenje biljaka ove serije nalikuje također na korijenje I. pokusne serije, no kratki su izboji nešto deblji, a ima i manje koraloidnih zadebljanja.

Biljke V. serije (Cr. — $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N + Z) odgovaraju općenito biljkama III. serije, te su naoko nešto slabije i sa više antocijana u stabljikama i u nervaturi listova. Zelenilo II. para listova odgovara zelenilu II. para listova biljaka III. serije, a zelenilo I. para listova u ovoj je seriji manje intenzivno, nego u III. seriji. Korijenje ima uglavnom habitus kao i korijenje biljaka III. serije, tek su izboji i ovdje još dulji i tanji (cca. 22 cm dugi). Odnos kultura III. i V. serije napose se jasno razabira iz slike 8.

Oštru razliku veličine i habitusa biljaka ostalih pokusnih serija (VI. — IX) dokumentira slika 4. i 5. Sve te pokusne biljke daju dojam manje ili više oštećenih biljaka, koje ni nisu toliko zaostale u svom razvoju, koliko su već od početka poprimile u poredbi s biljkama dosadašnjih serija patuljasti izgled. Stabljike ostaju manje više neraščlanjene, niske bez nodija, a sa mnogo antocijana naročito duž nervature. Kod biljaka VI. pokusne serije može se zapaziti jasno suženje promjera stabljika nad prvim nodijem. Što se tiče korijenova sistema, on je slabo razveden, ali zato upadljivo produljen. Glavni korijen doseže cca. 60 cm duljine, a izboji cca. 25 cm.

S obzirom na uzrast i veličinu lamina biljke VII. pokusne serije naoko malo prestižu biljke VI. pokusne serije, no antocijansko crvenilo kod njih je još jače izraženo nego kod biljaka VI. serije. Korijenov sistem zbog još veće duljine vlasastih tankih izboja doima se kao da je jače razveden.

Kod biljaka VIII. pokusne serije uzgajanih u hranjivoj otopini bez kalija zapažamo za razliku od biljaka VI. i VII. pokusne serije manje antocijanskog crvenila u stabljikama i nervaturi listova, no ujedno i drugi oblik lisnih lamina. Lamine su kod biljaka VI. i VII. pokusne serije uglavnom uske i izdužene, a ovdje su one napose kod II. para listova šire. Prvi par listova je djelomično ili potpuno osušen. To sušenje polazi od ruba lamina, ali ima i disjunktnih suhih partija u sredini lamina. Razvedenost korijenova sistema čini se da je nešto jača, a razlika duljina glavnog i pobočnog korijenja manja, nego u VI seriji.

Razlika između biljaka IX. i VIII. serije odgovara uglavnom razlici, koja postoji između biljaka VI. i VII. serije, t. j. uz dodatak zeničkog ugljena, oštećenja izazvana nedostatkom dušika, odnosno kalija, slabije su izražena, a korijenje je produljeno i više utanjeno.

Usporedimo li na osnovu podataka tabele V i VI pokusne biljke s obzirom na *visinu stabljika*, očito je, da je ona najviša kod biljaka V. i III. pokusne serije, te premašuje za više od 100% visinu biljaka kontrolne serije. Biljke IV. serije sa polovičnom količinom dušika i kalija u sastavu hranjive otopine zaostaju svojom visinom iza biljaka kontrolne serije, a naravno i biljke VI.–IX. serije. Što se tiče posljednjih, to je i ovaj put ustanovljeno, da je kod kultura u hranjivoj otopini bez dušika, a uz dodatak zeničkog ugljena postignuto kudikamo izrazitije povećanje, negoli kod kultura u hranjivoj otopini bez kalija, a također uz dodatak iste količine zeničkog ugljena. Kulture u Croneovoj otopini uz dodatak $MnCl_2$ očito zaostaju za kontrolnim biljkama uzgajanim u normalnoj Croneovoj otopini bez tog dodatka.

Odnosima visine stabljika odgovaraju uglavnom i odnosi *promjera stabljika*, koji je određivan, kako na bazi, tako i na prerezu najdeblje partije stabljika, a donekle i *broj razvijenih nodija*. Uz nedostatak dušika broj je nodija najmalobrojniji, malobrojniji nego kod nedostatka kalija.

Što se tiče *dimenzija listova*, to je općenita razlika između veličine listnih ploha u pojedinim pokusnim serijama uočljiva na svim slikama. U tabele su unošene samo srednje vrijednosti dimenzija najvećeg lista biljaka pojedine pokusne serije. Kulture pokusne serije III : Cr. + Z premašuju kulture kontrolne serije s obzirom na duljinu lista za 75%, a s obzirom na širinu lista čak i za preko 100%. Na njih se nadovezuju kulture V. serije, koje premašuju dimenzije kontrolnih objekata za 50, odnosno 68%.

Duljina *glavnog korijena* je općenito kod kultura sa nepotpunom hranjivom otopinom veća nego kod kontrolnih kultura. No dok ona kod IV. serije (polovična količina kalija i dušika) nadmašuje tek za 11% duljinu korijena kontrolnih kultura, u serijama VI.–IX. to povećanje duljine doseže i 183%. Željeli bismo napose ukazati na fakat, da do povećanja duljine glavnog korijena dolazi u svim kulturama, kod kojih smo hranjivoj otopini dodali zenički ugljen. Ipak je to povećanje duljine korijena kod kultura u otopini bez dušika, a uz dodatak zeničkog ugljena manje, nego kod kultura bez kalija, a također uz dodatak zeničkog ugljena, iako je u kulturama bez dušika, a i bez zeničkog ugljena u hranjivoj otopini povećanje duljine znatno jače izraženo, nego kod kultura bez kalija i bez ugljena.

Što se tiče *pobočnog korijenja* mogu se ti odnosi uočiti na slici 5, a osim toga su u tabelu V unesene vrijednosti aproksimativne srednje duljine. Na *produljivanje korijenovih izdanaka uz dodatak zeničkog ugljena* već je ranije ukazano, te ovdje upozorujemo samo na ekstremne odnose kod kultura VII. pokusne serije.

Tab. V

Pokusna serija Vers. Ser.	Broj nodija Anzahl der Nodien	Vis. stabilj. kod kraj. no- dila u cm. - Höhe der Steng. bei höchstem Nod.	Ø stabiljika u mm Ø d. Steng. in mm		Dimenzije najv. lista u cm Dimensionen d. gröss. Blat- tes in cm		Duljina glav. korij. u cm Länge d. Hauptwurz. in cm	Apr. dulj. pob. kor. u cm Approx. Länge d. Neben- wurz. in cm
			na bazi an der Basis	na maks. an br. Stelle	dulj. Länge	šir. Breite		
			I. Crone normal	6	11,7	0,83		
II. Cr. + Mn	5	9,1	0,87	0,88	10,7	10,9	24,3	13
III. Cr. + Z	7	23,9	1,08	1,27	17,5	26,3	26,1	16
IV. Cr. - 1/2K - 1/2N	5	9,9	0,79	0,81	10,1	9,8	24,4	13
V. Cr. - 1/2K - 1/2N + Z	7	24,2	1,09	1,11	15,1	21,0	31,2	16
VI. Cr. - N	3	6,4	0,54	0,25	3,6	3,8	60,8	18
VII. Cr. - N + Z	3	8,6	0,57	0,29	4,0	3,5	61,9	27
VIII. Cr. - K	5	5,6	0,51	0,32	4,5	6,0	48,6	18
IX. Cr. - K + Z	5	6,4	0,48	0,39	5,7	7,2	37,4	16

Tab. VI

Pokusna serija Vers. Ser.	Visina stab. u % Höhe d. Pfl. in %	Promj. stab. u % Ø d. Steng. in % an		Dimenz. naj- većeg lista u % Dimensionen d. gröss. Blat- tes in %		Duljina glav. korij. u % Länge d. Hauptwurz. in %
		na bazi der Basis	na zadeb. breit. Stelle	dulj. Länge	šir. Breite	
		I. Crone normal	100,0	100,0	100,0	
II. Cr. + Mn	77,8	104,8	102,3	107,0	87,2	111,4
III. Cr. + Z	204,3	130,1	147,7	175,0	210,4	119,7
IV. Cr. - 1/2K - 1/2N	84,6	95,2	94,2	101,0	78,4	111,9
V. Cr. - 1/2K - 1/2N + Z	206,8	131,3	129,0	151,0	168,0	143,2
VI. Cr. - N	54,7	65,0	29,1	36,0	30,4	278,9
VII. Cr. - N + Z	73,5	68,7	33,7	40,0	28,0	283,9
VIII. Cr. - K	47,9	61,4	37,2	45,0	48,0	222,9
IX. Cr. - K + Z	54,7	57,8	45,3	57,0	57,6	263,3

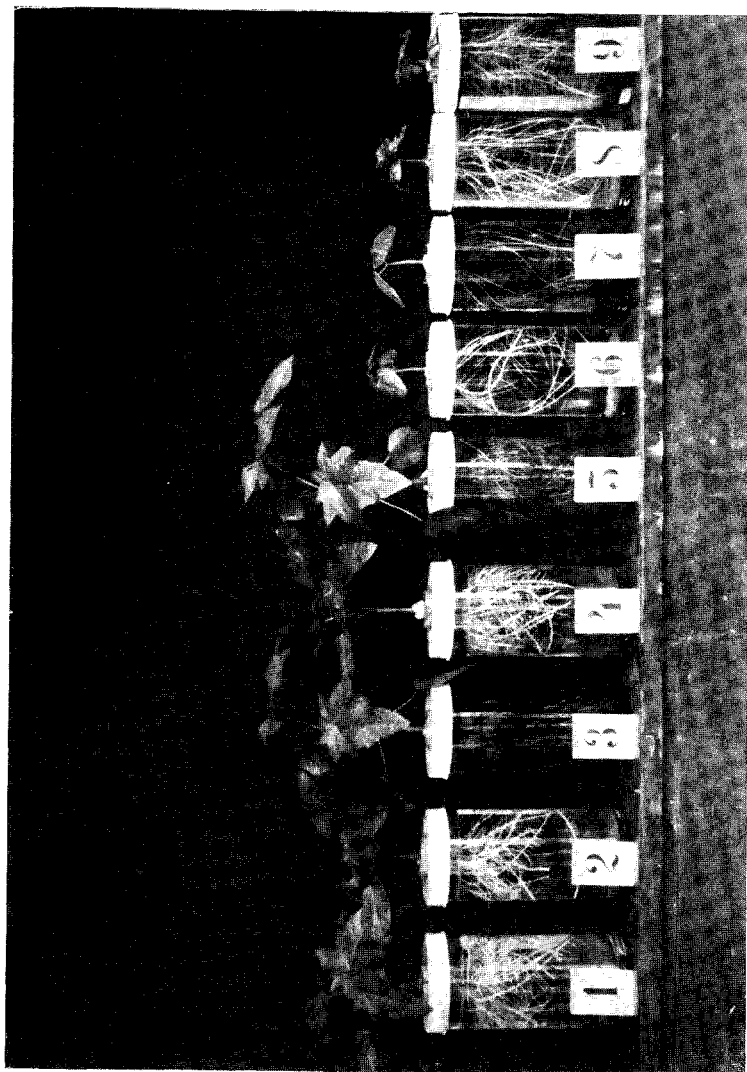
Prelazeci na odnose težine suhe biljne tvari kod pojedinih pokusnih serija, kojima su vrijednosti u g i u % registrirane u tabeli VII, razmotrit ćemo najprije težinu suhe tvari korijenja. Ta težina, koja se u dru-

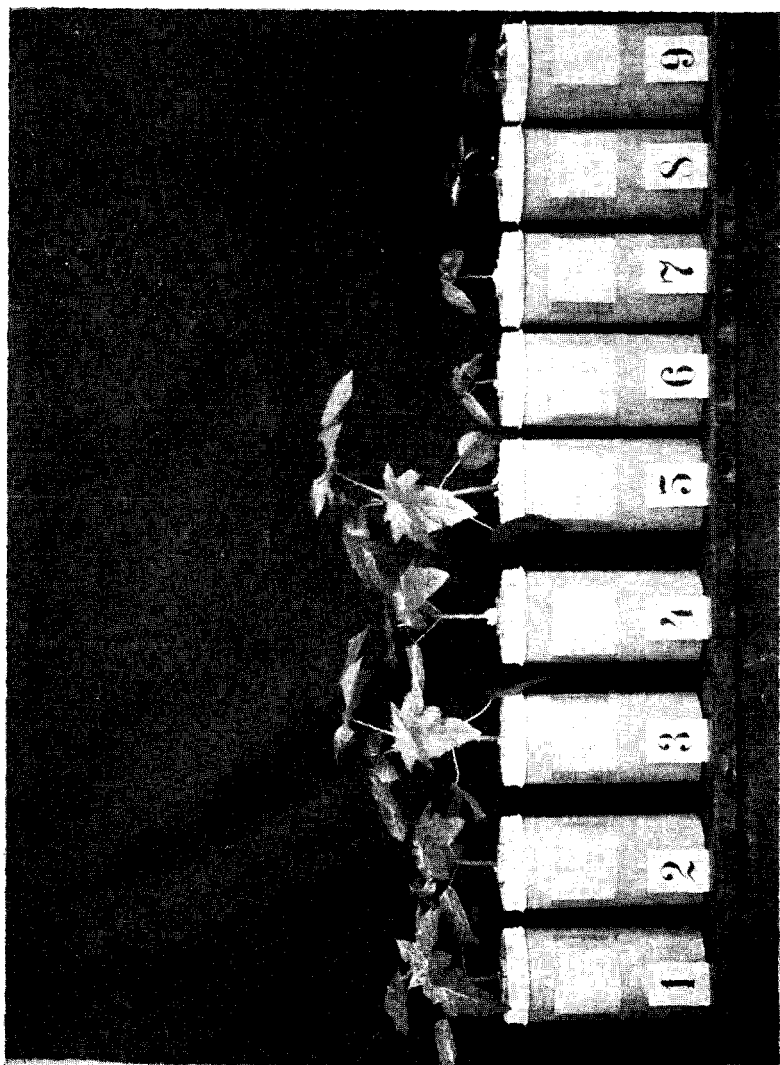
goj pokusnoj seriji (Cr. + Mn) gotovo podudara s težinom realiziranom kod kontrolnih kultura I. pokusne serije, kod svih ostalih kultura, izuzev naravno kulture s dodatkom zeničkog ugljena, za njom zaostaje, a najviše u serijama bez kalija. Dok u seriji s polovičnom količinom kalija i dušika u hranidbenoj otopini težina suhe tvari korijena doseže u odnosu prema 100% u kontrolnoj seriji samo 90%, u idućoj seriji, koja se od ove razlikuje samo dodatkom zeničkog ugljena, težina suhe tvari korijena iznosi 362%, a u seriji sa potpunom Croneovom otopinom i dodatkom zeničkog ugljena čak 389%! Međutim, dodatak iste količine ugljena otopini bez dušika rezultira samo s približno 30% povećanja težine korijena, a u otopini bez kalija čak samo s 4% povećanja.

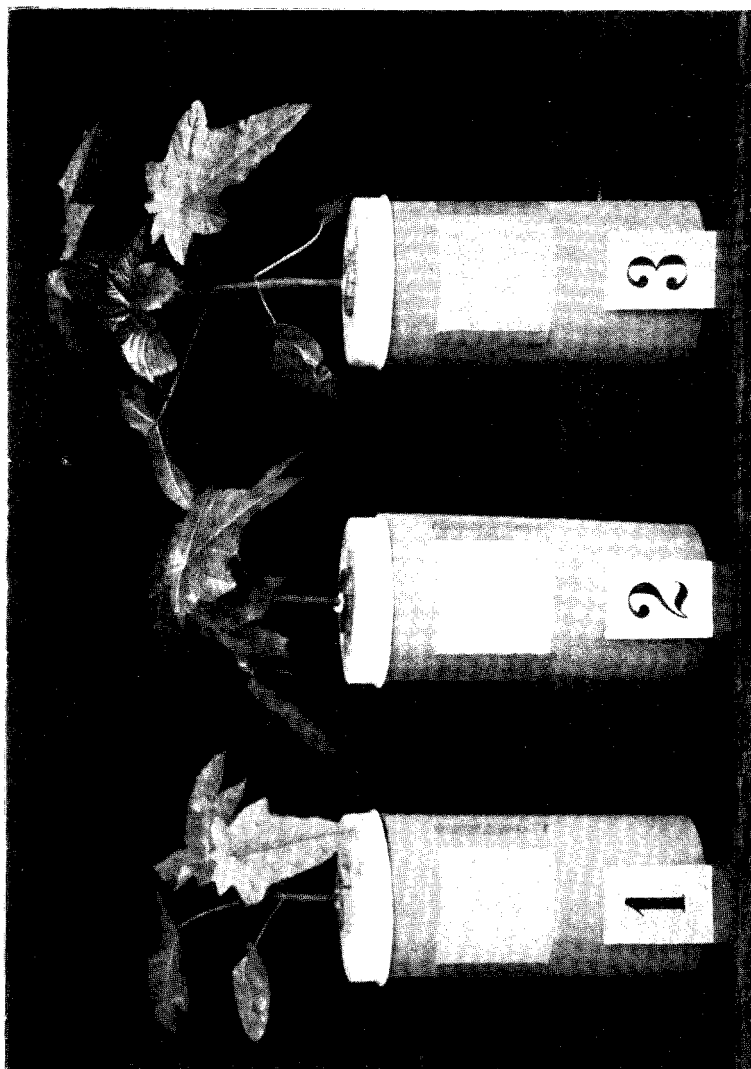
Tab. VII

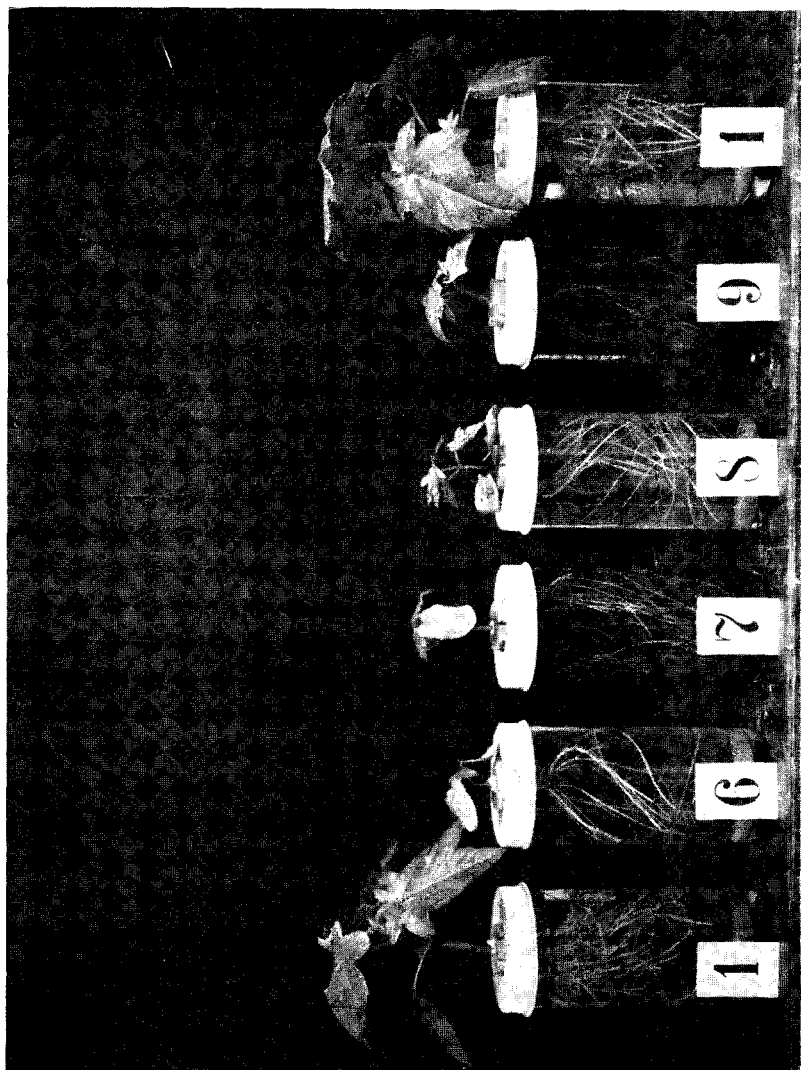
Pokusna serija Vers. Ser.	Težina suhe tvari Trockensubstanz					
	korijen Wurzel		stabljika Steng. u. Blätt.		ukupno insgesamt	
	u g in g	u % in %	u g in g	u % in %	% u n	u g in g
I. Crone normal	9,2	100,0	22,7	100,0	31,9	100,0
II. Cr. + Mn	9,5	103,0	22,3	98,1	31,8	99,5
III. Cr. + Z	35,9	389,1	67,0	294,9	102,9	322,1
IV. Cr. — 1/2K — 1/2N	8,5	91,9	19,0	83,5	27,4	87,0
V. Cr. — 1/2K — 1/2N + Z	33,4	362,3	53,7	236,4	86,1	269,6
VI. Cr. — N	3,7	40,5	3,8	16,7	7,5	23,6
VII. Cr. — N + Z	6,7	72,8	5,4	23,9	12,1	38,0
VIII. Cr. — K	2,2	24,0	4,8	21,2	7,0	22,0
IX. Cr. — K + Z	2,6	28,7	6,9	30,5	9,6	30,0

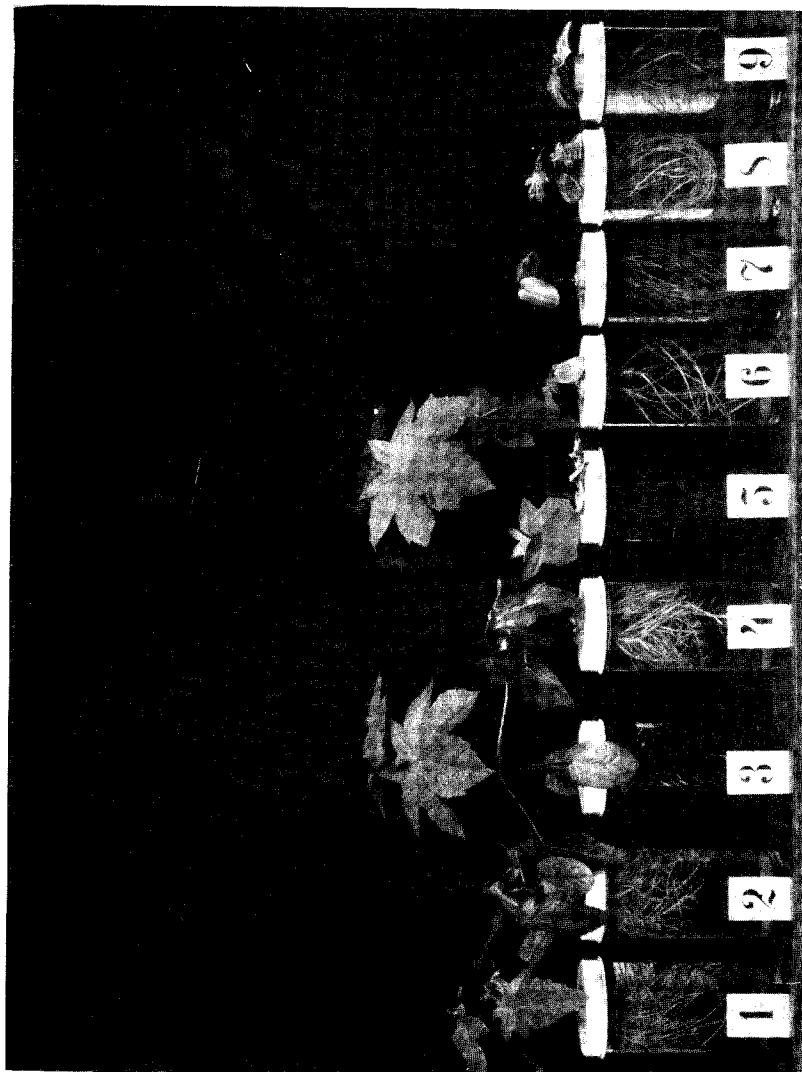
Što se tiče težine suhe tvari stabljika, kod nje su diference, iako još uvijek veoma znatne, ipak nešto manje: kod polovične sadržine kalija i dušika u hranidbenoj otopini, a uz dodatak zeničkog ugljena postignut je porast težine prema kontrolnim kulturama za 136%, odnosno kod kultura u potpunoj Croneovoj otopini, a uz dodatak zeničkog ugljena, za 194%. Biljke u kulturama bez dušika u hranidbenoj otopini reagi-



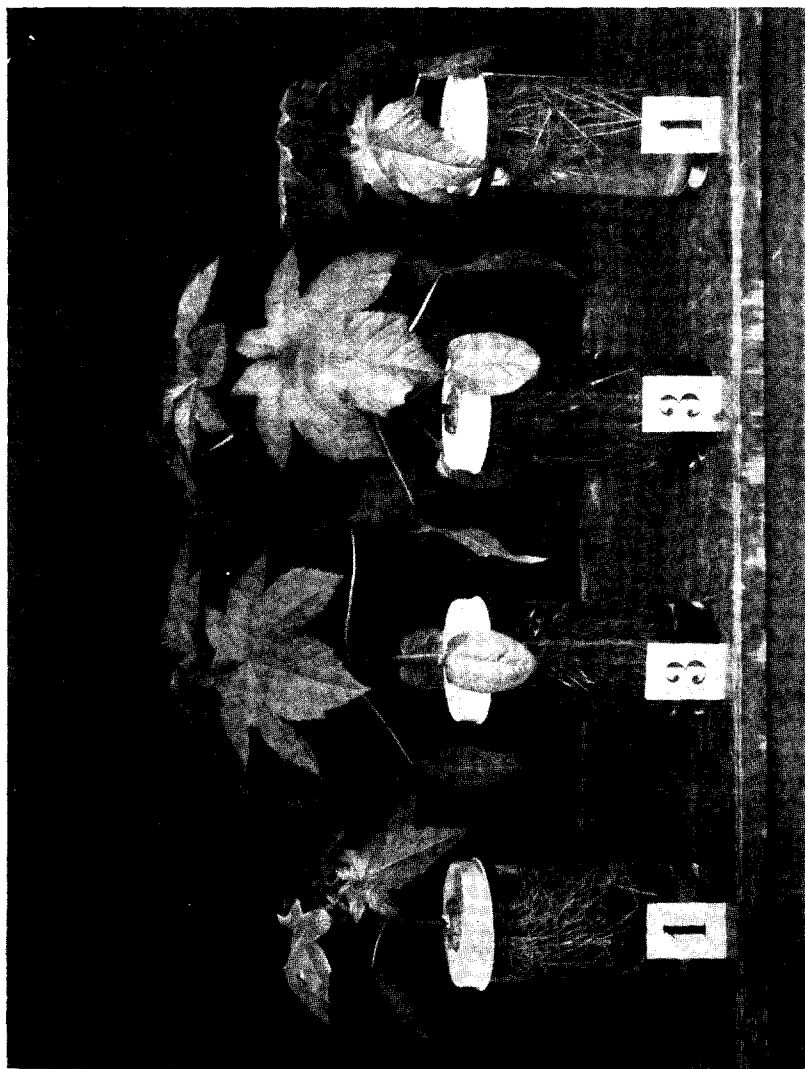


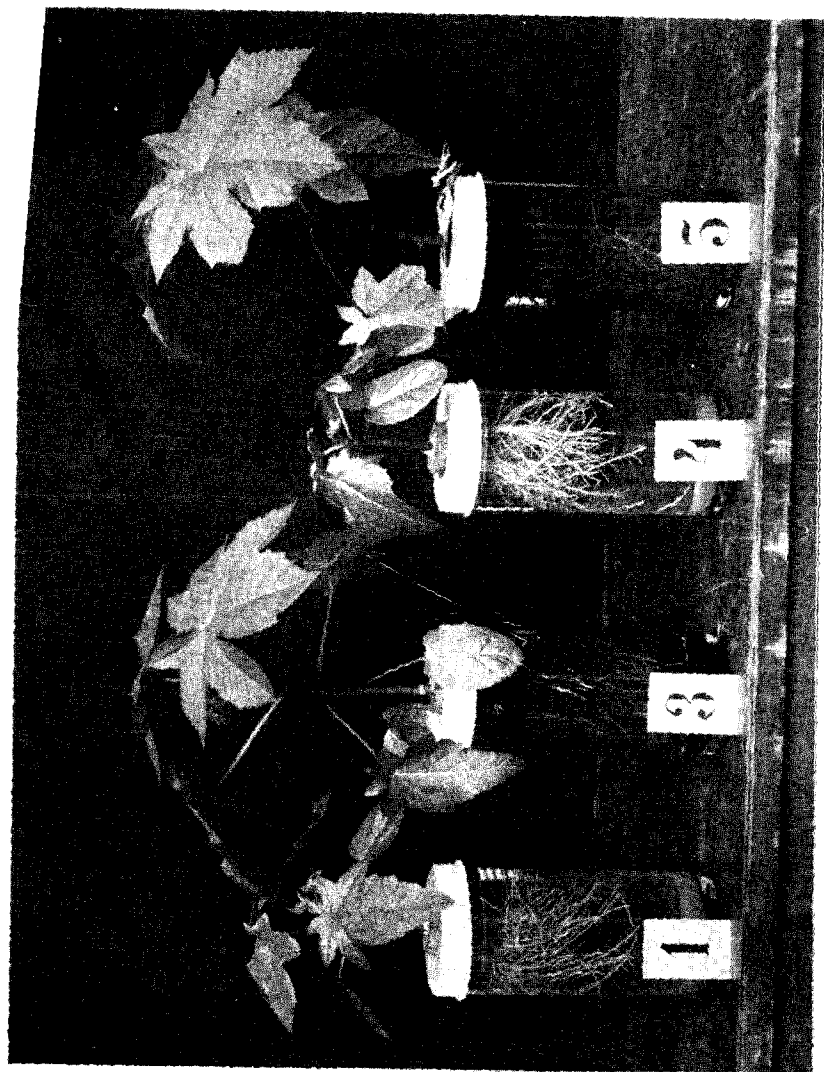












rale su na dodatak zeničkog ugljena slično kao i kulture bez kalija malenim (7 odnosno 9%) povećanjem težine suhe tvari stabljika, a razlika je između težine stabljika kontrolnih kultura s polovičnom sadržinom kalija i dušika bila nešto oštrije izražena nego njihova razlika s obzirom na težinu suhe tvari korijenja.

Tim odnosima odgovaraju uglavnom i odnosi s obzirom na *ukupnu težinu suhe tvari*, koja kod kultura u Croneovoj hranidbenoj otopini uz dodatak zeničkog ugljena iznosi 322% prema 100% te težine kod kultura u normalnoj Croneovoj otopini, ali bez dodatka ugljena. Prirast na težini kod kultura V. serije (Cr. — $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N + Z) prema težini kontrolnih kultura (Crone norm.) iznosi 169%, odnosno, prema analogno sastavljenom supstratu, ali bez dodatka ugljena (Cr. — $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N) 182%. Kulture sa dodatkom $MnCl_2$ bile su u težini ukupne suhe tvari praktički jednake kontrolnim kulturama, a kulture bez dušika, odnosno bez kalija, nisu dosegle ni 50% težine kontrolnih kultura.

Rezultate opisanog pokusa sa ricinusom (*Ricinus communis*) mogli bismo ovako sažeti:

1. Uz dodatak od 1 cc 3,8% otopine $MnCl_2$ na 1.750 cc Croneove hranjive otopine dolazi u prvoj fazi pokusa do intenzivnijeg ozelenjenja lisnih lamina pokusnih biljaka. Međutim, u kasnijoj fazi pokusa to se povoljno djelovanje gubi, a javljaju se patološke promjene u habitusu pokusnih biljaka: opuštenost petiolusa, uvrtanje, narovašenost i sušenje lisnih lamina. Konačna produkcija biljne tvari svojom ukupnom težinom odgovara težini produciranoj kod kontrolnih biljaka u normalnoj Croneovoj hranjivoj otopini.

2. Uz dodatak od 7% samljevenog zeničkog ugljena normalnoj Croneovoj hranjivoj otopini bonitet je kultura, kako s obzirom na opći habitus pokusnih biljaka, tako i specijalno s obzirom na visinu stabljika, njihov promjer, broj nodija, razvijenost i zelenilo lisnih lamina te razvijenost korijenova sistema bio znatno povišen. U konačnoj produkciji biljne supstance postignut je u težini suhe tvari korijena prirast od 289%, u težini suhe tvari stabljike prirast od 194%, te u ukupnoj težini suhe tvari prirast od 222% u odnosu prema težinama postignutim kod kontrolnih kultura u normalnoj Croneovoj otopini.

3. Kulture u hranjivoj otopini sa približno polovicom količine dušika i kalija, što je sadržava normalna Croneova otopina u prvoj fazi pokusa, ne zaostaju za kontrolnim kulturama uzgajanim uz punu količinu dušika i kalija, nego ih čak s obzirom na srednje vrijednosti dimenzija lisnih ploha prestižu. To vrijedi i za srednju vrijednost duljine glavnog korijena. Ali dok ta premoć ostaje zadržana sve do kraja pokusa, to se u daljem toku pokusa prvotna prevalencija veličine lisnih ploha, a napose njenih širina, gubi, pa dolazi do zaostajanja u odnosu prema kontrolnim kulturama. S obzirom na konačnu produkciju biljne tvari kulture IV. pokusne serije (Cr. — $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N) nisu dostigle težinu postignutu kod kontrolnih biljaka.

4. Biljke uzgajane u pokusnoj seriji V. t. j. u hranjivoj otopini, koja je kao i hranjiva otopina IV. pokusne serije sadržavala samo polovinu količine kalija i dušika normalne Croneove otopine, ali kojoj je dodano 7‰ zeničkog ugljena, kroz čitavo su vrijeme trajanja pokusa premašivale kako biljke kontrolne pokusne serije (Crone norm.), tako i biljke IV. pokusne serije (Cr. — $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N). Ta prevalencija, koja je bila izražena kako u općem habitusu biljaka, tako i specijalno u visini stabljika i njihovu promjeru, broju nodija, razvijenosti i zelenilu lisnih lamina, te razvijenosti korijenova sistema, utvrđena je i rezultatima određivanja težine producirane biljne tvari. Što se tiče odnosa biljaka V. serije (Cr. — $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N + Z) prema biljkama III. serije Cr. + Z), to su biljke V. serije u prvoj fazi pokusa srednjom vrijednosti visina svojih stabljika premašivale srednju vrijednost visine stabljika biljaka III. serije, no potkraj pokusa visine su im bile izjednačene. Veća duljina glavnog korijena u V. seriji ostala je, doduše, zadržana do kraja pokusa, ali ona nije utjecala na težinu suhe tvari korijena, koja je u skladu s drugim oznakama registriranim na kraju pokusa bila ipak u III. seriji povoljnija.

5. Biljke uzgojene u hranjivoj otopini bez dušika zaostajale su u svim oznakama, izuzev duljinu korijenja, za kontrolnim biljkama. U odnosu prema duljini glavnog korijena biljaka kontrolne serije srednja je vrijednost duljine glavnog korijena kod biljaka iz otopine (Cr. — N) za 178‰ veća.

6. Uz dodatak od 7‰ zeničkog ugljena hranjivoj otopini bez dušika postignuto je u svim oznakama pokusnih biljaka neko poboljšanje, no tim poboljšanjem biljke ipak nisu dostigle stanje kontrolnih biljaka. Što se napose tiče korijenja, to je, doduše, uz dodatak zeničkog ugljena notirano dalje produljenje dužine glavnog i pobočnog korijenja, ali ujedno i znatno povećanje težine suhe tvari korijenja.

7. Biljke uzgajane u hranjivoj otopini bez kalija zaostajale su u svim oznakama za kontrolnim biljkama.

8. Uz dodatak od 7‰ zeničkog ugljena hranjivoj otopini bez kalija postignuto je u većini oznaka pokusnih biljaka neko poboljšanje, no tim poboljšanjem, koje je, općenito uzev slabije nego uz dodatak zeničkog ugljena otopini bez dušika, biljke nisu dosegle stanje kontrolnih biljaka. Što se napose tiče korijenja, to je srednja vrijednost duljine glavnog korijena kod ovih biljaka bila manja nego kod biljaka uzgajanih u paralelnoj otopini bez dodatka ugljena, iako je težina suhe tvari korijena bila nešto povišena.

OSVRT I ZAKLJUČAK

Ako rezultate opisanog pokusa sa ricinusom iz godine 1953. dovedemo u vezu s rezultatima naših pokusa sa gorušicom i ricinusom iz god. 1936. i god. 1951., to možemo ustanoviti, da se oni u biti nesumnjivo podudaraju. To se podudaranje odnosi u prvom redu na fertilizatorni učinak

dotatka zeničkoga ugljena normalnoj Croneovoj otopini: U svakom je od navedenih pokusa uz taj dodatak opće stanje svih pokusnih biljaka bilo jasno poboljšano, a ukupna težina konačno producirane suhe tvari bila je za više od 150% povišena (za 200–400% kod gorušice, a 150–220% kod ricinusa).

Fertilizatorni učinak zeničkoga ugljena efektuiran je kod dodatka ugljena kompletnoj Croneovoj otopini, a i kod njegova dodatka nepotpunoj Croneovoj otopini, t. j. otopini s polovičnom količinom KNO_3 (kao u pokusu od god. 1951.), odnosno sa približno polovinom količine kalija i dušika (kao u pokusu od god. 1953). No dok je uz polovičnu količinu KNO_3 u hranjivoj otopini fertilizatorni efekat dodatka zeničkog ugljena u pokusima iz god. 1936. i 1951. premašivao fertilizatorni efekat dodatka iste količine zeničkog ugljena kompletnoj Croneovoj hranjivoj otopini, to je u pokusima iz godine 1953. fertilizatorni efekat u takvu supstratu, izražen u ukupnoj težini producirane suhe tvari, donekle zaostajao za efektom dodatka ugljena kompletnoj Croneovoj hranjivoj otopini.

Fertilizatorni učinak zeničkog ugljena hranjivoj otopini došao je do izražaja i kod njegova dodatka hranjivoj otopini, koja nije sadržavala dušik, a također i kod njegova dodatka hranjivoj otopini, koja nije sadržavala kalij. Pritom je povoljni efekat tog dodatka ugljena, izražen u težini ukupne suhe tvari bio kod pokusnih biljaka uzgajanih u otopini, koja nije sadržavala dušik, povoljniji nego efekat polučen pri dodatku iste količine ugljena otopini bez kalija. Posebno se to odrazilo na težini suhe tvari korijena, koja je kod pokusnih biljaka bez dušika u sastavu hranjive otopine a uz dodatak zeničkog ugljena samo za cca. 30% zaostajala za težinom polučenom u normalnoj hranjivoj otopini.

Sve u svemu, pokus je sa ricinusom iz god. 1953. potvrdio našu već ranije izraženu tezu, da pokusne biljke ne mogu neposrednim dodatkom ugljena nepotpunoj hranjivoj otopini nadoknaditi njen nedostatak dušika odnosno kalija, drugim riječima, ovi rezultati predočuju dalji argument za tvrdnju, da se ugljenu ne može pripisati funkcija direktnog (dušičnog) mineralnog hraniva, te da tumačenje njegova fertilizatornog učinka treba tražiti na drugom polju.

LITERATURA

V. Vouk i Z. Klas: Prinosi fiziološkoj analizi fertilizatornog djelovanja mrkog ugljena. II Istraživanje o dušiku kao komponenti fertilizatornog djelovanja mrkog ugljena. Rad. knj. 294 p. 23–50, 1953. – Bulletin inter., 1. 10 p. 15–32, 1953. Tamo ostala najvažnija literatura.

*Iz Instituta za eksperimentalnu biologiju
Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti
(direktor: akad. prof. dr. V. Vouk*

Tab. I
Sastav hranjivih otopina
Zusammensetzung der Nährlösungen

Pokusna serija Versuchsserie	I Cr. norm.	II Cr. + Mn	III Cr. + Z	IV Cr. — 1/2K — 1/2N	V Cr. — 1/2K — 1/2N + Z	VI Cr. — N	VII Cr. — N + Z	VIII Cr. — K	IX Cr. — K + Z
H ₂ O	1750 cc	1750 cc	1750 cc	1750 cc	1750 cc	1750 cc	1750 cc	1750 cc	1750 cc
KNO ₃	1,7500 g	1,7500 g	1,7500 g	—	—	—	—	—	—
NaNO ₃	—	—	—	0,8750 g	0,8750 g	—	—	1,7500 g	1,7500 g
KCl	—	—	—	0,3500 g	0,3500 g	0,7000 g	0,7000 g	—	—
K ₂ SO ₄	—	—	—	0,5250 g	0,5250 g	1,0500 g	1,0500 g	—	—
MgSO ₄	0,8750 g	0,8750 g	0,8750 g	0,8750 g	0,8750 g	0,8750 g	0,8750 g	0,8750 g	0,8750 g
CaSO ₄	0,8750 g	0,8750 g	0,8750 g	0,8750 g	0,8750 g	0,8750 g	0,8750 g	0,8750 g	0,8750 g
Ca ₃ (PO ₄) ₂	0,4375 g	0,4375 g	0,4375 g	0,4375 g	0,4375 g	0,4375 g	0,4375 g	0,4375 g	0,4375 g
Fe ₃ (PO ₄) ₂	0,4375 g	0,4375 g	0,4375 g	0,4375 g	0,4375 g	0,4375 g	0,4375 g	0,4375 g	0,4375 g
MnCl ₂	—	3,8% / l cc	—	—	—	—	—	—	—
Zenički ugljen Zenička-Braunkohle	—	—	12,2500 g	—	12,2500 g	—	12,2500 g	—	12,2500 g
pH	5,6	6,2	6,4	6,3	6,55	6,3	6,5	6,3	6,5
N	0,2424 g	0,2424 g	0,4531 g	0,1442 g	0,3549 g	—	0,2107 g	0,2884 g	0,4990 g
K	0,5925 g	0,5925 g	0,5925 g	0,3032 g	0,5925 g	0,6026 g	0,6026 g	—	—

TUMAČ SLIKA

- Sl. 1. i 2. Opći habitus kultura ricinusa (*Ricinus communis*) 26. V.: 1. Kulture u normalnoj Croneovoj otopini, 2. kulture u Croneovoj otopini uz dodatak MnCl_2 , 3. kulture u Croneovoj otopini uz dodatak 7‰ samljevenog zeničkog ugljena, 4. kulture sa polovičnom količinom kalija i dušika u sastavu hranjive otopine, 5. kulture sa polovičnom količinom kalija i dušika u sastavu hranjive otopine, ali uz dodatak 7‰ samljevenog zeničkog ugljena, 6. kulture u hranjivoj otopini bez dušika, 7. kulture u hranjivoj otopini bez dušika, ali uz dodatak 7‰ samljevenog zeničkog ugljena, 8. kulture u hranjivoj otopini bez kalija, 9. kulture u hranjivoj otopini bez kalija, ali uz dodatak 7‰ samljevenog zeničkog ugljena.
- Sl. 3. Habitus kultura ricinusa (*Ricinus communis*) 26. V. u normalnoj Croneovoj otopini (1), u Croneovoj otopini sa dodatkom MnCl_2 (2), i u Croneovoj otopini uz dodatak 7‰ samljevenog zeničkog ugljena. (3).
- Sl. 4. Kulture ricinisa (*Cicinus communis*) 11. VI. u normalnoj Croneovoj otopini (1), u hranjivoj otopini bez dušika (6), u hranjivoj otopini bez dušika u njenu sastavu ali uz dodatak 7‰ samljevenog zeničkog ugljena (7), u hranjivoj otopini bez kalija (8), u hranjivoj otopini bez kalija u njenu sastavu, ali uz dodatak 7‰ samljevenog zeničkog ugljena (9), u normalnoj Croneovoj otopini (1).
- Sl. 5. Opći habitus kultura ricinusa (*Ricinus communis*) 11. VI. u pokusnim serijama 1-9. Oznake kao kod sl. 1 i 2.
- Sl. 6. Habitus kultura ricinusa (*Ricinus communis*) 11. VI. u normalnoj Croneovoj otopini (1), u Croneovoj otopini uz dodatak 7‰ samljevenog zeničkog ugljena (3), u Croneovoj otopini sa dodatkom MnCl_2 (2).
- Sl. 7. Habitus kultura ricinusa (*Ricinus communis*) 11. VI. u normalnoj Croneovoj otopini (1), i u Croneovoj otopini uz dodatak 7‰ samljevenog zeničkog ugljena (3).
- Sl. 8. Habitus kultura ricinusa (*Ricinus communis*) 11. VI. u normalnoj Croneovoj otopini (1), u Croneovoj otopini uz dodatak 7‰ samljevenog zeničkog ugljena (3), u otopini sa polovičnim količinama kalija i dušika u njenu sastavu (4), u otopini sa polovičnim količinama kalija i dušika u sastavu otopine, ali uz dodatak 7‰ samljevenog zeničkog ugljena (5).

ERKLÄRUNG DER AUFNAHMEN

- Aufn. 1. und 2. Allgemeiner Habitus der Kulturen von *Ricinus communis* am 26. V. 1. Kulturen in normaler Crone-scher Nährlösung 2. Kulturen in Crone-scher Nährlösung bei Zugabe von MnCl_2 3. Kulturen in Crone-scher Nährlösung bei Zugabe von 7‰ Zenica-Braunkohle 4. Kulturen in einer die Hälfte der K- und Nenge enthaltenden Nährlösung 5. Kulturen bei der Hälfte des K- und N-Gehaltes in der Zusammensetzung der Nährlösung bei Zugabe von 7‰ gemahlener Zenica-Braunkohle 6. Kulturen in Nährlösung ohne N 7. Kulturen in Nährlösung ohne N bei Zugabe von 7‰ gemahlener Zenica-Braunkohle 8. Kulturen in Nährlösung ohne K 9. Kulturen in Nährlösung ohne K bei Zugabe von 7‰ gemahlener Zenica-Braunkohle.
- Aufn. 3 Habitus der Kulturen von *Ricinus* am 26. V. in normaler Crone-scher Nährlösung (1), in Crone-scher Nährlösung bei Zugabe von MnCl_2 (2) und in Crone-scher Nährlösung bei Zugabe von 7‰ gemahlener Zenica-Brankohle

- Aufn. 4 Kulturen von *Ricinus* am 11. VI. in normaler Crone-scher Nährlösung (1), in Nährlösung ohne N(6), in Nährlösung ohne N bei Zugabe von 7‰ gemahlener Zenica-Braunkohle (7), in Nährlösung ohne K (8), in Nährlösung ohne K bei Zugabe von 7‰ gemahlener Zenica-Braunkohle (9), in normaler Crone-scher Nährlösung (1).
- Aufn. 5 Allgemeiner Habitus der Kulturen von *Ricinus* am 11. VI. in den Versuchsserien 1-9. Bezeichnungen wie bei Auf. 1 und 2.
- Aufn. 6 Habitus der Kulturen von *Ricinus* am 11. VI. in normaler Crone-scher Nährlösung (1), in Crone-scher Nährlösung bei Zugabe von 7‰ gemahlener Zenica-Braunkohle (3), in Crone-scher Nährlösung bei Zugabe von $MnCl_2$ (2).
- Aufn. 7 Habitus der Kulturen von *Ricinus* am 11. VI. in normaler Crone-scher Nährlösung (1) und in Crone-scher Nährlösung bei Zugabe von 7‰ gemahlener Zenica-Braunkohle (3).
- Aufn. 8 Habitus der Kulturen von *Ricinus* am 11. VI. in normaler Crone-scher Nährlösung (1), in Crone-scher Nährlösung bei Zugabe von 7‰ gemahlener Zenica-Braunkohle (3), in einer die Hälfte der Menge von K und N enthaltenden Nährlösung (4), in analog zusammengesetzter Nährlösung wie bei 4, bei gleichzeitiger Zugabe von 7‰ gemahlener Zenica-Braunkohle (5).

BEITRÄGE ZUR PHYSIOLOGISCHEN ANALYSE
DER FERTILISIERENDEN WIRKUNG
VON BRAUNKOHLE

*V. Weiterer Beitrag zu den Untersuchungen über den Stickstoff
als Komponente der fertilisierenden Wirkung von Braunkohle.
(Mit 7 Tabellen und 8 Tafeln)*

In den bisherigen auf Grund der Wasserkulturmethode durchgeführten Untersuchungen über die fertilisierende Wirkung der Zugabe von Braunkohle aus dem Grubenwerk Zenica (Bosnien) wurde auch die eventuelle Ausnützung des Stickstoffes der Kohle in Angriff genommen. Bei den ersten diesbezüglichen Untersuchungen wurden die Versuchspflanzen in unvollständiger Crone-scher Nährlösung, ohne die gesamte Menge von KNO_3 , bzw. nur mit der Hälfte dieser Menge, welche die genannte Nährlösung in vorschriftlicher Zusammensetzung enthält, aber mit Zugabe von bestimmten Mengen Braunkohle aus Zenica kultiviert. Da aber beim Ausscheiden von KNO_3 aus der Zusammensetzung der Nährlösung ausser dem Stickstoff auch Kali eliminiert und auch die Konzentration der Nährlösung verändert wird, wurden weitere, diese Momente berücksichtigende Versuchsvarianten vorgenommen.

Zu diesem Zwecke wurde am 8. IV., bzw. am 25. IV. ein Versuch mit 9 verschiedenen Versuchsserien aufgestellt. Bei der Zusammensetzung der Nährlösungen bildete die Zusammensetzung der normalen, d. h. der Crone-schen Nährlösung den Ausgangspunkt, doch musste in einigen Versuchsserien, den Versuchsintentionen entsprechend, diese Zusammensetzung vielfach abgeändert werden, so dass sie sich bereits gehörig von der Zusammensetzung der normalen Croneschens Nährlösung unterschied und die Signatur »Crone« bzw. »(Cr.)« eigentlich nur wegen ihrer Kürze und als Hinweis auf die Ausgangslösung beibehalten wurde.

Während die Versuchsserie I als Kontrollserie mit der normalen Croneschens Nährlösung fungiert (*Cr. norm.* mit 0,5925 gr. K und 0,2424 gr N in Form von KNO_3), wurde in der Versuchsserie II dieser Grundnährlösung auf 1750 cc 1 cc einer 3,8% Lösung von MnCl_2 (*Cr.+Mn*) hinzugefügt. In der Versuchsserie III (*Cr+Z*) wurde der Crone-schen Grundnährlösung die übliche Menge von 7% gemahlener Zenica-Braunkohle zugesetzt, d. i. auf 1750 cc Croneschens Nährlösung 12,25 gr. Da

laut Analyse, welche die Assistentin des Institutes, Fr. ing. N. Rumen durchgeführt hat, die Zenica-Kohle in 12,25 gr 0,2107 gr Stickstoff enthält, so betrug die Stickstoffmenge in dieser Versuchsserie in 1750 cc 0,4531 gr. Da nach den Ergebnissen der Analyse (RUMEN) Kali in der Zenica-Braunkohle nur in Spuren nachgewiesen werden konnte, so war der Gehalt an Kali in dieser Versuchsserie nicht wesentlich verändert.

In der Versuchsserie IV wurde aus der Zusammensetzung der Nährlösung KNO_3 vollständig eliminiert und an Stelle von 1,75 gr KNO_3 der Nährlösung 0,875 gr NaNO_3 , 0,35 gr KCl und 0,525 gr K_2SO_4 hinzugefügt. Demnach enthält diese als (Cr. — $\frac{1}{2}\text{K}$ — $\frac{1}{2}\text{N}$) signierte Versuchsserie auf 1750 cc 0,3032 gr K, also etwas über die Hälfte der Menge, welche die normale Crone-sche Nährlösung aufweist (auf 1750 cc der Lösung 0,5925 gr K). Den Intentionen des Versuches entsprechend war auch der Gehalt an N von 0,2424 gr auf 0,1442 gr reduziert.

Die Versuchsserie V entspricht der Zusammensetzung der Grundnährlösung nach der Serie IV, doch wurde hier analog der Serie III 7% gemahlener Zenica-Braunkohle zugesetzt, so dass der Gehalt an N in dieser Serie in 1750 cc der Nährlösung 0,3549 gr beträgt. Diese Serie wurde als Cr. — $\frac{1}{2}\text{K}$ — $\frac{1}{2}\text{N}$ + Z signiert.

In der Versuchsserie VI, signiert als Cr. — N ersetzen wir das KNO_3 der normalen Crone-schen Nährlösung durch 0,7 gr KCl und durch 1,05 gr K_2SO_4 und erhielten eine Nährlösung ohne N und mit 0,6026 gr K auf 1750 cc, also mit nur etwas mehr als in der normalen Crone-schen Nährlösung.

In der Versuchsserie VII (Cr. — N + Z) ist der Gehalt an K nicht wesentlich verändert, doch enthält die Nährlösung dieser Serie wegen Zugabe von Zenica-Braunkohle 0,2107 gr N.

Um über eine Nährlösung ohne K zu verfügen, wurde in der Versuchsserie VIII (Cr. — K) KNO_3 durch 1,75 gr NaNO_3 ersetzt. In dieser Serie entfallen auf 1750 cc 0,2889 gr N, und in der Versuchsserie IX (Cr. — K + Z) beträgt der Gehalt an N 0,4990 gr, während den Ergebnissen der Analyse gemäss K nur in Spuren vorhanden ist.

Die Konzentration der Nährlösung beträgt in den Versuchsserien I, II, IV, VI und VIII 2,5%; in den Versuchsserien, in denen dem Grundsubstrate 7% Zenica-Braunkohle hinzugefügt wurde, (III, V, VII und IX) war sie durch diese Zugabe auf 9,5 erhöht.

Was die Wasserstoffionenkonzentration anbelangt, so waren die Nährlösungen sämtlicher Versuchsserien ziemlich ausbalanciert, nur lag der pH Wert der Kontrollösung, d. i. der normalen Croneschen Nährlösung etwas niedriger (s. Tab. I).

Der Versuch wurde mit $9 \times 7 \times 1 = 63$ Versuchspflanzen *Ricinus communis* (Ernte Botanischer Garten Zagreb 1952) im experimentellen Glashaue des genannten Botanischen Gartens durchgeführt.

In der Entwicklung der Versuchspflanzen, die anfänglich durch Kälte etwas verzögert war, traten bereits nach cca dreiwöchentlicher Ver-

suchsdauer gewisse Unterschiede zwischen einzelnen Versuchsserien auf. u. zw. in bezug auf die Höhe der Pflanzen, die Dimensionen der primären Blätter und die Länge der Hauptwurzel. Vgl. Tabelle II und III, die auf Grund der Messungen vom 16. V. ausgearbeitet sind. Im weiteren Verlaufe der Versuche prägten sich die Unterschiede zwischen einzelnen Versuchsserien, insbesondere der ersten fünf gegenüber den übrigen noch stärker aus. Die Aufnahmen 1 und 2 illustrieren den Zustand der Kulturen am 26. V. Die augenscheinliche hohe Bonität der Kulturen der III. und V. Serie äussert sich vornehmlich in der Grösse der Blattflächen und in der Höhe der Pflanzen.

Was die Wirkung des Zusatzes von $MnCl_2$ der Crone-schen Nährlösung anbelangt, so ist diese, wie aus Aufnahme 3 ersichtlich, in diesem Versuchsstadium und in bezug auf die Blattentwicklung zwar günstig, bleibt aber hinter der fertilisierenden Wirkung des Zusatzes von Zenica-Braunkohle weit zurück. Während die Unterschiede zwischen den Kulturen Cr. — $\frac{1}{2}K$ — $\frac{1}{2}N$ + Z und Cr. + Z in diesem Versuchsstadium nicht so augenfällig hervortraten (vgl. Aufnahme 4), waren sie hingegen in der Entwicklung der Kulturen in vollständiger Nährlösung und in jener ohne N sehr scharf ausgeprägt, insbesondere was den Habitus des Wurzelsystems betrifft, wie dies Aufnahme 2 veranschaulicht. Es sei auch auf den Unterschied zwischen den K-losen und N-losen Kulturen sowie auf die Verlängerung und Verdünnung der Wurzeln der VII und IX gegenüber der VI und VIII Versuchsserie hingewiesen.

Die weitere Entwicklung der Versuchspflanzen brachte die bereits festgestellten Unterschiede der Kulturen noch deutlicher zum Ausdruck. In der Tabelle IV sind die Resultate der am 29. V. durchgeführten Untersuchung der Kulturen in bezug auf Anzahl der Nodien, Höhe der Pflanzen und Dimensionen der Blätter vermerkt. Im Einklang mit den Ergebnissen früherer Versuche waren in dieser Versuchsphase bei Cr. — $\frac{1}{2}N$ — $\frac{1}{2}K$ + Z — was die Höhe der Pflanzen anbelangt — grössere Werte erreicht als in der Serie mit vollständigem Gehalte an N und K in der Nährlösung und Zugabe von Zenica-Braunkohle. Bei den Kulturen der VII und IX Versuchsserie wurde infolge Zugabe von Zenica-Braunkohle gegenüber den Kulturen der VI und VIII Serie zwar eine gewisse Verbesserung, doch der Zustand der Kontrollkulturen nicht erreicht. Die vormaligen Kontrollkulturen überlegenen Kulturen der II Versuchsserie (Cr. + Mn) begannen zurückzubleiben. Anzeichen pathologischer Veränderungen (Blatteinrollen, Dunkelwerden der Vegetationsspitze) waren bemerkbar.

Am 11. VI. wurde der Versuch abgebrochen. Während in den Tabellen V, VI und VII die Ergebnisse der vorgenommenen Messungen verzeichnet sind, veranschaulichen die Aufnahmen 4–8 den allgemeinen Zustand der Kulturen. Dabei ist das Verhältnis der Kulturen der III. und V. Serie insbesondere aus der Aufnahme 8 zu ersehen, während die scharfen Grössenunterschiede und der allgemeine Zustand der Kul-

turen der Versuchsserien VI–IX durch die Aufnahmen 4 und 5 veranschaulicht werden.

Bei eingehender Untersuchung der Kulturen wurden namentlich die Höhe der Pflanzen, der Stengeldurchmesser, die Anzahl der Nodien, die Grössenverhältnisse der Blätter und die Länge der Haupt- und der Nebenwurzeln geprüft. Bei der Bestimmung der Trockensubstanz wurde die Trockensubstanz der Wurzeln von jener der Stengel und Blätter auseinandergehalten.

Was nun die Höhe der Versuchspflanzen betrifft, so wurde der höchste, von den Kontrollpflanzen um mehr als 100% höhere Wert bei den Kulturen der V. und III. Serie erreicht. Die Pflanzen der IV. Serie mit der Hälfte des Gehaltes an N und K in der Nährlösung standen hinter den Kontrollpflanzen zurück, ebenso auch die Pflanzen der VI–IX Serie. Was die letzteren anbelangt, so wurde auch diesmal festgestellt, dass bei den Kulturen in Nährlösung ohne N bei Zugabe von Zenica-Braunkohle eine bei weitem ausgeprägtere Verlängerung stattgefunden hat, als bei den Kulturen ohne K bei gleicher Kohlezugabe. Die Kulturen in normaler Crone-scher Nährlösung waren jenen in Crone-scher Nährlösung und unter Zugabe von $MnCl_2$ offensichtlich überlegen.

Den Höhenverhältnissen der Pflanzen entsprachen im allgemeinen auch die Verhältnisse des Durchmessers der Stengel, welcher an der Basis, d. i. oberhalb des Wurzelhalses, aber auch am Querschnitt der dicksten Stengelpartie bestimmt wurde. Annähernd dasselbe wurde auch in bezug auf die Anzahl der entwickelten Nodien festgestellt. Bei Stickstoffmangel ist diese geringer als bei Kalimangel.

Was die Dimensionen der Blätter anbelangt, so sind Unterschiede der Blattgrösse in einzelnen Versuchsserien bei allen Aufnahmen bemerkbar. In die Tabelle wurden nur die Durchschnittswerte der Dimensionen des grössten Blattes einzelner Versuchsserien eingetragen. Die Kulturen der Versuchsserie Cr. + Z übertreffen die Kontrollkulturen in bezug auf Länge der Blattspreite um 75%, in bezug auf die Breite sogar um mehr als 100%. Ihnen folgen die Kulturen der V. Versuchsserie (Cr. — $\frac{1}{2}K$ — $\frac{1}{2}N$ + Z), die den Kontrollkulturen in dieser Beziehung um 50, bzw. 68% überlegen sind.

Die Hauptwurzel ist im allgemeinen bei den Kulturen in unvollständiger Nährlösung länger als bei den Kontrollkulturen. Während sie aber in der IV. Serie bei der Hälfte des normalen Gehaltes an N und K in der Nährlösung die Kontrollkulturen nur um 11% übertrifft, ist der Längenunterschied der Hauptwurzel in den Serien VI–IX bedeutend grösser (bis 183%). Es sei in besonderem auf die immer wieder feststellbare Tatsache hingewiesen, dass bei allen Kulturen, in denen der Nährlösung die übliche Menge Zenica-Braunkohle zugefügt, eine auffallende Verlängerung der Hauptwurzel stattfindet. Im vorliegenden Versuche war diese Verlängerung bei den Kulturen in Nährlösung ohne Stickstoff, aber mit Zugabe von Zenica-Braunkohle geringer als bei

den Kulturen ohne Kali und mit Zugabe der gleichen Menge Zenica Braunkohle, obwohl bei den Kulturen ohne N und ohne Kohle dieselbe bedeutend ausgeprägter war als in den Kulturen ohne Kali und ohne Kohle.

Was die Länge der Nebenwurzeln betrifft, so können diese Verhältnisse der Aufnahme 5 entnommen werden und ausserdem sind in die Tabelle V die Werte der approximativen Mittellänge eingetragen. Die Verlängerung der Nebenwurzeln bei Zugabe von Zenica-Braunkohle wurde ebenfalls wiederholt beobachtet. Hier sei nur auf die extremen Verhältnisse bei den Kulturen der VII Versuchsserie hingewiesen.

Die Verhältnisse in bezug auf die Menge der Trockensubstanz entnehmen wir der Tabelle VII. Was die Trockensubstanz der Wurzeln anbelangt, deren Grösse in der II. Versuchsserie (Cr. + Mn) mit jener bei den Kontrollkulturen realisierten beinahe übereinstimmt, bleibt sie in allen anderen Kulturen, ausser in den Kulturen der Versuchsserien III und V hinter ihr zurück, am meisten aber in den Serien ohne Kali. Während in der Versuchsserie mit der Hälfte des Gehaltes an K und N in der Nährlösung die Trockensubstanz der Wurzeln gegenüber den 100% der Kontrollserie nur 90% beträgt, erreicht sie in der nächsten Serie, die sich von dieser nur durch die Kohlezugabe unterscheidet, 362%, und in der Serie mit vollständiger Crone-scher Nährlösung und Zugabe von Zenica-Braunkohle sogar 389%. Dagegen erreicht die Zugabe derselben Kohlenmenge der Nährlösung ohne N nur eine Erhöhung von etwa 30%, und der Nährlösung ohne K sogar eine Erhöhung von nur etwa 4%.

Was die Trockensubstanz der Stengel und Blätter anbelangt, so sind die Differenzen zwischen einzelnen Versuchsserien, wenn auch noch immer beträchtlich, doch etwas geringer: bei der Hälfte des Gehaltes an K und N in der Nährlösung wurde bei Zugabe von Zenica-Braunkohle eine Erhöhung von 136%, bzw. bei den Kulturen in vollständiger Crone-scher Nährlösung und bei Zugabe von Zenica-Braunkohle von 194% gegenüber den Kontrollkulturen festgestellt. Die Versuchspflanzen in Kulturen ohne Stickstoff in der Nährlösung reagierten auf die Zugabe von Zenica-Braunkohle ähnlich wie auch jene in Kulturen ohne Kali d. h. mit geringer Erhöhung der Trockensubstanz (7, bzw. 9%). Der Unterschied zwischen der Grösse der Trockensubstanz der Kontrollkulturen und der Kulturen mit der Hälfte des Gehaltes an K und N war etwas schärfer ausgeprägt als ihr Unterschied in Bezug auf die Menge der Trockensubstanz der Wurzeln.

Diesen Verhältnissen entsprechen im allgemeinen auch die Verhältnisse in bezug auf die gesamte Trockensubstanz, die bei den Kulturen in Crone-scher Nährlösung und bei Zugabe von Zenica-Braunkohle 322% gegenüber der als 100% bestimmten Trockensubstanz der Kulturen in Crone-scher Nährlösung ohne Kohlezugabe betrug. Der Gewichtszuwachs bei den Kulturen der V. Serie (Cr. — $\frac{1}{2}$ K — $\frac{1}{2}$ N + Z) gegenüber dem Gewichte der Kontrollkulturen betrug 169%, bzw. in

analog zusammengesetzter Nährlösung, aber ohne Zugabe von Braunkohle (Cr.— $\frac{1}{2}$ K.— $\frac{1}{2}$ N), 182%. Die Kulturen mit Zugabe von $MnCl_2$ waren, die gesamte Trockensubstanz betreffend, praktisch den Kontrollkulturen gleich, während die Kulturen ohne N, bzw. ohne K nicht einmal 50% des Gewichtes der Kontrollkulturen erreicht haben.

Demnach könnte man die Ergebnisse dieser mit *Ricinus communis* als Versuchspflanze durchgeführten Untersuchung folgendermassen zusammenfassen:

1. Bei Zugabe von 7% gemahlener Zenica-Braunkohle den Kulturen in normaler Crone-scher Nährlösung erfolgte eine Hebung der Bonität der Kulturen sowohl in bezug auf den allgemeinen Habitus der Versuchspflanzen als auch auf die Höhe der Versuchspflanzen, den Durchmesser ihrer Stengel, die Anzahl von Nodien, die Blattgrösse und das Blattgrün, endlich auch auf die Ausbildung des Wurzelsystems. Die Menge der Trockensubstanz wurde im Vergleiche zu den bei den Kontrollpflanzen in normaler Crone-scher Nährlösung erzielten Werten in bezug auf das Trockengewicht der Wurzeln um 289%, in bezug auf das Trockengewicht der Sprosse um 194% und auf das gesamte Trockengewicht um 222% erhöht.

2. Die Kulturen in Nährlösung mit annähernder Hälfte des Gehaltes an N und K, wie ihn die normale Crone-sche Nährlösung enthält, übertrafen in der ersten Versuchsphase in bezug auf den Mittelwert der Blattgrösse und der Länge der Hauptwurzel die Kontrollkulturen. Während dieses Übergewicht—was die Länge der Hauptwurzel anbelangt—bis zum Versuchsende erhalten blieb, kam es im weiteren Verlaufe des Versuches zu allmählicher Verminderung des Unterschiedes und sogar zu einem Zurückbleiben der Blattgrösse und insbesondere der Breite der Lamina gegenüber jener der Kontrollkulturen. Die gesamte Trockensubstanz dieser Kulturen blieb hinter derjenigen der Kontrollkulturen zurück.

3. Versuchspflanzen die in Nährlösungen kultiviert waren welche bei der Hälfte des Gehaltes an N und K der normalen Crone-schen Nährlösung 7% gemahlener Zenica-Braunkohle enthielten, übertrafen während der ganzen Versuchsdauer sowohl die Kulturen der vorerwähnten Versuchsserie (s. 2) als auch die Kontrollkulturen. Die Prävalenz dieser Kulturen, welche sowohl im allgemeinen Habitus der Versuchspflanzen als auch speziell in der Höhe der Versuchspflanzen, dem Durchmesser der Stengel, der Anzahl von Nodien, der Blattgrösse und dem Blattgrün, endlich in der Ausbildung des Wurzelsystems ausgeprägt war, wurde auch durch die Werte der erhaltenen Trockensubstanz bestätigt.

4. Die in Nährlösungen ohne N kultivierten Versuchspflanzen, blieben in jeder Beziehung ausser in der Wurzellänge hinter den Kontrollpflan-

zen zurück. Der Mittelwert der Länge der Hauptwurzel war um 178% höher als jener der Kontrollkulturen.

5. Bei Zugaben von 7% Zenica-Braunkohle den Nährlösungen ohne N wurden in allen Merkmalen der Kulturen gewisse Verbesserungen erzielt, der Zustand der Kontrollkulturen wurde jedoch nicht erreicht.

6. Die in Nährlösungen ohne K kultivierten Versuchspflanzen, blieben in jeder Hinsicht hinter den Kontrollpflanzen zurück.

7. Bei Zugabe von 7% Zenica-Braunkohle den Nährlösungen ohne K wurden in den meisten Merkmalen gewisse Verbesserungen erzielt, die jedoch im allgemeinen geringer waren als bei Zugabe derselben Menge von Zenica-Braunkohle den Nährlösungen ohne K.

8. Die Zugabe von lcc 3,8% Lösung von $MnCl_2$ zu 1750 cc Crone-scher Nährlösung wirkte sich zwar in der ersten Versuchsphase günstig aus (intensiveres Ergrünen der Blattspreiten), in weiteren Versuchsverläufe traten jedoch gewisse pathologische Veränderungen auf. Die Werte der in dieser Versuchsserie erhaltenen Trockensubstanz der Versuchspflanzen entsprachen jener der Kontrollpflanzen in normaler Crone-scher Nährlösung.

Wenn man die Ergebnisse des vorliegenden Versuches mit *Ricinus* aus dem Jahre 1953 mit den Ergebnissen der Versuche mit *Sinapis* und *Ricinus* aus den Jahren 1936 (VOUK) und 1951 (VOUK und KLAS) vergleicht, so kann man feststellen, dass sie im wesentlichen übereinstimmen. Diese Übereinstimmung betrifft in erster Reihe die fertilisierende Wirkung der Zugabe der Zenica-Braunkohle der normalen Crone-schen Nährlösung: in jedem der angeführten Versuche war der allgemeine Zustand der Versuchspflanzen augenscheinlich verbessert und das Gesamtgewicht der schliesslich produzierten Pflanzensubstanz, gemessen als Trockensubstanz, war um mehr als 150% erhöht.

Die fertilisierende Wirkung der Zenica-Braunkohle kam zustande sowohl bei Zugabe der Kohle der kompletten Crone-schen Nährlösung als auch bei ihrer Zugabe der unvollständigen Crone-schen Nährlösung, d. h. der Nährlösung mit der Hälfte des Gehaltes an KNO_3 (wie im Versuche aus dem Jahre 1951), bzw. mit annähernder Hälfte des Gehaltes an K und N (wie im vorliegenden Versuche). Diese Wirkung kam in bei weitem schwächerem Masse auch bei Zugabe von Kohle der stickstoff- bzw. kali-loser Nährlösung zustande. Dabei war die günstige Wirkung der Zugabe von Kohle, ausgedrückt in dem Gesamtgewichte der Trockensubstanz, bei Pflanzen in stickstoffloser Nährlösung ausgeprägter als bei Pflanzen in kaliloser Nährlösung. Dies war namentlich in bezug auf das Gewicht der Wurzeln bemerkbar, das bei den Versuchspflanzen in stickstoffloser Nährlösung, aber bei Zugabe von Zenica-Braunkohle nur um etwa 30% hinter jenem, in normaler Nährlösung erreichten zurückgeblieben war.

Durch die vorliegende Untersuchung wurde also die bereits früher aufgestellte These bekräftigt, nach welcher *die Versuchspflanzen durch unmittelbare Zugabe von Zenica-Braunkohle der unvollständigen Nährlösung in angegebener Menge nicht im Stande sind, den fehlenden Stickstoff, bzw. Kali zu ersetzen.* Mit anderen Worten: diese Ergebnisse liefern einen weiteren Beweis für die Richtigkeit der Behauptung, dass der Zenica-Braunkohle nicht die Funktion eines direkten mineralischen Stickstoffnährstoffes zuzuschreiben ist, demnach die Deutung ihrer fertilisierenden Wirkung auf anderem Gebiete zu suchen ist.

*Aus dem Institut für experimentelle Biologie
der Akademie der Wissenschaften und Künste
(Direktor: Akad. Prof. Dr. V. Vouk)*

S. VATOVEC i D. TIMET

O DJELOVANJU SERUMA KRALJEŠNJAKA NA RAD SRCA DAFNIJA

III. DJELOTVORNE KOMPONENTE KEMIJSKOG SASTAVA SERUMA

(s 8 slika i 7 tabela)

(Primljeno na sjednici Odjela za prirodne nauke JAZU 30. V. 1957)

U ranijim istraživanjima (S. VATOVEC i D. TIMET, 1952, 1955), došli smo do zaključka, da krvni serumi kralješnjaka imaju stimulativno i toksično djelovanje na rad srca slatkovodnih račića vrste *Daphnia pulex* de Geer. Stimulativno djelovanje pokazali su ne samo nerazrijeđeni serumi, već i određena njihova razređenja. Pokazalo se štoviše, da serumi različitih životinjskih vrsta imaju različitu djelotvornost, a da je granično razređenje, u kojem je ubrzanje frekvencije srčanog rada još uvijek jasno primjetljivo (10% od početne frekvencije), za pojedinu životinjsku vrstu uvijek jednako. U tom se pogledu neobično aktivnim pokazao kokošji serum, koji je izazvao slabo stimulativno djelovanje još u razređenju 1:50, dok je konjski serum izgubio svoje djelovanje već u razređenju 1:10. Naprotiv, izrazito toksično djelovanje opaženo je samo kod nerazrijeđenih seruma, dok se razređivanjem ono mnogo ranije izgubilo nego stimulativno.

S tim u vezi postavilo se pitanje, koji su faktori, sadržani u serumima kralješnjaka, odgovorni za ovakvo njihovo djelovanje na rad srca dafnija. U načelu bi oni mogli biti fizikalne naravi (prvenstveno osmotski) ili pak kemijske (anorganski, odnosno organski sastojci seruma). To smo pitanje nastojali eksperimentalno riješiti u ovom radu.

METODE RADA I REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Objekti, dobivanje seruma i registracija srčanog rada bili su u cijelosti jednaki kao i u našem dosadašnjem radu (l. c.)

a) *Djelovanje osmotskog tlaka*

Prebacivanjem dafnija iz vodovodne vode, u kojoj je registrirana frekvencija srčanog rada u pretpriodi, u serum, promijenili su se svakako osmotski uvjeti, u kojima su se te životinje nalazile. Jedna sre-

dina siromašna otopljenim tvarima, dakle s niskom osmotskom vrijednosti, zamijenjena je drugom, znatno bogatijom na otopljenim tvarima, koja, prema tome, ima i znatno višu osmotsku vrijednost. Depresija leđišta seruma kreće se, prema navodima iz literature (vidi poblizhe: F. N. SCHULZ i F. v. KRÜGER, 1925), kod kralješnjaka, upotrebljenih u našim pokusima, između $\Delta = -0,44^{\circ}\text{C}$ (kornjača — *Emys europea*) i $\Delta = -0,69^{\circ}\text{C}$ (pas). Prosječna, međutim, vrijednost iznosi za kopnene sisavce oko $\Delta = -0,60^{\circ}\text{C}$, dok je u ptica neznatno viša.

Da bismo utvrdili, da li i u kojoj mjeri ta promjena osmotske vrijednosti utječe na rad srca dafnija, upotrebili smo za naše pokuse otopine glukoze i saharoze u koncentracijama, koje odgovaraju osmotskoj vrijednosti seruma čovjeka ($\Delta = -0,56^{\circ}\text{C}$), a taj je gotovo identičan s prosjekom za serume onih životinjskih vrsta, koje smo obuhvatili našim istraživanjima. Ta je koncentracija (A. v. MURALT, 1948) iznosila za glukozu 5,4% (0,3 molarna), a za saharozu 10% (0,29 molarna). Odabrali smo upravo ove izotonske otopine ugljikohidrata, da bismo izbjegli eventualni utjecaj ionske komponente.

Pokus s tim otopinama, izvršeni na većem broju dafnija, pokazali su, da do stimulativnog učinka, karakterističnog za serum, nije došlo. Umjesto toga javilo se, između 20. i 35. minute od časa uronjavanja dafnija u otopinu, skvrčavanje njihova tijela unutar ljuske, a srce je pomalo poprimalo oblik uzane cijevi, koja je, međutim, i nadalje pulzirala pravilno i bez značajnije promjene u frekvenciji. Jedino je kod pojedinih dafnija u otopini saharoze primijećeno neko manje povišenje frekvencije (oko 10%) u času, kad se javilo jače skvrčavanje tijela, a kasnije se ta frekvencija opet uglavnom normalizirala.

U razrijeđenim otopinama šećera 1:5 opisane pojave nisu primijećene.

b) Djelovanje dijaliziranog seruma i dijalizata

Budući da su u prethodnom odsječku opisani pokusi s izotonskim otopinama glukoze i saharoze nedvojbeno pokazali, da osmotski tlak nije uzrokom učinka, što ga serumi kralješnjaka vrše na rad srca dafnija, potražili smo te uzroke u kemijskom sastavu seruma. Postavilo se pitanje, da li su te tvari većih ili manjih molekula. U tu svrhu izvršili smo pokuse s dijaliziranim serumom.

Pokus su vršeni u dva pravca, t. j. 1. iskorišćujući dijalizu prema neograničenoj količini destilirane vode, i 2. primjenjujući dijalizu prema ograničenoj manjoj količini destilirane vode. Time bi se postigla u prvom slučaju potpuna dijaliza, a u drugom djelomična. Za dijalizu su poslužile celofanske membrane.

U prvom slučaju dijalizirano je 3–5 cm³ seruma prema količini od oko 500 cm³ destilirane vode za 2–5 dana. Upotrebljeni su serumi kunića i goveda. Ovako dijalizirani serum nije pokazao nikakvo, ni stimulativno ni toksično, djelovanje na rad srca dafnija. Naprotiv, nedijalizirana pro-

ba istog seruma imala je svoj uobičajeni učinak. Jedan od tih pokusa prikazan je u tabeli 1.

U drugom slučaju dijalizirali smo serum kunića i konja za 3-4 dana prema jednakoj ili višestrukoj količini destilirane vode (u omjerima 1:1, 1:4, 1:9, 1:14 i 1:19), tako da bi konačna koncentracija difuzibilne komponente (dijalizata) u dijaliziranom serumu, kao i u tekućini izvan membrane, odgovarala određenim razrjeđenjima seruma, kojima smo se služili u našim ranijim pokusima (1:2, 1:5, 1:10, 1:15 i 1:20). Radi lakšeg uspoređivanja mi ćemo se u daljem izlaganju služiti posljednjim načinom izražavanja omjera.

Tab. 1

Odnos učinka normalnog i dijaliziranog seruma goveda
Effects produced by normal and dialyzed cattle serum

	Sred. vrij. u pretperiodi Mean fre- quency in tap-water	Frekvencija u serumu iza Heart- frequency in serum after						Zastoj srca Heart-standstill after	
		5'	10'	15'	20'	25'	30'	od-do Range	prosječno Average
Normalni serum Normal serum	229	280	298	280	277	269	268	48'-59'	54'
Dijalizirani serum Dialyzed serum	221	227	223	218	222	222	223	—	—

Napomena: Dijalizirano je 5 ccm seruma naprama 500 ccm destilirane vode za 48 s. Brojevi u tabeli prikazuju srednju vrijednost od po 5 dafnija.

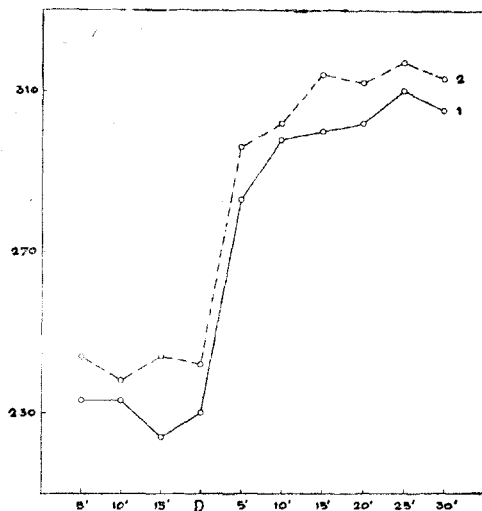
Note. 5 cc. of serum were dialyzed against 500 cc. of distilled water for 48 hr. The results are the mean of 5 Daphnias.

Ovi su pokusi pokazali, da se zbog dijalize djelotvornost seruma smanjuje, a da istovremeno vanjska tekućina zadobiva stimulatívno djelovanje, koje ranije nije imala. Učinak seruma to više slabi, što je dijaliza izvršena prema većoj količini destilirane vode, dok vanjska tekućina poprima određeno djelovanje u skladu s postignutim razrjeđenjem dijalizata.

Na slici 1. prikazan je tok povišenja frekvencije, koje je izazvao dijalizirani serum kunića, odnosno otopina njegova dijalizata (1:5). Obje krivulje teku gotovo identično, što znači, da je učinak i dijaliziranog seruma i dijalizata u tom slučaju međusobno jednak. Potvrdu takvog rezultata dao nam je i pokus s dijalizom seruma konja (1:2).

Također smo istražili odnos učinaka razrijeđenog seruma i dijalizata. U tu svrhu razrjeđivali smo serum kunića destiliranom vodom u određenim omjerima i istovremeno vršili dijalizu istog seruma prema količi-

nama destilirane vode jednakim onima, koje su upotrebljavane za razredivanje. Na slici 2. prikazali smo uporedno konačne rezultate dobivene iza 40 minuta. Postotno povišenje frekvencije srčanog rada dafnija pada doduše sa stupnjem razrjeđenja u oba supstrata, ali je djelovanje dijalizata redovito nešto slabije, pa se čak i gubi u nešto manjem razrjeđenju (1:20) nego ono razrijeđenog seruma (1:25).



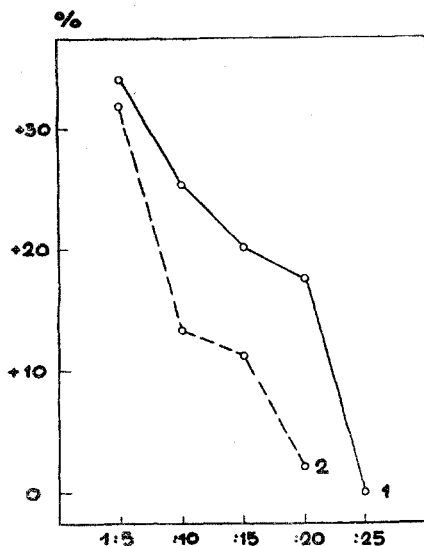
Sl. 1. - Promjene u frekvenciji srčanog rada dafnija izazvane dijaliziranim serumom kunića (1) i otopinom njegova dijalizata (2) 1:5. Na apscisi je nanoseno vrijeme u minutama, a na ordinati broj pulzacija u minuti. »D» označuje momenat stavljanja dafnija u serum, odnosno u otopinu dijalizata (= srednja vrijednost frekvencije u pretperiodu). Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost od po 5 dafnija.

Fig. 1. - Changes in the heart-frequency of the *Daphnia pulex* produced by dialyzed rabbit serum (1) and its dialyzate (2) 1:5. The frequency (ordinate) is presented with the number of pulsations in one minute. D = the arrival of the *Daphnia*s into the serum (= the mean frequency in tap-water). Results are mean values of 5 *Daphnia*s.

c) Djelovanje serumskog pepela

Pokusi s dijalizom ukazali su na to, da uzroke učinka seruma na rad srca dafnija treba tražiti među tvarima malih molekula. S tim u vezi postavilo se odmah pitanje, da li su te stvari anorganske ili organske prirode. Da bismo razlučili anorgansku komponentu od organske, pristupili smo pokusima sa serumskim pepelom.

U tu svrhu određena količina seruma isparena je i žarena na temperaturi od oko 600° C* Dobiveni pepeo otopljen je u onoj količini destilirane vode, koja odgovara uzetom volumenu seruma. Ovakvu otopinu nazivat ćemo u buduće u tekstu otopinom pepela. Od nje su, prema potrebi, načinjena razrjeđenja na isti način, kao što su ranije dobivena razrjeđenja seruma.



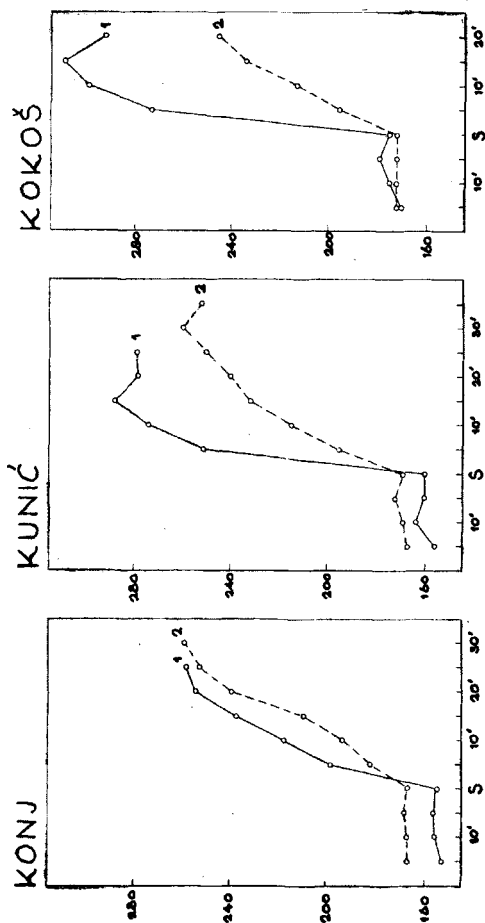
Sl. 2. - Odnos učinaka razrijeđenog seruma kuniča (1) i otopina serumskog dijalizata. (2) Na apscisi su nanesena razrjeđenja, a na ordinati postotak povišenja frekvencije u 40. minuti. Poblize u tekstu!

Fig. 2 - Effects of the diluted rabbit serum (1) and its dialyzate (2). The abscissa represents the dilutions and the ordinate the increase of the heart-frequency reached in the 40th minute (in percentage).

Na taj način pripremljene su otopine pepela konja, kuniča i kokoši. Upotrebili smo upravo ove životinjske vrste, jer one u pogledu rezultata, dobivenih u pokusima s nerazrijeđenim i razrijeđenim serumom predstavljaju tri različita stupnja djelotvornosti seruma kralješnjaka: najslabiji, srednji i najjači.

* Iskorišćujemo ovdje priliku, da se za tu uslugu, kao i za izvršene analize pepela, zahvalimo Zavodu za anorgansku tehnologiju Kemijskog odsjeka Tehničkog fakulteta u Zagrebu.

Ovi su pokusi pokazali, da otopina pepela ima i stimulatívno i toksično djelovanje na rad srca dafnija. No usporedimo li njezino djelovanje s djelovanjem seruma iste životinjske vrste ili čak istog individuuma te životinjske vrste, tada ipak opažamo određenu razliku s obzirom na učinak (vidi sliku 3). Krivulja frekvencije penje se u serumu strmo. Pri-



Sl. 3. — Promjene u frekvenciji srčanog rada dafnija izazvane serumima konja, kunića i kokoši (1), pa otopinama pepela istih seruma (2). Svaka krivulja prikazuje srednju vrijednost 2 serije od po 5 dafnija. Ostalo kao u slici 1.

Fig. 3. — Changes of the heart-frequency of the *Daphnia pulex* produced by horse, rabbit and chicken serum (1), as well as by corresponding solutions of their serum ashes (2). Each curve represents the mean value from 2 series of 5 *Daphnias*. Otherwise as in Fig. 1.

rast frekvencije je u ranim minutama pokusa znatan. On je naročito izražen u prvih 5 minuta, dok je u kasnijim istim vremenskim intervalima sve manji i manji. To je najizrazitije kod seruma kokoši, gdje se frekvencija već u prvih 5 minuta pepela blizu maksimuma. Naprotiv, krivulja frekvencije u otopini pepela teče položitije. Prirast frekvencije je postepen. Za prvih 5 minuta dobitak na frekvenciji nije velik, a u kasnijim istim vremenskim intervalima frekvencija se penje približno podjednako. Posljedica toga je, da je maksimum postignut u otopini pepela nešto kasnije nego u serumu. Usto je on redovito i nešto niži. Razlika je svakako najočitija kod kokoši, manja kod kunića, a još manja kod konja.

Neke su pojedinosti vidljive i u tabeli 2, u kojoj su izračunate srednje vrijednosti iz većeg pokusnog materijala. Sumarne vrijednosti i ovdje ukazuju na to, da je povišica frekvencije u serumu, izražena u postocima od početne vrijednosti, viša nego u otopini pepela, i da je maksimalno povišenje postignuto u serumu nešto ranije. Što se pak tiče pojedinačnih vrijednosti u tabeli, gdje god se radi o probama seruma i pepela uzetima od istog individuum, postotno povišenje frekvencije u otopini pepela u najvećem je broju slučajeva nešto niže nego u serumu; tek izuzetno ono je približno jednako.

Za razliku od stimulativnog djelovanja, toksično se djelovanje otopine pepela, kao što se vidi iz tabele 3, gotovo u potpunosti podudara s onim seruma.

Već se iz tabele 2, može naslutiti određena gradacija djelotvornosti otopine pepela nalik na onu između seruma različitih životinjskih vrsta, t. j. intenzitet njihova djelovanja raste smjerom konj-kunić-kokoš. No pojedinosti dolaze mnogo jasnije do izražaja u razrjeđenjima.

Kao što se vidi iz slike 4, razrijeđene otopine pepela pojedine životinjske vrste pokazuju slična djelovanja kao i razrijeđeni serum iste životinjske vrste. No i tu se opaža, da je djelotvornost otopine pepela nešto slabija nego ona odgovarajućeg seruma. Razlika u granici djelovanja najmanja je kod konja, a najveća kod kokoši. Serum kokoši izaziva, naime, veoma slabo stimulatивно djelovanje, koje jedva nešto prekoračuje granicu fiziološke griješke, još u razrjeđenju 1:50 (uzimajući promjene do 5% kao fiziološke oscilacije u frekvenciji srčanog rada, a tek veće razlike kao manifestaciju stimulativnog djelovanja), dok je otopina njegova pepela bez djelovanja već u razrjeđenju 1:40. Razrijeđeni pak serum konja u omjeru 1:10 nema više nikakvog vidljivog djelovanja, a isto tako se pokazuje nedjelotvornom i otopina njegova serumskog pepela u istom razrjeđenju. Naprotiv su u razrjeđenju 1:5 i serum i otopina pepela djelotvorni, ali je ipak djelovanje otopine pepela u tom razrjeđenju slabo, dok je ono seruma već mnogo izrazitije. Sličan odnos kao u konja nalazimo i u kunića, samo je tu granično razrjeđenje seruma i otopine pepela, koje još daje taj stimulativni efekat, 1:20.

Unatoč ovim jasnim razlikama u djelotvornosti otopina serumskih pepela različitih životinjskih vrsta, količina pepela istraženih seruma nije

Tab. 2

Promjene u frekvenciji srčanog rada dafnija nakon unošenja u serum, odnosno u otopinu pepela
 Changes in the heart-frequency of the *Daphnia pulex* in vertebrate sera, resp. solutions of their serum ashes

	Serum				Otopina pepela — Solution of serum ashes				
	Srednja vrijednost u pret-periodi Mean frequency in tap-water	Srednja vrijednost maksimuma Maximum (mean values)	% povišenja frekvencije Increase of the heart-frequency (in %)	Maksimum postignut u min. Maximum reached after	Količina pepela u % Quantity of serum ashes (in %)	Srednja vrijednost u pret-periodi Mean frequency in tap-water	Srednja vrijednost maksimuma Maximum (mean values)	% povišenja frekvencije Increase of the heart-frequency (in %)	Maksimum postignu u min. Maximum reached after
Konj Horse	* 149	261	75.1	25'	0.90	167	254	52.1	30'
	* 162	256	58.0	25'	0.95	168	264	57.3	30'
	198	312	57.5	35'	0.91	200	271	35.5	35'
	230	306	33.0	25'	0.82	155	232	49.7	40'
			55.9	27.5'				48.6	36'
Kunić Rabbit	* 148	288	94.6	15'	0.89	171	266	55.6	30'
	* 172	288	67.4	15'	0.82	168	254	51.2	30'
	202	298	47.5	15'	0.82	186	281	51.1	30'
	200	298	49.0	15'	0.86	130	196	50.8	40'
			64.6	15'				52.2	32.5
Kokoš Chicken	* 168	322	91.6	15'	1.13	168	257	53.0	15'
	* 182	296	62.6	15'	1.00	177	246	39.0	25'
	* 174	322	85.0	15'	1.00	119	226	89.9	30'
	* 175	303	73.1	15'	0.88	157	247	57.3	25'
			78.1	15'				59.8	24'

Napomena: Brojevi u tabeli prikazuju srednju vrijednost od po 5 dafnija. Zvjezdicama su označeni serumi, kojih su otopine pepela obradene u istom redu tabeli.

Note: The results are mean values of 5 *Daphnia*s. Sera, whose solution of serum ashes is presented in the same

Tab. 3

Zastoj srčanog rada dafnija nakon unošenja u serum, odnosno otopinu pepela
Heart-standstill observed in Daphnias after their arrival into serum, resp. the solution
of serum ashes

	Serum	Otopina pepela Solution of serum ashes
Konj Horse	81'	83'
Kunić Rabbit	84'	94'
Kokoš Chicken	81'	86'

Napomena: Brojevi u tabeli prikazuju srednju vrijednost od po 20 dafnija.

Note: The results are the mean of 20 Daphnias.

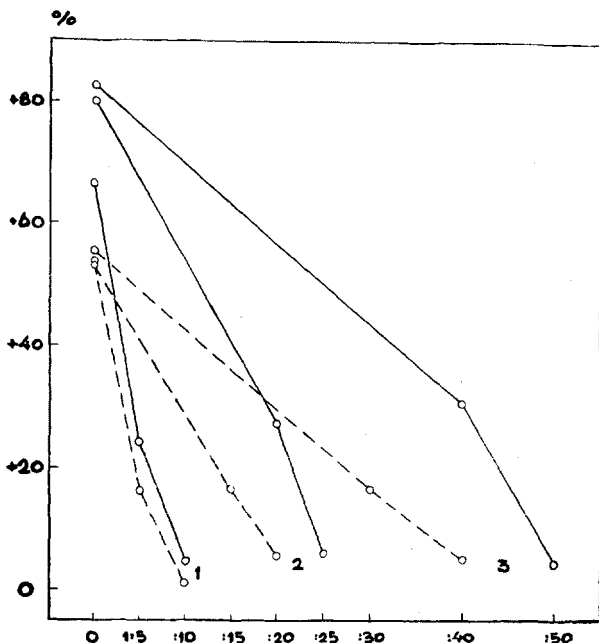
bila u skladu s njihovim učinkom. Kao što pokazuje tabela 2, serum konja i kunića sadržavaju prosječno gotovo istu količinu pepela, jedino se kokošji serum odlikuje nešto većim sadržajem anorganskih tvari. Oscilacije u količini pepela unutar pojedine životinjske vrste relativno su dosta velike. Tako kod kokoši težinski postotak pepela u istraženim serumima varira od 0.88 do 1.13. Najniža, dakle, nađena vrijednost približno je jednaka prosjeku količine pepela u konja i kunića. A ipak se postignuti učinak na srcu dafnije nije razlikovao od učinaka ostalih kokošjih seruma, koji su sadržavali veću količinu pepela. Najviša pak količina pepela, koja je utvrđena kod konja (0,95%), veća je od svih vrijednosti nađenih kod kunića, pa čak i od one najniže kod kokoši. No i u ovom slučaju stimulativno djelovanje, koje je otopina toga pepela izvršila na srcu dafnije, bilo je u skladu s djelovanjem ostalih konjskih seruma.

d) Djelovanje djelomično demineraliziranog seruma

S istim ciljem kao pokusi opisani pod c) izvršen je jedan orijentacioni pokus s djelomično demineraliziranim serumom. U tu svrhu serum je propušten kroz amberlitni sloj, koji ima sposobnost da izvlači mineralne katione iz supstrata i da ih zamjenjuje s vodikovim kationima.

Za ovaj pokus upotrebljen je serum kunića, čiji je pH iznosio 8.4. On je propušten kroz sloj finoizruatog amberlita IR 100 (veličine čestica 0,1–1 mm) visok 120 mm. Nakon propuštanja kroz taj sloj pH seruma promijenio se na 7,7, što bi ukazivalo na to, da su mineralni kationi djelomično zamijenjeni vodikom.

Ishod tog pokusa pokazuje, da postoji razlika u učinku između normalne i demineralizirane probe istog seruma.



Sl. 4. - Odnos učinaka seruma i otopina serumskog pepela (1. konja, 2. kunića, 3. kokoši). Izvučenom linijom prikazan je učinak seruma, a isprekidanom učinak otopine pepela. Na apscisi su nanesena razređenja, a na ordinati postotak povišenja frekvencije u 40. minuti. Kod nerazrijeđenog supstrata (0) naneseno je maksimalno povišenje bez obzira na minutu u kojoj je postignuto.

Fig. 4. -- Effects produced by vertebrate sera (solid lines) and by solutions of their ashes (broken lines): 1. horse, 2. rabbit, 3. chicken. The abscissa presents the dilutions and the ordinate the increase of the heart-frequency reached in the 40th minute (in percentage); exceptionally for the undiluted sample (0) the maximum values are recorded.

U tabeli 4 prikazan je učinak nerazrijeđenih proba. Razabire se, da je prirast frekvencije srčanog rada u prvih 5 minuta znatno veći kod dafnija u normalnom serumu (77%) nego u demineraliziranom serumu (samo 26%), premda je maksimalno povišenje frekvencije, ostvareno u 15. minuti, približno jednako za oba seruma. Porast je frekvencije, dakle, u demineraliziranom serumu postepeniji. Zastoj srčanog rada nastupao je redovito u demineraliziranom serumu znatno ranije nego u normalnom. Usto su u demineraliziranom serumu primjećivane nepravilnosti u radu srca (aritmije, povremene i parcijalne kontrakcije srča-

Tab. 4

Odnos učinka normalnog i djelomično demineraliziranog seruma kunića
Effects produced by normal and partially demineralized rabbit serum

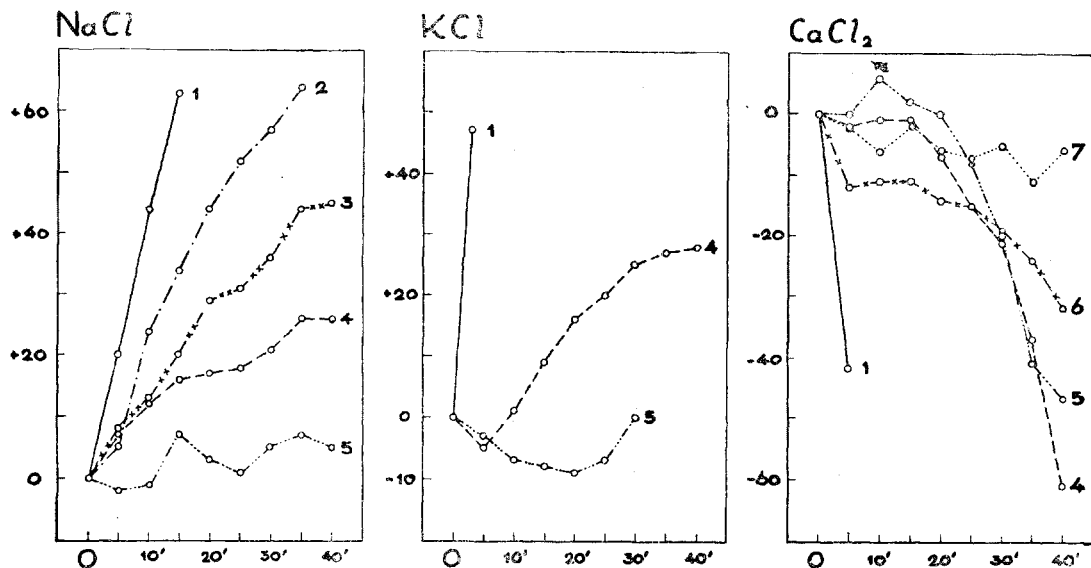
	Broj dafnija Individuals	Sred. vrij. u pretperiodi Mean fre- quency in tap-water	Frekvencija u serumu iza Heart-frequency in serum after				Zastoj srčanog rada Heart-standstill aft.		
			5'	10'	15'	20'	Prvi The first	Poslj. The last	Prosje. Ave- rage
Normalni serum Normal serum	5	161	286	301	326	314	70'	125'	103'
Demineral. serum Demineral. serum	10	175	220	296	318	310	30'	70'	53'

nog mišića), a neka su srca zastala i u diastoli. Iz toga možemo zaključiti, da je stimulativni učinak seruma djelomičnom demineralizacijom smanjen, dok je toksički povećan.

U razrjeđenjima ponovo se demineralizirani serum pokazao slabije djelotvornim. Dok je normalni serum zadržao stimulativno djelovanje, kao što ga redovito nalazimo (kunić!), i u razrjeđenju 1:20 (+13%), demineralizirani je serum uzrokovao jasno povišenje frekvencije tek u razrjeđenju 1:10 (+19%), dok je u razrjeđenju 1:15 to djelovanje bilo jedva naznačeno (+7%), jer su samo neke od dafnija reagirale pozitivno.

e) Djelovanje otopina anorganskih soli

Na temelju rezultata dobivenih u pokusima s dijaliziranim i djelomično demineraliziranim serumom, pa s otopinama serumskog pepela došli smo do zaključka, da je djelovanje seruma kralječnjaka na rad srca dafnija uglavnom vezano za anorgansku komponentu serumskog sastava. S tim u vezi izvršili smo niz pokusa s otopinama anorganskih soli, prvenstveno obrađujući pažnju na one katione, koji se ističu izrazitim fiziološkim djelovanjem, a zastupani su u pepelu u većim količinama. Među ovima prisutan je u daleko najvećoj količini natrij, zatim, iako u znatno manjoj, kalij i kalcij. Stoga smo najprije istražili njihovo pojedinačno djelovanje. Upotrebili smo za te pokuse, kao izvorne otopine, otopine njihova klorida u onoj koncentraciji, koja je izotonska sa serumom sisavca (za NaCl 1,95%, za KCl 1,22%, za CaCl₂ 1,29% — vidi: A. v. MURALT, 1948). Djelovanja tih otopina međusobno se veoma razlikuju, kao što se vidi na slici 5.



Sl. 5. - Promjene u frekvenciji srčanog rada dafnija izazvane otopinama mineralnih soli (1. u izotonskoj otopini, 2. u njenu razvedenju 1:2, 3. 1:5, 4. 1:10, 5. 1:15, 6. 1:20 i 7. 1:25). Na apscisi je nanoseno vrijeme u minutama, a na ordinati razlika u broju pulzacija prema srednjoj vrijednosti iz preterperiode. »0« označuje moment stavljanja dafnija u otopinu (srednja vrijednost iz preterperiode). Krivulje u grafikonu NaCl prikazuju srednju vrijednost iz 3 serije od po 5 dafnija. U grafikonu KCl krivulja 1 je srednja vrijednost od 6 dafnija, ostale krivulje kao gore. U grafikonu CaCl₂ krivulja 1 je srednja vrijednost od 3 dafnija; ostale krivulje prikazuju srednju vrijednost iz 2 serije od po 5 dafnija.

Fig. 5. - Changes in the heart-frequency of the *Daphnia pulex* produced by various solutions of inorganic salts (1. isotonic solution, 2. dilution 1:2, 3. 1:5, 4. 1:10, 5. 1:15, 6. 1:20 and 7. 1:25). The ordinate presents the actual increase or decrease of the heart-frequency in relation to the mean frequency obtained in tap-water. 0 = arrival of the *Daphnia*s into the solution (= the mean frequency in tap-water). The results for NaCl are mean values from 3 series of 5 *Daphnia*s. Curve 1 for KCl is a mean value of 6 *Daphnia*s, while the other curves in the same graph are mean values from 3 series of 5 *Daphnia*s. Curve 1 for CaCl₂ is a mean value of 3 *Daphnia*s, while the other curves in the same graph present mean values from 2 series of 5 *Daphnia*s.

Izotonska otopina natrijeva klorida ima stimulatívno i toksično djelovanje. Stimulatívno se djelovanje očituje u povišenju frekvencije, koje je postepeno i po svom intenzitetu veoma nalik na ono u otopinama serumskog pepela. No toksičnost izotonske otopine natrijeva klorida veća je nego ona serumskog pepela. Rad srca ubrzo počinje slabiti, pojavljuju se aritmije već iza 15–20 minuta, a zastoj se javlja znatno ranije, — prosječno oko 51. minute (od 19 do 88 minuta boravka dafnija u otopini). Za razliku od serumskog pepela, taj je zastoj pretežno dija-stoličkog karaktera.

Razrjeđenje 1:2 izotonske otopine natrijeva klorida također povišuje frekvenciju srčanog rada, doduše nešto sporije nego izvorna izotonska otopina, ali maksimum konačno ipak doseže u obje istu visinu, kao što se to vidi na slici 5. Toksičnost je također izražena, iako u oslabljenom obliku. Nepravilnosti u radu srca pojavljuju se, naime, kasnije, tek iza 35. minute, dok je najraniji zastoj zabilježen tek u 85. minuti. S daljnim razrjeđivanjem toksičnost se gubi, dok stimulatívno djelovanje slabi proporcionalno razrjeđenju, da bi konačno i ono u razrjeđenju 1:15 sasvim iščezlo.

Izotonska otopina kalijeva klorida pokazala je neobično jako toksično djelovanje. Zastoj srčanog rada, koji je izrazito sistoličkog karaktera, javlja se, naime, kod najosjetljivijih dafnija već oko 2. minute, dok je kod najotpornije u našim pokusima srce izdržalo samo do 6. minute. Zbog toga se stimulatívni učinak nije mogao serijski registrirati u redovnim vremenskim intervalima od po 5 minuta, ali je primijećeno, da tendencija ubrzanja frekvencije srčanog rada postoji u prvim minutama, dakle prije nego što je toksično djelovanje došlo do izražaja. Kod 6 daf-

Tab. 5

Zastoj srčanog rada dafnija u otopinama KCl
Heart-standstill of Daphnias observed in solutions of KCl

	Broj dafnija Individuals	Prvi zastoj u First standstill	Poslj. zastoj u Last standstill	Prosje. zastoj u Average standstill
Izotonska otopina KCl Isotonic solution of KCl	16	2'	6'	4.5'
Razrijedene otopine KCl: Isotonic solution diluted				
1:10	24	25'	146'	76'
1:15	24	50'	166'	113'
1:20	5	63'	132'	98'
1:46	5	120'	180'	144'

nija, kod kojih je uspjelo registrirati tu frekvenciju do 3. minute, prosječno povišenje iznosilo je već oko 33%.

Toksično djelovanje kalija dolazi snažno do izražaja i u razrednijim otopinama kalijeva klorida, što pokazuje tabela 5. Tako izotonska otopina kalijeva klorida u razrjeđenju 1:10 izaziva sistolički zastoj srčanog rada približno u onom vremenskom roku, kao što to čine serum i otopine serumske pepela. Štoviše, toksičnost je izražena čak i u razrjeđenju 1:46, a tu je kalij prisutan približno u onoj koncentraciji, koja postoji normalno u serumu. Zastoj srčanog rada je i u ovom razrjeđenju sistoličkog karaktera.

Stimulativno djelovanje gubi se, međutim, već u znatno manjim razrjeđenjima. Razrjeđenje 1:10 ima slab učinak (+16%), a ono 1:15 već je bez ikakva učinka, slično kao što je nađeno za ista razrjeđenja izotonske otopine natrijeva klorida.

Za razliku od otopina natrijeva i kalijeva klorida, otopine kalcijeva klorida nemaju stimulativno djelovanje na rad srca dafnija, već pokazuju obrnuti, t. j. inhibitorski učinak (vidi sliku 5). U izotonskoj otopini frekvencija srčanog rada biva već u prvih 5 minuta jako snižena. U razrjeđenjima to usporenje nije tako naglo, već se razvija postepeno, ali je po intenzitetu još uvijek snažno i u razrjeđenju 1:15. Tek u razrjeđenju 1:25 nestaje taj inhibitorski učinak barem u onim vremenskim granicama, u kojima je vršeno uobičajeno registriranje (40 minuta). A ta je koncentracija još uvijek nešto viša od normalnog nivoa kalcija u serumu sisavaca i ptica.

Toksično djelovanje neobično je jako izraženo u izotonskoj otopini. Već poslije 5. minute javljaju se srčane aritmije. Srce zauzima redovito dijastolički oblik s rijetkim slabim sistolama i pojedinim nepravilnim lokalnim kontrakcijama, da bi se konačno (najranije iza jednog sata) potpuno zaustavilo, pretežno u dijastoli. I u razrjeđenjima 1:10 i 1:15 održano je toksično djelovanje, iako u oslabljenom obliku. Pojavljuju se aritmija s nepotpunim sistolama i fibrilacijama nakon otprilike jednog sata boravka dafnija u otopini. Zastoj srčanog rada primijećen je, međutim, najranije tek iza 95. minute, a dijastoličkog je karaktera.

Kako serumske pepepe predstavlja jednu određenu smjesu anorganskih soli, to smo također pristupili istraživanju umjetno sastavljenih smjesa soli, koje su u serumu prisutne u većim količinama. Uzeli smo u pokus Ringerovu otopinu za toplokrvne životinje (prema: A. v. MURALT, 1948), kao i smjese natrijeva, kalijeva, kalcijeva i magnezijeva klorida u omjerima, u kojima su ti kationi zastupljeni u serumu sisavaca i ptica (prema: F. N. SCHULZ i F. v. KRÜGER, 1925). Sve te otopine pokazale su i stimulativno i toksično djelovanje nalik na otopine serumske pepela, ali opet s nekim, većim ili manjim, razlikama u pojedinostima.

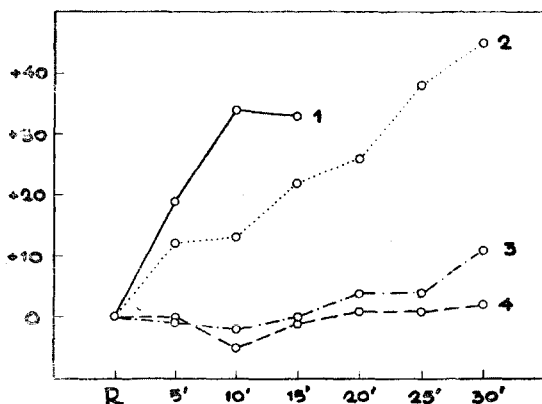
Ringerova otopina uzrokuje postepeno povišenje frekvencije srčanog rada, ali je taj stimulativni učinak ubrzo prekriven toksičnim efektom, tako da se već u 15. minuti opaža slabiji rad srca, a nekoliko minuta iza toga javlja se i zastoj, pretežno u sistoli (vidi tabelu 6). Jasnije dolazi

Tab. 6

Promjene u srčanom radu dafnija uzrokovane unošenjem u otopine serumskog pepela,
odnosno u umjetne kationske smjese
Changes in the heart-frequency of the *Daphnia pulex* produced by solutions of serum
ashes, resp. artificial mixtures of inorganic salts

	Broj serija (dafnija) Series (individuals)	Prirast broja srčanih pulzacija iznad srednje vrijednosti u preperiodi nakon Increase of the heart-frequency (number of pulsations above the frequency in tap-water) after						Zastoj srčanog rada Heart-standstill		
		5'	10'	15'	20'	25'	30'	Prvi The first	Posljednji The last	Prosječni Average
Serumski pepeo konja Serum ashes - horse	4(20)	10	23	37	59	70	78	56'	111'	82'
Serumski pepeo kunića Serum ashes - rabbit	4(20)	20	36	50	62	74	82	50'	123'	86'
Umjetna kationska smjesa za sisavca Artificial mixture of inorganic salts for Mammals	4(20)	19	39	55	78			46'	74'	59'
Serumski pepeo kokoši Serum ashes - chicken	4(20)	29	46	62	75			60'	103'	87'
Umjetna kationska smjesa za pticu Artificial mixture of inorganic salts for birds	4(20)	17	25	36	49			59'	98'	81'
Ringerova otopina Ringer's solution	2(10)	19	34	33				17'	38'	25'

do izražaja stimulatívno djelovanje u razrédenuju 1:2, gdje je toksički efekat oslabljen. Porast frekvencije srčanog rada ovdje je doduše sporiji, ali je registracija moguća za duže vrijeme, pa je i konačno postignuto povišenje frekvencije znatnije nego u nerazrédjenoj Ringerovoj otopini, što se vidi iz slike 6. U većim razrédenjima nestaje toksični efekat, ali je i stimulatívni prilično oslabljen, da bi već u razrédenuju 1:10 i on iščezao.



Sl. 6. - Promjene u frekvenciji srčanog rada dafnija izazvane Ringerovom otopinom za toplokrvne životinje (1. u nerazrédjenoj otopini, 2. u razrédenuju 1:2, 3. 1:5 and 4. 1:10). Rezultati su srednja vrijednost iz 2 serije od po 5 dafnija. »R« označuje momenat stavljanja dafnija u otopinu (= srednja vrijednost u pretpetperiodi). Ostalo kao na slici 5.

Fig. 6. - Changes in the heart-frequency of the *Daphnia pulex* produced by Ringer's solution for poikilothermic animals (1. undiluted solution, 2. dilution 1:2, 3. 1:5 and 4. 1:10). The results are mean values from 2 series of 5 *Daphnias*. R = arrival of the *Daphnias* into the solution (= the mean frequency in tap-water). Otherwise as in Fig. 5.

Umjetna smjesa kationa za sisavca (3,228 g NaCl, 0,423 g KCl, 0,238 g CaCl₂, 0,098 g MgCl₂ na 1000 cm³ H₂O) ne pokazuje toksično djelovanje u onoj mjeri kao Ringerova otopina, te se u tom pogledu više približuje otopinama serumskog pepela konja i kunića, iako ne u potpunosti, jer je i ovdje toksični efekat jači, što se očituje u ranom slabljenju srčanog rada i ranijem sistoličkom zastoju (vidi tabelu 6). Naprotiv, stimulatívno je djelovanje ove umjetne smjese slično po svom intenzitetu onom serumskog pepela. Porast frekvencije srčanog rada je i ovdje postepen, a postignuti maksimum gotovo jednak, samo je dostignut nešto ranije. Iz tabele 7 pak vidimo, da se stimulatívni učinak gubi u raz-

rdjenju smjese 1:15, te se tako po jaćini nalazi nekako između učinaka, što ih pokazuju otopine serumskog pepela konja i kunića.

Umjetna smjesa kationa za pticu (7,582 g NaCl, 1,468 g KCl, 0,327 g CaCl₂, 0,191 g MgCl₂ na 1000 cm³ H₂O) vrlo je nalik po svom djelovanju otopini serumskog pepela kokoši. Toksične pojave javljaju se približno u isto vrijeme, a isto tako i sistolički zastoj srćanog rada. Ipak prirast frekvencije u pojedinim vremenskim intervalima od po 5 minuta nešto je manji kod otopine serumskog pepela kokoši, tako da je i konaćno postignuti maksimum u 20. minuti niži (vidi tabelu 6). Međutim, ta se razlika ne opaža u razredenjima, jer se stimulatívni učinak obadvije otopine gubi u istom razredjenju, i to 1:40 (vidi tabelu 7).

Tab. 7

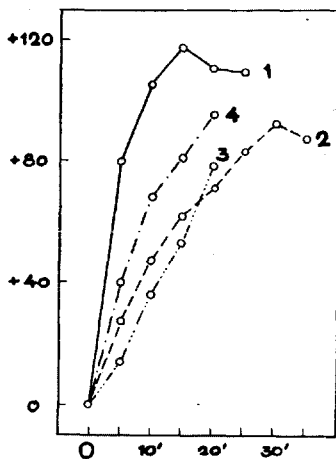
Granićna razredjenja otopina serumskog pepela i umjetnih kationskih smjesa
 Liminal dilutions of solutions of serum ashes and of artificial mixtures of inorganic salts

		Razredjenje Dilution	Povišenje frekvencije u % Increase of the hearth-frequency (in %)
Serumski pepeo Solution of serum ashes	konja Horse	1 : 5	11,15
		1 : 10	1,25
	kunića Rabbit	1 : 20	10,31
		1 : 25	4,98
	kokoši Chicken	1 : 30	13,62
		1 : 40	2,96
Umjetna smjesa kationa za Artificial mixture of inorganic salts	sisavca Mammals	1 : 10	15,12
		1 : 15	3,86
	pticu Birds	1 : 30	12,45
		1 : 40	2,73

Napomena: Procenat povišenja frekvencije izraćunat je iz 4 serije od po 5 dafnija.
 Note: The results are mean values from 4 series of 5 Daphnias.

Napokon, s obzirom na međusobno sinergistićke i antagonistićke odnose među pojedinim kationima u ovim smjesama, istražili smo, kako utjeću na učinak smjese oduzimanje, smanjenje ili povećanje pojedine

od sastavnih komponentata. U tu svrhu uzeli smo kao bazu umjetnu smjesu kationa za sisavca. U njoj su izvršene ove promjene: 1. izuzeti su u potpunosti kalcij i magnezij (otopina Na + K), 2. izuzet je magnezij a koncentracija kalcija smanjena na polovicu (otopina Na + K + $\frac{1}{2}$ Ca), 3. potrostručena je koncentracija kalija uz istodobno izuzimanje kalcija i magnezija (otopina Na + 3×K). Svaka otopina testirana je na po 15 dafnija. Sve tri otopine pokazale su se toksičnijima od umjetne smjese kationa za sisavca, te su izazvale zastoj srčanog rada dafnija nešto ranije. Pritom je otopina Na + K bila najjačeg djelovanja i izazvala zastoj



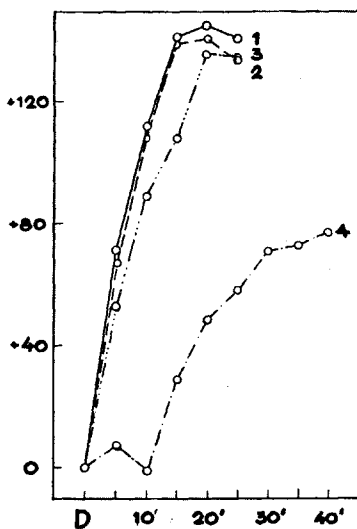
Sl. 7. - Odnos učinaka seruma kunića (1), otopine njegova pepela (2), umjetne smjese kationa za sisavca (3) i otopine Na + 3×K (4). Svaka krivulja je srednja vrijednost iz 3 serije od po 5 dafnija. »0« označuje momenat stavljanja dafnija u supstrat (= srednja vrijednost iz preperiode). Ostalo kao na slici 5.

Fig. 7. - Effects produced by the rabbit serum (1), the solution of its ashes (2), the artificial mixture of inorganic salts for Mammals (3) and the solution Na + 3×K (4). Each curve is a mean from 3 series of 5 Daphnias. 0 = arrival of the Daphnias into the solution (= the mean frequency in tap-water). Otherwise as in Fig. 5.

prosječno u 40. minuti. Iza nje dolazi po toksičnosti otopina Na + K + $\frac{1}{2}$ Ca s prosječnim zastojem u 45. minuti, i konačno otopina Na + 3×K sa zastojem srca u 49. minuti. U pogledu stimulativnog djelovanja, otopina Na + 3×K najviše se približila serumu, uzrokujući već u prvih 5 minuta znatniji porast frekvencije srčanog rada dafnija, što kod ostale dvije otopine nije bio slučaj. Dapače, po tom svom početnom učinku, ona je nadmašila i otopinu serumskeg pepela i umjetnu smjesu kationa za sisavce, u kojima je prirast frekvencije srčanog rada dafnija bio više manje postepen (vidi sliku 7).

f) Sudjelovanje organske komponente

Rezultati pokusa izvršenih s otopinama serumskeg pepela i umjetnim smjesama kationa pokazali su veliku sličnost s rezultatima dobivenim u serumu. Ali ipak jedna se razlika naročito zapaža, a to je razlika u brzini porasta frekvencije srca u prvim mjerenjima (5.–10. minuta). Porast frekvencije je u nerazrijeđenom serumu nagao, a u otopinama serumskeg pepela i umjetnim smjesama kationa spor i postepen. Čak i djelovanje otopine $\text{Na}^+3\times\text{K}$, koje je u tom pogledu bilo najslabije onom nerazrijeđenog seruma kunića, još uvijek ne pokazuje onaj tipični skok frekvencije u prvim minutama. Ta razlika ukazuje na mogućnost sudjelovanja neke organske komponente, koja je prisutna u serumu, a nema je u otopini serumskeg pepela i u umjetnim ionskim smjesama.



Sl. 8. - Odnos učinaka dijalizata kunićeva seruma (1. svježa otopina dijalizata, 2. otopina kuhana 3 min., 3. otopina kuhana 90 min., 4. otopina 1 min. žarenog dijalizata). Krivulja 1 je srednja vrijednost iz 3 serije od po 5 dafnija, a ostale krivulje iz 2 serije od po 5 dafnija. »D« označuje momenat stavljanja dafnija u otopinu (= srednja vrijednost u pretperiodi). Ostalo kao na slici 5. Poblže u tekstu!

Fig. 8. - Effects produced by the dialyzate of rabbit serum (1. fresh solution, 2. solution boiled for 3 minutes, 3. solution boiled for 90 minutes, 4. dry residue heated for one minute, then dissolved). Curve 1 is a mean from 3 series of 5 *Daphnias* and other curves from 2 series of 5 *Daphnias*. D = arrival of the *Daphnias* into the solution (= the mean frequency in tap-water). Otherwise as in Fig. 5.

U težnji da utvrdimo, da li bjelančevine seruma u nekoj mjeri sudjeluju u stvaranju spomenutih razlika, izvršili smo ova dva pokusa:

1. Manja količina seruma kunića (3 cm^3) dijalizirana je za 48 sati prema velikoj količini (500 cm^3) destilirane vode, da bi se postigla potpuna dijaliza seruma kao u ranije opisanim pokusima. Tako dijalizirani serum ne pokazuje nikakav primjetljiv učinak. Za daljih 48 sati dijalizna čahura s takvim neaktivnim serumom uronjena je u veću količinu (500 cm^3) umjetne smjese kationa za sisavca. Tim postupkom uvedeni su u dijalizirani serum iz umjetne smjese ioni približno u istoj koncentraciji, u kojoj se se u njoj nalazili. Takav serum je zadobio stimulativno i toksično djelovanje, ali samo onakvo, kakvo ima smjesa kationa za sisavca.

2. Prednji postupak je ponovljen, ali s tom razlikom, što je, umjesto umjetne smjese kationa, upotrebljena otopina pepela dobivenog žarenjem seruma istog kunića (pepeo od 20 cm^3 seruma otopljen je u 15 cm^3 destilirane vode, a u tu otopinu uronjena je dijalizna čahura s 5 cm^3 dijaliziranog seruma). Serum je i ovog puta zadobio stimulativno djelovanje, ali opet samo onakvo, kakvo ima redovito otopina serumskog pepela.

Ovi su pokusi nedvojbeno pokazali, da bjelančevinasta komponenta u serumu ne sudjeluje u izazivanju opisanih reakcija na srcu dafnija.

Prema tome trebalo je tu organsku komponentu potražiti u dijalizatu. U tu svrhu određena količina seruma (3 cm^3) dijalizirana je prema nešto većoj količini destilirane vode (12 cm^3) za 48 sati. Na kraju dijalize povisila se količina tekućine u dijaliznoj čahuri na 4 cm^3 , a ona izvan nje smanjila na 11 cm^3 . Dijalizat je nakon toga osušen kod sobne temperature i osušeni ostatak otopljen u tolikoj količini destilirane vode ($2,2 \text{ cm}^3$), da koncentracija krutih tvari, koje su difundirale kroz membranu, bude jednaka onoj u serumu. Takva otopina pokazala je na srcu dafnija učinak analogan onom nerazrijeđenog seruma. Kratkotrajnim kuhanjem otopine taj se učinak nije promijenio, a tek dugotrajnim kuhanjem (90 minuta) bio je nešto oslabljen. Naprotiv, sasvim kratkotrajno žarenje (1 minuta) osušenog ostatka dijalizata svelo je aktivnost otopine, koja je od tako žarenog ostatka pripremljena na već opisani način, na uobičajenu aktivnost serumskog pepela. Ti su odnosi prikazani na slici 8.

DISKUSIJA

Krvni serum kralješnjaka sa svojim fizikalnim, fizikalno-kemijskim i kemijskim svojstvima predstavlja za dafniju jednu nefiziološku sredinu, koja se dapače u mnogočemu razlikuje od onih životnih uvjeta, koje joj pruža njezin prirodni biotop, t. j. lokve i jezerca ispunjeni kišnicom, zagađenom organskom materijom u truljenju. Najznačajniji faktori tog tekućeg biotopa, osim izvora organske hrane, jesu njegova apsolutna kemijska reakcija (pH), osmotski tlak i kemijski sastav. S druge strane

tjelesna tekućina dafnija također se po svojim fizikalnim, fizikalno-kemijskim i kemijskim osobinama razlikuje od tih svojstava seruma kralješnjaka, koji su se u toku evolucije prilagodili sasvim drugačijim uslovima života. Prema tome, analizirajući učinak, što su ga u našim pokusima serumi kralješnjaka pokazali na rad srca dafnija, moramo voditi računa o dvije okolnosti: 1. da postoji razlika u osobinama između normalnog fiziološkog biotopa dafnija i seruma kralješnjaka, i 2. da postoji razlika u osobinama između tjelesne tekućine (hemolimfe) dafnija i tjelesne tekućine (seruma) u kralješnjaka.

U našim pokusima s dafnijama registrirali smo redovito pretperiodu u vodovodnoj vodi, koja je po svojim svojstvima svakako bliska prirodnom biotopu dafnije — kišnici iz lokava i jezeraca, — tek što se od nje razlikuje većom tvrdoćom (dakle većom sadržinom kalcija), kao i time, što nije zagađena organskim produktima truljenja. Pokazalo se, da u toj vodovodnoj vodi frekvencija srčanog rada dafnija biva stabilizirana na jednom nešto umjerenijem ritmu, nego što je onaj u kišnici iz lokava (F. BUKATSCH, 1938; D. TIMET, 1953).

Izmjenom te vanjske sredine sa serumom naglo smo i znatno promijenili uvjete, u kojima se ta životinja nalazila, naročito s obzirom na osmotski tlak i kemijski sastav. Rezultat te promjene bila je izmijenjena frekvencija srčanog rada, a kasnije i prestanak rada ne samo tog organa već i ostalih funkcija organizma.

Slatkovodne su krustacee, kao i slatkovodni beskralješnjaci općenito, u normalnim prilikama hipertonične prema sredini, u kojoj žive. *Astacus fluviatilis* ima, na primjer, depresiju leđišta krvi kod -0.8°C , što odgovara 1.4‰-tnoj otopini NaCl, dok istodobno njegov biotop pokazuje $\Delta = 0.02-0.03^{\circ}\text{C}$ (F. N. SCHULZ, 1925). Povisi li se pak koncentracija soli u njihovu biotopu, povisuje se i unutrašnja njihova koncentracija u organizmu, tako da se i nadalje zadržavaju određeni odnosi između vanjske i unutrašnje sredine. Tek kod većih koncentracija, iznad 50‰ morske vode, ta se sposobnost prilagodavanja unutrašnjih osmotskih uvjeta vanjskima smanjuje i konačno gubi.

Održanje relativno visoke unutrašnje koncentracije soli kod svih slatkovodnih životinja omogućeno je ponajprije njihovim niskim permeabilitetom za vodu i soli, zatim aktivnom apsorpcijom soli u škrgama, pa napokon izlučivanjem jako razrijeđene mokraće. Ti procesi, koji osiguravaju stalnu hipertoniiju unutrašnje sredine, svakako zahtijevaju utrošak energije, pa u tome i leži uzrok većoj potrošnji kisika astakusa u njegovoj prirodnoj sredini, slatkoj vodi, nego u slanoj vodi izotonskoj s njegovom tjelesnom tekućinom (E. SCHWABE, 1933). C. L. PROSSER (1952) svrstava slatkovodne mikrokrustacee, među koje pripada i dafnija, u istu fiziološku skupinu s astakusom. Neposredna opažanja na dafnijama, međutim, gotovo potpuno nedostaju. Prema nekim navodima (koje taj autor citira), one imaju sposobnost da aktivno apsorbiraju soli, čime bi mogle održavati svoju unutrašnju sredinu na hipertonskom nivou.

Osmotska vrijednost seruma svakako je viša od osmotske vrijednosti zagrebačke vodovodne vode. Sniženje ledišta (Δ) se u serumu kopnenih sisavaca kreće u dosta uskim granicama oko vrijednosti $-0,60^{\circ}\text{C}$. Kod kopnenih ptica redovito je nešto niže, što znači, da je u njih osmotska vrijednost seruma nešto viša nego u kopnenih sisavaca. F. N. SCHULZ i F. v. KRÜGER (1925) daju na temelju proučene literature ove srednje vrijednosti: za konja $-0,566$ (raspon od $-0,56$ do $-0,60^{\circ}\text{C}$), za kunića $-0,6^{\circ}\text{C}$ (raspon od $-0,57$ do $-0,68^{\circ}\text{C}$), a za kokoš $-0,62^{\circ}\text{C}$ (raspon od $-0,6$ do $-0,65^{\circ}\text{C}$). Postoje, dakle, neke manje razlike u osmotskoj vrijednosti između seruma pojedinih životinjskih vrsta, što bi moglo navesti na pomisao, da su i eksperimentalno dobivene razlike u djelotvornosti seruma tih vrsta ovisne o osmotskoj vrijednosti.

Rezultati naših pokusa s otopinama šećera, izotonskima sa serumom pokazali su, da povišena osmotska vrijednost vanjske sredine dovodi do intenzivnog skvrčavanja tijela dafnija, što je znak izvlačenja tekućine iz tkiva. Iz toga bi se moglo zaključiti, da je unutrašnja sredina dafnije hipotonična u odnosu na tu otopinu glukoze, pa prema tome i u odnosu na serum, koji je s tom otopinom izotoničan. U literaturi nismo našli podatke, koji bi govorili o visini osmotske vrijednosti hemolimfe kod dafnija, ali iz ovih pokusa vidimo, da se podaci dobiveni za astakusa ne mogu neposredno primijeniti i na dafnije (*Daphnia pulex*). Naprotiv, skvrčavanje tijela nismo zapazili kod dafnija u serumu. Prema tome mora se pretpostaviti, da nakon unošenja dafnija u serum neke tvari iz seruma bivaju apsorbirane u unutrašnjost organizma i uravnotežuju unutrašnje osmotske prilike s vanjskima isto onako, kao što se to dešava kod astakusa u razrijeđenoj morskoj vodi. Da upravo među tim difuzibilnim tvarima, a ne u osmotskoj vrijednosti, treba tražiti uzroke stimulativnom i toksičnom djelovanju seruma na rad srca dafnija, vidimo iz toga, što srce, koje je skvrčavanjem tijela u otopinama glukoze i saharoze, izotonskima sa serumom, primilo već oblik jedne uzane cijevčice, nije promijenilo ni frekvenciju ni pravilnost svoga ritma.

Difuzibilnost tih tvari potvrđuju i rezultati pokusa s dijalizom seruma, jer su one pokazale sposobnost da prolaze kroz celofansku membranu, pa je vjerojatno, da se to isto zbiva i na živim resorptivnim membranama dafnije.

Od ostalih fizikalno-kemijskih faktora, koji inače igraju značajnu ulogu u održavanju normalnih funkcija organa, došla bi u obzir pri tumačenju opisanih pojava na srcu dafnija i promjena apsolutne kemijske reakcije unutrašnje sredine. Kod sisavaca pH seruma varira u dosta uzanim granicama. Tako FOÀ navodi za serume kunića i konja $\text{pH}=7,32$, dok je QUAGLIARIELLO kod kokoši (pileta) utvrdio vrijednost pH seruma 7,67 (citirano prema: F. N. SCHULZ i F. v. KRÜGER, 1925). Može se pretpostaviti, da takva vanjska sredina mijenja pH unutrašnje sredine dafnija. Međutim kod svih beskralješnjaka, a i nižih kralješnjaka, apsolutna kemijska reakcija krvi podvrgnuta je i normalno velikim varijacijama, koje mogu u nekim slučajevima iznositi i do 800%, a da pritom funkcije

tog organizma ne budu nimalo smetane (H. S. KOŠTOJANC, 1949). E. NAUMANN (1936) štoviše navodi za dafniju (*Daphnia magna*), da može za 24 sata bez vidljivog oštećenja podnijeti sredinu, kojoj je pH 5–13, iako u prirodi živi redovito u vodama, kojih je pH iznad 7. Prema istom autoru mogu one u određenoj mjeri čak i promijeniti pH slabo puferirane vanjske sredine. Stoga je malo vjerojatno, da bi ovakve malene razlike, kakve postoje između vodovodne vode i seruma s jedne strane, a seruma različitih životinjskih vrsta s druge strane, uzrokovala opisano djelovanje seruma na rad srca dafnija.

Isključivši, dakle, fizikalno-kemijske faktore, t. j. osmotsku vrijednost i apsolutnu kemijsku reakciju, preostaje nam još, da uzroke djelovanju potražimo u promjenama kemijskog sastava.

Već su pokusi s dijalizom seruma dali naslutiti, da su uzrokom opisanoj pojavi tvari s malom molekulom. Pokusi s djelomično demineraliziranim serumom, a napose oni s otopinama serumskog pepela, dokazali su pak, da se radi zapravo o djelovanju anorganskih tvari.

Postoji velika razlika u mineralnom sastavu između seruma kralješnjaka i vodovodne vode. Ukupna količina pepela vodovodne vode znatno je manja. U njemu izrazito prevladavaju kalcijeve soli, no unatoč tome koncentracija kalcija još uvijek je manja nego ona u serumu. Naprotiv, u serumu je količina pepela znatno veća i u njemu izrazito prevladavaju natrijeve soli, koje u vodovodnoj vodi dolaze u neusporedivo manjim količinama.

Kako je pokazala E. BERGER (1931), slatkovodni raci (*Eriocheir*, *Astacus*), prebačeni u koncentriraniju otopinu mineralnih soli, primaju u sebe pojedine ione u različitom stupnju i mijenjaju tako svoju unutrašnju sredinu, dok se ne uspostavi određena ravnoteža između unutrašnje i vanjske sredine. Ta se pojava dešava čak i unatoč začepljenju funkcije i analnog otvora, što ukazuje na to, da je i slobodna tjelesna površina u stanju da vrši ulogu semipermeabilne membrane za ione, a ne samo za vodu.

Naši su pokusi bili u prvom redu usmjereni na to, da se utvrdi, kako djeluju pojedini jednovalentni i dvovalentni kationi, koji su u serumu prisutni u većoj koncentraciji, a to su oni natrija, kalija i kalcija.

Istraživanja o fiziološkom djelovanju iona započeta su još u prošlom stoljeću (vidi pobliže: F. BOTTAZZI, 1925) i pokazala su, da izotonske otopine pojedinih soli (NaCl, KCl, CaCl₂) mijenjaju i oštećuju funkcije stanice. U novije vrijeme proširena su ta istraživanja u većoj mjeri i na organizme beskralješnjaka. Tako je E. BERGER (1930) primijetila na sreću račića *Daphnia magna*, da otopina natrijeva klorida povisuje frekvenciju srčanog rada, izaziva aritmije i nakon određenog vremena dovodi srce do zastoja u sistoli; mnogo snažnije djelovanje imala je otopina kalijeva klorida, koja je vrlo brzo dovela srce do ubrzanja ritma i do zastoja u fazi sistole; nadalje autorica spominje, da je u otopinama kalcijeve klorida često opažala dijastolički zastoj. A. E. NEEDHAM (1954) je odabrao za pokusni objekt drugog predstavnika skupine krustacea, —

vodenbaburu (*Asellus aquaticus*). On je našao, da višak kalcijevih iona uzrokuje kod nje usporenje srčanog rada i dovodi konačno do zastoja u dijastoli, dok ga višak kalijevih iona naprotiv ubrzava.

B. J. KRIJGSMAN i G. A. DIVARIS (1955) sumiraju u svojoj monografiji o srčanom automatiji kod mekušaca eksperimentalne rezultate većeg broja autora i dolaze od ovih zaključaka: 1. da višak kalija djeluje stimulatивно, pozitivno hronotropno i pozitivno tonotropno, ali da u većim koncentracijama zaustavlja srce u sistoli; 2. da natrij djeluje stimulatивно nalik na kalij, ali u blažem obliku; 3. da kalcij uzrokuje negativno hronotropno i pozitivno inotropno djelovanje, dok u većim koncentracijama izaziva dijastolički zasto, i 4. da magnezij djeluje nalik na kalcij.

U našim pokusima na vodenbuhama vrste *Daphnia pulex* de Geer djelovala je otopina natrijeva klorida u određenim koncentracijama stimulatивно i toksički na rad srca i zaustavila ga pretežno u dijastoli. Kalij je djelovao još mnogo snažnije stimulatивно i toksički, ali je srce zaustavljao u sistoli. Naprotiv je kalcij djelovao inhibitoryno, usporujući frekvenciju, i zaustavljao srce u dijastoli. Prema tome naši se nalazi o djelovanju pojedinih kationa na srce dafnije gotovo potpuno slažu s navodima drugih autora, koji su radili na drugim, više ili manje srodnim, pokusnim objektima.

U fiziološkim sistemima, — a takav je i serum, — ne dolaze međutim ioni pojedinačno, već u uravnoteženim smjesama, u kojima će doći do izražaja, više ili manje, sve komponente njihova sastava. U takvim smjesama ioni su međusobno funkcionalno povezani sinergističkim i antagonističkim odnosima. Jedna takva smjesa natrijeva, kalijeva i kalcijeva klorida u određenim omjerima omogućava izoliranom srcu žabe normalan rad izvan organizma za duže vrijeme, dok je za srce toplokrvnih organizama potrebna smjesa s drugačijim omjerom komponenata. Slične uravnotežene smjese nadene su i za pojedine grupe beskralješnjaka. Manjak ili višak jedne od sastavnih komponenata takve uravnotežene smjese narušit će odmah postojeću ravnotežu i uzrokovati promjene funkcionalnog stanja odnosno organa.

No u određenim omjerima i koncentraciji ta se sinergistička i antagonistička djelovanja uravnotežuju i takva smjesa ne samo što nema toksično djelovanje, već štaviše održava normalno funkcionalno stanje organa. Za svaku je životinjsku vrstu taj omjer među pojedinim komponentama mineralnog sastava specifičan. To je zapravo onaj omjer, što ga nalazimo u njezinoj tjelesnoj tekućini (otuda je razumljivo, da su se u našim pokusima otopine serumskog pepela pokazale općenito manje toksičnima nego umjetne kationske smjese, u kojima su zastupane samo neke od mineralnih komponenata tjelesne tekućine).

Već smo ranije spomenuli, da postoje znatne razlike u mineralnom sastavu između hemolimfe slatkovodnih rakova, u koje ubrajamo i dafniju, i seruma kralješnjaka. Općenito je omjer $(Na+K):(Ca+Mg)$ viši u krvi kralješnjaka nego u tjelesnoj tekućini beskralješnjaka (vidi: C. L. PROSSER, 1952), a upravo o tom omjeru ovise mnoge funkcije živih sta-

nica i tkiva. Prodiranje pojedinih komponenata mineralnog sastava serumu u tijelo dafnije preko njenih resorptivnih površina izazvat će neminovno jače poremećenje njezine unutrašnje mineralne ravnoteže, što će se odmah odraziti na funkcionalnom stanju pojedinih organa. Ta će promjena funkcionalnog stanja biti to veća, što je poremećaj unutrašnje ravnoteže bio jači.

Koncentracija jednovalentnih iona, a napose kalija, veća je u serumu kralješnjaka nego u hemolimfi slatkovodnih rakova. Usto je njihova brzina prolazanja kroz membrane veća nego ona dvovalentnih iona, pokoravajući se pritom redu $K \rangle Na \rangle Ca \rangle Mg$. Iz tog moramo zaključiti, da pri unošenju dafnije u serum dolazi u prvom redu do povišenja koncentracije jednovalentnih iona u njezinoj tjelesnoj tekućini. Oba ta iona, natrijev i kalijev, djeluju na tkiva općenito stimulatивно, pa nađeno povišenje frekvencije srčanog rada stoji u skladu s time. U našim pokusima naročito se snažnim pokazalo stimulatивно djelovanje kalija na srce dafnija, pa se s tim u vezi postavlja pitanje, nisu li nađene razlike u djelotvornosti serumu različitih životinjskih vrsta vezane upravo uz razlike u koncentraciji kalija u njihovu serumu.

Podaci o mineralnom sastavu serumu, nađeni u literaturi, nažalost su prilično nepotpuni i nesigurni, što nam je realne usporedbe među pojedinih životinjskim vrstama učinilo nemogućim, iako nam nađene razlike u djelovanju među otopinama serumskeg pepela različitih životinjskih vrsta jasno ukazuju na to, da bi takve razlike morale postojati i u mineralnom sastavu. Uzimajući, međutim, iz literature podatke za veće sistematske jedinice, nedvojbeno je, da je koncentracija kalija u serumu ptica viša nego u serumu sisavaca (F. N. SCHULZ i F. v. KRÜGER, 1925). Također je različit za obje životinjske skupine odnos kalija prema natriju, odnosno prema kalciju. Postavimo li te odnose, uzimajući količinu kalija kao jedinicu, i uključimo li Ringerovu otopinu upotrijebljenu u našim pokusima, dobivamo ovu sliku:

	Na : K	Ca : K	Granično razrjeđenje
Serum ptice	5,3 : 1 ↑	0,21 : 1 ↑	1 : 30 ↑
Serum sisavca	20,5 : 1	0,5 : 1	1 : 10
Ringerova otopina	↓ 47,5 : 1	↓ 1 : 1	1 : 5 ↓

Količina, dakle, kalija u odnosu prema količini natrija u serumu raste smjerom od Ringerove otopine prema umjetnoj smjesi kationa za ptice. Istim smjerom raste i količina kalija u odnosu prema količini kalcija. Usporedimo li taj podatak s graničnim razrjeđenjem, u kojem još dolazi do izražaja djelotvornost tih otopina na srce dafnije, to nalazimo pomicanje granice prema većim razrjeđenjima opet u istom smjeru, od Ringerove otopine prema umjetnoj smjesi kationa za pticu. Drugim rije-

čima, što više raste relativna količina kalija prema drugim spomenutim ionima, to se povećava i djelotvornost razrijeđene otopine.

Uzimajući u obzir, da je kalij ujedno onaj od iona, koji najbrže prodiere kroz membrane, to moramo pomisliti, da je gomilanje kalija u unutrašnjosti organizma dafnije svakako važan faktor u izazivanju stimulativnog učinka na srce. No moramo odmah naglasiti, da je koncentracija kalija u serumu sama po sebi nedovoljna da izazove stimulatивно djelovanje na srcu dafnije, ali u smjesi, uz sinergističko djelovanje drugih prisutnih iona, dolazi on jače do izražaja. Na to napose ukazuje činjenica, da srce dafnije stavljene u serum (ili u otopinu pepela, odnosno u umjetnu smjesu kationa, u kojoj ima kalija) počinje raditi sistolički i na kraju zastaje u sistoli. A takvu srčanu reakciju opažamo upravo u otopini kalijeve klorida.

Međutim, količinski daleko najznatniju kationsku komponentu mineralnog sastava seruma sačinjava natrij, koji, kao što smo opisali, ima također stimulatивно djelovanje na srce dafnije (dapače i u koncentracijama mnogo nižim od one u serumu). Prema svemu izgleda, dakle, da natrij daje osnovu stimulativnog djelovanja seruma (a isto tako i svih istraženih umjetnih ionskih smjesa), a kalij to osnovno stimulatивно djelovanje, iako prisutan u veoma malim količinama, modificira u tom smislu, da ono dolazi do izražaja i u znatno većim razrjeđenjima seruma i otopina, u kojima se sam natrij pokazao nedjelotvornim.

Neosporno je, dakle, da je mineralna komponenta serumskog sastava u prvom redu odgovorna za opisano djelovanje seruma kralješnjaka na rad srca dafnija. No treba istaknuti, da je unatoč tome nadena određena razlika u djelovanju između seruma kralješnjaka s jedne, a otopina serumskog pepela i umjetnih smjesa kationa s druge strane. Ta se razlika manifestira u tri pravca: 1. prirast je frekvencije u otopinama serumskog pepela i umjetnim smjesama kationa više manje postepen, dok je u serumu naprotiv nagliji u prvim minutama, 2. u određenom razrjeđenju djelovanje seruma redovito je nešto jače nego ono otopine njegova pepela, pa 3. granično je razrjeđenje seruma redovito nešto veće nego ono otopine njegova pepela. Ove razlike ukazuju na to, da je u serumu vjerojatno prisutna još neka tvar, koja sudjeluje pri izazivanju opisanog učinka, a koje nema u pepelu (a ni u umjetnim kationskim smjesama). Ona naprotiv postoji u dijalizatu, kao što se vidi iz pokusa opisanih u odsječku f). Iz toga proizlazi, da je ta tvar organske prirode i malih molekula (kojima bi kemijski karakter trebalo proučiti). Po svojoj funkciji ona bi djelovala kao modifikator učinka mineralne komponente serumskog sastava na jedan ili više od ovih načina: 1. mijenjajući propusnost živih membrana za određene ione, 2. mijenjajući osjetljivost tkiva prema pojedinim ionima, i 3. djelujući stimulatивно sama ili sinergistički s ionima. Prema tome je razumljivo, da bi razlike u koncentraciji te organske komponente mogle utjecati na intenzitet stimulativnog djelovanja. Naravno bi taj faktor došao u obzir pri razmatranju razlika u djelovanju nerazrijeđenih seruma. Opisali smo naime već, da krivulja po-

rasta frekvencije nema u svim serumima jednak izgled (S. VATOVEC i D. TIMET, 1955). U nekima je prirast frekvencije nagliji i maksimum postignut ranije (kunić, kokoš, kornjača), u drugima opet frekvencija se povećava postepeno i maksimum je postignut kasnije (konj, svinja, šaran). Naprotiv se u otopinama serumskog pepela takve razlike ne opažaju, jer je prirast frekvencije svuda više manje postepen.

Našim je pokusima, dakle, nedvojbeno utvrđeno, da se već manje razlike u kemijskom sastavu, kakve postoje između seruma različitih životinjskih vrsta, mogu odraziti na učinku, što ga taj serum izaziva na srcu dafnija. Dapače, rezultati pokusa daju nam pravo naslutiti, da bi i relativno neznatne promjene u sastavu seruma, prvenstveno mineralnom, koje kod pojedinog individuuma nastaju u toku nekih fizioloških stanja ili poremećaja, — a koje je kemijski često puta teško odrediti, — mogle biti otkrivene na ovaj način. To stvara mogućnost za širu primjenu ovog biološkog testa (nazovimo ga »dafnijijski test seruma«) u kliničko-dijagnostičke svrhe, koju bi svakako trebalo u praksi istražiti.

ZAKLJUČAK

1. Stimulativno i toksično djelovanje seruma kralješnjaka na srce dafnija osniva se u prvom redu na djelovanju mineralne komponente serumskog sastava.

2. Natrijevi i kalijeve ioni djeluju na rad srca dafnija stimulativno, a ioni kalcija inhibitorno.

3. Umjetne fiziološke smjese kationa pokazuju stimulativno djelovanje veoma nalik na ono otopina serumskih pepela.

4. Stimulativno djelovanje otopina serumskih pepela i umjetnih kationskih smjesa gubi se već u slabijim razrjeđenjima nego ono seruma. Naprotiv, dijalizat seruma pokazuje u razrjeđenju gotovo istu granicu djelotvornosti kao i sam serum.

5. Pored mineralne komponente, u serumu ima određenu ulogu u izazivanju stimulativnog učinka i neka organska tvar manjih molekula, koja je termostabilna i djeluje vjerojatno kao modifikator osnovnog mineralnog učinka.

6. Opisani »dafnijijski test seruma« mogao bi se primijeniti u kliničko-dijagnostičke svrhe.

Iz Zavoda za fiziologiju Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

(predstojnik: doc. dr. S. Vatovec)

i Instituta za eksperimentalnu biologiju Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti

(direktor: akademik prof. dr. V. Vouk)

L I T E R A T U R A

- Berger E.* (1930), Unterschiedliche Wirkungen gleicher Ionen und Ionengemische auf verschiedene Tierarten, *Pflüg. Arch. ges. Physiol.* 223, 1-39. - *Berger E.* (1931), Über die Anpassung eines Süßwasser- und eines Brackwasserkrebses an Medien von verschiedenem Salzgehalt, *Pflüg. Arch. ges. Physiol.* 228, 790-807. - *Bottazzi F.* (1925), Das Cytoplasma und die Körpersäfte, U: H. Winterstein, *Handb. vergl. Physiol.*, B. I., Jena. - *Bukatsch F.* (1938), Über den Einfluss der natürlichen Radioaktivität des Gasteiner Thermalwassers auf den Herzschlag der Daphnien, *Radiologica* 3, 55-64. - *Koštojanc H. S.* (1949), Osnovi uporedne fiziologije, I., Beograd. - *Krijgsman B. J. & Divaris G. A.* (1955), Contractile and pacemaker mechanisms of the heart of molluscs, *Biol. Rev.* 30, 1-38. - *Murali A. v.* (1948), Einführung in die praktische Physiologie, Berlin/Heidelberg. - *Naumann E.* (1936), Einige Bemerkungen über die Abhängigkeit der *Daphnia magna* von dem pH-Standard des Wassers unter experimentellen Bedingungen, *Cit. po: Ber. ges. Physiol.* 89, 292. - *Needham A. E.* (1954), Physiology of the heart of *Asellus aquaticus*, *Nature*, 173, 272. - *Prosser C. L.* (1952), Comparative Animal Physiology, Philadelphia/London. - *Schulz F. N.* (1925), Das Blut der wirbellosen Tiere, E/Crustaceen, U: H. Winterstein, *Handb. vergl. Physiol.*, B. I., Jena. - *Schulz F. N. & Krüger F. v.* (1925), Das Blut der Wirbeltiere, U: H. Winterstein, *Handb. vergl. Physiol.*, B. I., Jena. - *Schwabe E.* (1933), Über die Osmoregulation verschiedener Krebsen (Malacostracen), *Cit. po: Ber. ges. Physiol.* 74, 633-634. - *Timet D.* (1953), Studije o fervornom efektu na životinjskim organizmima, I. O utjecaju fervorizirane vode na rad srca dafnija, *Rad Jug. akad. znan. umj.* 292, 169-179. - *Vatovec S. & Timet D.* (1952), O djelovanju seruma kralješnjaka na rad srca dafnija, I. *Rad Jug. akad. znan. umj.* 289, 207-219. - *Vatovec S. & Timet D.* (1955), O djelovanju seruma kralješnjaka na rad srca dafnija, II. Razlike u aktivnosti seruma različitih životinjskih vrsta, *Rad Jug. akad. znan. umj.* 305, 79-89.

S. Vatovec and D. Timet

ON THE INFLUENCE OF VERTEBRATE SERA ON THE HEART-BEAT OF DAPHNIAS

III. ACTIVE COMPONENTS IN SERUM

(with 8 Figures and 7 Tables)

Our foregoing investigations (S. VATOVEC & D. TIMET, 1952; 1955) demonstrated that vertebrate sera produce a stimulative and toxic effect on the heart-beat of water-fleas (*Daphnia pulex* de Geer). The stimulative effect, which involves an increase of the heart frequency, is perceptible even in diluted sera. In different individuals of the same species the limit of this serum activity is always reached with the same dilution, but in individuals of different species this limit lies at different, characteristic levels.

In this report the possible causes of these effects will be discussed.

METHODS AND RESULTS

The material and methods were the same as in our previous work.

a) *Osmotic Pressure*

In order to avoid any possible influence produced by inorganic ions, solutions of glucose and sucrose were used in concentrations corresponding to the osmotic value of human blood, this being nearly of the same value as that found in our experimental animals (i. e. 5.4% solution of glucose and 10% solution of sucrose, according to A. v. MURALT, 1948).

The stimulative effect of vertebrate sera could not be reproduced by means of this procedure. Instead, 20–35 minutes after the arrival of the Daphnias into the solution, shrivelling of their body appeared, and their heart finally looked as a thin tube, but still beating regularly and with no change in its frequency. Solutions diluted 1:5 did not produce this effect.

b) *Dialysis*

Experiments were carried out in two directions:

Firstly, 3–5 cc. of rabbit and cattle serum were dialyzed against 500 cc. of distilled water during 2–5 days. As a result of this procedure the serum lost its stimulative and toxic effect on the heart of the *Daphnias* (see Tab. 1).

Secondly, a sample of the serum was dialyzed for 3–4 days against an equal or manifold quantity of distilled water (ratios: 1:1, 1:4, 1:9, 1:14, 1:19), so that the final concentrations of the diffusible serum component on both sides of the membrane corresponded to certain dilutions of sera used in our previous investigations (ratios: 1:2, 1:5, 1:10, 1:15, 1:20). Following this procedure, the activity of the serum decreased and the external liquid assumed a stimulative effect, both in conformity with the degree of dilution of the diffusible serum component (see Fig. 1).

In addition, the effects of diluted sera were compared with the effects of serum dialyzate involving the same concentration of the diffusible serum component. Experimental results obtained with rabbit serum are to be seen in Fig. 2. The activity of serum dialyzate seems to be a little weaker, and it disappears earlier (1:20) than the activity of the diluted serum (1:25).

c) *Activity of Serum Ashes*

A sample of the serum investigated was evaporated and subsequently heated to 600°C. Then distilled water was added to the ashes in sufficient quantity to re-establish the previous volume of the sample. Hence dilutions were made in the same manner and in the same ratio as it was done with the sera themselves. Horse, rabbit and chicken sera were used, since they represent three distinct degrees of serum activity.

These experiments again demonstrated a stimulative and toxic effect, but a certain difference was found with regard to such effects produced by corresponding sera (as is to be seen in Fig. 3 and Tab. 2). The curve representing the activity of serum ashes does not climb rapidly but only gradually, since during the first 5 minutes after the arrival of the *Daphnias* into the solution the heart frequency gains nearly as much as during the following intervals of same duration. Consequently, the maximal heart frequency is reached a little later than in the corresponding serum, and at the same time it is a little inferior to the latter. The difference is visible best of all in chicken, to a lesser degree in other experimental animals. On the other hand, the toxic effect is nearly the same in the vertebrate sera as in the solutions of their ashes (as presented in Tab. 3).

The diluted solutions of serum ashes manifest a similar, although a little weaker, activity than the diluted sera of the same species (see Fig. 4). The slightest difference was found in horse, the greatest in chicken.

The quantity of serum ashes does not correspond to the effect produced (as is seen in Tab. 2).

d) *The Activity of the Partially Demineralized Serum*

For this purpose rabbit serum was passed through an amberlite IR 100 filter of about 120 mm. height. In consequence of this procedure the serum's pH changed from 8.4 to 7.7, i. e. the mineral ions in the serum were partially substituted by hydrogen ions.

In the demineralized serum, as shown in Tab. 4, the heart frequency increased more slowly and more gradually than in the non-demineralized control sample. But, on the other hand, in the demineralized serum the *Daphnia's* heart stopped to beat much earlier than in the non-demineralized sample. In addition, irregularities in the heart-beat appeared (arrhythmiae, partial contractions of the heart-muscle) and a diastolic standstill too was noticed. Accordingly, the stimulative effect of the serum was weakened through demineralization, while the toxic effect was increased.

In dilutions the demineralized serum loses its activity earlier than the non-demineralized one. While the non-demineralized sample diluted 1:20 still provoked a clear increase of the *Daphnia's* heart-beat (+13%), the demineralized sample of the same serum showed a hardly noticeable effect already in the dilution 1:15 (+7%).

e) *Effects of Inorganic Salts*

First, solutions of sodium, potassium and calcium chloride were applied in concentrations isotonic with mammalian sera (i. e. NaCl 0.95%, KCl 1.22%, CaCl₂ 1.29%, — according to A. v. MURALT, 1948). The results are presented in Fig. 5.

The isotonic solution of sodium chloride has a stimulative and toxic effect. Its stimulative effect resembles much the effects produced by solutions of serum ashes. On the other hand, its toxic power is stronger; in our experiments it provoked arrhythmiae already in 15–20 minutes and a diastolic heart-standstill in approximately 51 minutes (range: 19–88 minutes) after the arrival of the *Daphnias* into the solution. The isotonic solution diluted 1:2 also increases the heart frequency, although a little more slowly. The toxic effect is somewhat weaker, and the first heart-standstill was not noted before the 85th minute. In more diluted solutions there was no toxic effect, while the stimulative effect disappeared at the ratio of 1:15.

The isotonic solution of potassium chloride manifests an especially strong toxic effect. The systolic standstill of the heart-beat appeared already between the 3rd and the 6th minute after the arrival of the *Daphnias* into the solution. For this very reason measuring of the heart frequency could not be performed as usual every 5 minutes, but an increase was observed already within the very first minutes (amounting to about 33% within the first 3 minutes). This toxic effect is present also in diluted solutions, as represented in Tab. 5. It was demonstrable even in dilution 1:46, i. e. nearly in that concentration which is usually found in vertebrate sera. On the other hand, the stimulative effect disappears much earlier. It is fairly weakened in a 1:10 dilution (increasing the heart frequency only 16%) and completely absent in dilutions 1:15.

Solutions of calcium chloride show an inhibitory effect, slowing down the heart frequency. In isotonic solution this retardation of the heart frequency is well developed already after 5 minutes; in diluted solutions it gains more gradually, but in a 1:15 dilution the final retardation is still considerable. This effect disappears in a 1:25 dilution, i. e. in a concentration which is still above the normal concentration of calcium salts in the vertebrate sera. The toxic effect of the isotonic solution is a very strong one. Arrhythmiae appear already after 5 minutes, but in spite of that the diastolic standstill was not observed before the end of the first hour. These changes in the heart-beat appear in 1:10 and 1:15 dilutions.

Later on isotonic mixtures of mineral salts were studied.

Ringer's solution produces a gradual increase of the heart frequency, but already 15 minutes after the arrival of the *Daphnias* into the solution toxic changes appear which result very soon in a standstill, mostly systolic (see Tab. 6). The stimulative effect can be observed better in more diluted solutions, as shown in Fig. 6. It disappears in a 1:10 dilution.

The artificial mixture of cardinal inorganic serum components for Mammals (8.228 gm. NaCl, 0.423 gm. KCl, 0.238 gm. CaCl₂, 0.098 gm. MgCl₂ in 1000 cc. H₂O) is not of the same virulence as Ringer's solution, coming in this regard nearer to solutions of serum ashes, although its toxic effect still seems to be a little stronger than theirs (see Tab. 6). The stimulative effect is nearly the same as in serum ashes; it disappears with a 1:15 dilution (see Tab. 7).

The artificial mixture of cardinal inorganic serum components for birds (7.582 gm. NaCl, 1.468 gm. KCl, 0.327 gm. CaCl₂, 0.191 gm. MgCl₂ in 1000 cc. H₂O), according to its effect, greatly resembles the serum ashes of chicken serum. Toxic symptoms, as well as the systolic standstill, appear in both solutions nearly at the same time. Only the heart frequency increases somewhat more slowly, so that the maximum va-

lues are a little lower (see Tab. 6). But in diluted solutions there is no difference, and the stimulative effect disappears in the same dilution for both, i. e. 1:40 (see Tab. 7).

Finally, we studied the influence produced by removing, diminishing or increasing some inorganic component. The modifications in the artificial mixture of cardinal inorganic serum components for Mammals were introduced as follows: 1) Calcium and magnesium salts were completely removed (solution Na + K), 2) Magnesium salts were removed and the calcium concentration was reduced by one half (solution Na + K + $1/2$ Ca), 3) The potassium concentration was tripled, and calcium and magnesium salts removed (solution Na + 3×K). All three solutions are more toxic than the original artificial mixture, but especially toxic seems to be the solution Na + K, which provokes the heart standstill within approximately 40 minutes. With regard to stimulative effect, the solution Na + 3×K comes very near to the vertebrate sera, because it produces a rapid increase of the heart frequency during the first 5 minutes (see Fig. 7).

f) *The Influence of the Organic Component*

There is a remarkable difference between the curves representing the increase of the heart frequency in vertebrate sera and the other curves representing the same change in solutions of serum ashes or in various artificial mixtures of inorganic salts, the first-mentioned group showing a rapid gain of the heart frequency during the first minutes. Such difference might well result from an organic component of the vertebrate sera.

In order to prove whether proteins contribute to this difference, the following experiments were carried out:

1) A small amount of rabbit serum (3 cc.) was dialyzed against a large quantity of distilled water (500 cc.) for 48 hours. In this way the serum was made inactive. Thereupon, during a further 48 hours, this inactive serum was dialyzed again, this time against a large quantity (500 cc.) of artificial mixture of cardinal inorganic serum components for Mammals. Owing to this procedure the inorganic ions were re-introduced into the serum, nearly in the same concentration as present in the artificial mixture. In consequence of this treatment, the stimulative and toxic activity of the serum was re-established, but now both were resembling the same effects of the artificial ionic mixture.

2) The same procedure was employed as in 1), only the solution of serum ashes was used instead of the artificial ionic mixture. In this case the serum regained its activity, but this time it resembled the activity of serum ashes.

On account of these two experiments the influence of serum proteins could be ruled out.

Therefore, the organic active component had to be searched in the dialyzate. For this purpose a small quantity of serum (3 cc.) was dialyzed during 48 hours against a somewhat greater quantity of distilled water (12 cc.) Thereupon the outside liquid was dried at room temperature and the residue dissolved in a sufficient quantity of distilled water to re-establish the previous concentration of diffusible components in the serum. This solution reproduced the serum's effect to the full. By boiling the solution for a short time, its effect showed no change, by boiling it for 90 minutes it was only a little diminished; but only a short heating of the dry residue was sufficient to reduce the activity to the level of serum ashes (see Fig. 8).

DISCUSSION

When analyzing the effects produced by vertebrates sera, two circumstances must be taken into account, i. e. 1) the difference which exists between vertebrate sera and the natural habitat of Daphnias, and 2) the difference which exists between the body fluid of Daphnias and that of Vertebrates, both differences involving physical properties and chemical constitution.

Under normal conditions fresh-water crustaceans as well as fresh-water Invertebrates in general are certainly hypertonic in relation to their habitat (F. N. SCHULZ, 1925). When they are put into a more concentrated solution of inorganic salts their internal concentration rises, and only in higher concentrations (50% sea water) it becomes isotonic or slightly hypotonic. C. L. PROSSER, 1952) assigns the same attribute to Daphnias and produces some evidence, indicating that these animals absorb salts actively.

The osmotic pressure is undoubtedly higher in sera than in tap-water. In terrestrial Mammals the serum's Δ is approximately -0.60°C , and in terrestrial birds it is even lower (see: F. N. SCHULZ & F. v. KRÜGER, 1925).

Our experiments carried out with isotonic solutions of glucose and sucrose showed an intense shrivelling of the Daphnias' bodies, thus confirming the influence of the existing difference in osmotic pressure. But in sera we observed no shrivelling. Therefore it must be presumed that some serum components are absorbed which adjust internal and external osmotic conditions to the same level.

But there is another physico-chemical factor that ought to be taken into consideration: the pH. In Mammals and birds the serum's pH varies within very close limits (see: F. N. SCHULZ & F. v. KRÜGER, 1925). On the other hand, in all Invertebrates, as well as in lower Vertebrates, the

pH of the blood varies within wide limits, sometimes even up to 800‰, and still these considerable variations do not influence the vital functions of the organism (H. S. KOŠTOJANC, 1949). E. NAUMANN (1936) reports that *Daphnia magna* suffers no perceptible injury even when exposed for 24 hours to pH variations from 5 to 13 (although usually living in waters having their pH above 7). Hence, it seems unlikely that the insignificant difference in pH which exists between tap-water and serum on the one hand, as well as between different vertebrate sera on the other, could produce serum effects in the heart function of *Daphnias*.

The fact which was formerly mentioned, i. e. that in isotonic solutions of sugars the heart of *Daphnias* beats regularly and with no change in its frequency — even when looking like a thin tube — suggests that the unknown agent responsible for the stimulative and toxic effect of vertebrate sera should be sought among the diffusible components of the serum. Experiments on dialysis, as well as those carried out with the partially demineralized serum and with solutions of serum ashes, are in support of this suggestion.

The results obtained with isotonic solutions of inorganic salts are quite in conformity with the foregoing reports on other crustaceans, such as the *Daphnia magna* (E. BERGER, 1930) and the *Asellus aquaticus* (A. E. NEEDHAM, 1954), as well as on molluscs (B. J. KRIJGSMAN & G. A. DIVARIS, 1955).

In living cells and body fluids inorganic salts are present in well-defined concentrations and in stable mutual relations. For the animal in question this »physiological« solution of inorganic salts is not only without any toxic effect, but it also maintains adequate conditions for the vital functions. For this very reason probably artificial isotonic mixtures of inorganic salts showed in our experiments on *Daphnias* somewhat stronger toxic effects than solutions of serum ashes containing all physiological mineral components.

There is a clear difference as regards the mineral compound between the blood of crustaceans and vertebrate sera. In a general way, the ratio $(Na+K) : (Ca+Mg)$ shows higher values in vertebrate sera than in the body fluids of the Invertebrates (see: C. L. PROSSER, 1952). The penetration of particular mineral components of the serum into the body of *Daphnia* through its absorptive surface leads undoubtedly to disturbances in the internal ionic equilibrium, and as a result the cellular functions undergo certain changes.

In vertebrate sera higher concentrations of univalent ions were found, especially as regards potassium, than in the blood of crustaceans. Besides, univalent ions permeate the absorptive membranes more quickly according to the succession $K > Na > Ca > Mg$. This circumstance suggests that after the arrival of the *Daphnias* into the serum an increase in the concentration of univalent ions occurs in their body fluids. Since both

of them (and especially potassium) manifest stimulative activity, the consequent increase in the heart frequency is easy to understand.

The actual concentration of sodium ions in the serum certainly surpasses widely that of potassium. Thus sodium seems to be the principal source of the stimulative activity of the serum. Potassium ions, although present only in very small amounts and for this very reason incapable by themselves to produce any stimulative effect, intensify the activity of sodium, so that its effect appears even in sodium concentrations which are inactive when occurring alone.

Consequently, the mineral component of the serum is responsible for the effect which the sera produce on the heart-beat of *Daphnias*. But in spite of that a clear-cut difference was observed between vertebrate sera on the one side, and serum ashes and artificial mixtures of inorganic salts on the other: 1) in solutions of serum ashes, as well as in artificial mixtures of inorganic salts, the heart frequency increases gradually, while in sera it rises rapidly during the first minutes; 2) diluted sera manifest a little stronger stimulative activity than the same dilution of serum ashes; and 3) the limes of serum activity is ordinarily reached in a somewhat greater dilution than that of its ashes. These facts suggest that another active component exists in the serum which is absent in the serum ashes. It is present in the dialyzate, as is seen from the experimental results described in part f). Accordingly, the hypothetic substance should be of organic nature and of small molecules. Its effect could probably be in modifying the activity of the mineral serum component, for which three possibilities are present: 1) this substance changes the permeability of living membranes for single ions, 2) it changes the susceptibility of various tissues for single ions, and 3) it acts stimulative by itself or in co-operation with ions.

The results exposed in this report suggest that slight changes in the serum compound, such as occur owing to different physiological and pathological conditions, could be detected by this procedure. Consequently, the possibility appears to employ this method («daphnian test of serum») for various clinical and diagnostic purposes. It would therefore be of much use to introduce the necessary investigations in that direction.

SUMMARY

1) The stimulative and toxic effect of vertebrate sera on the heart-beat of the *Daphnia pulex* is based on the activity of the mineral component.

2) Sodium and potassium ions have a stimulative effect on the heart-beat of *Daphnias*, while calcium ions have an inhibitory effect.

3) Artificial mixtures of inorganic salts produce a stimulative effect which is very similar to that of serum ashes.

4) The limes of serum activity is ordinarily reached in somewhat greater dilutions than that of serum ashes and of artificial mixtures of inorganic salts. The activity of serum dialyzate is nearly the same as that of the serum.

5) Besides the mineral component, an organic substance of small molecules co-operates in modifying the primary mineral effect.

6) The possibility was discussed to use the described »daphnian test of serum« for clinical purposes.

*From the Physiological Institute, Veterinary
Faculty, University of Zagreb
(Head: Lecturer S. Vatovec)
and the Institute for Experimental Biology
of the Yugoslav Academy of Sciences and Arts
(Director: Academician V. Vouk)*

S. VATOVEC I D. TIMET

PRIMJENA DAFNIJSKOG TESTA U ANALIZI
HEMOLIMFE VINOGRADSKOG PUŽA (*HELIX
POMATIA L.*) S OBZIROM NA NJEGOVA
FUNKCIONALNA STANJA

(Primljeno za štampu u sjednici Odjela za prirodne nauke od 30. V. 1957.)

U posljednjem našem radu (S. VATOVEC I D. TIMET, 1959) ukazali smo na mogućnost, da bi se tzv. »dafnjijski test seruma« mogao upotrebiti za određivanje različitih fizioloških ili patoloških stanja kod pojedinih individuuma neke određene životinjske vrste.

Postoje mnoge životinje, koje periodički mijenjaju svoje fiziološko stanje s obzirom na godišnje doba. Neke od njih pokazuju godišnje fazu pune aktivnosti preko ljeta, a fazu mirovanja uz reduciranje svih svojih životnih funkcija zimi. Jedan je od takvih organizama vinogradski puž (*Helix pomatia L.*), pa smo zato odabrali njega, da bismo provjerili našu pretpostavku.

RAD

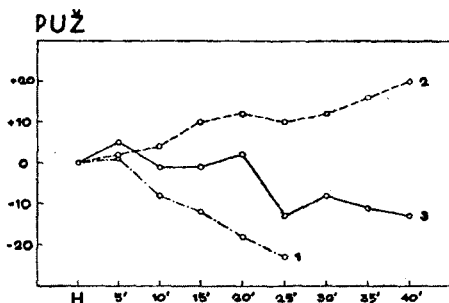
Puževi su nahvatani u prirodi u ranu jesen i smješteni u terarij s dovoljno zemlje, vlage i raslinja, te su redovno primali zelenu hranu. Terarij se nalazio u prostoriji koja je stalno bila u otvorenoj vezi s vanjskim uzduhom i koja nije bila zimi ložena. Prema tome su klimatski uvjeti bili približni onima u slobodnoj prirodi. Pod tim uvjetima, kasnije u jesen mjeseca oktobra puževi su se ukopali u zemlju, zatvorili ulaz u svoju ljušturu epifragmom i utonuli u zimski san. To je mirovanje trajalo sve do toplijih dana mjeseca maja, kad su odbacili epifragmu i počeli se kretati po terariju.

Hemolimfa je uzimana u tri navrata: u oktobru, čim smo primijetili prve znakove smirivanja njihovih aktivnosti, zatim za vrijeme dubokog sna u februaru i napokon, nakon buđenja u mjesecu maju. U tu svrhu izvršena je punkcija njihova srca kroz prozorčić učinjen u ljušturi i hemolimfa kroz iglu ispuštena u epruvetu. Prosječno je dobiveno od svako puža 1-1,5 cm³ hemolimfe, što je dovoljno za izvođenje pokusa na

jednoj seriji od 5 dafnija. Hemolimfa nije centrifugirana, već primije-
njena u svom izvornom obliku (zajedno s korpuskularnim elementima,
koji zbog svoje malobrojnosti nisu ometali opažanja).

Postupak s dafnijama i registracija srčanog rada bili su isti kao u na-
šim ranijim radovima (S. VATOVEC i D. TIMET, 1952).

Rezultati tih pokusa prikazani su na slici i tabeli 1. Iz njih se u
prvom redu vidi, da su promjene u frekvenciji srčanog rada dafnija,
nastale nakon njihova unosa u hemolimfu puža, relativno malene.
Nadalje, učinak je bio različit u različitim godišnjim fazama. Hemolimfa
izvađena za vrijeme punog zimskog sna (februar) uzrokovala je prosječni



Promjene u frekvenciji srčanog rada dafnija stavljenih u hemolimfu vinogradskog puža. Hemolimfa izvađena: 1. potkraj oktobra, 2. u februaru, 3. u maju. Na apsisci je nanoseno vrijeme u minutama, a na ordinati promjena frekvencije izražena brojem pulzacija na minutu (srednja frekvencija u preperiodu uzeta je kao 0). H označuje moment stavljanja dafnija u hemolimfu. Krivulje 1 i 3 su srednja vrijednost iz 3 serije od po 5 dafnija, a krivulja 2 iz 5 serija s istim brojem dafnija.

*Changes in the heart frequency of water-fleas (*Daphnia pulex*) after their arrival into the haemolymph of *Helix pomatia* L. Haemolymph taken out: 1) at the end of October, 2) in February, 3) in May. The frequency (ordinate) is expressed by the number of pulsations per minute (mean-frequency in tap-water = 0). H = *Daphnia's* arrival into the haemolymph. Results in curves 1 and 3 are the mean values from 3 series, and in curve 2 from 5 series, each series containing 5 *Daphnia's*.*

porast frekvencije srca u visini od 120%. Međutim, nisu sve dafnije u pokusima reagirale. Od ukupno njih 25, koliko ih je upotrebjeno, reagiralo ih je samo 15, neke čak i s visokim povišenjem frekvencije (+ 80 pulzacija u minuti), a 10 ih nije uopće reagiralo. Polovica od tih posljednjih otpada na pokus s hemolimfom jednog manjeg puža, tako da u toj hemolimfi nijedna dafnija nije reagirala, pa prema tome ni cijela serija (tabela 1, broj 7). Naprotiv hemolimfa izvađena neposredno prije pada-
nja u zimski san (oktobar), kao i neposredno iza buđenja iz uje-
ga (maj), uzrokovala je usporenje srčanog rada. Ono je bilo nešto jače

Tab. 1

Promjene u radu srca dafnija stavljenih u hemolimfu vinogradskog puža (*Helix pomatia L.*)
 Changes in the heart-beat of water-fleas (*Daphnia pulex*) after their arrival into the haemolymph of *Helix pomatia L.*

Redni broj Experim. No.	Mjesec pokusa Month	Broj dafnija (individuals)	Sred. vrijedn. u pretpetperiodi Mean frequency in tap-water	Frekvencija u hemolimfi iza Heart frequency in haemolymph after								Pojava aritmija u Arrhythmias observed after
				5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	
				1.	X.	5	128	128	119	115	113	
2.	X.	5	119	123	112	107	100	98				30'
3.	X.	5	185	186	180	178	168	155	140	137	131	60'
4.	II.	5	171	170	176	176	177	172	173	176	184	nema - lacking
5.	II.	5	181	183	181	186	188	190	196	204	212	nema - lacking
6.	II.	5	155	160	164	174	180	173	182	181	185	nema - lacking
7.	II.	5	170	172	174	172	172	168	163	168	169	nema - lacking
8.	II.	5	173	175	177	191	192	195	196	202	202	nema - lacking
9.	V.	5	129	134	124	126	136	126	128	122	120	61'
10.	V.	5	170	165	166	168	165	160	151	145	139	43'
11.	V.	5	126	141	132	128	136	129	123	126	127	40'

izraženo u prvom slučaju, kad je već u 25. minuti doseglo 19% (dalja registracija obustavljena je u 2 serije zbog pojave aritmija), a u drugom je slučaju iznosilo nakon 40. minute 10% (u posljednjem slučaju, u dvije serije (tabela 1, broj 9 i 10.) sve su-đafnuije reagirale usporenjem srčanog rada, a u trećoj su (tabela 1, broj 11) tako reagirale samo dvije, jedna nije uopće reagirala, a preostale dvije su čak ubrzale rad srca).

Sistolčki način srčanog rada nije primijećen ni u jednom slučaju. Također nije zabilježen ni zastoj srca u toku prva dva sata nakon unošenja dafnija u hemolimfu (koliko su trajala naša opažanja). No u slučajevima usporenja srčanog rada zapažene su vrlo često aritmije (bigemijnija, nepotpune sistole, parcijalne kontrakcije srčanog mišića, povremeno zastajanje srca u dijasboli). Naročito su se rano pojavile te nepravilnosti pod utjecajem hemolimfe, koja je izvađena neposredno pred zimski san (već u 30. minuti). Naprotiv, tih pojava nije uopće bilo u hemolimfi izvađenoj usred zimskog sna, a to je ona, koja je izazivala lagano ubrzanje srčanog rada.

DISKUSIJA

Rezultati tih pokusa s hemolimfom vinogradskog puža pokazuju, dakle, očitu razliku prema onima, što smo ih dobili sa serumima kralješnjaka (S. VATOVEC i D. TIMET, 1952; 1955). Naročito se zapaža, da hemolimfa, za razliku od seruma kralješnjaka, izaziva pretežno usporenje srčanog rada, dakle, učinak sasvim suprotan onom seruma. Izuzetak čini hemolimfa izvađena u razdoblju dubokog zimskog sna, koja uzrokuje povišenje frekvencije, ali vrlo neznatno, otprilike onakvo, kakvo su uzrokovali serumni kralješnjaka u svom graničnom razrjeđenju. Također, u serumu nismo nikada zapazili aritmije, koje u hemolimfi dolaze neobično snažno do izražaja. No treba istaći, da su se te aritmije pojavljivale samo u hemolimfi, koja izaziva bradikardiju (a to je ona izvađena u fazama aktivnosti puža). Napokon, razlika je i u tome, što nijedan zastoj srčanog rada nije u hemolimfi primijećen u onom vremenskom razdoblju, u kojem su u serumu već sva srca mirovala u sistoli.

Prema našim ranijim iskustvima sa serumom kralješnjaka trebalo bi uzroke tih razlika u učinku potražiti prvenstveno u kemijskom sastavu hemolimfe.

Hemolimfa puža svakako se u mnogim pojedinostima svog kemijskog sastava razlikuje od seruma kralješnjaka. Tih razlika ima, kako u organskom, tako i u mineralnom sastavu. U prvom redu, količina pepela, do-bivenog žarenjem hemolimfe, manja je od one dobivene žarenjem seruma (u našim pokusima izvršenim za vrijeme zimskog sna kretala se oko 0,67%). B. LUSTIG, T. ERNST i E. REUSS (1937) pokazali su da je u ljetnoj hemolimfi (izvađenoj krajem juna) količina natrija manja (137 mg), a kalcija veća (16,6 mg), a naprotiv nađene vrijednosti za kalij i magnezij približno su jednake onima u sisavaca ($K = 18,4$ mg, $Mg =$

1,9 mg). Na početku zimskog sna (krajem oktobra i početkom novembra), međutim, hemolimfa pokazuje drugačiji sastav. Količina je natrija u njoj nešto više nego u ljetnoj hemolimfi (158 mg), a količina kalcija i magnezija znatno je povećana (Ca = 26,2 mg, Mg = 4,9 mg); nivo kalija je približno nepromijenjen (18,2 mg).

U citiranim podacima nalazimo, dakle, dovoljno uporišta za pretpostavku, da u razlikama mineralnog sastava treba potražiti uzroke razlika u učinku između seruma kralješnjaka i hemolimfe vinogradskog puža s jedne strane, a između pojedinih uzoraka hemolimfe, uzetih u različito godišnje doba, s druge strane.

Manja sveukupna količina soli u hemolimfi, a napose glavne stimulativne komponente natrija, i povećanje inhibitorne komponente – dvovalentnih iona – u skladu su s općenitim iščezavanjem stimulativnog učinka. Odnos tih dviju antagonističkih skupina iona, jednovalentnih naprama dvovalentnima, nije međutim kod puža stalan kroz čitavu godinu. On se mijenja, kao što se vidi iz citiranih analiza, u vezi s godišnjim promjenama aktivnosti njegovih životnih funkcija. Na početku zimskog sna (krajem oktobra – početkom novembra) nedvojbeno je povišena frakcija dvovalentnih iona (Ca, Mg), od kojih naročito poraste magnezij (za 158⁰), a upravo on je vjerojatno jedan od faktora, koji uvjetuju zimski san.

Kao što je pokazao N. GOLJACHOWSKI (1932), učinak magnezija na žablje srce sastoji se u pojačavanju njegove osjetljivosti na kalcij uz istodobno smanjenje osjetljivosti na kalij. Prema nizu autora, koje on citira, magnezij usporava ritam srčanog rada, produbljuje dijasolu, izaziva aritmije i napokon zaustavlja srce u dijasoli. U novije vrijeme B. J. KRIJGSMAN i G. A. DIVARIS (1955), sumirajući radove većeg broja autora, koji su istraživali rad srca u mekušaca, zaključuju, da magnezij djeluje nalik na kalcij i ima negativno kronotropno djelovanje na srce. Taj se zaključak slaže i s našim nalazom kod dafnija (S. VATOVEC i D. TIMET, 1959), gdje je otopina kalcijeva klorida imala izrazito negativno kronotropno djelovanje, izazivala aritmije i konačno zaustavljala srce u dijasoli.

Sve te pojave mogli smo zabilježiti u našim pokusima s hemolimfom puža izvađenom na početku zimskog sna, a i (premda u manjoj mjeri) s onom izvađenom nakon buđenja iz zimskog sna. Pod utjecajem te hemolimfe srce dafnija je usporavalo svoj rad i već relativno rano pokazivalo aritmije. Prema tome, izazvani negativno-kronotropni učinak i pojava aritmija osuivali bi se vjerojatno na povišenoj koncentraciji spomenutih dvovalentnih iona u hemolimfi puža u odnosno godišnje doba.

U tabeli 2 izračunati su iz podataka u literaturi odnosi između frakcije glavnih jednovalentnih iona i one glavnih dvovalentnih iona u tjelesnoj tekućini puža i kunića. Odmah se zapaža snažno prevladavanje frakcije jednovalentnih iona u serumu kunića, a taj je omjer u hemolimfi puža (barem u analiziranim razdobljima) 4–6 puta niži. U prvom slučaju mora se na srce dafnija snažnije odraziti stimulativna kompo-

Tab. 2

Kvantitavni odnos natrija, kalija, kalcija i magnezija u hemolimfi vinogradskog puža i serumu kunića
 Relations of sodium, potassium, calcium and magnesium contents in the haemolymph of *Helix pomatia* L. and in rabbit serum

	Količina u mg % Constituents (mg. per 100 ml.)						(Na+K):(Ca+Mg)
	Na	K	Na+K	Ca	Mg	Ca+Mg	
Hemolimfa puža (VI. mj.) ¹ Haemolymph ¹ (June)	137.0	18.4	155.4	16.6	1.9	18.5	8.3 : 1
Hemolimfa puža (X/XI. mj.) ¹ Haemolymph ¹ (Oct./Nov.)	158.0	18.2	176.2	26.2	4.9	31.1	5.6 : 1
Serum kunića ² Rabbit serum ²	326.3	21.5	347.8	8.3	2.7	11.0	31.6 : 1

1. Po: B. Lustig, T. Ernst i E. Reuss (1937).

1. Acc. to: B. Lustig, T. Ernst i E. Reuss (1937).

2. Po: F. N. Schulz i F. v. Krüger (1925).

2. Acc. to: F. N. Schulz i F. v. Krüger (1925).

nenta (Na + K), u drugom je ona potisnuta inhibitornim djelovanjem kalcija i magnezija. Frakcija dvovalentnih iona naročito je izražena u razdoblju krajem oktobra i početkom novembra, kad puž pada u zimski san i kad je inhibitorno djelovanje njegove hemolimfe najjače. Manja je u razdoblju, kad se životinja probudila iz zimskog sna, ali i tada inhibitorno djelovanje na srce dafnija još uvijek prevladuje nad stimulativnim, samo u smanjenom opsegu i aritmije se javljaju mnogo kasnije. Podudaranje analitičkih podataka o mineralnom sastavu i rezultata dobivenih našim biološkim testom prema tome je vrlo dobro.

Jedino usred zime, u februaru, utvrdili smo dafniskim testom neko manje stimulativno djelovanje hemolimfe. Za to razdoblje nedostaje nam, međutim, u literaturi kemijska analiza hemolimfe. Iz onog, što je utvrđeno našim prijašnjim iskušavanjem tog testa nameće se pretpostavka, da je u tom razdoblju omjer jednovalentnih iona prema dvovalentnima veći, nego što je dokazano kemijskom analizom za hemolimfu u zimskom snu. Iz toga jasno izlazi, da se kemijska analiza zimske hemolimfe, izvršena krajem oktobra i početkom novembra, ne može primijeniti i na kasnije razdoblje zimskog sna.

Postavlja se s pravom pitanje, nije li baš porast natrija i kalija, uz istodobno smanjenje kalcija i magnezija, u vezi s kasnijim buđenjem iz zimskog sna, s obzirom na to, da je to buđenje zapravo znak slabljenja inhibitornog utjecaja magnezija na životne funkcije puža. Nama se čini, da jest. Vjerovatno se tokom zimskog sna, od jeseni prema proljeću, postepeno mijenja u hemolimfi omjer između frakcije jednovalentnih i dvovalentnih iona u korist jednovalentnih. Kad bude postignut određen odnos, životne funkcije puža nastaju intenzivnije, i to dovodi do buđenja iz zimskog sna. Oscilacije u mineralnom sastavu hemolimfe bile bi, dakle, tokom godine veće, nego što je dosadašnjim kemijskim analizama utvrđeno. Smatramo stoga, da bi bilo neobično zanimljivo istražiti s tim u vezi kemijski sastav hemolimfe u vrijeme kasnijeg zimskog sna, a naročito nešto prije samog buđenja.

Iz svega, što je iznijeto, vidi se, da se »dafniski test seruma« poka-
zao dovoljno osjetljivim za utvrđivanje finih razlika u mineralnom sastavu, koje obilježavaju pojedine faze života vinogradskog puža.

ZAKLJUČAK

1. Djelovanje hemolimfe vinogradskog puža na rad srca dafnija znatno se razlikuje od onog seruma kralješnjaka.
2. Hemolimfa vinogradskog puža, izvađena u različitim godišnjim razdobljima, nema podjednako djelovanje. Ona izvađena prilikom pada-
nja u zimski san (u oktobru) i prilikom buđenja iz niega (u maju) pokazuje inhibitorni učinak, koji je u prvom slučaju jači, a ona izvađena usred zimskog sna (u februaru) ima slabo stimulativno djelovanje.
3. Inhibitorno djelovanje hemolimfe vjerovatno se osniva na većoj koncentraciji dvovalentnih iona (Ca + Mg). Javljanje stimulativnog

učinka u februarskoj hemolimfi stoji vjerojatno u vezi s promjenom omjera iona u korist jednovalentnih (Na + K).

4. »Dafnijski test seruma« pokazao se dovoljno osjetljivim za utvrđivanje promjena u mineralnom sastavu kod različitih fizioloških stanja istog organizma.

Iz Zavoda za fiziologiju Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (predstojnik: doc. dr. S. Vatovec) i Instituta za eksperimentalnu biologiju Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti u Zagrebu (direktor: akademik prof. dr. V. Vouk)

LITERATURA

- Goljachowski N. W.* (1932), Wirkung des Magnesiums auf das Herz und sein Verhalten zu Kalium und Calcium, Pflüg. Arch. ges. Physiol. 230, 401–411. – *Krijgsman B. J. & Divaris G. A.* (1955), Contractile and pacemaker mechanisms of the heart of molluscs. Biol. Rev. 30, 1–38. – *Lustig B., Ernst T. & Reuss E.* (1937), Die Zusammensetzung des Blutes von *Helix pomatia* bei Sommer- und Wintertieren. Biochem. Z. 290, 95–98. – *Schulz F. N. & Krüger F. v.* (1925), Das Blut der Wirbeltiere. U H. Winterstein, Handb. vergl. Physiol., B. I., Jena/G. Fischer Verlag. – *Vatovec S. & Timet D.* (1952) O djelovanju seruma kralješnjaka na rad srca dafnija I., Rad Jug. akad. znan. umj. 289, 207–219. – *Vatovec S. & Timet D.* (1955), O djelovanju seruma kralješnjaka na rad srca dafnija, II. Razlike u aktivnosti seruma različitih životinjskih vrsta. Rad Jug. akad. znan. umj. 305, 79–89. – *Vatovec S. & Timet D.* (1959). O djelovanju seruma kralješnjaka na rad srca dafnija, III. Djelotvorne komponente kemijskog sastava seruma. Rad. Jug. akad. znan. umj., 320, 31–37.

S. VATOVEC and D. TIMET

APPLICATION OF THE »DAPHNIAN TEST«
IN ANALYSING THE HAEMOLYMPH OF HELIX
POMATIA L. WITH REGARD TO ITS DIFFERENT
FUNCTIONAL STATES

As already suggested (S. VATOVEC & D. TIMET, 1959), waterfleas (*Daphnia pulex* de Geer) can be used as a suitable object for testing changes in the normal constituents of Vertebrates sera, such as occur under different physiological and pathological circumstances.

Here an attempt will be described, which was carried out on snails (*Helix pomatia* L.), in order to verify this presumption.

The annual activity cycle of these animals shows two phases: one of full activity in summer, another of lethargy in winter. Each phase is accompanied by certain changes in the constituents of the haemolymph. (B. LUSTIG, T. ERNST & E. REUSS, 1937). At the beginning of the winter lethargy there is a small increase in the content of sodium (158 : 137 mg. per 100 ml.), but a considerable increase in the content of calcium (26.2 : 16.6 mg. per 100 ml.) and magnesium (4.9 : 1.9 mg. per 100 ml.), while the potassium level shows no change (18.2 : 18.4 mg. per 100 ml.).

The haemolymph was taken for analysis three times a year.: the first time in October, just when their activity began to decrease, the second time in February, i. e. during winter lethargy, the third time in May, i. e. as soon as they have awakened from this lethargy. The sample was obtained directly from the heart by means of a syringe needle.. When testing the sample on the heart of *Daphnia pulex* de Geer, the usual procedure was applied (S. VATOVEC & D. TIMET, 1952).

Results are presented in Fig. 1 and Table I. It is evident that the effect produced was not identical in each phase. In February, a slight increase in the heart frequency of about 12% was noted; but 10 *Daphnias* (out of 25) showed no change at all in their heart frequency. On the other hand, there was a decrease in the heart frequency when the haemolymph obtained in October and May was used (by about 19% in the first case, only 10% in the second). No standstill of heart activity was observed during the two hours the experiments lasted. But when the heart frequency was slowed down, and especially when the haemolymph

taken out at the beginning of the winter lethargy was used, certain irregularities in the heart-beat appeared, such as arrhythmias, incomplete systoles, partial contractions, transitory cessations.

These effects differ greatly from the strong stimulative and toxic effect produced by different Vertebrates sera on the same object (S. VATOVEC & D. TIMET, 1952; 1955).

As shown in Table 2, in autumn, immediately before winter lethargy, as well as in spring after recuperation from winter lethargy, the ratio

$$\frac{\text{Na} + \text{K}}{\text{Ca} + \text{Mg}}$$

is by 4-6 times lower in the snail haemolymph than in rabbit serum. In both periods a retarding effect of the haemolymph upon the heart-beat of *Daphnia pulex* was observed. These facts are quite in conformity with reports on the retarding effects of calcium and magnesium ions (N. GOLJACHOWSKI, 1932; B. J. KRIJGSMAN & G. A. DIVARIS, 1955; S. VATOVEC & D. TIMET, 1959).

No information, however, is available in respect of the composition of snail haemolymph in February. It is precisely in this period that the retarding effect of the haemolymph was replaced by a slight stimulative effect. Hence it would seem that in this period the ratio

$$\frac{\text{Na} + \text{K}}{\text{Ca} + \text{Mg}}$$

rises. It is well possible that an increase in the content of univalent ions as well as a decrease in that of bivalent ions incite awakening from winter lethargy by diminishing the inhibitory effect of magnesium on the vital functions of the snail.

Hence it would seem that the »Daphnian Test« has stood its first trial successfully.

From the Physiological Institute, Veterinary Faculty, University of Zagreb, and the Institute for Experimental Biology, Yugoslav Academy of Sciences and Arts.

STEFAN GELINEO

POTROŠNJA KISIKA U PACOVA ROĐENIH I ODRASLIH U RAZLIČITIM TERMIČKIM SREDINAMA

(sa 5 tablica i 1 slikom)

(*Primljeno na sjednici Odjela za prirodne nauke 24. X. 1957.*)

Homeotermi su u našim krajevima neprekidno izloženi utjecajima sad jačeg sad slabijeg kolebanja temperature zraka. Ne samo što postoje razlike između godišnjih doba u visini temperature zraka, već je temperatura zraka nestalna i u toku jednog dana. U vezi sa tim dnevnim promjenama temperature zraka mijenja se u homeoterma, u slobodnoj prirodi, neprekidno i onaj intenzitet sagorijevanja, što se obavlja u službi održavanja stalnosti tjelesne temperature. Pored toga specifična-dinamička akcija hrane i različita aktivnost životinje izazivaju takođe sada jače sada slabije promjene u brzini proizvodnje toplote. Tako homeoterm provodi život mijenjajući skoro neprekidno intenzitet svojih oksidacionih procesa.

I pored tih stalnih dnevnih promjena intenziteta oksidovanja, promjena, koje nemaju određeni pravac, pokazuje tempo sagorijevanja u službi homeotermije izvjesnu tendenciju u toku godišnjih doba: on opada u toplije godišnje doba, a raste u hladnije. To usmjeravanje brzine sagorijevanja pod utjecajem temperature godišnjih doba izaziva u homeotermu proces adaptacije sada jednoj sada drugoj toplotnoj sredini. Taj proces prilagođavanja termogeneze novim termičkim uslovima teče sporije ili brže, prema vrsti životinje (5,7). A po završetku perioda adaptacije homeoterma na nižu termičku sredinu njegova su oksidovanja u miru brža nego onda, kada je ista životinja prilagođena na višu toplotnu sredinu (3, 4).

Da li se navedena zakonitost termoregulacije, koju provodi homeoterm u slobodnoj prirodi, može izmijeniti, ako homeoterma od rođenja držimo nekoliko mjeseci u stalnoj termičkoj sredini? Pokusi, koje su na pacovu izvršili BARGETON i njegovi saradnici u vremenu od januara do marta mjeseca, govorili bi, da je kemijska termoregulacija slabija u onih odnjegovanih na 8,5°C, nego u onih odraslih na 29,5°C, dok se bazalni metabolizam suprotno ponašao. Međutim, ako se odrasli pacov iz

hladne sredine stavi da živi tokom februara—marta u toploj sredini (oko 26°C), njegova oksidovanja na hladnoći pokazuju tada izvjestan porast, slično onome u pokusima pomenutih francuskih autora. Ali ipak kasnije, u proljeće i u ljeto, pacovi primi onaj isti slabi intenzitet sagorijevanja, koji pokazuju njegovi drugovi, koji žive u to doba u prirodnom toplom klimatu (9). U februaru i martu raste intenzitet oksidacionih procesa i u pacova, koji je iz tople sredine stavljen u hladnu, ali se to rastenje ne uočava, zbog istosmjernog utjecaja niske temperature na brzinu sagorijevanja.

Tako se ova pojava, koju su uočili BARGETON i njegovi saradnici, pokazuje vjerovatno kao plod promjena u internoj sekreciji, promjena vezanih za pomenuto godišnje doba kod pacova u našim krajevima.

Ipak se prethodno stanje životinje u eksperimentima francuskih autora razlikuje od onog stanja, u kome su bili pacovi u pokusima GELINEA i KOCAREVA. Pacovi onih prvih autora živjeli su od rođenja tri mjeseca u različitim toplotnim sredinama, i to jedni, kao što je već navedeno, na 8,5°, a drugi na 29,5°C. Pacovi ovih drugih autora bili su stariji i u toku života mijenjali su više puta termičku sredinu dužeg boravka. Nije li to uzrok različitim ponašanjima ovih životinja?

Ako boravak pacova od rođenja u stalnoj termičkoj sredini vrši utjecaj na način, kojim ovaj sisar održava stalnost tjelesne temperature u hladnoj sredini, treba očekivati, da će se rezultati BARGETONA i saradnika ponoviti i u svakoj drugoj seriji pokusa izvršenih na životinjama iste starosti i istog prethodnog tretmana, pa i onda, kada su pokusi izvršeni u drugo godišnje doba.

Tako je nastao ovaj rad.

ZIVOTINJE I EKSPERIMENTALNA TEHNIKA

Dvije ženke pacova *Rattus norvegicus*, koje već mjesecima žive u velikoj termičkoj sobi na temperaturi od 26–28°C, okotile su u toj sredini svoje mlade na dan 6. februara. Druge dvije ženke okotile su svoje mlade 25. februara u termičkoj sredini od 10–15° (srednje 12°), u kojoj žive već dva mjeseca. Sve ove životinje ostale su i dalje u onoj sredini, u kojoj su se rodile. Majke su hranjene jednom istom miješanom hranom, a kasnije i mladunci. Ovi su dobro napredovali, tako da su u starosti od 3 mjeseca težili od 150 do 180 g. Prije spolne zrelosti izdvojili smo majke i mlade ženke, ostavivši za naša ispitivanja samo 7 mužjaka u hladnoj i 7 mužjaka u toploj sredini.

Kada su mladi pacovi napunili tri mjeseca starosti, pristupili smo mjerenjima potrošnje kisika sa našim respiracijskim aparatom (7). Ova mjerenja vršili smo prije podne između 7 i 11 sati. Predveče, uoči mjerenja potrošnje kisika, životinjama je oduzimana hrana. To vrijeme gladovanja, gdje su imale na raspoloženju samo vodu, provodile su naše životinje u onoj sredini, u kojoj su dotada živjele.

Na nižim temperaturama u zoni kemijske termoregulacije, mjerenja potrošnje kisika trajala su po jedan sat, a ona na višim temperaturama i preko jednog sata.

Naglašavamo, da nismo našim pacovima tražili termičku neutralnost, koja je, kao što je poznato (4), niža za one iz hladne sredine adaptacije, a nešto viša za one iz tople sredine, već smo svima našim pacovima mjerili gasovite razmjene na jednoj istoj temperaturi respiracijske komore, – na 30,5°C. t. j. na 30,3–30,8°C. To smo uradili iz razloga jednostavnijeg upoređivanja utjecaja jednog istog stupnja spoljašnje temperature na toplokrvni organizam iz dviju različitih toplotnih sredina. Ta temperatura od 30,5°C nalazi se za pacove iz hladne sredine u zoni termičke neutralnosti, dok je ona ispod termičke neutralnosti za one iz tople sredine, ali njoj ipak vrlo blizu.

Pored mjerenja potrošnje kisika na pomcnutoj temperaturi, vršili smo objema grupama i mjerenja na 3°C, odnosno na 2–4,2°C.

Pokuse navedene u ovome radu izvršili smo u Laboratoriji za uporednu fiziologiju Fiziološkog zavoda Prirodno-matematičkog fakulteta u Beogradu.

POKUSI NA PACOVIMA ROĐENIM I ODRASLIMA NA 26–28°C

Ovi pacovi ne pokazuju po svom izgledu nikakve razlike od pacova odnjevoganih u promenljivim uslovima staje. Oni rastu normalno, dlaka im je sjajna, nema tragova nikakvih oboljenja. Njihova se težina kreće. u starosti od tri mjeseca, od 150 do 180 g, što odgovara težini dobro uhranjenih pacova starih 3–4 mjeseca.

Tab. 1

Potrošnja kisika na temperaturi od 30,7°C u pacova rođenih i odraslih u termičkoj sredini od 26–28°C

Pacov	Težina ¹ (g)	Temperatura u respiracionoj sobi (°C)	Temperatura tijela (°C)	Potrošeno kisika na kg-sat (cm ³)
I	180	30,7	36,8–36,8	1203
II	170	30,7	37,3–37,2	1231
III	170	30,7	37,1–37,0	1134
IV	165	30,7	37,0–37,0	1121
V	175	30,5	37,0–37,0	1082
VI	165	30,7	36,9–36,6	1162
VII	165	30,7	37,4–37,0	1097

Mjerenja potrošnje kisika na 30,5° i na 3°C izvršena su sredinom prve polovine mjeseca maja, kada su ovi pacovi navršili tri mjeseca starosti. Najnižu vrijednost potrošnje kisika na 30,5° pokazao je pacov br. V sa

1082 cm³ kisika na kg-sat, a najviše je trošio pacov br. II sa 1231 cm³ na kg-sat.

Ne postoje velike razlike u potrošnji kisika među životinjama ove grupe ni na temperaturama od 2–4,2°C. Najnižu vrijednost ima pacov br. V sa 3064 cm³ kisika na kg-sat, dok je najviše trošio pacov br. III, i to 3468 cm³.

Tab. 2

Potrošnja kisika na temperaturi od oko 3°C u pacova rođenih i odraslih u termičkoj sredini od 26–28°C

Pacov	Težina (g)	Temperatura u respiracionoj sobi (°C)	Temperatura tijela (°C)	Potrošeno kisika na kg-sat (cm ³)
I	185	3,0	36,8–36,8	3420
II	175	4,2	36,8–36,8	3256
III	170	2,8	37,0–36,2	3468
IV	160	2,4	36,8–36,8	3319
V	180	2,5	37,0–37,0	3064
VI	185	2,0	37,5–37,3	3253
VII	165	3,8	36,8–36,8	3085

Mjerenja potrošnje kisika u ovih pacova izložena su u tablicama 1 i 2.

Srednja vrijednost potrošnje kisika na 30,5^o iznosi 1147 cm³ na kg-sat, a na 3^o ovi pacovi troše 3260 cm³ na istu jedinicu težine i za isto vrijeme. Tako oni imaju na temperaturi od 2–4,2^o za 2,8 puta veću potrošnju kisika od one na 30,3–30,8^oC.

POKUSI NA PACOVIMA ROĐENIM I ODRASLIMA NA 10–15°C

Mjerenja potrošnje kisika u ovih pacova sa 10–15^o obavili smo krajem maja mjeseca, kada su navršili tri mjeseca života.

Iako iste starosti i iste težine, od 165 do 185 g, ovi pacovi pokazuju veću potrošnju kisika i na 30,5^o i na 3^oC, nego što su pokazali oni iz tople sredine od 26–28^oC. Srednja vrijednost potrošnje kisika na 30,5^o iznosi 1544 cm³, a na 3^o oko 3838 cm³ na kg-sat.

Tako naši pacovi odrasli na 10–15^o imaju za 2,5 puta veći materijalni promet na 3^o nego na 30,5^oC.

U ovoj grupi dva pacova pokazuju znatno veću potrošnju kisika na 3^o nego ostali. Ako bismo rezultate pokusa na njima isključili pri izračunavanju srednje vrijednosti, ova bi iznosila 3711 cm³ kisika na kg-sat. I u tom slučaju je potrošnja kisika na oko 3^o u pacova rođenih i odraslih na oko 12^o veća za nekih 450 cm³ na kg-sat.

Pojedinačne vrijednosti dobivene na individuumima ove grupe pacova nalaze se u tablicama 3 i 4.

Tab. 3

Potrošnja kisika na temperaturi od oko 30,5°C u pacova rođenih i odraslih u termičkoj sredini od 10–15°C

Pacov	Težina (g)	Temperatura u respiracionoj sobi (°C)	Temperatura tijela (°C)	Potrošeno kisika na kg-sat (cm ³)
VIII	170	30,8	37,6–37,2	1541
IX	185	30,4	37,2–37,2	1495
X	170	30,6	37,3–37,0	1505
XI	165	30,3	37,8–37,3	1685
XII	175	30,5	37,2–37,2	1576
XIII	185	30,7	36,8–36,8	1872
XIV	150	30,5	37,4–37,2	1435

Tab. 4

Potrošnja kisika na temperaturi od oko 3°C u pacova rođenih i odraslih u termičkoj sredini od 10–15°C

Pacov	Težina (g)	Temperatura u respiracionoj sobi (°C)	Temperatura tijela (°C)	Potrošeno kisika na kg-sat (cm ³)
VIII	179	3,0	37,4–37,2	3672
IX	185	3,9	37,3–37,3	3756
X	170	2,8	37,5–37,5	3646
XI	165	4,2	37,3–37,4	4130
XII	175	2,4	37,4–37,2	3827
XIII	185	3,3	37,5–37,5	3657
XIV	154	3,1	36,8–37,2	4180

RASPRAVLJANJA

Uparedimo li vrijednosti potrošnje kisika, dobivene na grupi pacova odraslih na 26–28°, sa vrijednostima dobivenim na pacovima iste starosti, ali odraslim na 10–15° (tablica 5), nalazimo, da je u pacova iz termičke sredine od 10–15° potrošnja kisika na 30,5° veća za 397 cm³ na kg-sat, a na 3° za 578 cm³. To ukazuje, da je pod utjecajem temperature adaptacije promijenjen ne samo intenzitet oksidovanja u uvjetima bazalnog metabolizma, već i u uslovima borbe protivu spoljašnje hladnoće. Slika 1 pokazuje, kako ovdje imamo onaj isti tip termogenetskih zbivanja, koji su pokazali i raniji eksperimenti na odraslom pacovu (GELINEO

1933, 1934; COTTLE and CARLSON 1954; KROG, MONSON and IRVING 1955), a taj je, da pacov adaptiran na hladno sve više i više kisika troši na nižim i nižim temperaturama, nego onaj adaptiran na toplu sredinu. Tako se njihove krivulje termogeneze, kao i krivulje potrošnje kisika, sve više udaljuju jedna od druge, ukoliko se mjerenja gasovitih razmjena vrše na nižim temperaturama. Zbog tako različite odlike pacova iz pomenutih dviju sredina, pacovi adaptirani na toplo padaju u hipotermiju na višim temperaturama nego oni, koji žive u hladnoj sredini (3, 4).

Tab. 5

Potrošnja kisika na raznim temperaturama u pacova starih tri mjeseca, a rođenih i odgojenih u različitim toplotnim sredinama

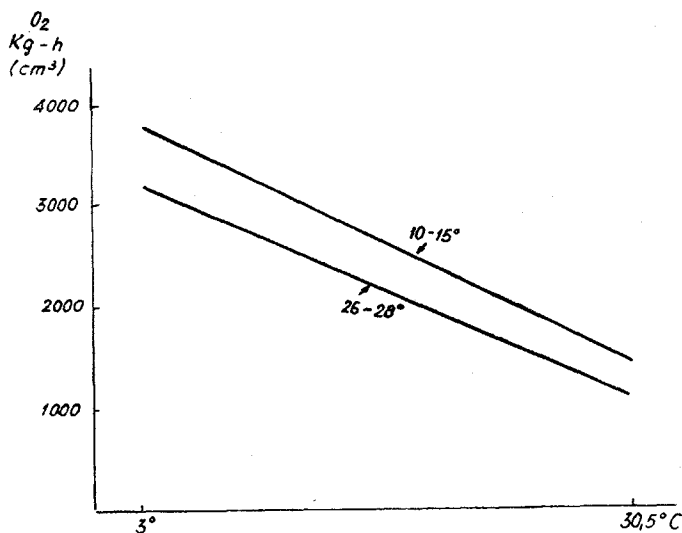
Temperatura adaptacije (°C)	Tjelesna težina (g)	Potrošeno kisika na kg-sat	
		na 30,5°	na 3°
26-28	165-168	1147 cm ³	3260 cm ³
10-15	150-185	1544 cm ³	3838 cm ³

U fiziologiji održavanja stalnosti tjelesne temperature u uslovima surove hladnoće insolacija igra važnu ulogu, kako su to u zadnje vrijeme pokazali IRVING i njegovi saradnici na polarnim životinjama (18). Ako je, pak, i u ovih dviju grupa naših pacova došlo do promjena u zaštitnoj moći tjelesnog pokrivača, one nisu tako izrazite, da bi vidno pripomogle kemijskoj termoregulaciji u njenoj funkciji čuvanja homeotermije. Tako ne nalazimo slabiju potrošnju kisika na hladnoći u pacova iz hladne sredine, nego što je ona u pacova odraslih na 26-28°, već obratno: više troše oni iz hladne nego oni iz tople sredine. To govori, da pacov, koji je odrastao u hladnoj sredini, više toplote proizvodi i više je gubi nego onaj iz tople sredine.

KROG, MONSON and IRVING pitaju se, da li sposobnost pacova, stečena pod dužim utjecajem spoljašnje hladnoće, da povećanjem svojih sagorijevanja čuva tjelesnu temperaturu, *pretstavlja adaptaciju* životinje na hladnu sredinu. Takav život – kažu oni – nije ekonomičan. I zaista, sa gledišta savremenog pojma ekonomičnosti u ljudskome društvu, kada svi elementi fizioloških zbivanja nisu poznati, smanjenje proizvodnje toplote nastalo zbog povećane zaštitne moći krzna na hladnoći bolje bi odgovaralo našim težnjama u životu (6). Ali činjenice pokazuju drukčije ponašanje žive prirode. I nama izgleda, da adaptaciju pacova na hladnu sredinu, koja djeluje na životinju samo sezonski, upravo čini stečena sposobnost, da može proizvoditi više toplote nego onaj drugi pacov, koji je adaptiran na toplu sredinu. Ovdje treba pretpostaviti, da jedan isti stupanj hladnoće vrši jači nadražaj na pacova iz tople sredine

nego na onog iz hladne, ali ovaj prvi nije u stanju da odgovori snagom kalorifikovanja većom od onog drugog, uprkos tome što mu hladnoća prijete, da ga ohladi.

Pojava takvog tipa adaptacije na hladnu sredinu, koja se sastoji u sticanju sposobnosti za jače kalorifikovanje, izgleda, da nije samo odlika homeoterma. Ona je konstatovana i kod hladnokrvnih životinja (kod reptilija – ST. GELINEO i A. GELINEO 1955; kod amfibija – STANGENBERG 1955, ST. GELINEO i D. ROŽAJA 1956; kod riba – WELLS 1935, HANGAARD and IRVING 1943, PRECHT 1951; kod puževa – ST. GELINEO i M. KOLENDIĆ 1952; kod insekata – HELLER 1925; MARZUSCH 1952, KIRBERGER 1953; kod crva – BEHRE 1918, KIRBERGER 1953, i t. d.). Tako se ovaj tip fiziološke adaptacije ispoljava kao odlika životinjskog svijeta, bez obzira na stupanj njegove organizacije.



Slika 1. – Krivulje potrošnje kisika u pacova starih tri mjeseca. Gornja krivulja: pacovi rođeni i odgojeni na 10–15°C. Donja krivulja: pacovi rođeni i odgojeni na 26–28°C.

Figure 1 – Courbes de la dépense d'oxygène chez des rats âgés de trois mois. Courbe supérieure: rats nés et élevés à 10–15°. Courbe inférieure: rats nés et élevés à 26–28°.

Može li, pak, tromjesečni život na hladnoći izmijeniti, kao što neki misle, tip fiziološke adaptacije pacova?

Iako su životinje upotrebene u ovome radu bile iste starosti kao one BARGETONA i saradnika, a i termičke sredine njihove, u kojima su ži-

vjele, takođe vrlo bliske našima, ipak ovi naši rezultati nisu potvrdili one, što su ih dobili pomenuti autori. Ali ih i ne negiraju.

Naime, u jednom ranije objavljenom radu (9) ukazano je, kako ponašanje pacova u eksperimentima pomenutih autora nema opći već samo sezonski karakter. Naši rezultati, izloženi u eksperimentalnom dijelu ovoga rada, ukazuju isto tako, da se pacov, koji je rođen u hladnoj sredini i u njoj odrastao, ne ponaša krajem maja isto onako, kao što su se ponašali pacovi u februaru i martu u pokusima BARGETONA i saradnika i u pokusima GELINEA i KOCAREVA u isto doba godine. Nепrekidan boravak od tri mjeseca i više, i to od rođenja, u hladnoj sredini nije izmijenio u pacova naprijed pomenuti tip fiziološke adaptacije. Raniji pokusi (3) govorili su takođe, da pacov ne mijenja pod utjecajem hladnoće svoj tip fiziološke adaptacije, što su potvrdili u posljednje vrijeme KROC i saradnici (15).

ZAKLJUČCI

Naša ispitivanja dozvoljavaju ove zaključke:

1. Pacov star tri mjeseca, koji od rođenja živi u hladnoj sredini, ponaša se u pogledu potrošnje kisika u službi homeotermije isto onako kao i stariji pacov, kada na toj istoj hladnoći provede tri sedmice.

2. Pacov star tri mjeseca, koji od rođenja živi u hladnoj sredini (10° do 15°C), ima krajem mjeseca maja veću potrošnju kisika i na 30,5° i na 3°, nego što je ima pacov iste starosti, kada od rođenja živi na 26–28°C.

3. Pacov rođen i odgojen u hladnoj sredini razlikuje se u pogledu potrošnje kisika od pacova rođenog i odgojenog u toploj sredini i po tome, što mu oksidovanja brže rastu sa opadanjem vanjske temperature nego u pacova iz tople sredine.

DÉPENSE D'OXYGÈNE CHEZ DES RATS NÉS ET ÉLEVÉS DANS DIFFÉRENTS MILIEUX THERMIQUES

Les combustions qui se manifestent chez l'homéotherme et sur lesquelles est basée la constance de leur température montrent, au cours des époques de l'année, une certaine tendance: elles sont plus lentes aux époques plus chaudes de l'année et plus rapides aux époques plus froides. Cette régulation de la rapidité des combustions, sous l'influence de la température des époques de l'année, amène chez l'homéotherme un processus d'adaptation tantôt à un milieu thermique, tantôt à un autre. Ce processus d'adaptation de la thermogénèse aux nouvelles conditions thermiques, se déroule plus lentement ou plus rapidement, d'après l'espèce de l'animal en question (5, 7). Or, quand la période d'adaptation de l'homéotherme est fixée à un milieu thermique plus bas, ses oxydations au repos sont plus rapides que lorsque le même animal est adapté à un milieu thermique plus haut (3, 4).

Cette régularité de la thermogénèse que manifeste l'homéotherme dans la nature libre, peut-elle être modifiée si l'animal, dès sa naissance, est tenu pendant quelques mois dans un milieu thermique constant? Les expériences qu'ont effectués BARGETON et ses collaborateurs sur le rat dès mois janvier jusqu'à mars, indiqueraient que la thermorégulation chimique est plus faible chez les animaux élevés à 8,5°C que chez ceux qui ont grandi à 29,5°C, tandis que le métabolisme de base se comporte de façon inverse. Cependant, si les rats qui ont grandi dans un milieu froid sont mis, au cours de février-mars, dans un milieu chaud (environ 26°C), leurs oxydations, au froid, montrent une certaine hausse, conformément aux expériences des dits auteurs français. Mais, malgré ce fait, plus tard, au printemps et en été, les combustions chez ces animaux adoptent cette faible intensité qui se manifeste chez les mêmes animaux vivant à cette époque dans un milieu chaud naturel (9). En février et en mars l'intensité des processus d'oxydation augmente aussi chez le rat qui, d'un milieu chaud a été mis dans un milieu froid, mais cette hausse

n'est pas remarquée à cause de l'influence, dans le même sens, de la température basse sur la rapidité des combustions.

Ainsi, ce fait, remarqué par BARGETON et ses collaborateurs, se manifeste probablement comme une conséquence de changements dans la sécrétion interne, changements attachés à la dite époque de l'année pour le rat vivant dans nos contrées.

Toutefois, l'état ci-dessus de l'animal dans les expériences des auteurs français diffère de l'état dans lequel se trouvaient les rats dans les expériences de GELINEO et KOCAREV. Les rats des premiers ont vécu dès leur naissance pendant trois mois dans différents milieux thermiques, à savoir, comme on l'a déjà dit, les uns à 8,5°C et les autres à 29,5°C. Les rats des auteurs yougoslaves étaient plus âgés et, au cours de leur vie, ont changé plusieurs fois de milieux thermiques pour un séjour prolongé. Ne serait-ce pas là que se trouvait la cause du comportement différent de ces animaux?

Si le séjour du rat dès sa naissance dans un milieu thermique constant exerce une influence sur la façon dont ce mammifère maintient la constance de sa température corporelle, dans un milieu froid, il faut s'attendre que les résultats des auteurs français se renouvelleront dans toute autre série d'expériences sur des animaux de même âge ayant subi le même traitement, même lorsque les expériences ont été effectuées à une autre époque de l'année.

Tel est le motif du présent travail.

LES ANIMAX ET LA TECHNIQUE EXPÉRIMENTALE

Deux femelles de rats »*Rattus norvegicus*«, vivant depuis des mois dans la grande chambre thermique à une température de 26–28°C, ont mis bas dans ce milieu le 6 février. Deux autres femelles ont mis bas le 25 février dans un milieu thermique de 10–15°C (moyenne 12°), dans lequel elles vivaient déjà depuis deux mois. Tous ces animaux sont restés dans le même milieu où ils sont nés. Les mères ont été nourries de la même nourriture variée, et plus tard les jeunes également. Ces derniers ont bien progressé, si bien qu'à l'âge de trois mois ils pesaient de 150 à 180 gr. Avant la maturité sexuelle de ces derniers nous avons séparé les mères et les jeunes femelles, ne laissant pour nos expériences que 7 mâles dans un milieu froid, et 7 autres mâles dans un milieu chaud.

Quand les jeunes rats eurent accompli l'âge de trois mois, nous avons procédé aux mesures de la dépense d'oxygène à l'aide de notre appareil respiratoire (7). Nous prenions ces mesures dans la matinée entre 7 et 11 h. La veille de la prise de mesures, on retirait la nourriture aux animaux en leur faisant l'eau pour la boisson. Ce temps de jeûne était passé par nos animaux dans le même milieu où ils se trouvaient précédemment.

RESULTATS ET DISCUSSION

Si nous comparons les valeurs de la dépense d'oxygène obtenues sur le groupe de rats adultes à 26–28° avec les valeurs obtenues sur les rats de même âge, mais grandis à 10–15° (tableau 1), nous trouvons que chez les rats provenant du milieu plus chaud la dépense d'oxygène à 30,5° est d'environ 1147 cm³ par kg-heure, tandis que chez ceux provenant du milieu plus froid elle est d'environ 1544 cm³. Ainsi le rat provenant du milieu froid dépense à 30,5° quelque 397 cm³ d'oxygène par kg-heure de plus que celui de même âge, qui a vécu dans le milieu chaud. D'autre part, à environ 3°C, les rats grandis à 10–15° dépensent environ 3838 cm³ d'oxygène par kg-heure, tandis que ceux provenant du milieu chaud dépensent 3260 cm³, c'est-à-dire 578 cm³ de moins. Ceci montre que sous l'influence de la température d'adaptation, non seulement l'intensité des oxydations est modifiée dans les conditions du métabolisme de base, mais aussi dans les conditions de la lutte contre le froid extérieur.

Tab. 1

Dépense d'oxygène à différentes températures chez des rats âgés de trois mois nés et élevés dans différents milieux thermiques

Température d'adaptation (°C)	Poids corporel (g)	Dépense d'oxygène par kg-heure	
		à 30,5°	à 3°
26–28	165–168	1147 cm ³	3260 cm ³
10–15	150–185	1544	3838 cm ³

La figure 1 montre que nous avons ici le même type d'état thermogénétique que nous ont montré précédemment les expériences sur les rats adultes (GELINEO, 1933, 1934; COTTLE and CARLSON, 1954; KROG, MONSON et IRVING 1955), à savoir que le rat adapté au froid dépense de plus en plus d'oxygène à des températures de plus en plus basses, que celui qui a été adapté à un milieu chaude. Ainsi leur courbe de la thermogénèse, de même que la courbe de la dépense d'oxygène, s'éloignent de plus en plus l'une de l'autre, pour autant où les mesures des échanges gazeux s'effectuent à des températures plus basses. A cause des caractéristiques aussi différentes des rats provenant des deux milieux cités, les rats adaptés au chaud tombent en hypothermie aux températures plus hautes que ceux qui vivent dans un milieu froid (3, 4). Dans la physiologie du reflètement de la constance de la température corporelle dans des conditions de froid rigoureux, la peau et les tissus gras sous-cutanés jouent un rôle important, comme l'ont montré dans de dernier temps Irving et ses collaborateurs sur les animaux polaires (18). Si, toutefois,

dans ces deux groupes de nos rats s'est produit un changement dans le pouvoir de protection de la couverture corporelle, ces changements ne sont pas aussi expressifs pour pouvoir aider visiblement la thermorégulation chimique dans sa fonction du maintien de l'homéothermie. Ainsi, nous ne trouvons pas une dépense plus faible d'oxygène au froid chez les rats provenant d'un milieu froid qu'elle n'est chez les rats adultes qui ont vécu à 26–28°. Au contraire, à des températures basses les rats qui ont grandi à 10–15° dépensent plus d'oxygène que ceux qui ont grandi à 26–28°C. Ceci montre que le rat qui a grandi dans un milieu froid produit plus de chaleur et en perd davantage dans la zone de la thermorégulation chimique que celui qui provient d'un milieu chaud.

KROG, MONSON et IRVING se demandent si la capacité du rat, acquise sous l'influence prolongée du froid extérieur, de maintenir sa température corporelle en augmentant ses combustions *représente une adaptation* de l'animal à un milieu froid. Une telle vie, disent ils, n'est pas économique. Et réellement, du point de vue de la conception actuelle de l'économie de la société humaine, quand tous les éléments des états physiologiques ne sont pas connus, la diminution de la production de chaleur, survenue à cause de l'accroissement de la puissance de résistance de la couverture des poils au froid, répondrait mieux à nos aspirations dans la vie (6). Mais les faits montrent un comportement différent de la nature vivante. Et il nous semble que l'adaptation du rat à un milieu froid qui n'agit sur l'animal que de façon saisonnière, doit de fait être considéré comme une capacité acquise de pouvoir produire plus de chaleur que lorsque l'animal est adapté à un milieu chaud. Ici il faut supposer qu'un même degré de basse température externe exerce une excitation plus forte sur le rat provenant d'un milieu froid; mais celui venant d'un milieu chaud n'est pas en état de répondre par une plus grande force de calorification que celle du rat provenant d'un milieu froid, malgré que le froid menace de le refroidir.

L'apparition d'un tel type d'adaptation au milieu froid, qui consiste en l'acquisition d'une capacité de calorification plus forte, semble ne pas être seulement une capacité propre aux homéothermes. Elle a été constatée aussi chez les animaux à sang froid (chez les reptiles – ST. GELINEO et A. GELINEO 1955; chez les amphibiens – STANGENBERG 1955, ST. GELINEO et D. ROŽAJA 1956; chez les poissons – WELLS 1935, HANGAARD and IRVING 1945, PRECHT 1951; chez les escargots – ST. GELINEO et M. KOLENDIĆ 1952; chez les vers – BEHRE 1918, KIRBERGER 1953; et autres). Ainsi ce type d'adaptation physiologique se manifeste comme une propriété du monde animal sans égard au degré de son organisation.

Mais un séjour au froid trimestriel peut-il, comme quelques auteurs le pensent, modifier le type de l'adaptation physiologique?

Quoique les animaux qui ont été étudiés dans ce travail étaient de même âge que ceux employés par BARGETON et collaborateurs, et quoique les milieux thermiques où ils ont vécu étaient également très pro-

ches, nos résultats n'ont pourtant pas confirmé ceux qu'ont obtenus les auteurs cités. Mais ils ne les nieent pas non plus.

Pour préciser, dans un travail publié antérieurement (9), on a indiqué que le comportement des rats dans les expériences des auteurs cités n'a pas de caractère général mais seulement un caractère saisonnier. Nos résultats montrent également que le rat qui est né dans un milieu froid et y a grandi, ne se comporte pas vers la fin du mois de mai de même façon que se sont comportés les rats en février et en mars, aussi bien dans les expériences de BARGETON et ses collaborateurs et dans celles de GELINEO et KOCAREV à la même époque de l'année. Un séjour de trois mois et plus dans un milieu froid, et cela à partir de leur naissance, n'a pas modifié chez les rats ci-dessus le type physiologique d'adaptation. Les expériences antérieurs (3) ont également indiqué que le rat ne modifie pas, sous l'influence du froid saisonnier, son type d'adaptation physiologique, ce qu'ont confirmé dans ce dernier temps KROG et collaborateurs (15).

CONCLUSIONS

Nos expériences nous permettent de tirer les conclusions suivantes:

1. Un rat âgé de trois mois, qui depuis sa naissance a vécu dans un milieu froid, se comporte au point de vue de la dépense d'oxygène au service de l'homéothermie de même qu'un rat plus âgé quand il a passé trois semaines dans le même milieu froid.

2. Un rat âgé de trois mois, qui depuis sa naissance vit dans un milieu froid (10–15°C), accuse vers la fin du mois de mai une plus grande dépense d'oxygène, aussi bien à 30,5° qu'à environ 3°, que le rat de même âge qui, depuis sa naissance, a vécu à 25–28°C.

3. Un rat né et élevé dans un milieu froid diffère au point de vue de la dépense d'oxygène d'un rat né et élevé dans un milieu chaud, également par le fait que ses oxydations augmentent plus rapidement avec la baisse de la température externe que chez le rat provenant d'un milieu chaud.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bargeton, D., M. Eon, C. Krumm-Heller, C. Libermann et J. Masson: La thermorégulation chez le Rat adapté à une température basse et variable (Journal de Physiologie, 46: 234–236; 1954). – 1.a Behre, E. H.: An experimental study of acclimation to temperature in *Planaria dorotocephala* (Biological Bulletin, 35: 277–317; 1918). – 2. Cottle, W. and L. D. Carlson: Adaptive changes in rats exposed to cold. Caloric exchanges. (American Journal of Physiology, 178: 305–308. 1954). – 3. Gelineo, St.: Prilagodavanje termogeneze na toplotnu sredinu. Sur l'adaptation de la thermogénèse au milieu thermique (SKA, Posebna izdanja, knj. 98. Beograd 1933). – 4. Gelineo, St.: Influence du milieu thermique d'adaptation sur la thermogénèse des homéothermes (Annales de Physiologie, 10: 1083–1115. 1934). – 5. Gelineo, St.: Con-

tribution à la connaissance de la calorification du lapin (Bulletin de l'Acad. serbe des sciences, 16: 1-16, 1956). - 6. *Gelineo, St.*: Température d'adaptation, la concentration de l'hémoglobine et la production de chaleur chez le Chien (C. r. Société de Biologie, 148: 1954-1956, 1954). - 7. *Gelineo, St.*: Température d'adaptation et production de chaleur chez les oiseaux de petite taille (Archives des Sciences Physiologiques, 9: 225-243, 1955). - 8. *Gelineo, St. et Al. Gelineo*: Les échanges respiratoires des Lézards noirs de Dalmatie adaptés à différentes températures (C. r. Société de Biologie, 149: 387-389, 1955). - *Gelineo, St. et R. Kocarev*: Influence de la température d'adaptation sur l'intensité des échanges respiratoires chez le Rat au cours des différentes saisons (C. r. Société de Biologie, 149: 1652-1654, 1955). - 10. *Gelineo, St. et M. Kolendić*: Influence du milieu thermique d'adaptation sur la dépense d'oxygène chez l'Escargot *Helix pomatia* (Bulletin de l'Académie serbe des sciences, 12: 39-43, 1953). - *Gelineo, St. et D. Rožaja*: Données non publiées. - 12. *Haugaard, M. and L. Irving*: The influence of temperature upon the oxygen consumption of the cunner (*Tautoglabrus adspersus* Walbaum) in summer and in winter (Journal of cellular and comparative physiology, 21: 19-26, 1943). - 12.a *Heller, J.*: Untersuchungen über die Metamorphose der Insekten. I. Stoffwechsel und Entwicklungsdauer bei *Deilephila euphorbiae* (Pflüger's Archiv, 210: 736-754, 1925). - 13. *Kayser, Ch.*: Echanges respiratoires et production de chaleur en fonction de la température chez le Loir (*Myoxus glis*) à l'état de veille et de sommeil hivernal (C. r. Société de Biologie, 128: 1201-1203, 1938). - 14. *Kirberger, Chr.*: Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit von Lebensprozessen bei verschiedenen Wirbellosen (Zeitschrift für vergleichende Physiologie, 35: 175-198, 1953). - 15. *Krog, H., M. Monson and L. Irving*: Influence of cold upon the metabolism and body temperature of wild rats, albino rats and albino rats conditioned to cold (Journal of Applied Physiology, 7: 349-354, 1955). - 16. *Marzusch, K.*: Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit bei Insekten unter besonderer Berücksichtigung winterschlafender Kartoffelkäfer (Zeitschrift für vergleichende Physiologie, 31: 75-92, 1952). - 17. *Precht, H.*: Der Einfluss der Temperatur auf die Atmung und auf einige Fermente beim Aal (*Anguilla vulgaris* L.) Biolog. Zentralblatt, 70: 71-85, 1951). - 18. *Scholander, P. F., V. Walters, R. Hock and L. Irving*: Body insulation of some arctic and tropical mammals and birds (Biological Bulletin, 99: 225-136, 1950). - 19. *Stangenberg, G.*: Der Temperatureinfluss auf Lebensprozesse und den Cytochrom C-Gehalt beim Wasserfrosch (Pflügers Archiv, 260: 320-332, 1955). - 20. *Wells, N. A.*: Change in rate of respiratory metabolism in a teleost fish induced by acclimatization to high and low temperature (Biological Bulletin, 69: 361-367, 1935).

STEFAN GELINEO

KONCENTRACIJA HEMOGLOBINA I INTENZITET OKSIDIRANJA U RIBA

(sa 3 tablice i 1 slikom)

(Primljeno na sjednici Odjela za prirodne nauke 26. IV. 1957.)

Morske ribe koje leže na dnu i malo se kreću, kao što su skorpene, glamoči i druge, vidno se razlikuju od onih, koje veći dio dana provode u plivanju iznad morskog dna. One prve predstavljaju tromе oblike, koji mogu satima stajati na jednom istom mjestu bez drugih pokreta osim onih u vezi s disanjem, a ove druge skoro neprekidno mijenjaju svoj položaj, trošeći tako, bez sumnje, više hrane i proizvodeći više topline na jedinicu svoje mase. Razlike u načinu života praćene su razlikama u fiziološkoj organizaciji, kao što se vidi iz radova HALLA i GRAYA (9), ROOTA (14) i S. GELINEA (5), koji su našli kod aktivnih oblika više gvožđa, veći kapacitet kisika, odnosno jaču koncentraciju hemoglobina na jedinicu krvi nego kod tromih oblika. Vrlo aktivni pelagički oblici, kao što su srdela (*Clupea pilchardus*) sa 17,9 g (17) i skuša (*Scomber scomber*) s 15,7 g (7) i tromе ribe dna, kao što su *Scorpaena*-vrste, *Gobius* - vrste s nekih 4-6 g ilustriraju značaj ovog pigmenta u službi transporta kisika po tijelu onih riba, koje neprekidno mijenjaju svoje boravište.

Ali spomenuti autori ističući, da aktivnije ribe imaju jaču koncentraciju hemoglobina od onih tromih, nisu raspolagali s eksperimentalno dobivenim podacima, koji bi ukazali za koliko je život intenzivniji u aktivnih ribljih oblika od onog u tromih. Što se tiče aktiviteta riba, on je bio poznat iz prostog vizuelnog promatranja njihova života.

Imajući spomenute činjenice u vidu, mi smo u ovome radu željeli utvrditi, kakav odnos postoji između koncentracije hemoglobina i potrošnje kisika na jednoj istoj spoljašnjoj temperaturi u nekih riba, koje dobrim dijelom dana leže na dnu, i nekih, koje plivaju iznad morskog dna, ali onda, kada ne mijenjaju položaj, već se samo održavaju iznad dna. Postavivši tako naša istraživanja htjeli smo vidjeti, da li postoje kakve razlike u intenzitetu oksidiranja među ovim oblicima, i da li su te razlike uvjetovane kretanjem, t. j. promjenom mjesta, ili su one vezane prosto za način golog života.

Kako intenzitet oksidiranja u organizmu ne zavisi samo od trenutne temperature i od mišićnog rada, već i od temperature adaptacije (4, 20), te je pri tim istraživanjima potrebno voditi računa o temperaturi, na kojoj je životinja danima i nedjeljama živjela pred početak istraživanja, kao i za vrijeme samih istraživanja. Eksperimenti WELLSA (20) na ribi *Fundulus*, FRYA i HARTA (3) na zlatnoj ribici, PRECHTA (12) na jegulji, i R. SUHRMANN (16) na karašu pokazali su, od kolike je važnosti poznavanje termičke prošlosti ribe pri rasuđivanju o karakteru intenziteta oksidacijskih procesa u određenim eksperimentalnim uvjetima. Iz tih razloga bit će potrebno, da sve naše životinje budu adaptirane na jednu istu temperaturu morske vode.

Pored toga, procesi u vezi s razvitkom gonada odražavaju se također na intenzitetu metabolizma, a i na koncentraciji hemoglobina (11). Nastojeći, da se i taj faktor eliminira, bit će jače istaknuta ona aktivnost, koja je u centru naših istraživanja.

ZIVOTINJE I EKSPERIMENTALNA TEHNIKA

Istraživanja smo izvršili na ovim ribama:

Platuša crnoplaga – *Arnoglossus Boscii*, Gthr.

Glamoč – *Gobius cruentatus* L.

Škrpina – *Scorpaena scrofa* L.

Škrpun – *Scorpaena porcus* L.

Vrana – *Labrus merula* L.

Pirka – *Serranus scriba* Cuv.

Fratar – *Sargus vulgaris* Geoffr.

Cipal platuš – *Mugil labeo* Cuv.

Prve četiri vrste predstavljaju trombe oblike, koji leže na morskom dnu, a iduća tri oblika, koji su skoro u stalnom pokretu različite brzine nešto iznad morskog dna, cipal pak često pliva pod samom površinom i najaktivniji je među njima.

Tu su ribe prije naših istraživanja živjele, osim arnoglossusa, po jedan do dva mjeseca u većem otvorenom basenu akvarija Oceanografskog instituta u Splitu, gdje su hranjene svježom ribom jedanput dnevno. Prenijete zatim u manji basen, veličine 160×35×33 cm, također sa stalnim protjecanjem morske vode i aerizacijom, ostale su tu nekoliko dana prije početka istraživanja, živeći na istoj temperaturi i na istoj ishrani kao i ranije u velikom basenu. Temperatura vode kontrolirana je svakog dana. Prije početka naših istraživanja te su ribe živjele najmanje 4 tjedna u vodi temperature 13–12°C, a prije toga na nešto višoj temperaturi, koja se postepeno spuštala. U termičkoj sredini od 13–12°C živjele su i za vrijeme naših istraživanja. Istraživanja smo vršili u decembru i januaru, a na platuši (*Arnoglossus*) samo krajem januara. U to doba godine gonade u naših riba nisu bile aktivne, a *Arnoglossus* je morao baciti ikru prije polovine januara, kad je ulovljen.

Koncentraciju hemoglobina određivali smo cyan-hematinskom metodom Kinga, a nekim individuima vrane (*Labrus*) i platuše (*Arnoglossus*) na otvorenom moru još i po Sahliu. Razlike nisu uočene.

Istraživanja potrošnje kisika izvršena su metodom Winklera. Respiracijske komore imale su zapreminu od 1830 i od 11240 cm³, pa su upotrebljavane jedna ili druga prema veličini životinje. U respiracijskoj komori bila je uvijek samo po jedna riba.

Potrošnju kisika mjerili smo na temperaturi od 12,5°C, t. j. na temperaturi adaptacije, i to svakoj individui po više puta. Rezultati tih mjerenja na jednoj istoj jedinki nisu vidno među sobom odstupali. U istraživanjima i koncentracije hemoglobina i gasovitog metabolizma upotrebili smo od svake vrste po 7 istih individua, osim onda, kada smo istraživali škrpinu, gdje smo upotrebili samo tri jedinke, a od vrane i platuše samo po jednu – za određivanje potrošnje kisika, a i kod tih oblika upotrebili smo veći broj individua pri određivanju hemoglobina.

Sva su mjerenja potrošnje kisika izvršena ujutro, prije nego što je ribama data hrana.

Riba prenijeta u respiracionu komoru, ostala bi u njoj prije uzimanja prvih uzoraka vode za određivanje sadržaja kisika, najmanje 45 minuta, a katkada i sat dva. Budući da nije bilo nikakve razlike u temperaturi vode u basenu i u respiracijskoj komori, smatramo, da nije bilo potrebno duže vremena čekati, da bi se životinja umirila i eventualno se uspostavio stalan odnos između temperature vode i temperature ribe prije početka mjerenja potrošnje kisika. Za to je vrijeme pred početak eksperimenta protjecala kroz respiracijsku komoru svježa morska voda. Odmah po uzimanju vode za analizu prekinuli bismo protjecanje vode i hermetički zatvorili respiracionu komoru. U tako izoliranoj vodi ostala bi riba jedan do tri sata, a da se pritom temperatura vode nije mijenjala, niti se ritam disanja ubrzao. Na kraju eksperimenta uzeli bismo ponovo dvije porcije vode za analizu.

Pošto je voda u respiracijskoj komori bila iste temperature kao ona u basenu, u kome je riba dotada živjela, to nova sredina nije mogla utjecati na organizam povećavajući njegovu potrošnju kisika. Pored toga treba napomenuti, da su ribe u respiracijskoj sobi bile »mirne«: škrpina, škrpun, glamoč i platuša ležale su neprekidno na dnu komore, a vrana, pirka, fratar i cipal održavale su se u vodi iznad dna komore ne mijenjajući položaj.

Ta istraživanja mogli smo izvršiti zahvaljujući dru. Vlahu Cviiću, direktoru Instituta, koji nam je dopustio rad u Institutu i dru Miljenku Buljanu, koji nam je stavio svoju laboratoriju na raspoloženje.

NAŠI REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultate svojih istraživanja sabrali smo u tablici I. Kao što tu vidi-mo, koncentracija hemoglobina u platuše, skorpene i glamoča, koji su tipični oblici samoga dna, gdje satima mirno leže, znatno je niža nego

u aktivne vrane, pirke, fratra i cipla. U tih tromih riba koncentracija hemoglobina kreće se između 4,3 i 6,5 g u 100 cm³ krvi, a u naših aktivnih oblika ona je između 8,4 i 12,6 g.

Te razlike potvrđuju shvatanja i nalaze ranijih autora.

Razlike između tromih i aktivnih riba konstatiramo i u intenzitetu disanja, kada ribe ne mijenjaju položaj. Tako naše tromе ribe, na temperaturi adaptacije od 12,5°, troše od 26 do 31 cm³ kisika na kg-sat, a u tim istim uvjetima naši aktivni oblici pokazuju potrošnju kisika u vrijednostima između 65 i 160 cm³. Cipal troši na kg svoje težine a za vrijeme od jednog sata pet puta više kisika, nego što ga troše platuša, skorpene i glamoč. Nešto je manji odnos između potrošnje u platuše,

Tab. 1

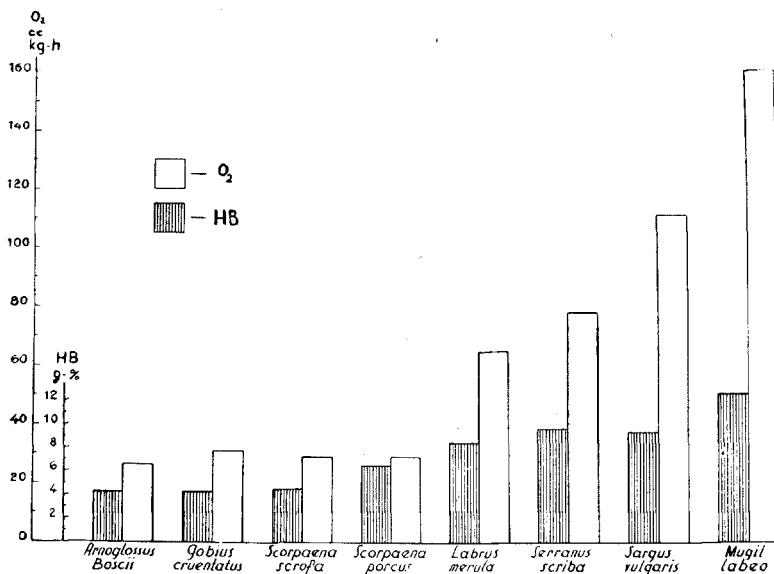
Koncentracija hemoglobina i intenzitet oksidiranja u nekim morskih riba na temperaturi adaptacije od 12,5°C

Concentration of haemoglobin and intensity of oxidation in some sea-fish at an adaptation temperature of 12,5°C

Riba Fish	Težina g Weight in gr.	Hemoglobin u 100 cm ³ krvi g Haemoglobin in 100 cm ³ of blood in gr.	Potrošnja kisika na kg-sat cm ³ Consumption of oxygen in cm ³ kg/hour
Platuša crnopljega <i>Arnoglossus Boscii</i>	150-300	4,3	26
Glamoč <i>Gobius cruentatus</i>	38-160	4,3	31
Škrpina <i>Scorpaena scrofa</i>	410-1465	4,5	29
Škrpun <i>Scorpaena porcus</i>	15-98	6,5	29
Vrana <i>Labrus merula</i>	96-350	8,4	65
Pirka <i>Serranus scriba</i>	22-76	9,6	78
Fratar <i>Sargus vulgaris</i>	25-96	9,3	111
Cipal <i>Mugil labeo</i>	58-120	12,6	160

skorpene i glamoča s jedne strane, i vrane i pirke s druge strane. Vrana i pirka troše dva puta više kisika na jedinicu vremena i težine nego pomenuti tromi oblici dna, a fratar oko tri puta više. Isto tako HALL (8) nalazi na tri ribe različite aktivnosti različitu potrošnju kisika.

Slika 1 grafički predstavlja odnos između koncentracije hemoglobina i intenziteta oksidiranja u riba različitog aktiviteta.



Sl. 1. Koncentracija hemoglobina i potrošnja kisika u nekih riba Jadranskog mora na temperaturi adaptacije od 12,5°C.

Fig. 1 Concentration of haemoglobin and consumption of oxygen in some Adriatic fish at an adaptation temperature of 12,5°C.

Kako među istraživanim vrstama postoje vidne razlike u težini, moglo bi se pomisliti, da se nađene razlike u intenzitetu oksidiranja na temperaturi od 12,5°C osnivaju upravo na tim razlikama u težini. Prilazeći provjeravanju naših rezultata s tog gledišta, mogli smo ustanoviti, da se razlike u intenzitetu oksidacionih procesa, u našim eksperimentalnim uvjetima, između tromih i aktivnih riba ne mogu svesti na razlike, koje postoje u težinama između jednih i drugih oblika. Jer, ako uporedimo jednu tromu s jednom aktivnom ribom iste težine, nalazimo također, da je potrošnja kisika nekoliko puta veća u aktivne ribe (Tab. 2).

Tab. 2

Potrošnja kisika na temperaturi adaptacije od 12,5°C u tromе i aktivne ribe iste tjelesne težine

Oxygen consumption at an adaptation temperature of 12.5°C in the sluggish and the active fish of the same body weight.

Riba Fish	Karakteristika ribe Characteristic of fish	Težine g Weight gr.	Potrošnja kisika na kg-sat cm ³ Consumption of oxygen per kg/hour cm ³
Škrpun <i>Scorpaena porcus</i>	troma sluggish	98	34
Fratar <i>Sargus vulgaris</i>	aktivna active	96	107
Škrpun <i>Scorpaena porcus</i>	troma sluggish	22	22
Pirka <i>Serranus scriba</i>	aktivna active	22	71

Što se tiče koncentracije hemoglobina, nismo mogli zapaziti, da je ona zavisna od tjelesne težine u individua jedne iste vrste, a različita rasta. Tako škrpun od 22 g ima 6 g hemoglobina u 100 cm³ krvi, a škrpun od 98 g približno isto toliko, t. j. 5,8 g. Međutim, postoji jasna razlika u koncentraciji hemoglobina između vrsta različite aktivnosti u svakodnevnom životu (Tab. 1).

Ta veza između koncentracije hemoglobina i intenziteta oksidiranja, koju smo ovdje konstatirali, nadena je kod nekih drugih životinja u vezi s temperaturom adaptacije. Tako C. KIRBERGER (10) nalazi povećanje hemoglobina kod žabe (*Rana esculenta*), a FOX i PHEAR (2) kod dafnije, kada se poslije adaptacije na hladnu sredinu prilagode na srednje temperature, gdje im je i intenzitet oksidiranja povećan. Kod psa (6) nalazimo istu pojavu, s tom razlikom, što zbog homeotermskog tipa oksidiranja u te životinje dolazi do povećanja intenziteta oksidiranja i koncentracije hemoglobina na temperaturama adaptacije, koje su niže od prethodnih. RAJEVSKA (13) konstatira sličnu pojavu kod pacova, a DEB i HART (1) nalaze u tog sisavca jaču koncentraciju hemoglobina u adaptaciji na 30° nego na 6°C. STULKEN i HESTAND (15) nalaze kod miša, da je koncentracija hemoglobina veća na nižim temperaturama.

Po istraživanjima WELLSA (20) na ribi *Fundulus parvipinnis*, veličine od 1 do 14 g, izlazi, da je potrošnja kisika na jedinicu težine i vremena u jedne iste vrste utoliko veća, ukoliko je riba manja – slično toplokrvnim životinjama. Međutim, naša istraživanja na temperaturi adaptacije

od 12,5°C to ne pokazuju. Tako pirka od 22 g težine troši na kg-sat 71 cm³ kisika, a druga pirka od 76 g, dakle, preko tri puta teža od one prve, troši 73 cm³. Škrpun od 98 g troši, također na 12,5°, a na kg-sat, 34 cm³ kisika, a onaj drugi od 52 g ima potrošnju u vrijednosti od 36 cm³, škrpuni pak od 15 i 22 g trošili su 21, odnosno 22 cm³ kisika na kg-sat. Škrpina od 1465 g težine troši 30 cm³ kisika na kg-sat. Dakle, ovdje se ne može govoriti u duhu WELLSOVA zaključka.

Razlike, koje postoje u intenzitetu oksidiranja, pri našim eksperimentalnim uvjetima, između spomenutih tromih i aktivnih riba ne potječu samo od rada, što ga riba vrši, da bi se održala u normalnom položaju iznad morskog dna. Kad bi te razlike pripadale samo radu peraja i drugim mehanizmima, na kojima se ove ribe održavaju u vodi iznad morskog dna, one bi, kada se rad spomenutih mehanizama isključi, smanjile svoju potrošnju kisika na temperaturi od oko 12,5° za nekih 40 do 130 cm³ na kg-sat, prema vrsti ribe. Međutim, istraživanja, koja smo vršili u tom pravcu, pokazala su, da spomenute ribe, kada im peraje ne rade, troše zaista nešto manje kisika nego onda, kada su im peraje u pokretu, ali ipak ne toliko manje, da bi se u tim uvjetima izgubile razlike između aktivnih i tromih riba (Tab. 3).

Tab. 3

Potrošnja kisika u nekih morskih riba, kada im peraje miruju
Oxygen consumption in some marine fish with their fins at rest.

Riba Fish	Potrošnja kisika na kg-sat cm ³ Consumption of oxygen in cm ³ kg/hour
Platuša crnopjega <i>Arnoglossus Boscii</i>	26
Glamoč <i>Gobius cruentatus</i>	31
Škrpina <i>Scorpaena scrofa</i>	29
Škrpun <i>Scorpaena porcus</i>	29
Vrana <i>Labrus merula</i>	50
Pirka <i>Serranus scriba</i>	54
Fratar <i>Sargus vulgaris</i>	74

Tako fratar, kada je imobilisan u lakoj mrežici viseći na plovku, s glavom napolje, da mu disanje teče bez smetnji, smanjuje svoja oksidiranja za jednu trećinu; pirka za isto toliko, a vrana za jednu četvrtinu.

Kod cipla nismo uspjeli da postignemo stanje mirovanja.

Iz naših istraživanja izlazilo bi, da na rad peraja radi održavanja ribe iznad morskog dna ide otprilike,

u vrane . . .	15 cm ³ kisika na kg-sat
u pirke . . .	24 cm ³ kisika na kg-sat
u fratra . . .	37 cm ³ kisika na kg-sat

Postignute vrijednosti daju po našem mišljenju samo približnu sliku aktivnosti tih organa za održavanje ribe iznad dna u mirnoj morskoj vodi.

Da razlike u intenzitetu oksidiranja između aktivnih i tromih riba nisu posljedice samo trenutne mišićne aktivnosti kod jednih i odsustva te aktivnosti kod drugih oblika, vidi se i po istraživanjima VERNBERGA i GRAYA (19), koji nalaze da moždano tkivo aktivnih riba, kao što je cipal *Mugil cephalus*, troši na 30⁰ više kisika nego takvo tkivo tromih oblika, kao što je *Opsanus tau*. Svi dosadašnji rezultati ukazuju na različitu organizaciju stanica u vezi sa stepenom svakodnevne aktivnosti ribe.

ZAKLJUČCI

Naša istraživanja koncentracije hemoglobina i intenziteta oksidacionih procesa na temperaturi adaptacije od 12,5°C na tromim ribama dna, kao i na aktivnijim oblicima raznog stupnja, ukazuju na ove zaključke:

1. Trome ribe dna, koje veći dio dana provode ležeći na dnu, i to *Arnoglossus Boscii*, *Scorpaena scrofa*, *Scorpaena porcus*, *Gobius cruentatus* imaju slabiju koncentraciju hemoglobina i manju potrošnju kisika na jedinicu vremena i tjelesne težine, nego aktivniji oblici, koji veći dio dana plivaju iznad dna, kao što su: *Labrus merula*, *Serranus scriba*, *Sargus vulgaris*, *Mugil labeo*.

2. Intenzitet oksidiranja u spomenutih aktivnih oblika, u stanju, kada riba ne mijenja položaj, već se samo održava u vodi iznad dna, za dva do pet puta je veći nego u tromih oblika dna.

3. U aktivnih riba, kada je isključen rad peraja, potrošnja kisika opadne, ali je ipak za najmanje 100% veća od potrošnje u tromih riba dna.

4. Razlika u intenzitetu oksidiranja na temperaturi adaptacije od 12,5°C između tromih riba dna i aktivnih riba osniva se ne samo na radu organa za plivanje, već i na različitoj fiziološkoj organizaciji tih organizama.

Iz Instituta
za oceanografiju i ribarstvo, Split.
(Direktor: Dr. V. Cvičić)

CONCENTRATION OF HAEMOGLOBIN AND INTENSITY OF OXIDATION IN FISH

Sea-fish lying on the bottom and moving about but little, as is the case with the *Scorpaena*, the *Gobius* and others, differ manifestly from such forms as spend most of the day swimming above the sea-bottom. While the former represent sluggish forms that may stay in the same place for hours on end without any other movement except those in connection with breathing, the latter change their position almost constantly and without a doubt spend more food and produce more heat per unit of their mass. Differences in their way of life are accompanied by differences in physiological organisation. Thus HALL and GRAY (9). ROOT (14) and S. GELINEO (5) have found in the active forms higher amounts of iron and a higher oxygen capacity, i. e. a higher concentration of haemoglobin per unit of blood than in the sluggish forms. Very active pelagic forms such as the Sardine (*Clupea pilchardus*) with 17.9 gr. (17), Mackerel (*Scomber scomber*) with 15.7 gr. (7), and the sluggish fish of the bottom as are the *Scorpaena* and *Gobius* species with some 4-6 gr., illustrate the character of this pigment in the service of oxygen transport in the body of fish changing their whereabouts constantly.

On the other hand, Hall (8) has found in three fish of different activities a different consumption of oxygen.

However, the intensity of oxidation processes in the organism is dependent on not only the actual temperature and muscle work but also the temperature of adaptation (4,20). The most recent works suggest that this phenomenon is valid for fish (3, 12, 16, 20). For the reason stated the intensity of oxidation processes in fish likewise depends on their thermic past, i. e. on the temperature to which the fish are adapted before the time in which their metabolism of oxygen is being measured.

Bearing the aforementioned facts in mind, it was our aim to establish in this work the existing relation between the concentration of haemoglobin and the oxygen consumption in the various fish adapted to one and the same thermic environment.

ANIMALS AND THE EXPERIMENTAL TECHNIQUE

Our investigations covered the following fish: the *Arnoglossus Boscii* (Gthr.), the *Gobius cruentatus* (L.), the *Scorpaena scrofa* (L.), the *Scorpaena porcus* (L.), the *Labrus merula* (L.), the *Serranus scriba* (Cuv.), the *Sargus vulgaris* (Geoffr.), and the *Mugil labeo* (Cuv.)

In investigating the haemoglobin concentrations and the oxygen consumption, seven specimens of each of the species were utilized, except when investigating the *Scorpaena scrofa*, of which we took but two specimens, furthermore the *Labrus merula* and the *Arnoglossus Boscii*, when one specimen of each of these two kinds of fish was taken to determine the oxygen consumption, while also for these forms we utilized a larger number of specimens in determining the haemoglobin content.

For 4 weeks before the beginning of our investigations as well as during the investigations themselves, these fish lived in the aquarium through which sea-water was constantly flowing at 13–12°C. Thus the temperature of 12.5°C, at which the oxygen consumption was measured, represented the adaption temperature. During these experiments the fish were quiet: some were lying on the bottom, whilst others were suspended above the bottom, moving their fins slightly without changing their respective positions. To determine the oxygen, Winkler's method was used. The respiratory chamber always contained but one fish. The experiment lasted 1–3 hours. These investigations were performed in the months of December and January.

The haemoglobin concentration was determined by King's cyan-haematic method, in some specimens of the *Labrus* and the *Arnoglossus* in the open sea also by Sahli's method. No differences were found.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of our investigations are collected in Table 1. As visible, the concentration of haemoglobin in the *Arnoglossus Boscii*, the *Scorpaena* and the *Gobius cruentatus*, which are representative of typical bottom forms lying quietly for hours on end, is appreciably lower than in the active *Labrus merula*, *Serranus scriba*, *Sargus vulgaris* and *Mugil labeo*. While in these sluggish fish the concentration of haemoglobin ranges between 4.3 and 6.5 gr. per 100 cm³ of blood, in the active forms it lies between 8.4 and 12.6 gr.

These differences confirm the conception and findings of earlier authors.

Differences between the sluggish and the active fish are likewise found in the intensity of breathing when the fish do not alter their position. Thus at an adaptation temperature of 12.5°C⁰ our sluggish fish consumed from 26 to 31 cm³ of oxygen per kg/hour, whereas under the same conditions the active forms showed a consumption of oxygen ranging bet-

ween 65 and 160 cm³. The *Mugil* consumed per 1 kg of its body weight during on hour five times more oxygen than did the *Arnoglossus*, the *Scorpaena* or the *Gobius*. A somewhat smaller ratio existed in the consumption of oxygen between the *Arnoglossus*, the *Scorpaena* and the *Gobius* on the one side, and the *Labrus* and the *Serranus* on the other. The *Labrus* and the *Serranus* consumed double the amount of oxygen per units of time and body weight than the above-mentioned sluggish forms, the *Sargus* about treble the amount.

Fig. 1 is a graphic representation of the ratio between the concentration of haemoglobin and the intensity of oxidation in fish of different activities.

Since among the species examined there exist manifest differences in weight, one might be tempted to think that the differences found in the intensity of oxidation at a temperature of 12.5°C are based precisely on these differences in weight. In approaching a checking of our results from this viewpoint, we were in a position to establish that the differences in the intensity of oxidation processes under our experimental conditions between the sluggish and the active fish cannot be attributed to the differences existing in the weights between one form and another. For, if we compare a sluggish fish with an active one of the same weight, we can also find that the consumption of oxygen is several times higher in the active variety (Tab. 2).

As to haemoglobin concentrations, we could not observe that it would depend on the body weight in a specimen of the same species but of different growth. Thus a *Scorpaena porcus* of 22 gr. possesses 6 gr. of haemoglobin in 100 cm³ of its blood, a *Scorpaena* of 98 gr. approximately as much, namely 5.8 gr. Now, there exists an obvious difference in the concentration of haemoglobin among species of different life habits (Tab. 1).

According to *Well's* investigations (20), in the fish *Fundulus parvipinnis* - weight 1-14 gr. - it would appear that within the same species the smaller the fish the greater the oxygen consumption per units of weight and time - similarly as in warm-blooded animals. However, our investigations at an adaptation temperature of 12.5°C do not confirm this. Thus, a *Serranus scriba* weighing 22 gr. consumed 71 cm³ of oxygen per kg/hour, whereas another, weighing 76 gr. - i. e. upwards of three times as much - consumed 73 cm³. A *Scorpaena porcus* weighing 98 gr. consumed at 12.5°C 34 cm³ of oxygen per 1 kg/hour; another, weighing 52 gr., 36 cm³ of oxygen; whereas *Scorpaenas* of 15 and 22 gr. consumed 21 and 22 cm³ of oxygen per kg/hour respectively. For the reason stated we cannot speak in the sense of *Well's* inference.

If the differences in the intensity of oxidation found between the sluggish and the active forms were due solely to the work of the fins

and other mechanisms responsible for the maintenance of active fish above the sea-bottom, these fish would, by excluding the work of the mentioned mechanisms, decrease their oxygen consumption at a temperature of circa 12.5°C by some 40–130 cm³ per kg/hour, according to the fish species. However, although investigations performed in this direction showed that the mentioned fish consume less oxygen when their fins were not in motion, the consumption was not decreased to the extent of annihilating under such circumstances the differences between the active and the sluggish forms (Tab. 3).

Thus a *Sargus*, immobilized in a small, light net suspended from a buoy – its head protruding lest breathing be interfered with – decreased its oxygen consumption by one third, a *Serranus* for as much, and a *Labrus merula* by one fourth.

In the *Mugil*, we were not successful to attain a state of rest.

According to our investigations, the following approximate figures would fall to the work of the fins in the maintenance of fish above the sea-bottom:

The <i>Labrus merula</i>	. . .	15 cm ³ of oxygen per kg/hour
The <i>Serranus scriba</i>	. . .	24 cm ³ of oxygen per kg/hour
The <i>Sargus vulgaris</i>	. . .	37 cm ³ of oxygen per kg/hour

In our opinion, the values obtained offer but an approximate picture of the activity of these organs in the maintenance of fish above the sea-bottom in quiet water.

That the differences in the intensity of oxidation between the active and the sluggish forms of fish are the consequence of not only a momentary muscular activity in certain fish and its absence in other forms, is also seen from VERNBERG'S and GRAY'S investigations (19), according to which the cerebral tissue of active fish such as the *Mugil cephalus* consumes at a temperature of 30°C more oxygen than such tissue in the sluggish forms such as the *Opsanus tau*. All results obtained thus far point to a varied organization of cells in relation to the degree of everyday activities in fish.

CONCLUSIONS

Our investigations into the concentration of haemoglobin and the intensity of oxidation processes at an adaptation temperature of 12.5°C in the sluggish as well as the more active forms of various degrees would then point to the following conclusions:

1. Sluggish fish of the bottom spending the greater part of day lying there, such as the *Arnoglossus Boscii*, the *Scorpaena scrofa*, the *Scorpaena porcus*, and the *Gobius cruentatus*, possess a lower concentration of haemoglobin as well as lower oxygen consumption per units of time

and body weight than the more active forms spending the greater part of day swimming above the bottom, to include among others the *Labrus merula*, the *Serranus scriba*, the *Sargus vulgaris*, and the *Mugil labeo*.

2. The intensity of oxidation in the mentioned more active forms – when the fish does not change its position but only maintains itself in the water above the bottom – is from twice up to five times higher than in the sluggish forms of the bottom.

3. In the active forms of fish – with the activity of the fins excluded – the consumption of oxygen decreases, but it exceeds nevertheless by at least 100 per cent the consumption in the sluggish forms of the bottom.

4. The differences in the intensity of oxidation at an adaptation temperature of 12.5°C between the sluggish fish of the bottom and the more active forms is attributable to not only the work of the organs for swimming but also the different physiological organizations of these organisms.

Oceanographic Institute, Split, Yugoslavia.

REFERENCES

1. Deb, C. and J. S. Hart: *Canad. J. Biochem. Physiol.*, 34: 959–966. 1956. – 2. Fox, H. M. and E. A. Phear: *Proc. Roy. Soc. B*, T. 141, p. 179. 1953. Quoted after H. M. Fox, *Bull. Soc. Zool. de France*, 80: 288–298. 1955. – 3. Fry, F. E. J. and J. S. Hart: *Biol. Bull.* 94: 66–77. 1948. – 4. Gelineo, S., *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.* 10: 1083–1115. 1934. 5. – Gelineo, S.: Aktivnost morskih riba i koncentracija hemoglobina (Activity of marine fish and concentration of haemoglobin), *Glas SAN* (in pres). *Glasnik SAN*. VII: 153. 1956. – 6. Gelineo, S.: *C. r. Soc. Biol.* 148: 1114–1116. 1954. – 7. Gelineo, S.: (unpublished). – 8. Hall, F. G.: *Amer. J. Physiol.*, 88: 212–218. 1929. Cited by Vernberg (18). – 9. Hall, F. G. and J. E. Gray, *J. Biol. Chem.* 81: 589–594. 1929. – 10. Kırberger, C. Z.: *Z. vergl. Physiol.* 35: 153–158. 1958. – 11. Leiner, M.: *Die Physiologie der Fischatmung*. Leipzig 1938. Akad. Verlagsgesellschaft. – 12. Precht, H.: *Biol. Zbl.* 70: 71–85. 1951. – 13. Raievskaia, T.: *C. R. Soc. Biol.* 147: 1981. 1954. – 14. Root, R. W.: *Biol. Bull.* 61: 427–456. 1931. – 15. Stullken, D. E. and W. A. Hiestand: *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.* 86: 253. 1954. – 16. Suhrmann, R.: *Biol. Zbl.* 74: 432–448. 1955. 17. – Timet, D.: *Thalassia Jugoslavica*, 1: 5–31. 1956. – 18. Vernberg, F. J.: *Biol. Bull.* 106: 360–370. 1954. – 19. Vernberg, F. J. and I. E. Gray: *Biol. Bull.* 104: 445–449. 1953. – 20. Wells, N. A.: *Physiol. Zool.* 8: 318–336. 1935.

PRILOZI POZNAVANJU VEGETACIJE ALGA
NA PODRUČJU SLAPOVA PLITVIČKIH JEZERA

(Sa 3 crteža u tekstu i 2 table)

(Primljeno na sjednici Odjela za prirodne nauke 18. I. 1958.)

UVOD

Prve navode o algama Plitvičkih jezera nalazimo kod BRUNNTHALER-a (1900) i KRMPOTIĆ-a (1913), od kojih je prvi istraživao samo Proščansko jezero. No ovi autori se dotiču samo nekih planktonskih oblika, a druge je alge, kao i neke mahovine obrađivao PEVALEK (od 1916 dalje). On se uglavnom zadržao na istraživanju morfologije sedrenih oblika i geološkoj i formativnoj ulozi mahovina, manje alga, u postanku sedre Plitvičkih jezera. Njegov floristički popis alga sa područja Plitvičkih jezera (1919, 26) daje samo fragmentarni uvid u floru alga ovoga područja, a obuhvaća biotope stijena, potoka, jezerskog litorala i slapova: u svemu 30 određenih vrsta (dijatomeje nisu obrađene). Od toga bi za uže područje slapova (slapovi i brzice među jezerima) bile zabilježene ove vrste:

<i>Phormidium uncinatum</i> (Ag.) Gom. Brzica kod pile u Labudovcu	—
<i>Hyphaeothrix lateritia</i> (Ktz.) Kirchn. Plitvička jezera	+
<i>Inactis vaginata</i> Näg. Plitvice: Sastavci	—
<i>Petalonema alatum</i> (Carm.) Borzi u slapu Prošće—Okrugljak	+
<i>Tolypothrix penicillata</i> (Ag.) Thr. U brzicama Plitvičkih jezera	+
<i>Tolypothrix tenuis</i> Ktz. Oko Labudovca	+
<i>Rivularia haematites</i> (D. C.) Ag. Plitvička jezera	+
<i>Rivularia rufescens</i> Näg. Plitvička jezera	—
<i>Hydrurus foetidus</i> (Vauch.) Kirchn. Blizu izvora Plitvice i u Crnoj rijeci	+
<i>Microspora elegans</i> Haud. Crna rijeka na Plitvicama	—
<i>Conserva minor</i> Wille Plitvice	—
<i>Ulothrix oscillarina</i> Ktz. Plitvice	—
<i>Hormidium rivulare</i> Ktz. Plitvice	—

Dosta detaljnu analizu vegetacije cijanoficeja – litofita daje ERCEGOVIĆ (1925, 5). On obrađuje biotope spilja kod Kozjaka, stijene kod slapa Plitvice i okolicu i ulaz pećine Golubare. Od naročitog značaja za biologiju cijanoficeja su njegova ekologijska zapažanja i »sistematske primjedbe na osnovu bioloških zapažanja«, koje su bile objavljene dvadeset godina prije objavljivanja JAAG-ovih »Untersuchungen über die Vegetation und Biologie der Algen des nackten Gesteins«, a u mnogome se podudaraju s njegovim zapažanjima.

Floru dijatomeja prvi put detaljno obrađuje poznati dijatomolog F. HUSTEDT, koji je prilikom VII. limnološkog kongresa 1934. god. boravio u Jugoslaviji i među ostalim posjetio i Plitvička jezera. Sa tog područja on opisuje (1945, 18a) 222 vrste dijatomeja, od kojih 12 lokalnih i 9 balkanskih edema. Na njegove navode osvrnut ćemo se kasnije u diskusiji o dijatomejama.

Prigodom istraživanja vegetacije mahovina sedrenih slapova Plitvičkih jezera, koje je u srpnju 1956. vodio asistent Botaničkog Zavoda dr. Z. PAVLETIĆ, sakupljen je i bogat algološki materijal, koji sam preuzela na obradu. Ovaj materijal je nadopunjen u svibnju 1957. god. (S. GOLUBIĆ početkom svibnja, vlastite probe koncem svibnja). Ovim su obuhvaćena staništa užeg područja slapova, a jezera nisu uzeta u obzir. Radi nepristupačnosti staništa i visokog nivoa vode za vrijeme istraživanja nije bilo moguće obuhvatiti potpuno cijelo područje, pa su neki slapovi obrađeni manje više fragmentarno. Najbolje su obrađeni slapovi Prošće – Okrugljak i Burgeti–Kozjak.

Alge su određene prema priručnicima za određivanje, koji su navedeni u popisu literature (str. 142–143). Kod cijanoficeja su uz fiksirani materijal po mogućnosti obrađeni i živi primjerci. Jako inkrustirani oblici obrađivani su prethodno razrijeđenom mlječnom, rjeđe solnom kiselinom, koja prilično uništava alge. Dijatomeje su obrađene uobičajenim specijalnim postupkom kuhanja u kiselinama, a kolonijalni oblici i oblici sa galertastim tokovima i stapkama proučavani su uporedo u vodi. Kod sastavljanja florističkog pregleda cijanoficeja držala sam se u većini slučajeva sistematske podjele prema ELENKIN-u i HOLLERBACH-u.

Iz svih prijašnjih kao i sadašnjih nalaza može se zaključivati o osobitosti karaktera vegetacije alga sedrenih slapova i brzica.

Na ovome mjestu zahvaljujem akademiku prof. dru. V. VOUKU, koji mi je svojim savjetima i iskustvom pomogao tokom rada, asistentu Botaničkog zavoda Z. PAVLETIĆU na ustupljenom algološkom materijalu, asistentu S. GOLUBIĆU na naknadno sakupljenom materijalu, kao i na ustupljenom materijalu s rijeke Krke za komparaciju, kao i svima ostalima, koji su mi kod rada bilo čime pomogli.

CYANOPHYTA

red CHROOCOCCALES Geitl.

fam: *Microcystidaceae* Elenk.

Microcystis grevillei (Haas.) Elen. emend.

Liter. et icon.: *Aphanocapsa grevillei* (Hass.) Rabenh. Geitler (1932) p. 159, fig. 71; Elenkin (1938) p. 126, fig. 32; Hollerbach et al. (1953) p. 75, fig. 40, 1.

Kožaste, prostim okom vidljive ili mikroskopski sitne kolonije među drugim aerofitima.

Na vlažnim zasjenjenim mjestima – ispod slapova Burgeti–Kozjak, na sedrenim blokovima orošenim slapom Plitvice.

M. muscicola (Menegh.) Elenk.

Liter. et icon.: Elenkin (1938) p. fig. 33; Hollerbach et al. (1953) p. 77, fig. 40, 2.

Galertaste, mikroskopski malene kolonije sastavljene su od nakupina kuglastih ili ponešto cliptičnih stanica 2–3 μ u promjeru. Dolazi u inkrustama drugih cijanoficeja, naročito među vrstama roda *Schizothrix* i između drugih krookokala, ali i samostalno.

ELENKIN opisuje identičan oblik pod imenom *Microcystis anadontae* (Hansg.) Elenk., a ERCEGOVIĆ pod imenom *Aphanocapsa endolithica* Ercegović, koji se od ostalih vrsta roda *Microcystis* (Kütz.) Elenk. *comb. nov.* (*Aphanocapsa* drugih autora) razlikuje endolitskim načinom života u vapnenačkoj podlozi. GEITLER (12, p. 155) umjesno primjećuje: »Es läßt sich oft schwer entscheiden, ob die Lager wirklich endolithisch leben oder ob sie in der von anderen Algen abgeschiedenen Sintermasse liegen.« Kako sposobnost inkrustacije stelje sedrom ne smatram pouzdanim kriterijem za sistematsku podjelu vrsta, to oblik sa Plitvičkih jezera uvrštavam u vrstu identičnu po dimenzijama i obliku *Microcystis muscicola* (Menegh.) Elenk., to više, što naš oblik dolazi i neinkrustiran. Ukoliko bi spomenuti oblik imao sposobnost u širvanja u kamen ili sedrenu inkrustu bilo koje alge, moglo bi se možda govoriti o zasebnoj vrsti, što još uvijek ne bi isključilo mogućnost postojanja fiziološki uvjetovane forme.

Ispod slapova Burgeti–Kozjak, kaskade iz Cavanovca u Kaluderovac, iznad slapa Milke Trnine.

Aphanothece saxicola Nüg.

Liter. et icon.: Frémy (1930) p. 28, fig. 28; Geitler (1932) p. 149; Hollerbach et al. (1953) p. 83.

Strop i stijene poluspilje u Burgetima jedan od slapova.

A. castagnei (Bréb.) Rabenh.

Liter. et icon.: Geitler (1932) p. 171; Elenkin (1938) p. 152, fig. 39; Hollerbach et al. (1953) p. 84, fig. 43,3.

Vlažne poluspiljke ispod slapova i djelomično presušeni podbraci – Burgeti, Kozjak, Sastavci.

fam. *Gloeocapsaceae* Elenk. et Hollerb.

Gloeocapsa sanguinea (Ag.) Kütz. emend. Jaag

Liter. et icon.: *Gloeocapsa sanguinea* Näg. emend. Brand Geitler (1932) p. 206, fig. 98–100; *Gloeocapsa sanguinea* Näg. emend. Brand Elenkin (1938) p. 189, fig. 51; *Gloeocapsa sanguinea* (Ag.) Kütz. emend. Jaag (1945) p. 190; *Gloeocapsa sanguinea* Näg. emend. Brand Hollerbach et al. (1953) p. 95, fig. 50.

Dolazi kao *status familiaris, coloratus* (i *pallidus*) *simplex, alpinus; status familiaris, lamellosus, coloratus, alpinus* i u stadiju nanocita. Ta stanja, prema JAAG-u, odgovaraju slabo osvijetljenim (*status pallidus*) ili više manje osvijetljenim (*status coloratus*) staništima visokog stepena vlažnosti, što su pokazala i naša zapažanja. Često je obojenost ovoja tako slabo izražena, da se može primijetiti tek nakon obrade kiselinom, kada postane svijetloružičasta.

U užem području slapova dosta slabo zašupana; na okolnim stijenama među litofitima česta. Na stijenkama poluspiljke kod Kozjaka.

G. kützingiana Näg. *status familiaris, lamellosus, coloratus*

Liter. et icon.: Geitler (1932) p. 194, fig. 91a; Elenkin (1938) p. 202, Hollenbach et al. (1953) p. 99.

Na stijenkama poluspilja i sedrenim gromadama ispod slapova orošenih vodom (Kozjak, Sastavci).

G. dermochroa Näg.

Liter. et icon.: Frémy (1930) p. 49, fig. 54; Geitler (1932) p. 194, fig. 90; Elenkin (1938) p. 203, fig. 56; Hollerbach et al. (1953) p. 99, fig. 54, 2.

Ovaj oblik ujedinjuje ELENKIN u svojoj monografiji s vrstom *Gloeocapsa fusco-lutea* (Näg.) Kirchner, što je posve opravdano, jer se kod plitvičkih nalaza radi, kako o neslojevitim, tako i o slojevitim ovojima, veličine stanica bez ovoja 2–3 μ , dakle s dimenzijama kao kod *G. dermochroa*, a slojevitost ovoja kao kod vrste *G. fusco-lutea*.

Na vlažnim mjestima na rubu odvirka Prošće–Okrugljak i kod Sastavaka.

G. turgida (Kütz.) Hollerb. emend.

Liter. et icon.: *Chroococcus turgidus* (Kütz.) Näg. Frémy (1930) p. 36, fig. 40; *Chroococcus turgidus* (Kütz.) Näg. Geitler (1932) p. 228, fig. 109; Elenkin (1938) p. 211, fig. 61, 62; Hollerbach et al. (1953) p. 101, fig. 56, 2.

Ova vrsta s vrlo širokom ekvalencijom raširena je na slapovima Plitvičkih jezera, gdje je ograničena na vlažne i sjenovite stropove i stijenke poluspilja i polupresušene podbratke natopljene vodom. Kod slapova Burgeti-Kozjak, Sastavci. Tab. I. sl. 2.

PEVALEK je bilježi pod imenom *Chroococcus turgidus* (Kütz.) za Galovac i Gradinsko jezero.

G. turgida f. violacea (W. West) Hollerb.

Liter. et icon.: *Chroococcus westii* (W. West) Boye-Petersen Geitler (1932) p. 230, fig. 109; Elenkin (1938) p. 214; Hollerbach et al. (1953) p. 101.

Stanice bez ovoja 8,3–10 μ u promjeru, s ovojem 13–16 μ ; ovoj neslojevit, bezbojan. Sadržaj stanica ljubičast. Stanice pojedinačne, po dvije u zajedničkom ovoju ili u većim kolonijama bez individualnih ovoja. Kako dolazi s tipičnom *G. turgida*, a osim boje pokazuje i neke druge razlike (oblik kolonije, konzistencija ovoja), smatram, da se može opisati kao forma, koja, međutim, prelazi okvire dijagnoze, koju daje BOYE-PETERSEN za *Chroococcus westii* (manje dimenzije stanica i neslojevitost ovoja).

Kod slapova Burgeti-Kozjak.

G. minuta (Kütz.) Hollerb. ampl. *f. typica* Hollerb.

Liter. et icon.: *Chroococcus minutus* (Kütz.) Näg. Frémy (1930) p. 39, fig. 42; *Chroococcus minutus* (Kütz.) Näg. Geitler (1932) p. 232, fig. 112; Elenkin (1938) p. 233, fig. 71; Hollerbach et al. (1953) p. 107, fig. 60.

Raširena na stijenama i stropovima poluspilja, na orošenoj sedri ispred slapova, na vlažnom granju – Burgeti, Kozjak, Sastavci.

G. montana (Kütz.) ampl. Hollerb.

Liter. et icon.: *Gloeocapsa granosa* (Berk.) Kütz. Geitler (1932) p. 188, fig. 84; Elenkin (1938) p. 226, fig. 58; Hollerbach et al. (1953) p. 105, fig. 58, 1.

Mjestimice prelazi u *Aphanocapsa*-stadij.

Kod slapova Prošće-Okrugljak ispod tankog preliva vode u stelji vrste *Tolypothrix distorta f. penicillata* i *Hydrocoleum homeotrichum var. tenue*.

Gloeotheca rupestris (Kütz.) Rabenh.

Liter. et icon.: Frémy (1930) p. 52, fig. 61; Geitler (1932) p. 221, fig. 108; Elenkin (1938) p. 250, fig. 76; Hollerbach et al. (1957) p. 111, fig. 1.

Individualni ovoji se djelomično rasluzuju, i oforganizam poprima oblik *Aphanothece*, koji je u starijoj literaturi bio opisivan kao zasebna vrsta pod imenom *Aphanothece pallida*. Tab. I. sl. 3.

S podbratka, gdje kaplje i prska voda, kod Sastavaka.

Gl. palea (Kütz.) Rabenh.

Liter. et icon.: Geitler (1932) p. 218; Elenkin (1938) p. 228; Hollerbach et al. (1953) p. 112.

Na mjestima orošenim i natopljenim vodom, slapovi Burgeti-Kozjak.

red PLEUROCAPSALES Geitl.

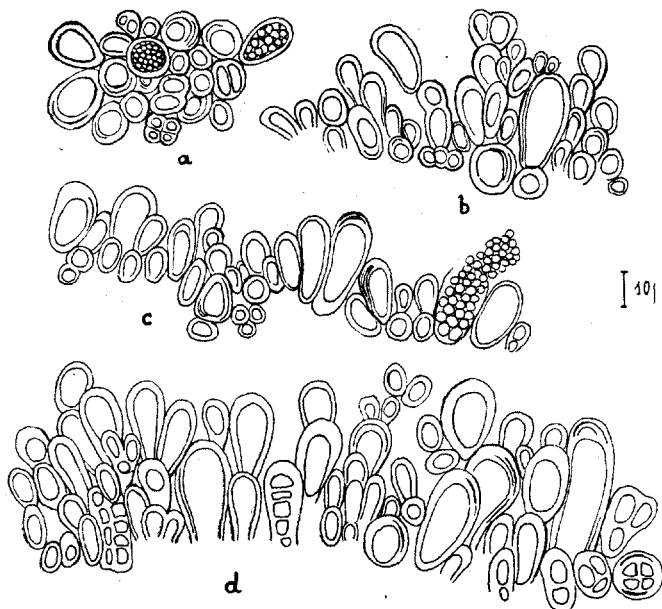
Pleurocapsaceae Geitl.

Xenococcus sp.

Stelje su koraste, tanke, tamnocrvene skoro crne boje. Stanice su zbijene, kijačastog, kruškolikog ili manje više nepravilnog oblika, većinom polarno diferencirane, bazalnim dijelom pričvršćene na podlogu. Stelje gledane odozgora imaju izgled pseudoparenhimatske ploče, koja je samo prividna, jer stanice nisu obavijene zajedničkim ovojem. Sporangiji se po izgledu ne razlikuju od vegetativnih stanica, a stvaraju bazipetalno velik broj spora. Pojedine stanice su u živom stanju crvene boje (sadržaj, a ne membrana), rjeđe modrozeleno boje, u fiksiranom materijalu od svijetlozelene do ružičaste i violetne boje. Razmnožava se i vegetativno, i to uzdužnim diobama (tada nastaju kratke niti) ili poprečnim diobama. Katkada je teško odlučiti, da li se radi o vegetativnom dije-ljenju ili o početku stvaranja endospora. Veličina stanica bez membrana je $3-30 \times 10 \mu$, s membranom $5-34 \times 15 \mu$.

Ovaj oblik čini s jedne strane prijelaz prema rodu *Dermocarpa*, jer se stanice pretežno ne dijele vegetativno, a s druge strane približava se rodu *Pleurocapsa*, od koje se razlikuje nedostatkom jasno nitastih stadija. Od svih ostalih oblika roda opisani se *Xenococcus* razlikuje većom varijabilnošću dimenzija stanica (uključivao bi donekle i vrstu *Xenococcus chroococcoides* F. E. Fritsch), velikom maksimalnom dimenzijom, kao i ekologijom. Sl. I. a. b. c. d.

Na protonemama mahovina i lišajevima na stropu poluspilje ispod slapova Burgeti-Kozjak.



Sl. 1 - *Xenococcus* sp. a) dio stelje odozgora sa sporangijima b) stelja sa strane c) i d) stelja sa strane sa sporangijima

Abb. 1 *Xenococcus* sp. - a) Lagerteil mit Sporangien, Oberflächenansicht b) Profilansicht c) und d) Profilansicht vom Lager mit Sporangien

Pleurocapsa minor Hansg. emend. Geitl.

Liter. et icon. Frémy (1930) p. 55, fig. 62; Geitler (1932) p. 348, fig. 182-185; Elenkin (1938) p. 397, fig. 106; Hollerbach et al. (1953) p. 145, fig. 82.

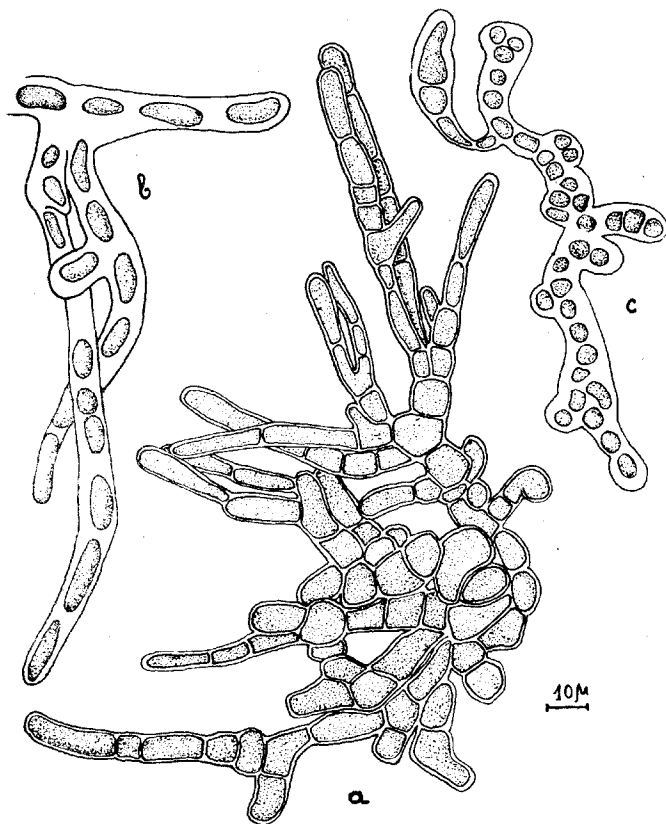
Poluspilja kod Galovca, mjesta, gdje curka voda.

Hyella fontana Hub. et Jad.

Liter. et icon.: Frémy (1930) p. 63, fig. 68 et 68 bis; Geitler (1932) p. 372, fig. 201; Elenkin (1938) p. 409, fig. 112; Hollerbach et al. (1953) p. 149, fig. 85, 1.

U sadrenoj inkrusti, djelomično na površini, pojedine duge niti zadiru u supstrat. Sl. 2 a) b) c). Tab. I. sl. 6.

Uz rub jezera Kozjak.



Sl. 2. *Hyella fontana* – a) dio stelje sa puzajućim nitima b, c) pojedine endolitičke niti
 Abb. 2. *Hyella fontana* – a) Lagerteil mit Kriechfäden b, c) endolitische Fäden

red STIGONEMATALES Geitler

fam. *Stigonemataceae* (Kirchn.) Geitl.

Stigonema minutum (Ag.) Haas.

Liter. et icon.: Frémy (1930) p. 408, fig. 331; Geitler (1932) p. 513, fig. 311–317; Elenkin (1938) p. 479, fig. 148–150; Hollerbach et al. (1953) p. 176, fig. 102, 1, 2.

Na stijenkama i stropu poluspilje ispod slapa Burgeti–Kozjak.

red NOSTOCALES Geitler

fam. Nostocaceae Kützing

Nostoc epilithicum Ercegović

Liter. et icon.: Ercegović (1925) p. 87; Geitler (1932) p. 862.

GEITLER stavlja tu Ercegovićevu vrstu u »Anhang« kao »kaum identifikabilan«, ali smatram, da je zasada ne možemo priključiti nijednoj drugoj dosada poznatoj vrsti. Približava se najviše vrsti *Nostoc sphaericum*, od koje se razlikuje nešto užim stanicama i postojanjem individualnih tokova, što nije stalna pojava (i kod vrste *Nostoc microscopicum* individualni tokovi se često rasluže), a s druge strane po obliku i konzistenciji stjele potpuno na *Nostoc punctiforme*, od kojeg se razlikuje dimenzijama stanica i naročito ekologijom.

Na sedri orošenoj sa slapa Burgeti-Kozjak, Sastavci ispod slapa Plitvice, a isto tako na mahovinama u polutvrdoj inkrusti među drugim algama u odvirku Prošća u Okrugljak.

fam. Scytonemataceae (Kütz.) Elenk.

Scytonema mirabile (Dillw.) Born.

Liter. et icon.: Frémy (1930) p. 319, fig. 268; Geitler (1932) p. 775, fig. 498; Elenkin (1938) p. 923, fig. 267; Hollerbach et al. (1953) p. 318, fig. 193.

Na stropu i stijenama najvećeg slapa Burgeti-Kozjak i u Burgetima jedan od slapova.

S. myochrous (Dillw.) Ag.

Liter. et icon.: Frémy (1930) p. 321, fig. 269; Geitler (1932) p. 780, fig. 502; Hollerbach et al. (1953) p. 321, fig. 195.

Na stijeni poluspilja, mjesta, na koja pada voda, natopljena vodom, više ili manje osvijetljena. — Burgeti, Kozjak, Sastavci.

S. crassum Näg.

Liter. et icon.: Geitler (1932) p. 782; Elenkin (1938) p. 941; Hollerbach et al. (1953) p. 324.

Na stropu i stijenama poluspilje-Burgeti.

S. alatum. (Carm.) Borzi

Liter. et icon.: *Petalonema alatum* Berk Geitler (1932) p. 789, fig. 505 et 506; Elenkin (1938) p. 944, fig. 277 et 278; Hollerbach et al. (1953) p. 327, fig. 199, 1, 2.

Strop i stijene poluspilje Burgeti jedan od slapova i ispod slapa Burgeti-Kozjak.

PEVALEK je bilježi pod imenom *Petalonema alatum* (Carm.) Borzi za slap Prošće-Okrugljak.

Tolypothrix distorta Kütz. f. *penicillata* (Ag.) Kossinsk.

Liter. et icon.: Geitler (1932) p. 719, fig. 461; Elenkin (1938) p. 956, fig. 282; Hollerbach, et al. (1953) p. 332, fig. 202, 2.

Vegetacijski značajan oblik za rubove brzica i mjesta orošena vodom sa slapova. Rasprostranjena od odvirka Prošće-Okrugljak do početka Korane.

PEVALEK je bilježi pod imenom *Tolypothrix penicillata* (Ag.) Thuret »u brzicama Plitvičkih jezera«.

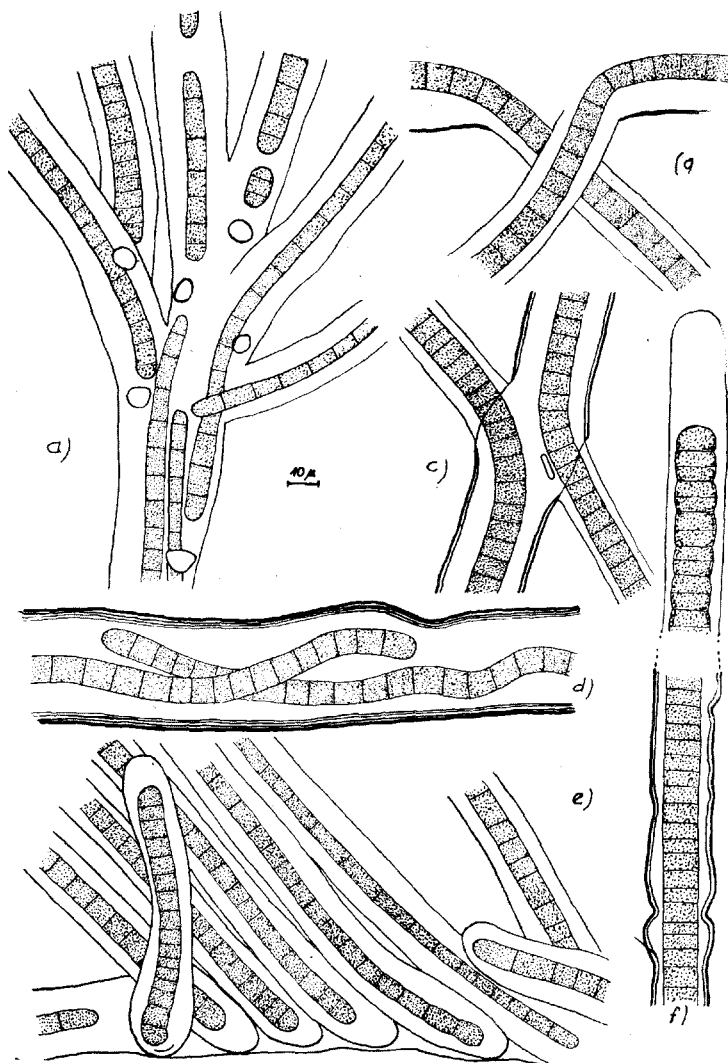
T. saviczii Kossinsk.

Liter. et icon.: Geitler (1932) p. 735, fig. 475; Elenkin (1938) p. 968, fig. 287; Hollerbach et al. (1953) p. 337, fig. 206, 2-9.

Stelje pustenasto baršunaste, smeđe, niti se prema vrhovima utanjuju, iste širine kao ogranci. Razgranjenje pojedinačno, parno i mnogostruko. Da postojanje mnogostrukog razgranjenja ne predstavlja neku slučajnu pojavu, pokazuje činjenica, da je alga nađena više puta u toku dvije godine u istom obliku. Katkada su u određenoj udaljenosti dva ili više trihoma obavijena zajedničkim tokom. Tokovi su žutosmeđe boje ili kod mlađih ogranaka bezbojni, neslojeviti ili paralelno slojeviti, često kod starijih niti na rubu valovito nabrani, redovito se nastavljaju mnogo dalje iznad trihoma (ta pojava primjećuje se i kod drugih vrsta). Stanice nisu utegnute kod poprečnih membrana, ili malo utegnute, naročito kod ogranaka na vršnim meristemima. Pri bazi pojedinačnih ogranaka nalazi se uvijek po jedna heterocista s jednom porom ili jedna deformirana stanica. Ta oznaka je prema BHARAOVAIAI glavna karakteristika za raspoznavanje roda *Tolypothrix* od roda *Scytonema*. Niti širine od (15 μ) 18-22 μ ; širina trihoma 8-11 μ , dužina stanica 4-12 μ (17), širina niti kod ogranaka 14-21 μ , trihoma 9-11 μ . Možemo osim tipičnog tolipotriks-oblika razlikovati još

1) *status chiastum*, gdje je kod parnog razgranjenja nastupilo križanje niti kao kod vrste *Scytonema chiastum*. Ovdje trihomi rastu jedan prema drugom, a ne savijaju se tako, da čine pravi kut sa glavnom osi, kao kod drugih vrsta roda *Scytonema*. Da ova pojava nije specifična i od sistematskog značenja za vrstu i da je raširena i kod drugih oblika, pokazuje nalaz takvog načina grananja kod nekih vrsta roda *Scytonema* na pr. *Scytonema crispum* i nekih dr.

2) *Status ramosus* s obilnim razgranjenjem, koji podsjeća na habitus vrste *Tolypothrix elenkinii*. Oblik pokazuje najviše sličnosti s vrstom



Sl. 3. *Tolypothrix saviczii* – a) tipični habitus b, c, d) status »chiasmum« e) višestruko razgranjenje f) vrh niti

Abb. 3. *Tolypothrix saviczii* – a) typisches Habitusbild b, c, d) status »chiasmum« e) vielfache Verzweigung f) Fadenende

Tolypothrix distorta f. *penicillata*, koja se osim općim izgledom razlikuje nešto manjom širinom niti i pomanjkanjem prije navedenih statusa, a dolazi na istim staništima. Moguće je, da se ova parna, a vjerojatno i višestruka razgranjenja mogu pripisati utjecaju jakog svijetla, kao što bilježi GESSNER (13, str. 101) prema istraživanjima JAAGA za vrstu *Tolypothrix distorta* f. *penicillata*. On kaže: »Bei starkem Licht aber bildet die Form ausschliesslich doppelte Fadenverzweigungen, musste also der Gattung *Scytonema* zugerechnet werden ... Sl. 3 a) b) c) d) e) f) Tab. II. sl. 5.

Kaskade iz Burgeta na Kozjaku uz rub sa vrstama *Rivularia haematites*, *Rivularia coadunata* i *Calothrix parietina*.

Calothrix parietina Thuret

Liter. et icon.: Frémy (1930) p. 259, fig. 232; Geitler (1932) p. 604, fig. 380; Elenkin (1938) p. 1071, fig. 317–320; Hollerbach et al. (1938) p. 362, fig. 217, 1.

Osim tipičnog oblika dolazi u tvrdim sedrenim inkrustama u zajednici sa drugim cijanoficejama oblik, koji odgovara djelomično dijagnozi za *Calothrix fusca*, a dolazi na ekološki istom staništu. POLJANSKY (p. 1063) spominje ove karakteristike, po kojima se *Calothrix fusca* razlikuje od *Calothrix parietina*: 1) rijetka pojava razgranjenja, 2) jače ili slabije odebljanje bazalnog dijela, 3) uvijek kratke stanice, 4) uže i ne tako izrazito slojevite tokove.

Rijetka pojava razgranjenja susreće se i kao tipičnog *C. parietina*, isto i veće ili manje odebljanje bazalnog dijela, što priznaje i POLJANSKY, a stanice su plitvičkog oblika pretežno dulje, što ga približava vrsti *Calothrix parietina*. Tokovi su većinom bezbojni do djelomično žuti, što se može lako protumačiti nedostatkom svijetla u tvrdim inkrustama. Zato sam taj oblik priključila vrsti *Calothrix parietina*, koji je nešto izmijenjen zbog inkrustacije. Postoje svi prijelazi prema tipičnoj *C. parietina*, naročito prema površini stelje. Heterociste su vrlo rijetke, tako da se oblik lako može zamijeniti s rodnom *Homoeothrix*. Zanimljiva je bila jedna stelja, koja je makroskopski izgledala poput roda *Rivularia*, ali se zapravo radilo o stelji *Schizothrix pulvinata*, koja je izvana bila prekrivena nitima *Calothrix parietina*.

PEVALEK je bilježi za »izvor nad Glibovitom dragom na Plitvicama«. Po cijelom području, a naročito u inkrustama u stelji vrsta roda *Schizothrix*.

Dichothrix gypsophila (Kütz.) Born. et Flah.

Liter. et icon.: Frémy (1930) p. 270, fig. 241; Geitler (1932) p. 590, fig. 372; *Calothrix gypsophila* (Kütz.) Thur. emend. V. Poljansk. Elen-

kin (1938) p. 1090, fig. 326–337; *Calothrix gypsophila* (Kütz.) Thur. emend. V. Poljansk. Hollerbach et al. (1953) p. 366, fig. 220, 1.

Rasprostranjen na mjestima, gdje prska voda: odvirak iz Prošća za Okrugljak, prijelaz iz Burgeta u Kozjak, na sedrenom kamenju u Kozjaku ispod slapova; drugi slap Korane, uz rub.

D. compacta var. *calcarata* Woronich.

Liter. et icon.: Geitler (1932) p. 591; *Rivularia calcarata* (Woronich.) V. Poljansk. Elenkin (1938) p. 1144, fig. 352; *Rivularia calcarata* (Woronich.) V. Poljansk. Hollerbach et al. (1953) p. 379, fig. 227.

Stelje mikroskopski sitne, polukuglaste, tamnozeleno, uklopljene u maslinasto zelenu prevlaku drugih cijanoficeja, inkrustirane, tvrde. Stelje nakon obrade mlječnom kiselinom mekane, niti se na pritisak lako razilaze. Niti smještene vrlo blizu jedna uz drugu, više ili manje bogato razgranjene. Tokovi bezbojni, većinom neslojeviti, rjeđe slojeviti. Često je umetnuta interkalarna meristematska zona, koja se naročito ne ističe, osim kraćim i ponešto širim stanicama. Stanice su kod poprečnih membrana utegnute ili neutegnute. Tokovi su na vrhovima često raščijani. Oblik se približava rivulariji smještajem svojih niti, a nedostatkom međusobne sluzi, koja ih spaja, dihotriksu. Sferičan rast kao kod ove vrste opažamo i kod vrste *Dichothrix gypsophila*. Ogranci trihoma pri bazi su široki od 3,4–7 μ , nit pri bazi 8–12 μ , dužina stanica pri bazi 5–8 μ , širina stanica u meristematskom dijelu 4–5 μ , dužina 2–4 μ , heterociste kruškasto trokutaste ca 6 \times 6 μ .

Uz rub jezera Kozjak ispod slapova Burgeti–Kozjak.

Rivularia haematites D. C. Ag.

Liter. et icon.: Geitler (1932) p. 653, fig. 45, 416 et 417; Elenkin (1938) p. 1126, fig. 342–344; Hollerbach et al. (1953) p. 373, fig. 224, 1, 2. Stelja je izvana modrozeleno do smeđa, svuda s nekoliko slojeva. Širina trihoma konstantna: od 6–8 μ . Slabije inkrustirani primjerci imaju manje slojeva, ljepše su razvijeni i veći, a jako inkrustirani oblici mali su i mnogostruko slojeviti.

Vrlo rasprostranjena u brzicama, a naročito uz rub i na mjestima orošenim vodom; najčešće uz vrstu *Tolypothrix distorta* f. *penicillata*.

Pevalek je bilježi za Plitvička jezera.

R. coadunata (Sommer.) Foslie

Liter. et icon.: *Rivularia biasolettiana* Menegh. Geitler (1932) p. 650, fig. 413; Elenkin (1938) p. 1147, fig. 353; Hollerbach et al. (1953) p. 379, fig. 228, 1.

Osvijetljena mjesta-kaskade Burgeti–Kozjak. Tab. II, sl. 1, 2.

Phormidium foveolarum (Mont.) Gom. f. majus Elenk.

Liter. et icon.: Elenkin (1938) p. 999, fig. 428; Hollerbach et al. (1953) p. 477, fig. 253; Klas et Marčenko, (1959) p. 259, fig. 11.

Oblik se razlikuje od tipa širinom trihoma do 2μ , što odgovara formi, koju opisuje ELENKIN pod imenom *f. majus*. Ne čini stamostalne stelje, već je primiješana uz druge formidije u tvrdim sedrenim inkrustama, naročito uz *Phormidium incrustatum* i *Phormidium sp. indeter.*, rjeđe su niti između protonema mahovina.

Sedrene prevlake na listovima na zasjenjenim mjestima između Velikog jezera i Vira, s donje strane sedrene prevlake na dnu vodotoka kod odvirka za Galovac, u tvrdoj sedri kod slapa Prošće–Okrugljak.

Ph. corium (Ag.) Gom.

Liter. et icon.: Gomont (1893) p. 192, tab. V. fig. 1 et 2; Frémy (1930) p. 150, fig. 133; Geitler (1932) p. 1018, fig. 649 b, c), Elenkin (1938) p. 1497, fig. 441, b, c; Hollerbach et al. (1953) p. 495, fig. 261, 5, 6; Klas et Marčenko, 1959, p. 257, fig. 9.

U sedrenoj inkrusti sa protonemama mahovina i cijanoficejama, kaskade Burgeti–Kozjak.

Ph. incrustatum (Näg.) Gom.

Liter. et icon.: Gomont (1893) p. 190, tab. IV, fig. 27; Geitler (1932) p. 1017, fig. 649 a); Elenkin (1938) p. 1507, fig. 441 a; Hollerbach et al. (1953) p. 497, fig. 262, 9.

Stelje tvore ili nepravilno kvržičaste, tvrde prevlake, ili polukuglaste cca. 0,5 cm promjera velike kolonije, iznutra slojevite, konvergentne s *Inactis* oblicima roda *Schizothrix*). Niti su kod tih oblika smještene međusobno više ili manje paralelno, a prema površini okomito. Od dijagnoze se razlikuje osim po boji stelje, koja je blijedomodrozeleno ili slabo ružičasta, i po jakom stepenu inkrustacije (prema ELENKINU »slabo inkrustirane«). Tab. II. sl. 6.

Polukuglaste stelje nađene su na sedrenom čunju ispod slapa Prošće–Okrugljak pod direktnim udarcem vode, a u obliku prevlaka na lišću između Velikog jezera i Vira i u odvircima iz Batinovca u Galovac. Tab. II. sl. 6.

Phormidium sp. indet.

Tvori krute, inkrustirane, blijedomodrozeleno, koraste prevlake s većim ili manjim nepravilnim kvržicama na površini, ili dolaze pojedinačno u tvrdim inkrustama drugih cijanoficeja, naročito *Phormidium incrustatum* i *Hydrocoleum homoeotrichum* var. *tenuis*. Niti više ili manje savijene, isprepletene, prema vrhovima često malo spiralno savijene, s tokom do $4,5 \mu$ širine, bez toka $3-4 \mu$ širine, dužina stanica od $1,6-3 \mu$.

kod poprečnih membrana neutegnute, s više ili manje izraženom granulacijom. Prema vrhu se trihomi skoro ne utanjuju i završavaju vrlo neuglednom kaliptrom, koja je najčešće zaobljena ili nešto oštrije konična, ili se uopće ne utanjuju, i vrhovi su tada zaobljeni. Boja trihoma je bljedomodrozeleno. Oblik se približava primjercima vrsta iz Krima 1) *Phormidium crustaceum* i 2) *Phormidium pulvinatum*, koje opisuje WIRONICHIN. Plitvički oblik se od prvoga razlikuje oblikom kaliptre, postojanjem granulacija kod poprečnih membrana, skoro nikakvim sužavanjem trihoma prema vrhu, što je kod *Phormidium crustaceum* vrlo izraženo (barem na slici), a od drugoga manjom širinom trihoma, oblikom kaliptre i bojom trihoma. Taj oblik nema dovoljno karakterističnih oznaka, da se opiše kao nova vrsta, a ne podudara se u potpunosti ni s jednom dosada opisanom vrstom, pa će dalja istraživanja možda ukazati na njegovu sistematsku pripadnost.

U pukotinama sedre slapova Burgeti-Kozjak, u inkrusti na mahovinama, u inkrusti ispod slapa Plitvice, u Korani ispod Sastavaka, u prevlakama na listovima, u vodotocima između Velikog jezera i Vira.

Ph. favosum (Bory) Gom.

Liter. et icon.: Gomont (1893) p. 200, tab. V. fig. 14 et 15; Frémy (1930) p. 160, fig. 140; Geitler (1932) p. 1024, fig. 652 a; Elenkin (1938) p. 1518, fig. 448; Hollerbach et al (1953) p. 499, fig. 263, 11, 12; Klas et Marčenko (1959) p. 259, fig. 10.

U brzicama odvirka Prošće-Okrugljak i preko praga izvora uz desnu obalu Galovca, Kozjak-Milanovo jezero.

Symploca dubia (Näg.) Gom.

Liter. et icon.: Gomont (1893) p. 135; Frémy (1930) p. 132, fig. 115; Geitler (1932) p. 1126, fig. 735; Elenkin (1938) p. 1559; Hollerbach et al. (1953) p. 511, fig. 268, 3.

Na sedri ispod slapova Burgeti-Kozjak.

Schizothrix lateritia (Kütz.) Gom.

Liter. et icon.: Gomont (1893) p. 46, tab. VIII, fig. 4 et 5; Geitler (1932) p. 1081, fig. 690; Elenkin (1938) p. 1689, fig. 503, a, b; Hollerbach et al. (1953) p. 558, fig. 286, 1.

Na Plitvičkim jezerima je vrlo rasprostranjena vrsta, ali dolazi samo pojedinačno u inkrustama, u zajednici s drugim vrstama. Kako se ne može govoriti o obliku stelje, pitanje je, da li ne pripada kojoj vrsti iz skupine *Inactis*. U toku su najčešće 1-2 trihoma, rjeđe mnogo. Ovamo pripada vjerojatno i ERCEGOVIĆEVA forma vrste *Schizothrix coriacea* Gom., kojoj je »apikalna stanica zaokružena, a utegnutosť ne dolazi«, što je značajno i za *Schizothrix lateritia*.

U inkrustacijama od Prošća do Korane.

PEVALEK je bilježi za Plitvička jezera kao »*Hypheothrix lateritia*« (Kütz.) Kirchn.

Sch. arenaria (Berk.) Gom.

Liter. et icon.: Gomont (1893) p. 50, tab. VIII, fig. 11 et 12; Geitler (1932) p. 1085, fig. 693; Elenkin (1938) p. 1706, fig. 507; Hollerbach et al. (1953) p. 561, fig. 2, 3.

Stelje između drugih cijanoficeja, neodređenog oblika. Niti više ili manje paralelne, prema vrhu mnogostruko razgranjene, sadržavaju 1 do nekoliko trihoma, tokovi su dosta kruti, bezbojni, slojeviti ili neslojeviti, na vrhu zašiljeni. Trihomi 2,5–3 μ širine, dužina stanica 3,5–4 μ , vrh oštro koničan. Od tipa se razlikuje, što stanice nisu utegnute kod poprečnih membrana. Takav oblik opisuje i GHOSE kao *var. non constricta*.

Ispod slapova Burgeti–Kozjak. Na sedri orošenoj vodom sa slapa Plitvice.

Sch. pulvinata (Kütz.) Gom.

Liter. et icon.: Gomont (1893) p. 36; Geitler (1932) p. 1088; Elenkin (1938) p. 1708, fig. 508; Hollerbach et al. (1953) p. 564, fig. 289, 1.

Stelje su jako inkrustirane kalcijevim karbonatom (u obliku sitnih pravilnih kristalića između niti), izvana kvržičaste; blijedozelene boje, polutvrde iznutra zonirane. Niti su više ili manje razgranjene, međusobno paralelne, sadržavaju jedan do više trihoma. Trihomi su široki cca. 1,5–2 μ (rjeđe 3 μ), vrh je zaobljen. Stanice su kod poprečnih membrana utegnute ili neutegnute. Kod neutegnutih oblika su poprečne membrane slabo primjetljive. Tokovi su dosta debeli ili široki kao trihom, na vrhu ušiljeni, s klorcinkjodom plave. Primjećujem, da su granice kod našeg oblika prema vrsti *Schizothrix vaginata* mnogo slabije, nego što to izlazi iz teksta ELENKINA (4) na str. 1709. »Od drugih vrsta sekcije *Inactis* inkrustiranih kalcijevim karbonatom razlikuje se uglavnom slabo razgranjenim nitima. Ukoliko se može zaključivati po dijagnozama, ona je vjerojatno bliza *Sch. vaginata*, ali se od nje dobro razlikuje karakterom razgranjenja niti, manjom širinom trihoma, a također utegnutim stanicama, kojih duljina je obično nešto veća od širine.« Ne bi bilo preporučljivo oznaku »slaba razgranjenost« upotrebiti kao dijagnostičku oznaku, jer naš oblik pokazuje u tom pogledu veliku varijabilnost, možemo naći od skoro nerazgranjenih do bogato razgranjenih primjeraka. Pregledom velikog broja primjeraka utvrdila sam i varijabilnost utegnutosti stanica i duljine stanice.

Rasprostranjen u brzicama s jakim prozračivanjem između Milanova i Gavanova jezera, između Gavanova jezera i Kaluderovca, ispod slapova Milke Trninc, kod Sastavaka, na kamenju u Korani.

Sch. fasciculata (Näg.) Gom.

Liter. et icon.: Gomont (1893) p. 36, tab. VI. fig. 1-3; Geitler (1932) p. 1088, fig. 695; Elenkin (1938) p. 1710, fig. 509; Hollerbach et al. (1953).

Stelje rasprostrte, u obliku kvržičastih prevlaka, inkrustirane vapnen-
cem, zato vrlo tvrde, žučkaste, zelenkaste ili svijetloružičaste. Niti su
smještene više ili manje paralelno, okomite prema površini, pri bazi
pojedinačne, na vrhu se redovito vrlo bogato granaju. Tokovi većinom
vrlo tanki i mekani, sadržavaju najčešće 1-2 trihoma. Trihomi 2-2,5 μ
širine, stanice duge 1,5-2 μ , jasno utegnute kod poprečnih membrana;
vrh ušiljeno koničan ili zaobljen. Organizam sa Plitvičkih jezera ne po-
kazuje oznake, koje ELENKIN opisuje za vrstu *Schizothrix fasciculata*
kao naročito karakteristične, t. j. da su niti »pri bazi otvorene i sadr-
žavaju mnogo trihoma, dok se prema vrhu utanjuju i sadržavaju samo
po jedan trihom«. Rod *Schizothrix* predstavlja jedan od najslabije obra-
đenih i najtežih rodova u sistematici cijanoficeja. Podjela na sekcije
u rodu *Schizothrix* zasnovana je na posve umjetnim principima, na što
je ukazao i ELENKIN, te će prije ili kasnije biti potrebna revizija tog
roda na temelju sigurnijih karakteristika. Zato sam plitvički oblik uvr-
stila samo privremeno u vrstu *Schizothrix fasciculata*.

Na dasci iznad slapa Milke Trnine.

Sch. lacustris A. Br.

Liter. et icon.: Gomont (1893) p. 39, tab. VI, fig. 9-12; Frémy (1930)
p. 96, fig. 92; Geitler (1932) p. 1092, fig. 698 et 699; Elenkin (1938) p.
1715, fig. 512.

Zutozelene ili žučkaste; spužvaste, polukuglaste nakupine ili rasprostrte
stelje, slabo inkrustirane (pri bazi jače) kalcijevim karbonatom. Na pre-
sjeku se naziru zone. Niti, u debelim, krutim tokovima, koji su na vrhu
zašiljeni, kističasto su razgranjene. Tokovi su ili bezbojni ili češće žuti
(odgovara formi *lutescens* Frémy). Trihomi su vrlo tanki 1-1,5 μ široki,
dužina stanica 2,5-4,5 μ , kod poprečnih membrana redovito sa po jed-
nom granulom. U živom stanju su stanice jedna od druge vrlo jasno
odijeljene membranom. U starijim nitima su trihomi često savijeni unu-
tar toka.

Na mjestima, na koja pada voda ispod slapova Burgeti-Kozjak, gornje
kaskade u slapovima Milke Trnine.

Hydrocoleum homeotrichum var. *tenuis* Golubić

Liter. et icon.: Golubić (1957) p. 220, fig. 5.

Ovdje su obuhvaćeni oblici, koji imaju trihome 4-6 μ izuzetno do 7 μ
širine. Tab. II. sl. 4.

Najviše rasprostranjena vrsta na slapovima Plitvičkih jezera, naročito na mjestima, na koja pada ili prska voda. Na čitavom području.

H. muscicola Hansg.

Liter. et icon.: Hansgirtg (1891) p. 343, 344; Geitler (1932) p. 1152; Elenkin (1938) p. 1741; Hollerbach et al. (1953) p. 583.

Ovdje su obuhvaćeni oblici inkrustirani ili neinkrustirani od 3–4 μ širine trihoma. Napominjem, da GEITLER (1932) na str. 1147. spominje za *Hydrocoleum subcrustaceum* i *H. muscicola* »Fäden nicht zu Bündeln vereinigt«, iako u originalnim dijagnozama HANSGIRGA stoji: za *H. muscicola* »Fäden selten einzeln oder viele in etwa 9 bis 15 selten mehr oder weniger dicken am Vorderende pinselförmig verdünnten und geteilten Bündeln vereinigt«, a za *H. subcrustaceum* »meist 15–45 μ dicken Bündeln vereinigt«. Razlika *H. muscicola* i *H. subcrustaceum* bila bi prema dijagnozama HANSGIRGA uglavnom u boji i inkrustaciji stelje, što nikako ne može predstavljati diferencijalne oznake za vrste, te bi obje vrste trebalo ujediniti.

U odvirku Prošće–Okrugljak i ispod slapova Burgeti–Kozjak.

Microcoleus lacustris (Rabenh.) Farlow

Liter. et icon.: Gomont (1893) p. 97; Frémy (1930) p. 80, fig. 81; Geitler (1932) p. 1142, fig. 749; Elenkin (1938) p. 1763, fig. 535; Hollerbach et al. (1953) p. 588, fig. 305, 3, 4.

Uz rub jezera Kozjak, ispod slapova Burgeti–Kozjak.

Plectonema nostocorum Born.

Liter. et icon.: Gomont (1893) p. 122, tab. I, fig. 11; Frémy (1930) p. 176, fig. 449; Geitler (1932) p. 692, fig. 445; Elenkin (1938) p. 1796; Hollerbach et al. (1953) p. 600, fig. 310, 2.

Ta vrsta je prvobitno zabilježena kao endofitska, ali je kasnije nadena u toplim vodama i u potocima samostalno. Razgranjenja su kod navedenog oblika vrlo rijetka, na što upozoruje i GEITLER.

U inkrusti sa vrstama *Homoeothrix juliana*, *Hyella fontana* i *Dichothrix gypsophila*.

Homoeothrix juliana (Menegh.) Kirchn.

Liter. et icon.: Frémy (1930) p. 244, fig. 218; Geitler (1932) p. 575, fig. 359; Elenkin (1938) p. 1826, fig. 555, Hollerbach et al. (1953) p. 613, fig. 317, 3.

Stelje su inkrustirane kalcijevim karbonatom. Dolazi sa vrstom *Oocardium stratum* u žlijebu iznad slapa Milke Trnine i u »staklastom« prelivu vode kod Burgeta; uz rub jezera Kozjak u inkrusti sa *Hyella fontana*.

H. crustacea Woronich.

Liter. et icon.: Geitler (1932) p. 578; Elenkin (1938) p. 1829, fig. 558; Hollerbach et al. (193) p. 613, fig. 317, 1.

U inkrusti ookardija u »staklastom« prelivu vode slapova Burgeti-Kozjak.

CHRYSOPHYTA

Hydrurus foetidus Kirchn.

Liter. et icon.: Pascher (1913) p. 87, fig. 139.

U Crnoj i Bijeloj rijeci kod mlina.

BACILLARIOPHYTA

Uz cijanoficeje čine najbrojniju skupinu algi, od kojih HUSTEDT samo za Plitvička jezera bilježi 22 vrste. Ako oduzmemo onih dvadeset oblika, koji nisu nađeni na širem području slapova, ostaje još uvijek preko 200 vrsta. Kako je moj zadatak bio prvenstveno upoznati vegetaciju cijanoficeja, to sam se kod dijatomeja osvrnula u većini slučajeva na one oblike, koji dolaze u masama i čine zasebne vegetacije ili su udružene u steljama cijanoficeja. HUSTEDT je sakupio svoj materijal s površine mahovina, nešto s hara, a staništa mu obuhvaćaju litoral, brzice, slapove i staništa izvan vode kao šumsko tlo i stabla drveća. Općenito se pokazalo, da na dijatomejsku floru brzica i slapova vrlo utječe jezerska flora »und wie die Flora der Seenverbindungen, so steht auch die Diatomeenflora der Wasserfälle völlig unter dem Einfluss der Seenflora«. To su pokazala i naša opažanja. Osim u slučajevima, gdje su pojedini oblici pričvršćeni galertastim stapkama ili tokovima za podlogu kao neke vrste *Cymbella* i *Gomphonema* radi se o slobodnim organizmima, koji uvijek mogu biti pasivno odnešeni strujom s primarnog staništa. HUSTEDT spominje »es fehlt also eine auf ökologische Ursachen zurückgehende Differenzierung in der Diatomeenflora...«, a ni naša opažanja nisu pokazala neku naročitu diferencijaciju vrsta prema staništima. Iz tih razloga nisam vegetacijskoj obradi priključila dijatomeje, a nalazi pojedinih vrsta na određenom staništu, mogli bi nas odvesti do pogrešnih zaključaka.

Kao posebnu vegetaciju spomenula bih jedino vegetaciju *Cymbella*, koja žučkasto zelenim sagovima svojih stelja prekriva dno plitkih brzica. Glavni dio vegetacije čini vrsta *Cymbella affinis*, rjeđe su *Cymbella laevis*, *C. delicatula*, *C. helvetica*, *C. austriaca*. Sve te vrste dolaze i na drugim staništima, ali nikada u tako masovnom obliku. HUSTEDT spominje kao najčešću *Achnanthes-Cymbella* vegetaciju, koju smo i mi našli, ali ne u tim posve reikofilnim steljama *Cymbella affinis*. Vrste *Synedra capitata*, *Cymbella turgida* i *Epithemia zebra* prvi put su zabilježene za područje Plitvičkih jezera.

Centricae

Red DISCOIDALES

fam. *Coscinodisceaceae*

Cyclotella plitvicensis Hustedt

Liter. et icon.: Hustedt (1945) p. 899, Tab. XXXVIII, fig. 5, 6.
Endemski planktonski oblik, naden na sedri ispod slapova Burgeti-Kozjak, u odvircima između Kozjaka i Milanova jezera, u vodotoku iznad slapa Ciginovca u Okrugljak.

C. operculata (Ag.) Kütz.

Liter. et icon.: Hustedt (1930) p. 351, fig. 181 a, c, d; Zabelina et al. (1951) p. 95, fig. 52, 1.

Planktonski oblik, naden u vodotoku između Kozjaka i Milanova jezera.

C. comta (Ehr.) Kütz.

Liter. et icon.: Hustedt (1930) p. 354, fig. 183 a-d; Zabelina et al. (1951) p. 95, fig. 51, 1a, b.

Planktonski oblik, na cijelom području.

Pennatae

red ARAPHINALES

fam.: *Fragilariaceae*

Tetracyclus rupestris (A. Br.) Grun.

Liter. et icon.: Hustedt (1931) p. 15, fig. 547; Zabelina et al. (1951) p. 115, fig. 64.

Ta stenotermna vrsta hladnih voda nadena je na sedrenim stijenama i čunjevima ispod slapova Burgeti-Kozjak.

fam.: *Fragilariaceae*

Meridion circulare Ag.

Liter. et icon.: Hustedt (1931) p. 3, fig. 627 a-f; Zabelina et al. (1951) p. 119, fig. 66, 1a, b.

Vodotok iznad slapa Ciginovca u Okrugljak, na sedri ispod slapova na Kozjaku, odvirak Kozjaka prema Milanovu jezeru, Sastavci.

Diatoma vulgare var. *capitulatum* Grun.

Liter. et icon.: Hustedt (1931) p. 98, fig. 628 i; Zabelina et al. (1951) p. 121, fig. 66, 7.

Odvirak iz Prošća u Okrugljak, u pukotinama sedre na rubu brzica u slapovima Burgeti-Kozjak, na sedri ispod slapova Burgeti-Kozjak, vodotok između Kozjaka i Milanova jezera.

D. vulgare var. *ehrenbergii* (Kütz.) Grun.

Liter. et icon.: Hustedt (1931) p. 98, fig. 628 l, m; Zabelina et al. (1951) p. 121, fig. 66, 9.

Kaskade Milanova u Gavanovo jezero.

Fragilaria crottonensis Kitt.

Liter. et icon.: Hustedt (1931) p. 143, fig. 658; Zabelina et al. (1951) p. 126 fig. 69, 1 a, b.

Vodotok iznad slapa Ciginovca u Okrugljak, kaskade Milinog jezera prema Gradinskom jezeru, između Kozjaka i Milanova jezera - vodotok. Sastavci - desni slaz. Planktonski oblik.

Synedra ulna var. *amphirhynchus* (Ehr.) Grun.

Liter. et icon.: Hustedt (1930) p. 200, fig. 691 A, e; Zabelina et al. (1951) p. 144, fig. 79, 4.

Vodotok iznad slapa Ciginovca u Okrugljak, odvirak iz Kozjaka prema Milanovu jezeru, na kamenim blokovima orošenim slapom Plitvice, kaskade između Gavanovca i Kaluderovca.

S. capitata Ehr.

Liter. et icon.: Hustedt (1931) p. 201, fig. 692; Zabelina et al. (1951) p. 147, fig. 81, 4.

Na sedri ispod slapova Burgeti-Kozjak.

S. amphicephala Kütz.

Liter. et icon.: Hustedt (1931) p. 206, fig. 696a; Zabelina et al. (1951) p. 147, fig. 80.

U odvirku između Kozjaka i Milanova jezera.

Red R A P H I N A L E S

fam. *Eunotiaceae*

Eunotia arcus Ehr. var. *fallax* Grun.

Liter. et icon.: Hustedt (1931) p. 284, fig. 748 f, g; Zabelina et al. (1951) p. 175, fig. 92, 7.

Kaskade Burgeti-Kozjak, Sastavci na osedrenom granju.

E. praerupta Ehr. var. *musciola* Boyc-Petersen

Liter. et icon.: Hustedt (1931) p. 280, fig. 747, A, h; Zabelina et al. (1951) 175, fig. 92, 3. Na sedri ispod slapova Burgeti-Kozjak.

fam.: *Achnanthaceae*

Cocconeis placentula Ehr. var. *euglypta* (Ehr.) Cl.

Liter. et icon.: Hustedt (1931) p. 349, fig. 802 c; Zabelina et al. (1951) p. 192, fig. 103, 5.

Slapić Crne rijeke, vodotok iz Ciginovca u Okrugljak, na sedri ispod slapova Burgeti-Kozjak.

Eucoconeis flexella Kütz.

Vodotok između Kozjaka i Milanova jezera, kaskade između Milanova i Gavanova jezera.

Achnanthes sp.

Na cijelom području.

fam.: *Naviculaceae*

Mastogloia smithii Thw. var. *lacustris* Grun.

Liter. et icon.: Hustedt (1931) p. 503, fig. 928, c; Zabelina et al. (1951) p. 239, fig. 133, 7.

U galertastom ovoju smještene su obično 2–4 stanice. Sastavci, na ose-drenom granju.

Diploneis domblittensis (Grun.) Cl.

Liter. et icon.: Hustedt (1931) p. 688, fig. 1076 a, b; Zabelina et al. (1951) p. 252, fig. 140, 8.

Brzica iznad slapa Ciginovca u Okrugljak.

Navicula menisculus Schum.

Liter. et icon.: Zabelina et al. (1951) p. 317, fig. 178, 8.

Slapić u Crnoj rijeci, odvirak Prošće–Okrugljak, brzica iznad slapa Ci-ginovca u Okrugljak, kaskade Burgeti–Kozjak, odvirak iz Kozjaka u Milanovo jezero, kaskade kod prijelaza Milanova jezera u Gavanovac.

N. cryptocephala Kütz.

Liter. et icon.: Zabelina et al. (1951) p. 308, fig. 172, 1.

Brzica iznad slapa Ciginovca u Okrugljak.

Gyrosigma attenuatum (Kütz.) Rabenh.

Liter. et icon.: Zabelina et al. (1951) p. 404, fig. 247, 2a, b.

Brzica iznad slapa Ciginovca u Okrugljak.

Amphora ovalis Kütz.

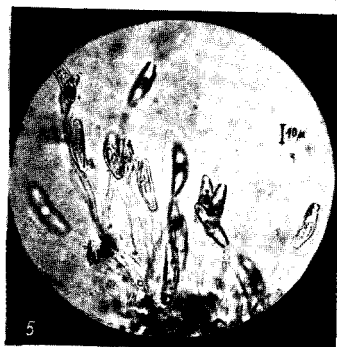
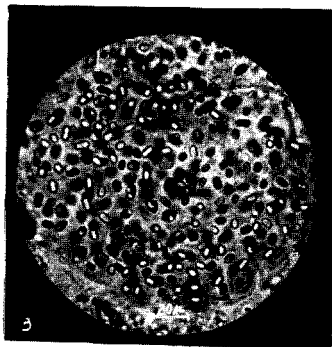
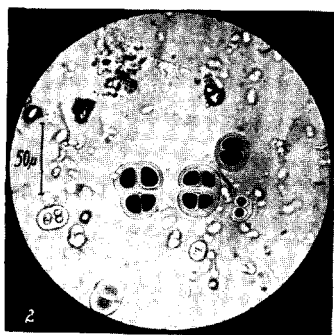
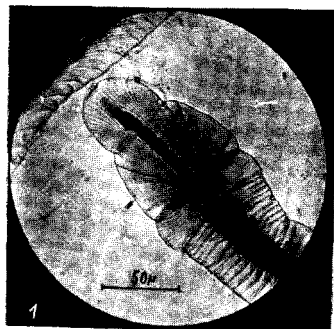
Liter. et icon.: Zabelina et al. (1951) p. 415, fig. 258, 1.

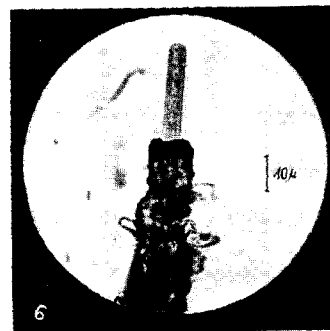
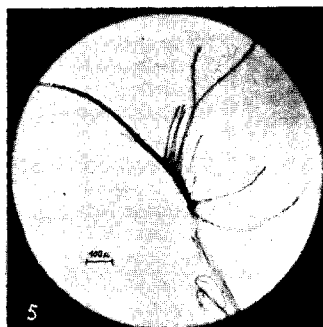
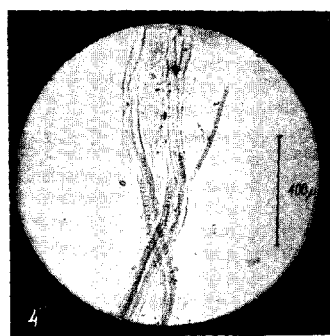
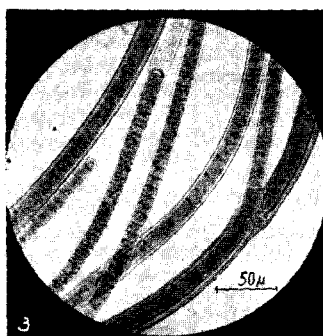
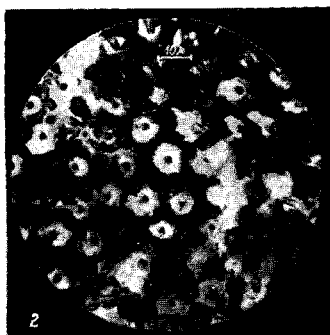
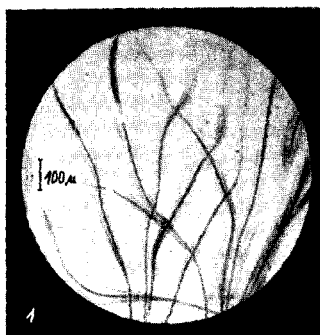
Vodotok iznad slapa Ciginovac–Okrugljak.

Cymbella affinis Kütz.

Liter. et icon.: De Toni (1891) p. 352; Heurck, van (1899) p. 141, Tab. 1, fig. 31; Schönfeldt (1913) p. 135, fig. 293; Zabelina et al. (1951) p. 448, fig. 278, 5.

Najčešća dijatomejska vrsta, koju smo nalazili. Kako su dijagnoze za ovu vrstu prema navodima raznih autora prilično različite, dajem opis plitvičkog oblika: ljušturice asimetrične, 25 do 35 μ duge (najčešće oko 30 μ), širine 6–7 μ , s ledne strane su konveksne, s trbušne strane su slabo konkavne, obično s malim izbočenjem u srednjem dijelu. Vrhovi su utanjeni i otegnuti, široko zaobljeni. Rafa je često svinuta u luku ili više manje ravna, smještena prema lednoj strani, prema polovima zao-krće prema lednoj strani. Središnje polje je usko i u sredini nije prošireno. Poprečna rebra su dosta gruba, punktirana, slabo radijalna. S ledne strane ih je obično 9 u 10 μ , a s trbušne strane 9 do 12 u 10 μ . Kod srednjeg rebra se s trbušne strane nalazi jedna izolirana točka. Oblik je nađen i u stadiju stvaranja auksospora, i tada se oko ljušturica na stapkama stvaraju i galertasti ovoji.





Kao diferencijalne oznake za vrstu spominju se: oblik ljušturice (*van HEURCK*), oblik rafe (*SCHÖNFELDT*) ili postojanje izolirane točke kod srednjeg rebra (*ZABELINA*), koju *DE TONI* uopće ne spominje. Plitvički oblik po obliku ljušturice (trbušnog dijela) više naliči na vrstu *Cymbella parva* (koju *HUSTEDT* isto tako spominje za područje Plitvičkih jezera, ali u našem materijalu nije nađena), a prema svim ostalim osobinama odgovara dijagnozi vrste *Cymbella affinis*, kako je navode veći-
n autor. Stelje su inkrustirane kalcijevim karbonatom. Takvu inkrustaciju kod iste vrste detaljno opisuje *WALLNER* (38). Tab. I. sl. 5. Oblik je rasprostranjen po cijelom području, na što ukazuju ova nalazišta: slapić Crne rijeke kod Pročanskog jezera, brzica iznad slapa Ciginovca u Okrugljak, kaskade Milinih jezera u Gradinsko jezero, slapovi Burgeti-Kozjak, sedreni blokovi ispod slapa Burgeti-Kozjak, kaskade Milanova u Gavanovo jezero, kaskade između Gavanova jezera i Kaluderovca, u desnom slazu kod Sastavaka.

C. laevis Näg.

Liter. et icon.: *Zabelina et al.* (1951) p. 435, fig. 270, 1.

U steljama vrste *Cymbella affinis* na cijelom području česta.

C. delicatula Kütz.

Liter. et icon.: *Zabelina et al.* (1951) p. 435, fig. 269, 5.

U steljama vrste *Cymbella affinis* i uz druge vrste *Cymbella* na cijelom području.

Cymbella turgida (Greg.) Cl.

Liter. et icon.: *Zabelina et al.* (1951) p. 444, fig. 275, 2.

Izvor kod Galovca, osedreno granje – Sastavci.

C. austriaca Grun.

Liter. et icon.: *Zabelina et al.* (1951) p. 437, fig. 270.

U slapu Burgeti-Kozjak.

C. helvetica Kütz.

Liter. et icon.: *Zabelina et al.* (1951) p. 452, fig. 281, 3.

Ispod slapova Burgeti-Kozjak, kaskade Burgeti-Kozjak, odvirak iz Kozjaka u Milanovo jezero, vodotok kod Sastavaka.

Gomphonema angustatum (Kütz.) Rabenh.

Liter. et icon.: *Zabelina et al.* (1951) p. 467, fig. 291, 2.

Stanice sjede na bogato razgranjenim stapkama, koje su često posve inkrustirane. Često uz *Oocardium stratum*.

Odvirak Prošće-Okrugljak, slap Prošće-Okrugljak, kaskade Burgeti-Kozjak, sedreni blokovi ispod slapova Burgeti-Kozjak, odvirak iz Kozjaka u Milanovo jezero, desni slaz kod Sastavaka.

fam.: *Epithemiaceae*

Denticula tenuis Kütz.

Liter. et icon.: Zabelina et al. (1951) p. 477, fig. 299, 1 a, b.
Ispod slapova Burgeti-Kozjak, vodotok iznad slapa u Milanovo jezero, na osedrenom granju kod Sastavaka.

Epithemia muelleri Fricke

Liter. et icon.: Zabelina et al. (1951) p. 481, fig. 301, 2a, b.
Odvirak Prošće-Okrugljak, odvirak Kozjak u Milanovo jezero, osedreno granje u vodi kod Sastavaka, ispod slapova Burgeti-Kozjak.

E. zebra (Ehr.) Kütz.

Liter. et icon.: Zabelina et al. (1951) p. 481, fig. 301, 3.
Ispod slapova Burgeti-Kozjak.

Rhopalodia paralella (Grun.) O. Müll.

Liter. et icon.: Zabelina et al. (1951) p. 485, fig. 305, 1.
Na osedrenim grančicama kod Sastavaka.

fam.: *Surirellaceae*

Cymatopleura solea (Bréb.) W. Sm.

Liter. et icon.: Zabelina et al. (1951) p. 536, fig. 337. 1a, b.
Vodotok između Kozjaka i Milanova jezera.

Surirella spiralis Kütz.

Liter. et icon.: Zabelina et al. (1951) p. 568, fig. 364, 1.
Na osedrenim grančicama kod Sastavaka.

CONJUGATOPHYTA

fam.: *Zygnemaceae*

Zygnema sp.

U osvjetljenim, plitkim vodotocima na cijelom području. Sterilna.

Spirogyra sp.

Sa zignemom na istim staništima. Sterilna.

Mougeotia sp.

U sterilnom stanju, zajedno sa zignemom i spirogirom.

fam.: *Desmidiaceae*

Cosmarium granatum Bréb.

Liter. et icon.: W. West (1903) Vol. II, p. 186, tab. LXIII fig. 1-3.

Na osedrenom granju orošenom vodom sa slapa kod Sastavaka.

C. subquadratum Nordst.

Liter. et icon.: W. West (1908) Vol. III, p. 57, tab. LXX, fig. 5.

Stijene i strop poluspilje, Burgeti jedan od slapova.

Oocardium stratum Näg.

Liter. et icon.: W. West (1923) Vol. V, p. 204, tab. CLIX, fig. 1-8, tab. CLXVII, fig. 1-4.

U pukotinama sedre na rubu snažnih, pjenušavih brzica u desnim slapovima Burgeti-Kozjak. Na istom nalazištu u »staklastom« prelivu vode sa slabim prozračivanjem slabije razvijen. U sedrenim inkrustama na mahovinama, po kamenju u Korani kod Sastavaka, u slapovima između Gavanovca i Kaluderovca u kaskadnoj brzici, iznad slapova Milke Trnine na jednoj dasci. Najčešće s vrstama *Calothrix parietina*, *Schizothrix pulvinata* i *Hydrocoleum homoetrichum* var. *tenuis*.

CHLOROPHYTA

fam.: *Oedogoniaceae*

Oedogonium sp.

U sterilnom stanju, Crna i Bijela rijeka kod mlina.

Bulbochaete sp.

U sterilnom stanju, kad Sastavaka.

fam.: *Vaucheriaceae*

Vaucheria geminata Decandolle em. Walz

Liter. et icon.: Heering in Pascher (1921) p. 89, fig. 79.

Crna i Bijela rijeka – slapić kod mlina.

RHODOPHYTA

fam.: *Bangiaceae*

Bangia atropurpurea (Roth.) Ag.

Liter. et icon.: Migula (1909) Vol. II, pars 2, p. 19, XLIV, fig. 2.

Pascher und Schiller in Pascher (1925) p. 158, fig. 12.

Nadena je samo jedna jedina nit između niti *Schizothrix fasciculata* u žlijebu iznad slapa Milke Trnine.

fam.: *Helmintholadiaceae*

Batrachospermum moniliforme Roth

Liter. et icon.: Migula (1909) Vol. II, Pars 2, p. 19, tab. XLIV, fig. 2.

Pascher und Schiller in Pascher (1925) p. 177, fig. 25, 26.

U odvirku Prošće-Okrugljak.

Chantransia pygmaea Kütz.

Liter. et icon.: Pascher und Schiller in Pascher (1925) p. 169, fig. 15.

Iznad slapa Milke Trninc, jako inkrustirani oblici.

VEGETACIJSKI ODNOSI ALGA NA SLAPOVIMA PLITVIČKIH JEZERA

Na naseljavanje algi na slapovima djeluju ovi diferencijalni faktori: brzina strujanja vode, presušivanje, svjetlo, prozračivanje vode i s tim u vezi osedranje. Prema tim faktorima postavljeni su ovi biotopi i vegetacijski tipovi:*

1. brzi, otvoreni vodotoci – *Phormidium favosum* – tip
2. osvijetljeni rubovi brzica s jakim prozračivanjem u zoni prskanja vode – *Tolypothrix-Rivularia* – tip
3. staništa pod neposrednim utjecajem slapova, na koja direktno pada i udara voda – *Hydrocoleum* – tip
4. podbraci, stropovi i stijene poluspilja, aerofilna staništa vlažnih i zasjenjenih mjesta – *Scytonema-Gloeocapsa* – tip
5. sedrene prevlake na mahovinama i tlu u brzicama s jakim prozračivanjem i mehaničkom snagom vode – *Oocardium* – tip

* Pod vegetacijskim tipom ne razumijevamo ovdje određenu sistematsku, fitocenološku jedinicu, već široko shvaćenu zajednicu («community», «Gemeinschaft»).

6. sedrene prevlake na graničicama, listovima, sjenovitim stijenama i na dnu vodotoka – *Phormidium incrustatum* – tip.

Zadnja dva tipa obuhvaćaju vegetaciju tvrdih sedrenih prevlaka.

Mikroklimatske prilike staništa na slapovima neobično jako variraju, često u razmaku od nekoliko centimetara, pa postavljeni vegetacijski tipovi ne predstavljaju izolirane cjeline, već se međusobno upotpunjuju i nadovezuju, a često ih je i teško ograničiti. Nomenklatura pojedinih vegetacijskih tipova samo je privremena. Zadržani su nazivi onih vegetacijskih tipova, koji su zajednički sa vegetacijskim tipovima rijeke Krke u Dalmaciji, kako ih je postavio GOLUBIĆ (14).

Vegetacijski nisu obrađene dijatomeje osim najrasprostranjenijih radi prije spomenutih razloga (vidi poglavlje o dijatomejama str. 124). Općenito se može reći, da prevlađuju vrste hladnih voda, od kojih se mnoge spominju kao stenotermne.

Phormidium favosum – tip. Obuhvaća staništa vodotoka između jezera kao na pr. odvirke iz Kozjaka u Milanovo jezero ili iz Prošća u Okrugljak, a isto tako tokove Crne i Bijele rijeke kod ušća u Prošćansko jezero. Možemo razlikovati brzicu i rub brzice, gdje voda optički obalu i više manje prska (to stanište je obrađeno u ovom vegetacijskom tipu). Prozračivanje je u tim brzicama prilično jako, dno je više ili manje prekriveno mahovinama, cijanoficijama i dijatomejama. Takvi vodotoci se ne razlikuju od tokova gorskih potoka, a na to ukazuje i identična vegetacija, koja je tipično reikofilna. U Crnoj rijeci je dno vodotoka na većoj površini prekriveno vegetacijom stenotermne vrste hladnih voda *Hydrurus foetidus*, čiji su dugi bičasti nastavci okrenuti u smjeru strujanja vode. U odvircima između jezera, kao i u koso nagnutim jarcima uz slapove (na pr. kod Sastavaka uz put) nalazimo na sedrenoj podlozi debele kože, koje su iznutra bezbojne i slojevite. One prekrivaju dno vodotoka u obliku nepravilnih pjega, koje se vrlo lako gule sa podloge. Sačinjavaju ih čiste stelje vrste *Hydrocoleum homoeotrichum* var. *tenue*, a na drugim mjestima vrste *Phormidium favosum* i na široko rasprostranjene žučkaste »vate« dijatomeje *Cymbella affinis* na galetarstim stapkama, koju nalazimo i na skoro okomitim slazovima slapova.

U više manje mirnijim zaljevima i mjestima inače brzih odviraka jezera, kao i na skoro okomitim barijerama slapova u curcima vode, na hrapavostima i izbočinama sedre, zadržavaju se kao trava zelene mreže zignemala. One nisu nigdje razvijene u većoj mjeri, jer za to nemaju uvjeta, već samo na mjestima, gdje ih jaka struja vode ne može otkinuti i odnijeti. Te zignemaceje imaju najčešće razvijene organe za pričvršćenje u obliku bezbojnih, razgranjenih bazalnih rizoida. Nerazumljiva je konstatacija PEVALEKA, da je »nalazio zignemu i u inkrustama, ali da ne taloži sedru.« Niti zigneme, istina, ne utječu na formiranje kristala kalcijeva karbonata kao neke cijanoficije, ali se u mreže njihovih niti hvataju sad manji sad veći kristalići nepravilnog oblika, koji ih postepeno zatrpavaju i pridonose stvaranju sedre. WALLNER (32, p. 7) spominje znatnu kalcifikaciju asocijacije *Zygnema-Spirogyra* u Bavarskoj.

Zignemaceje dolaze i na rubovima brzica, ali uvijek ih prekriva neki sloj vode. Najčešće se mogu naći na goloj sedrenoj podlozi, rjeđe grupe niti ili pojedinačne niti zalutaju u stelju kakve cijanoficeje ili dijatomeje. Od zignemala je u mjesecu srpnju, kao i u mjesecu svibnju bio najčešći rod *Zygnema* u čistim steljama, rjeđe isprepleten nitima roda *Spirogyra* i *Mougeotia*.

Tolypothrix-Rivularia – tip. Uz rub prije spomenutog biotopa brzih, otvorenih vodotoka, kao i na kaskadama slapova nalazimo zonu s posve drugačijom vegetacijom i ekološkim odnosima. To stanište karakterizira jako mehaničko djelovanje vode i povremeno presušivanje, a vegetacija čini prijelaz prema acrofitima. GEITLER (12, p. 67) spominje: »In subalpinen Seen lassen sich meist drei Zonen unterscheiden. Die oberste Zone liegt bei Mittel- und Niedrigwasser trocken, wird aber bei starker Wasserbewegung durch Wasserspritzer befeuchtet. Nur bei Hochwasser ist sie überflutet. Hier finden sich Formen, welche zu terrestrischen Typen überleiten und auch zahlreiche morphologische Anklänge als solche zeigen (feste Scheiden). Als charakteristische, wohl in allen subalpinen Seen auftretende Form ist *Tolypothrix distorta* var. *penicillata* zu nennen. Unterhalb der *Tolypothrix*-Zone und bis unter die Niederwasserlinie reichend ist eine Zone entwickelt, welche vorwiegend aus *Rivularia haematites* besteht. Diese Zone liegt nur in ihrem oberem Teil bei Niederwasser trocken. Dauernd untergetaucht, also unterhalb der *Rivularia*-Zone, treten zusammenhängende Bestände von *Schizothrix* Arten auf.« Dalje kaže GEITLER (12, p. 63): »Bemerkenswert ist oft die weitgehende Übereinstimmung der Bachbiocönoson mit der Biocönose der Wellenschlagzone in Seen«. Iste zone podrobnije opisuje E. KAAH (GESSNER, (13, p. 263) u litoralu Lunz-skih jezera. U zoni *Schizothrix* spominje vrste *Schizothrix lacustris* i *Sch. fasciculata*.

Analognu vegetaciju nalazimo na Plitvičkim jezerima najčešće na rubu jakih brzica, staništima, koja su redovito osvjetljena pod sad većim, sad manjim udarcem zapljuskivanja vode. Kako vidimo iz prije spomenutih citata, vegetacija na staništima, gdje voda protječe kao u potocima ili vodotocima između jezera, često je identična s vegetacijom u zoni udara valova kao uz obalu jezera – dakle ona je u svakom slučaju pod jakim mehaničkim udarom vode, što se očituje i u morfološkom izgledu stelje. Stelje imaju oblik polukuglastih, sluzavih kolonija pričvršćenih za podlogu kao na pr. kod vrsta *Rivularia* ili oblik kistićastih grmčića, kao na pr. kod vrsta *Tolypothrix*. Ta su dva roda najtipičniji predstavnici spomenutog biotopa. Prevladuje *Rivularia haematites* (rjeđe *Rivularia coadunata*), koja zalazi i u brzice, ali je optimalno razvijena uz njene rubove, a čest je i *Tolypothrix distorta* f. *penicillata* (rjeđe *Tolypothrix saviczii*). Iznad zone *Rivularia-Tolypothrix*, t. j. u području prskanja vode, nalazimo često posve inkrustirane busenove vrste *Dichothrix gypsumila* i stelje vrste *Scytonema myochrous* (dolazi i ispod tanog preliva vode kod Sastavaka), koja je inače kao aerofit veoma ras-

prostranjena na okolnim litofitskim staništima. Ti su oblici često tek nekoliko cm udaljeni od jake brzice, pa ih je teško ograničiti. Ispod te zone, t. j. stalno u vodi s jakim prozračivanjem dolaze inkrustirane kalcijevim karbonatom ali ipak sasvim mekane kvržice vrste *Schizothrix pulvinata* sa *Calothrix parietina*. One dolaze na sličnim staništima, gdje u tvrdim sedrenim inkrustama dolazi *Oocardium stratum* sa pratiocima. U vezi s tim biotopom bilo bi zanimljivo proučiti litoralnu zonu jezera.

Hydrocoleum – tip. Zona, u kojoj dominira taj vegetacijski tip, karakterističan za same slapove, obuhvaća sad širu, sad užu zonu neposredno ispod slapova, granice kojih su uslovljene dosegom kapljica nakon rasprskavanja vode kod pada. Alge takovih područja žive u atmosferi zasićenoj vlagom, a stelje su im manje ili više natopljene vodom. Uvjeti za osedranje na takvim biotopima vrlo su povoljni. Najljepše su razvijene u okolini velikih slapova, kao n. apr. kod najvećeg slapa Prošće–Okrugljak, kod Galovačkog Buka i kod veličanstvenog slapa Plitvice kod Sastavaka. Inače je gola sedra prekrivena u okolini takvih slapova violetnosmedastom tankom prevlakom. Najznačajniji je predstavnik te zone rod *Hydrocoleum*, koji je najrasprostranjenija alga slapova Plitvičkih jezera. Dolazi od slapova Prošće–Okrugljak, pa sve do Korane. Ima široku ekološku amplitudu, jer osim u toj zoni, dolazi, iako u manjoj mjeri, u svim ostalim zonama, a isto tako i u tvrdim sedrenim inkrustama, primiješan uz druge cijanoficeje. Nema gotovo nijednog staništa, osim u zoni pravih aerofita, gdje u sakupljenim probama ne bi bila nađena bar po jedna nit *Hydrocoleum* vrsta. Dominira *Hydrocoleum homoeotrichum* var. *tenuis*, rjeđe dolazi *Hydrocoleum muscicola*. Oba oblika dolaze u raznim stupnjevima inkrustacije kalcijevim karbonatom. Kod vrste *Hydrocoleum muscicola* mogu se primijetiti oko niti pravilni kristali romboedri tupih vrhova, koji obuhvaćaju jednu ili više niti, pa izgledaju kao od njih probušeni. Tokom daljeg osedranja ti kristali se stapaju i tvore tvrdi sedru. Po obliku su identični s kristalima, koje nalazimo kod roda *Rivularia*, a isto tako i kod vrste *Phormidium incrustatum*. Na poprečnom presjeku takvih kristala zapaža se koncentrična slojevitost, koja se naročito ističe u polariziranom svijetlu. Osim roda *Hydrocoleum* u toj zoni dolaze i neke vrste roda *Schizothrix*. Na mjestima, gdje pada voda, čest je *Schizothrix lacustris*, kojega stelje su redovito samo u bazalnom dijelu inkrustirane, a kističasto razgranjeni vrhovi su slobodni. Mjestimice po-primama oblik konvergentan rivulariji.

Scytonema–Gloeocapsa – tip. Biotop karakterizira velika vlažnost i oskudnost svijetla. Bujna vegetacija cijanoficeja, koja uz mahovine prekriva vlažne podbratke, stijene i stropove poluspilja ispod slapova, pokazuje, da su tu uvjeti za život aerofilnih algi veoma povoljni. Faktor minimuma za litofite: vlaga, ovdje je u dovoljnoj mjeri osigurana: prokapljanjem vode kroz šupljikavu sedru, orošavanjem sa slapa ili isparavanjem vode ispod slapa. Površina sedre tu je prekrivena bilo

baršunasto-pustenastim, smedim i zelenim jastucima vrsta *Scytonema* (*Scytonema crassum*, *Sc. myochrous*, *Sc. mirabile*, *Sc. alatum*) među kojih nitima su često smještene stanice krookokala, naročito *Gloeocapsa turgida*, bilo prevlakama kašaste konzistencije, natopljene vodom, gdje prevladuju gleokapsale, naročito *Gloeocapsa montana* i razni oblici *Aphanothece*, uz vrstu *Stigonema minutum*, *Calothrix parietina* i pokoja vrsta *Schizothrix*. U steljama drugih oblika često su uklopljene kolonije *Nostoc epilithicum*. Ta vegetacija nadovezuje se neposredno na vegetaciju litofita presušenih barijera i okolnih stijena, koju je još god. 1925. obradio ERCEGOVIĆ.

Na sedrenim slapovima taložne su prilike naročito povoljne, pa se to odražava na sad debljoj, sad tanjoj kori sedre, koja prekriva dno vodotoka ili bilo koji predmet, koji se nade u vodi, kao lišće drveća, grančice, debla i sl. Ta je kora obično zelenkastobijele boje, pričem zelena boja potječe od cijanoficeja. Od faktora, koji omogućuju opstanak cijanoficeja u brzim vodama, treba spomenuti i inkrustaciju kalcijevim karbonatom. Iako sedra s jedne strane zatrpava algu i guši je, pa je ona na tim staništima često slabije razvijena, niti su blijeđe, dezorganizacija stanica češća, s druge strane je inkrusta zaštićuje od prejakog mehaničkog djelovanja vode. Sedrene prevlake nalazimo na vrlo različitim staništima: u skoro mirnoj vodi, u brzicama, na mjestima, gdje pada voda, na mjestima, koja su samo orošena vodom, na stijenama u curcima vode i na vlažnim mjestima. Međutim, alge unutar inkrusta nalaze se u više manje jednolikim uvjetima. Sve alge bez razlike na području sedrenih slapova pokazuju neki stupanj inkrustacije stelje kalcijevim karbonatom, u većoj ili manjoj mjeri. Neke se alge mogu održati u posve krutoj sedri. Iduća dva vegetacijska tipa obuhvaćaju samo takve oblike.

Phormidium incrustatum – tip. To su krhke prevlake preko grančica, listova, dna vodotoka ili stijena, koje su na površini nepravilno kvržičaste, a iznutra često slojevite. Ta je vegetacija sastavljena pretežno od vrsta roda *Phormidium*, i to: *Phormidium incrustatum*, *Phormidium foveolarum*, *Phormidium sp. indet.* (bliz *Phormidium crustaceum* Woronich.), rjeđe *Phormidium corium*. Oni dolaze ili zajedno ili u više manje čistim steljama. U toj sredini nalazimo i vrste *Homoeothrix juliana* i *Schizothrix pulvinata*. Sličnu zajednicu opisuje F. E. FRITSCH (9) iz okolice Cambridgea i P. FRÉMY (7) iz potoka Vire kod Cavignya (Manche) blizu Saint-Lô. Naročit oblik stelje vrste *Phormidium incrustatum* nađen je ispod slapa Prošće–Okrugljak, gdje je strana sedrenog čunja, okrenuta prema sedrenoj barijeri, na mjestima neposrednog udarca vode, obrasla sitnim oko 0,5 cm promjera debelim kvržicama, svijetlozeleno boje. One su iznutra slojevite, a i nožem se teško otkidaju s podloge. Tu su niti vrste *Phormidium incrustatum* bile nešto manjih dimenzija nego drugdje. U steljama vrste *Phormidium incrustatum* dolazi i *Phormidium foveolarum* i pojedinačne niti *Phormidium sp. indet.* *Phor-*

midium foveolarum dolazi i samostalno na stijenama u zoni prskanja vode u tvrdoj sedri ili u pukotinama sedre. Nađen je i na dnu vodotoka s donje strane cca. 8 cm debele sedrene prevlake. *Phormidium sp. indet.* je zastupan najčešće pojedinačnim nitima u steljama *Phormidium incrustatum*, a zalazi i u zajednicu, koja je glavni predstavnik *Oocardium stratum*.

Oocardium stratum – tip. Ta reikofilna alga je na Plitvičkim jezerima relativno slabo zastupana, iako dolazi na više mjesta, ali uvijek u vrlo neuglednim, sitnim kolonijama i nigdje ne tvori veće nakupine inače tako karakterističnog oblika. Makroskopski je često uopće neuočljiva, jer su njene kolonije uklopljene u stelje cijanoficija i dijatomeja. Najčešće se susreće u mahovinskim inkrustama, ali i po grančicama i u pukotinama sedre. Najčešći pratioci ookardija su, osim dijatomeja na stapkama (naročito vrste *Gomphonema angustatum*) vrste *Calothrix parietina*, *Schizothrix lateritia* i *Hydrocoleum homoeotrichum var. tenue*. Ovdje se stanice ookardija ne isprepleću s nitima cijanoficija, kao što je to slučaj u niže opisanoj zajednici s homeotriksom, već su čitave male kolonije sa svojom karakterističnom inkrustacijom kao zasebne cjeline »uzidane« između stelja inkrustiranih cijanoficija i dijatomeja. Posebno spominjem zajednicu s vrstom *Homoeothrix crustacea*, koju je nedavno na rijeci Krki u Dalmaciji našao GOLUBIĆ, ali je na Plitvicama mnogo slabije razvijena.

Sve su to male mozaik-vegetacije.

KOMPARACIJA VEGETACIJE ALGA SEDRENIH SLAPOVA PLITVIČKIH JEZERA SA VEGETACIJOM SEDRENIH SLAPOVA RIJEKE KRKE U DALMACIJI

Kod cijanoficija, koje su u većini kozmopolitski oblici, mogu se ipak nazreti neki vegetacijski tipovi, koji su karakteristični za pojedina mikrostaništa, kao što su pokazala i naša istraživanja. Stoga je bilo zanimljivo usporediti vegetaciju sedrenih slapova na dva razna nalazišta, kao što su to Plitvička jezera i rijeka Krka u Dalmaciji. Tu su obuhvaćeni biotopi na užem području slapova.

Iskustvo je pokazalo, da dva geografski udaljena staništa s ekološki sličnim prilikama pokazuju veću sličnost u sastavu vegetacije alga od dva staništa udaljena možda svega nekoliko centimetara a s ekološki različitim prilikama. Za vegetaciju alga, a naposve cijanoficija, od najveće su naime važnosti *mikroklimatski* faktori. Moglo se očekivati, da će vegetacija alga sedrenih slapova rijeke Krke, koju uvjetuju slične ekološke prilike, pokazati neke sličnosti s vegetacijom slapova Plitvičkih jezera. Neke posve općenite karakteristike zajedničke su vegetaciji obaju područja. To je u prvom redu inkrustacija kalcijevim

karbonatom, a zatim zajedničke prilagodbe na reikofilni način života. Od prije opisanih vegetacijskih tipova najveću sličnost pokazuje tip *Scytonema-Gloeocapsa*, u pretežno istom sastavu vrsta. Ta činjenica ne začuđuje, jer su to većinom litofitski kosmopolitski oblici, koji su u poluspiljama i spiljama ispod slapova našli dosta jednolične uvjete za razvoj. Tip *Oocardium stratum* zastupan je u oba područja, a čini se, da je karakterističan za brzice tvrdih krških voda, na što ukazuju sve češći njegovi nalazi u vodama Hrvatske, pa i Crne Gore. Za razliku od krških nalaza *Oocardium* je na Plitvičkim jezerima mnogo slabije razvijen. i to najčešće u mozaik-vegetaciji sa cijanoficejama i dijatomejama, a ne dolazi samo epifitski na mahovinama, već i na sedrenim prevlakama u brzicama. Vegetaciju *Hydrocoleum homoeotrichum* var. *tenuis-Schizothrix penicillata* sa Krke zamjenjuje na Plitvicama skoro čista vegetacija *Hydrocoleum homoeotrichum* var. *tenuis*. *Hydrocoleum* je na Plitvičkim jezerima najrasprostranjeniji rod i nalazimo ga na svim staništima osim među pravim aerofitima. Dok je na Krki *Rivularia haematites* ograničena na mjesta, gdje pada voda, na Plitvicama je uz *Tolythrix distorta* f. *penicillata*, koji na Krki nije nađen, razvijena i u brzicama, ali najbolje uz njihov rub. *Phormidium* sp. – tip otvorenih, brzih vodotoka je na Plitvicama siromašniji vrstama nego na Krki (barem u doba istraživanja – maj, juni). Dok zignemaceje pokazuju približno jednak razvoj i rasprostranjenost u oba područja, tip *Cladophora-Vaucheria* na Plitvicama nije bio nađen. To neisključuje mogućnost, da se on u drugom vremenskom razdoblju ne pojavi. Od rodoficeja je *Bangia* na Krki vrlo raširena, a na Plitvicama je nađena svega jedna nit.

Dodajem popis flore alga slapova rijeke Krke i Plitvičkih jezera za usporedbu.

CYANOPHYTA

<i>Dactylococcopsis</i> n. sp.	K*
<i>Microcystis grevillei</i> (Hass.) Elenk. emend.	K, Pl.
<i>M. muscicola</i> (Menegh.) Elenk.	K, Pl.
<i>Aphanothece saxicola</i> Näg. (<i>A. nidulans</i> Richter)	K, Pl.
<i>A. castagnei</i> (Bréb.) Rabenh.	K, Pl.
<i>Gloeocapsa sanguinea</i> (Ag.) Kütz. emend. Jaag	Pl.
<i>G. kützingiana</i> (Näg.)	K
<i>G. dermochroa</i> Näg.	K, Pl.
<i>G. minuta</i> f. <i>typica</i> Hollerb.	Pl.
<i>G. polydermatica</i> Kütz. (<i>G. montana</i> Kütz. ampl. Hollerb.)	K, Pl.
<i>G. muralis</i> Kütz.	K

* K = Krka, Pl = Plitvička jezera

<i>G. turgida</i> (Kütz.) Hollerb. emend. (<i>Chroococcus turgidus</i> (Kütz.) Näg.	K, Pl.
<i>G. turgida</i> f. <i>violacea</i> (W. West) Hollerb.	Pl.
<i>Gloeotheca rupestris</i> (Kütz.) Rabenh.	K, Pl.
<i>Gl. palea</i> (Kütz.) Rabenh.	Pl.
<i>Chlorogloea microcystoides</i> Geitl.	K
<i>Pleurocapsa minor</i> Hansg.	K, Pl.
<i>Hyella fontana</i> Hub. et Jad.	Pl.
<i>Chamaesiphon incrustans</i> Grunow	K
<i>Ch. curvatus</i> Nordt.	K
<i>Nostoc epilithicum</i> Ercegovic	Pl.
<i>N. verrucosum</i> Vauch.	K
<i>N. sphaericum</i> Vauch.	K
<i>N. verrucosum</i> var. <i>pseudozetterstedtii</i> Stockm.	K
<i>Scytonema ocellatum</i> Lyngb.	K
<i>S. mirabile</i> (Dillw.) Ag.	K, Pl.
<i>S. myochrous</i> (Dillw.) Ag.	K, Pl.
<i>S. crassum</i> Näg.	Pl.
<i>S. alatum</i> (Carm.) Borzi (<i>Petalomena alatum</i> Berk)	K, Pl.
<i>Tolypothrix distorta</i> f. <i>penicillata</i> (Ag.) Kossinsk.	Pl.
<i>T. saviczii</i> Kossinsk.	Pl.
<i>Calothrix parietina</i> Thuret	K, Pl.
<i>Dichothrix gypsophila</i> (Kütz.) Born. et Flah.	K, Pl.
<i>D. compacta</i> var. <i>calcarata</i> Woronich.	K, Pl.
<i>Rivularia haematites</i> (D. C.) Ag.	K, Pl.
<i>R. coadunata</i> (Sommerf.) Foslie	Pl.
<i>Lyngbia kützingii</i> f. <i>ucrainica</i> (Schirsch.) Elenk.	K
<i>L. aerugineo-coerulea</i> (Kütz.) Gom.	K
<i>Phormidium angustissimum</i> W. et G. S. West	K
<i>Ph. foveolarum</i> f. <i>maius</i> . Elenk.	Pl.
<i>Ph. valderiae</i> (Delp.) Geitl.	K
<i>Ph. retzii</i> (Ag.) Gom.	K
<i>Ph. incrustatum</i> (Näg.) Gom.	Pl.
<i>Ph. corium</i> (Ag.) Gom.	K, Pl.
<i>Ph. setchelianum</i> Gom.	K
<i>Ph. favosum</i> (Bory) Gom.	K, Pl.
<i>Ph. uncinatum</i> (Ag.) Gom.	K
<i>Symploca dubia</i> (Näg.) Gom.	Pl.
<i>Schizothrix coriacea</i> (Kütz.) Gom.	K

<i>Sch. lateritia</i> (Kütz.) Gom.	K, Pl.
<i>Sch. arenaria</i> (Berk.) Gom.	Pl.
<i>Sch. pulvinata</i> (Kütz.) Gom.	Pl.
<i>Sch. penicillata</i> (Kütz.) Gom.	K
<i>Sch. delicatissima</i> W. et G. S. West	K
<i>Sch. fasciculata</i> (Näg.) Gom.	Pl.
<i>Sch. lacustris</i> A. Br.	Pl.
<i>Microcoleus lacustris</i> (Rabenh.) Farlow	Pl.
<i>Hydrocoleum homoeotrichum f. tenue</i>	K, Pl.
<i>H. muscicola</i> Hansg.	Pl.
<i>Plectonema nostocorum</i> Born.	Pl.
<i>Homoeothrix juliana</i> (Menegh.) Kirchn.	K, Pl.
<i>H. crustacea</i> Woronich.	K, Pl.

CHRYSOPHYTA

<i>Hydrurus foetidus</i> Kirchn.	K, Pl.
----------------------------------	--------

CONJUGATOPHYTA

<i>Cosmarium granatum</i> Bréb.	Pl.
<i>C. subquadratum</i> Nordst.	Pl.
<i>Oocardium stratum</i> Näg.	K, Pl.

CHLOROPHYTA

<i>Cladophora geminata</i> Kütz. et Brand	K
<i>Vaucheria geminata</i> Decandolle em. Walz.	K, Pl.

RHODOPHYTA

<i>Bangia atropurpurea</i> (Roth.) Ag.	K
<i>Bangia atropurpurea ssp. coccinea</i> Kütz.	K
<i>Chantransia pygmaea</i> Kütz.	Pl.
<i>Batrachospermum moniliforme</i> Roth.	Pl.
<i>Lemanea fluvialtilis</i> Ag.	K
<i>L. fucina</i> Bory	K
<i>Hildebrandtia rivularis</i> (Lieb.) Ag.	K

Iz priloženog popisa vidimo, da se flora alga obaju područja podudara naročito u pogledu sastava cijanoficeja. Rodovi su pretežno zajednički, razlika se očituje većinom u vrstama. Od nitastih oblika cijanofici-

ceja najbrojniji su vrstama rodovi *Phormidium* (ukupno 9 vrsta), *Schizothrix* (s ukupno 8 vrsta), *Scytonema* (s ukupno 5 vrsta), a od jednostaničnih *Gloeocapsa* (s ukupno 8 vrsta). Oblici bez tokova (*Oscillatoria*, *Anabaena* i sl.) ne dolaze iz razumljivih razloga na slapovima obaju područja, jer se u brzicama ne bi mogli održati. Na plitvičkim biotopima nije nađena *Cladophora*, a u vezi s time ni epifitski oblici *Lyngbya* i *Chamaesiphon*, koji su nađeni na Krki. Po rasprostranjenosti bih za oba područja spomenula značajne oblike *Rivularia haematites* i *Hydrocoleum homoeotrichum var. tenue*.

Obrađene dijatomeje su uglavnom zajedničke za oba područja, ali za detaljnu komparaciju nema dosta podataka.

Zigmeceje su razvijene na oba područja, ali radi sterilnog stanja nisu mogle biti točnije određene.

ZAKLJUČCI

1. Na području slapova Plitvičkih jezera nađeno je 95 vrsta alga, od kojih iz skupine: *Cyanophyta* 46, *Chrysophyta* 1, *Bacillariophyta* 35, *Conjugatophyta* 6, *Chlorophyta* 3 i *Rhodophyta* 3 vrste.

2. U vegetaciji alga možemo uvjetno prema mikrostanjstvu i florističkom sastavu razlikovati ove vegetacijske tipove:

Phormidium favosum tip (brzi, otvoreni vodotoci)

Tolypothrix – *Rivularia* tip (zona prskanja i mehaničkog udara vode)

Hydrocoleum tip (mjesto, na koja direktno pada i udara voda)

Scytonema – *Gloeocapsa* tip (podbraci, stijene i stropovi poluspilja)

3. U tvrdim sedrenim prevlakama značajna su ova dva vegetacijska tipa:

Phormidium incrustatum tip (sedrene prevlake na otkinutim graničicama, listovima drveća, stijenama u zoni prskanja vode i na dnu vodotoka među jezerima)

Oocardium stratum tip (sedrene prevlake na mahovinama i u slapovima u brzicama s jakim prozračivanjem)

4. Najrasprostranjenija je alga na slapovima Plitvičkih jezera *Hydrocoleum homoeotrichum var. tenue*.

5. Predstavnici svih zastupanih skupina alga pokazuju neki stupanj inkrustacije stelja kalcijevim karbonatom u većoj ili manjoj mjeri.

6. Komparacija alga slapova Plitvičkih jezera s algama slapova rijeke Krke u Dalmaciji ukazuje na srodnost vegetacije obaju područja.

Od vegetacijskih tipova zajednički su *Scytonema-Gloeocapsa* tip (*Scytonema-Chroococcales* Golubić) *Oocardium* tip, *Phormidium javosum* tip, (*Phormidium spp. div.* Golubić) (ova oba tipa slabije su razvijena na području Plitvičkih jezera) i donekle *Hydrocoleum* tip (jače razvijen na Plitvičkim jezerima). Od ukupno nađenih i određenih 75 vrsta (osim dijatomeja) s rijeke Krke i Plitvičkih jezera zajedničkih je 27 vrsta, t. j. 36%, od čega *Cyanophyta* 23, *Chrysophyta* 1, *Conjugatophyta* 1, *Chlorophyta* 1 i *Rhódophyta* 1 vrsta. Od cijanoficeja su najbrojnije zastupani rodovi *Phormidium*, *Schizothrix*, *Scytonema* i *Gloeocapsa*, a od vrsta *Hydrocoleum homoeotrichum var. tenue* i *Rivularia haematites*.

(Iz Instituta za eksperimentalnu biologiju
JAZU, direktor:
doc. prof. dr. V. Vouk)

LITERATURA

1. *Bharadwaja, Y.*, The Taxonomy of *Scytonema* and *Tolypothrix*. *Revue algologique*. Tome VII, 1935-6. - 2. *Blum, J. L.*, The Ecology of River Algae, *The Bot. Review*. Vol. 22, 5/1956. - 3. *Chapman, V. J.*, An Introduction to the Study of Algae, Cambridge, 1941. - 4. *Elenkin, A. A.*, Sinjelzenje vodorosli SSSR, I-III, Moskva-Leningrad, 1936-1939. - 5. *Ercegović, A.*, Litofitska vegetacija vapnenca i dolomita u Hrvatskoj. *Acta botanica*, Zagreb, vol. I, 1925. - 6. *Franić, D.*, Plitvička jezera, Zagreb, 1910. - 7. *Frémy, P.*, Incrustation calcaire produite par des algues d'eau douce. *Assoc. franc. p. avanc. des sciences*, Lyon, 1926. - 8. —, Les Myxophycées de l'Afrique équatoriale française. *Archiv de Botanique*, Tom. III, Caen, 1930. - 9. *Fritsch, F. E.*, The lime-encrusted *Phormidium*-community of British Streams, *Verh. d. Internat. Vereinig. f. theor. u. angewan. Limnologie*, Band X: 141-144, 1949. - 10. —, The Structure and Reproduction of the Algae Vol. I, II, 1952. - 11. *Gavuzzi, A.*, Prilozi za limnologiju Plitvica. *Prirodoslovna istraživanja XIV*, Zagreb, 1919. - 12. *Geitler, L.*, Cyanophyceae, *Rabenhorst's Kryptogamenflora*, Band IV, 1930. - 13. *Gessner, F.*, *Hydrobotanik*, Band I, 1955. Berlin. - 14. *Golubić, S.*, Vegetacija alga na slapovima rijeke Krke u Dalmaciji, *Rad JAZU*, knj. 312, 1957. - 15. *Gomont, M.*, *Monographie des Oscillatoriées*, Paris, 1893. - 16. *Hansgirg, A.*, Beiträge zur Kenntniss der Süßwasser-Algen und Bacterienflora Böhmens, Steiermarks, der österr. ung. Küstenländer und Bosnien. *Sitzungs-Ber. d. Königl. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften*, 1891. - 17. *Heurck, H. van*, *Traité des Diatomées*, Anvers, 1899. - 18. *Hollerbach, M. M.*, *Kossinskaja E. K.*, *Poljanski V. I.*, Sinjelzenje vodorosli SSSR, Moskva 1953. - 19. *Hustedt, F.*, *Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz in Rabenhorst's Kryptogamen Flora*, Bd. VII, Teil 1, 2, 1927-1937. - 20. —, *Diatomeen aus Seen und Quellgebieten der Balkan-Halbinsel*, 1945. - 21. *Jaag, O.*, *Untersuchungen über die Vegetation und die Biologie der Algen des nackten Gesteins in den Alpen, im Jura und im schweizerischen Mittelland*, Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz B. IX/1945. - 22. *Klas, Z. i Marčenko, E.*, Mikrovegetacija termalnog vrela Sv. Helena kod Samobora, *Rad JAZU*, knj. 317, 1959. - 23. *Migula, W.*, *Kryptogamen-Flora Band II*, 1909. - 24. *Pascher, A.*, *Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*, Hefte 6, 9, 10, 12, 1913-1925. - 25. *Pavletić, Z.*, Ekologija briofita na slapovima rijeke Krke s posebnim osvrtom na taloženje sedre (doktorska disertacija) 1956. - 26. *Pavletić, Z.*, Prilozi poznavanju ekologije briofita na slapovima rijeke Krke u Dalmaciji, *Rad JAZU*, knj. 312, 1957. - 27. — i *Golubić, S.*, *Oocardium stratum* in den Karstgewässern Südkroatiens (*Bulletin JAZU*) 1956. -

28. *Pevalok, I.*, Prilog poznavanju alga Hrvatske i Slavonije, Prirodoslovna istraživanja JAZU, Zagreb, 1919. - 29. —, Oblici fitogenih inkrustacija i sedre na Plitvičkim jezerima i njihovo geološko značenje. Spomenica u počast prof. dra. Gorjanović-Krambergera, Zagreb, 1925. - 30. —, Der Travertin und die Plitvice Seen, Verhandl. d. Intern. Verein. f. Limnologie, Bd. 7, 1935. - 31. —, Biodinamika Plitvičkih jezera i njena zaštita, Zaštita prirode, 1938. - 32. *Smith, G.*, Freshwater Algae of the United States, New York and London, 1933. - 33. *Vouk, V.*, O kardinalnim točkama života, Rad JAZU, 1939. - 34. *Wallner, J.*, Oocardium stratum Naeg. eine wichtige tuffbildende Alge Südbayerns. Planta B. XX, 1934. - 35. —, Die Beteiligung kalkablagernder Pflanzen bei der Tuffbildung in Südbayern, Bibl. bot. H. 110, 1934. - 36. —, Über die Verbreitungsökologie der Desmidiaceae Oocardium. Planta, B. XXIII, 1935. - 37. —, Zur Kenntniss der unter pflanzlichem Einfluss gebildeten Kalkspates, Planta B. XXIII, 1935. - 38. —, Zur Kenntniss der Gattung Oocardium, Hedwigia, B. 75, 1936. - 39. Über das raumparasitische Vorkommen kalkablagernder Süswasseralg, Hedwigia, B. 75, 1936. - 40. —, Diatomeen als Kalkbildner, Hedwigia B. 75, 1936. - 41. —, Über die Beteiligung kalkablagernder Algen am Aufbau der Chironomidentuffe, Beih. z. bot. Zentralbl. B. 54 a, 1936. - 42. —, Zur Kenntniss der Kalkbildung in der Gattung Rivularia, Beih. z. bot. Zentralbl. B. 54 a, 1936. - 43. *West, G.*, Monograph of the British Desmidiaceae Vol. II, 1903, Vol. III, 1908, Vol. V, 1923. - 44. *Zabelina, M. M., Kiselev, I. A., Proškina Lavrenko A. I., Sešukova V. S.*, Diatomovye vodorosli, Moskva, 1951.

TUMAČ TABLAMA

Tabla I

- Sl. 1. *Scytonema alatum* - vrh niti, opaža se izražena slojevitost tokova
- Sl. 2. *Gloeocapsa turgida* - manji oblik na slici desno *Gloeocapsa sanguinea*
- Sl. 3. *Gloeothece rupestris* u Aphanothece-stadiju
- Sl. 4. *Scytonema crassum* (živi materijal)
- Sl. 5. *Cymbella affinis*, dio kolonije na stapkama
- Sl. 6. *Hyella fontana*, puzajuće niti

Tabla II

- Sl. 1. *Rivularia coadunata*, uzdužni presjek kolonije nakon obrade sa mliječnom kiselinom
- Sl. 2. *Rivularia coadunata*, stelja odzgora sa inkrustacijom CaCO₃
- Sl. 3. *Tolypothrix distorta* f. *penicillata*, habitus
- Sl. 4. *Hydrocoleum homoeotrichum* var. *tenuis*, habitus
- Sl. 5. *Tolypothrix saviczii*, neobično razgranjenje niti
- Sl. 6. *Phormidium incrustatum*, nit sa sedrenom inkrustom
Sve snimke su originalne.

Tafel I

- Abb. 1. *Scytonema alatum*, Fadenende mit deutlich geschichteten Scheiden
Abb. 2. *Gloeocapsa turgida*, kleinere Form rechts *Gloeocapsa sanguinea*

- Abb. 3. *Gloeothece rupestris* in Aphanothece-status
Abb. 4. *Scytonema crassum* (lebendiges Material)
Abb. 5. *Cymbella affinis*, Teil einer Kolonie an Gallertstielen
Abb. 6. *Hyella fontana*, kriechende Fäden

-
Tafel II

- Abb. 1. *Rivularia coadunata*, Längsdurchschnitt durch die Kolonie nach Bearbeitung mit Milchsäure
Abb. 2. *Rivularia coadunata*, Oberflächenansicht des Lagers mit Kalkinkrustierung
Abb. 3. *Tolypothrix distorta* f. *penicillata*, Habitusbild
Abb. 4. *Hydrocoleum homoeotrichum* var. *tenue*, Habitusbild
Abb. 5. *Tolypothrix saviczii*, ungewöhnliche Verzweigung der Fäden
Abb. 6. *Phormidium incrustatum*, Fäden mit Kalkinkrustierung
Originalaufnahmen.

BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER ALGEGEVEGETATION
IN DEN WASSERFÄLLEN DES PLITVICER SEENGEBIETES

Das Plitvicer Seengebiet war in Beziehung auf die Algenvegetation nur wenig erforscht. Während die Diatomeen ausführlich bearbeitet wurden (HUSTEDT), verfügten wir was die Cyanophyccenflora anbelangt nur über wenige Angaben (PEVALEK, ERCEGOVIĆ).

Unsere Untersuchungen wurden an das Gebiet der Wasserfälle beschränkt, das ökologisch ein interessantes Biotop darstellt. Das Material wurde im Juni 1956 (das mir Dr. Z. PAVLETIĆ zur Verfügung gestellt) und im Mai 1957 gesammelt.

FLORA

CYANOPHYTA

Microcystis grevillei (Hass.) Elenk. emend. Unter den Wasserfällen Burgeti-Kozjak und Plitvice.

M. muscicola (Menegh.) Elenk. Die Form wird mit *Microcystis anadontae* (Hansg.) Elenk. und *Aphanocapsa endolithica* Ercegović identifiziert. Unter den Wasserfällen Burgeti-Kozjak, an den Kaskaden Gavanovac-Kaluderovac und über dem Milka Trnina-Wasserfall.

Aphanothece saxicola Näg. An der Decke und den Wänden der Halbhöhle Burgeti-Kozjak.

A. Castagnei (Bréb.) Rabenh. Burgeti, Kozjak, Sastavci.

Cloeoapsa sanguinea (Ag.) Kütz. emend. Jaag. Vertreten sind *status familiaris*, *lamellosus*, *coloratus*, *alpinus*; *status familiaris*, *coloratus* (und *pallidus*) *simplex* und Nannocytenstadium. Halbhöhle bei Kozjak. *G. kützingiana* Näg. *Status familiaris*, *lamellosus*, *coloratus*. An den Felsen und in den Halbhöhlen Kozjak, Sastavci.

G. dermochroa Näg. An den feuchten Standorten des Seenverbindungsrandes Prošće-Okrugljak und Sastavci.

G. turgida (Kütz.) Hollerb. emend. Sehr häufig unter den »Bärten« und in den Halbhöhlen Burgeti-Kozjak, Sastavci. Tab. I. Abb. 2.

G. turgida f. violacea (W. West) Hollerb. Burgeti-Kozjak.

G. montana (Kütz.) ampl. Hollerb. Prošće-Okrugljak.

G. minuta (Kütz.) Hollerb. ampl. *f. typica* Hollerb. In den Halbhöhlen und an benetzten Stellen Burgeti-Kozjak, Sastavci.

Gloeotheca rupestris (Kütz.) Rabenh. Die Übergänge zur *Aphanothece* – Form sind reichlich vertreten. In der Spritzzone des Wasserfalles bei Sastavci.

Gl. palea (Kütz.) Rabenh. In der Spritzzone Burgeti-Kozjak.

Xenococcus sp. Die Art bildet krustenartige, dünne, dunkelrote bis fast schwarze Lager. Die Zellen sind zusammengedrängt, keil- bis birnförmig oder unregelmässig gestaltet, polar differenziert, basal an die Unterlage geheftet. Die Oberflächenansicht gleicht einer pseudoparenchymatischen Scheibe, doch fehlt eine gemeinsame Hülle. Die Sporangien unterscheiden sich nicht von den vegetativen Zellen. Sie bilden basipetal eine grosse Anzahl von Sporen. Zellen mit rotem Inhalt, seltener grün. Teilt sich auch vegetativ mit Längs- und Querteilungen. Manchmal lässt es sich schwer entscheiden, ob es sich um vegetative Teilung oder um Beginn der Sporenbildung handelt. Die Dimension der Zelle ohne Membran $3-30 \times 10 \mu$, mit Membran $5-34 \times 15 \mu$. Die Form bildet von einer Seite einen Übergang zu der Gattung *Dermocarpa*, von der anderen Seite zu *Pleurocapsa*. Von allen anderen bekannten *Xenococcus*-Arten unterscheidet sie sich durch grössere Variabilität der Zellendimension, grössere Maximaldimension und Ökologie. An den Moosprotonemen und Flechten an der Decke der Halbhöhle Burgeti-Kozjak. Abb. 1. a, b, c.

Pleurocapsa minor Hansg. emend. Geitler In dem Rieselwasser, Halbhöhle bei Galovac.

Hyella fontana Hub. et Jad. In der Kalkkruste, Kozjak. Abb. 2. a, b, c. Taf. I. Abb. 6.

Stigonema minutum (Ag.) Hass. In der Halbhöhle Burgeti-Kozjak.

Nostoc epilithicum Ercegović Prošće-Okrugljak Seenverbidung, Burgeti-Kozjak, Sastavci.

Scytonema mirabile (Dillw.) Born. Der grösste Wasserfall Burgeti-Kozjak.

S. myochrous (Dillw.) Born. Burgeti-Kozjak, Sastavci.

S. crassum Näg. Halbhöhle Burgeti.

Tolypothrix distorta Kütz. f. *penicillata* (Ag.) Kossinsk. Im ganzen Gebiet. Tab. II. Abb. 3.

Tolypothrix saviczii Kossinsk. Ausser der typischen *Tolypothrix*-Form können wir noch einen *status chiastum* und einen *status ramosus* mit vielfachen Verzweigungen, denen *Tolypothrix elenkinii* ähnlich ist, unterscheiden. Diesen Stadien wird keine systematische Bedeutung zugeschrieben, Kaskaden, Burgeti-Kozjak. Abb. 3 a, b, c, d, e, f.

Calothrix parietina Thuret. Die Form nähert sich der Art *Calothrix fusca*, ist aber wahrscheinlich in Folge der Inkrustierung ziemlich verändert (vorwiegend farblose Scheiden, Verzweigungen selten). Im ganzen Gebiet, besonders in *Schizothrix*-Lagern.

Dichothrix gypsophila (Kütz.) Born et Flah. Prošće-Okrugljak, Burgeti-Kozjak, Korana.

D. compacta var. *calcarata* Woronich. Burgeti-Kozjak.

Rivularia coadunata (Sommer.) Foslie Kaskaden, Burgeti-Kozjak. Taf. II. Abb. 1, 2.

Phormidium foveolarum (Mont.) Gom. f. *majus* Elenk. Prošće-Okrugljak, Galovac.

Ph. corium (Ag.) Gom. Kaskaden, Burgeti-Kozjak.

Ph. incrustatum (Näg.) Gom. Prošće-Okrugljak. Veliko jezero-Vir, Batinovac-Galovac in harten Kalkkrusten. Taf. II. Abb. 6.

Phormidium sp. *indet.* Burgeti-Kozjak, unter dem Wasserfall Plitvice, Korana bei Sastavci, Veliko jezero-Vir.

Ph. favosum (Bory) Gom. Prošće-Okrugljak, Galovac, Kozjak-Milanovo jezero.

Symploca dubia (Näg.) Gom. Burgeti-Kozjak.

Shizothrix lateritia (Kütz.) Gom. In Kalkkrusten von Prošće bis Korana.

Sch. arenaria (Berk.) Gom. Unterscheidet sich vom Typus, da die Zellen nicht eingeschnürt sind. Burgeti-Kozjak, unter dem Wasserfall Plitvice.

Sch. pulvinata (Kütz.) Gom. Die Form zeigt grosse Variabilität in dem Grad der Verzweigung, der Einschnürung und Länge der Zellen, so dass die Grenze zu *Schizothrix vaginata* nur fliessend ist. Seenverbindungen zwischen Milanovo und Gavanovo jezero, Gavanovac-Kaluderovac, beim Milka Trnina-Wasserfall, Sastavci, Korana.

Sch. fasciculata (Näg.) Gom. über dem Wasserfall Milka Trnina.

Sch. lacustris A. Br. Unter den Wasserfällen Burgeti-Kozjak und an den Kaskaden der Milka Trnina-Wasserfälle.

Hydrocoleum homoeotrichum var. *tenue* Golubić Hier sind die Formen von 4–6 μ Zellbreite umfasst. Das ganze Gebiet entlang, Taf. II. Abb. 4.

H. muscicola Hansg. Die Art wird mit *Hydrocoleum subcrustaceum* identifiziert. Prošće–Okrugljak, Burgeti–Kozjak.

Plectonema nostocorum Born. In der Kalkinkruste mit *Homoeothrix*, *Hyella* und *Dichothrix gypsophila*, Kozjak.

Homoeothrix juliana (Menegh.) Kirchn. Milka Trnina-Wasserfall, Burgeti–Kozjak.

H. crustacea Woronich. Mit *Oocardium stratum*, Burgeti–Kozjak.

CHRYSOPHYTA

Hydrurus foetidus Kirchn. Crna und Bijela Rijeka.

BACILLARIOPHYTA

Diatomeen sind vorwiegend nur als Massenvvegetation (selbständig oder in Cyanophyceenbeständen) bearbeitet. Als besondere Vegetation wird die *Cymbella affinis* Vegetation beschrieben. Taf. I. Abb. 5.

Cyclotella plitvicensis Hustedt Diese Planktonform wurde als Filtrat in den Wasserfällen Ciginovac–Okrugljak, Burgeti–Kozjak und der Seenverbindung Kozjak–Milanovo jezero gefunden.

C. operculata (Ag.) Kütz. Planktonform, Seenverbindung Kozjak–Milanovo jezero.

C. comta (Ehr.) Kütz. Planktonform, das ganze Gebiet entlang.

Tetracyclus rupestris (A. Br.) Grun. Burgeti–Kozjak.

Meridion circulare Ag. Ciginovac–Okrugljak, Kozjak–Milanovo jezero. Sastavci.

Diatoma vulgare var. *capitulatum* Grun. Prošće–Okrugljak, Burgeti–Kozjak, Kozjak–Milanovo jezero.

D. vulgare var. *ehrenbergii* (Kütz.) Grun. Kaskaden, Milanovo–Gavanovo jezero.

Fragilaria crotonensis Kitt. Planktonform, Seenverbindung Ciginovac–Okrugljak, Kozjak–Milanovo jezero, Kaskaden Milina jezerca–Gradiusko jezero.

Synedra ulna var. *amphirhynchus* (Ehr.) Grun. Seenverbindungen Ciginovac–Okrugljak, Kozjak–Milanovo jezero, Kaskaden Gavanovac–Kalluderovac, unter dem Wasserfall Plitvice.

- S. capitata* Ehr. Burgeti-Kozjak.
- S. amphicephala* Kütz. Seenverbindung Kozjak-Milanovac.
- Eunotia arcus* Ehr. var. *fallax* Grun. Burgeti-Kozjak, Sastavci.
- E. praerupta* Ehr. var. *musciicola* Boye Petersen Burgeti-Kozjak.
- Cocconeis placentula* Ehr. var. *euglypta* (Ehr.) Cl. Crna Rijeka, Seenverbindung Ciginovac-Okrugljak, unter dem Wasserfall Burgeti-Kozjak.
- Achnanthes* sp. Das ganze Gebiet entlang.
- Mastogloia smithii* Thw. var. *lacustris*. Grun. Sastavci.
- Diploneis domblittensis* (Grun.) Cl. Seenverbindung Ciginovac-Okrugljak.
- Navicula menisculus* Sch. Das ganze Gebiet entlang.
- N. cryptocephala* Kütz. Seenverbindung zwischen Ciginovac und Okrugljak.
- Gyrosigma attenuatum* (Kütz.) Rabenh. Seenverbindung Ciginovac-Okrugljak.
- Amphora ovalis* Kütz. Seenverbindung Ciginovac-Okrugljak.
- Cymbella affinis* Kütz. Die verbreitetste Diatomeenart, das ganze Gebiet entlang.
- C. laevis* Näg. Das ganze Gebiet entlang.
- C. delicatula* Kütz. Das ganze Gebiet entlang.
- C. turgida* (Greg.) Cl. Galovac, Sastavci.
- C. austriaca* Grun. Burgeti-Kozjak.
- C. helvetica* Kütz. Seenverbindung Kozjak-Milanovo jezero, Sastavci, Kaskaden Burgeti-Kozjak.
- Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabenh. Im ganzen Gebiet häufig.
- Denticula tenuis* Kütz. Burgeti-Kozjak unter den Wasserfällen, Seenverbindung Kozjak-Milanovac, Sastavci.
- Epithemia muelleri* Fricke Seenverbindung Prošće-Okrugljak, Kozjak-Milanovac, Sastavci.
- E. zebra* (Ehr.) Kütz. Unter den Wasserfällen Burgeti-Kozjak.
- Cymatopleura solea* (Bréb.) W. Sm. Seenverbindung Kozjak-Milanovac.
- Surirella spiralis* Kütz. Sastavci.

CONJUGATOPHYTA

Zygnema sp., *Spirogyra* sp. und *Mougeotia* sp. Alle steril, daher unbestimmbar, im ganzen Gebiet.

Cosmarium granatum Bréb. Sastavci.

C. subquadratum Nordst. Burgeti, Halbhöle.

Oocardium stratum Näg. Über dem Wasserfall Milka Trnina, Kaskaden Gavanovac-Kaluderovac, Korana.

CHLOROPHYTA

Oedogonium sp. Steril, Crna und Bijela Rijeka.

Bulbochaete sp. Steril, Sastavci.

Vaucheria geminata Decandolle em. Walz. Crna und Bijela Rijeka.

RHODOPHYTA

Bangia atropurpurea (Roth) Ag. Nur ein Faden wurde gefunden, über dem Milka Trnina-Wasserfall.

Batrachospermum moniliforme Roth. Secnverbindung Prošće-Okrugljak.

Chantransia pygmaea Kütz. Über dem Milka Trnina-Wasserfall, nur wenig Material, stark inkrustiert.

DIE VEGETATIONSVERHÄLTNISSE DER ALGEN AN DEN WASSERFÄLLEN DER PLITVICE SEEN

An den Plitvicer Wasserfällen werden in bezug auf die limitativen Faktoren: die Vasserströmungsgeschwindigkeit, den Benetzungrad, die Wasserdurchlüftung (bzw. Kalkfällung), sechs verschiedene Vegetationstypen* unterschieden, die nur als provisorisch zu fassen sind und durch keine scharfen Grenzen getrennt sind. Manche sind auch für die Wasserfälle des Flusses Krka in Dalmatien charakteristisch (Golubić, 1956).

1. *Schnelle, offene Wasserläufe* (*Phormidium favosum* Typ). Den Grund der Wasserläufe zwischen den Seen besiedelt die typisch reikophile Vegetation, die sich nicht grundsätzlich von der Gebirgsbachvegetation unterscheidet, die mit ihr vielmehr eine Einheit bildet. In dem Quellgebiete der Oberseen kann man die Massentwicklung der Alge *Hydrurus foetidus* verfolgen. Auf der Kalkunterlage der Wasserläufe begegnen dunkelgrüne, geschichtete, lederige Bestände von *Hydroco-*

* Unter dem Begriffe Vegetationstyp ist hier eine Gemeinschaft sensu lato, nicht eine Einheit im phytocönologischen Sinne zu verstehen.

leum homoeotrichum var. *tenuis* oder *Phormidium favosum* mit denen die gelbgrünen Watten, die vorwiegend die Diatomeae *Cymbella affinis* bildet, abwechseln. Lokal verstreut haften hier und dort grüne Netze von Zygnemaceen, die sich oft mit gut entwickelter Haftzelle auf dem Substrat fixieren. Sie überziehen lokal langsamere, seichte Wasserläufe, auch senkrechte Barrieren, aber immer untergetaucht.

2. *Belichtete Wasserspritzzone des Wasserlauf- und Kaskadenrandes* (*Tolypothrix-Rivularia* Typ). Am Rand der oben erwähnten Zone der schnellen, offenen Wasserläufe und auf den Kaskaden der Wasserfälle begegnet eine eigenartige Vegetation. Diese bildet den Übergang zu den terrestrischen Acrophyten und zeigt eine grosse Ähnlichkeit mit der limnischen Wellenschlagzone (GEITLER, E. KANN). Die Mechanische Wirkung des Wassers widerspiegelt sich in der morphologischen Form der Lager. Sie können in Form von gallertigen halbkugeligen Kolonien, z. B. die *Rivularia*-Arten oder in Form von verzweigten Büscheln, z. B. die *Tolypothrix*-Arten am Grund haftend erscheinen. Es überwiegen *Rivularia haematites* und *Tolypothrix distorta* f. *penicillata*. seltener *Rivularia coadunata* und *Tolypothrix saviczii*. Möglicherweise handelt es sich bei *Tolypothrix distorta* f. *penicillata* und *T. saviczii* um dieselbe Art, die zwei verschiedene Formen annimmt. In der Spritzzone auf den Kaskaden und den senkrechten Barrieren kommen mit Kalk inkrustierte Büschel von *Dichotrix gypsophila* und Lager von *Scytonema myochrous* vor, die auch als Lithophyt in der ganz aerophytischen Zone begegnen. Unter der *Rivularia-Tolypothrix* Zone, das heisst dauernd untergetaucht und der Turbulenz des Wassers ausgesetzt, finden sich inkrustierte, aber doch ganz weiche Polster von *Schizothrix pulvinata* mit *Calothrix parietina*.

3. *Standorte unter dem direkten Einfluss der grossen Wasserfälle* (*Hydrocoleum* Typ). Diese Vegetation umfasst engere oder breitere Bereiche, die die Grenze des Abprallwassers bestimmt. Die Algen dieses Biotops leben überwiegend in schattiger mit Feuchtigkeit gesättigter Atmosphäre. Die Vegetation ist gut entwickelt in der Nähe der Wasserfälle Prošće-Okrugljak, Galovac und des Baches Plitvice. Sie überzieht auch die von Barrieren abgerollten Kalktuffe. Die wichtigste Art ist *Hydrocoleum homoeotrichum* var. *tenuis*. Diese Art ist eurivalent, da sie nicht nur in dieser Zone, wo sie fast reine Bestände bildet, sondern auch in allen anderen Vegetationstypen ausser der rein aerophytischen als ständiger Bestandteil vorkommt. Die Lager sind regelmässig mit Kalk inkrustiert.

4. *Aerophile, feuchte und schattige Standorte* (*Scytonema-Gloeocapsa* Typ). Die Vegetation überzieht die feuchten Räume unter den »Bärten«, die Wände und Decken der Halbhöhlen. Die Oberfläche des Travertins ist mit samtartig-filzigen grünen und braunen Polstern der *Scytonema*-Arten (*S. crassum*, *S. myochrous*, *S. alatum*) bedeckt. Zwischen den *Scytonema*-Fäden oft einzellige Algen, besonders, *Gloe-*

ocapsa-Formen. Vertreten sind auch verschiedene *Gloeothece*-Formen, *Stigonema minutum*, *Calothrix parietina* und verschiedene Schizothrix-Arten.

5. *Vegetation der harten Kalkkrusten (Phormidium incrustatum Typ)*. Die harten Kalkkrusten der Zweige und Blätter der Bäume, die in die Nähe der Wasserfälle gefallen sind, überzieht eine eigenartige Vegetation. Dieselbe Vegetation finden wir ebenso an den bespritzten Felsen und in den Spalten des Kalktuffes auf dem Wasserlaufgrund der Seenverbindungen. Sie besteht vorwiegend aus verschiedenen *Phormidium*-Arten. Es überwiegen *Phormidium incrustatum*, *Phormidium foveolarum*, *Phormidium corium*; von den anderen sind *Homoeothrix juliana* und *Schizothrix pulvinata* öfters vertreten.

6. *Kalktuffüberzüge in den Stromschnellen mit reicher Durchlüftung, vorwiegend an Moosen (Oocardium stratum Typ)*. Bilden ein anderes Beispiel für die Vegetation der harten Kalkkrusten. Im Plitvicer Seengebiet ist sie nur spärlich entwickelt und vorwiegend mit Cyanophyceen und Diatomeen (besonders *Gomphonema*-Arten) maskiert. Besonders charakteristisch ist die Gemeinschaft mit *Homoeothrix crustacea*, die auch am Flusse Krka in Dalmatien vorkommt.

VERGLEICH DER ALGENVEGETATION DER PLITVICER WASSERFÄLLE MIT DER ALGENVEGETATION DER WASSERFÄLLE DES FLUSSES KRKA IN DALMATIEN

Für die Algenvegetation sind die mikroklimatischen Faktoren von ausschlaggebender Bedeutung. Das Variieren dieser Faktoren widerspiegelt sich in der Zerstreung und Ansiedlung der Algen, die zur Untersuchungszeit verschiedene Mikrovegetationstypen darstellten. Charakteristisch für die Vegetation der beiden Gebiete ist die Kalkinkrustation und die Anpassung an die reikophile Lebensweise. Von allen Vegetationstypen zeigt die grösste Ähnlichkeit der *Scytonema-Gloeocapsa* (*Scytonema-Chroococcales* Typ Golubić) Typ der Halbhöhlen mit ungefähr identischer Zusammensetzung der Arten. *Oocardium stratum*, der für harte Karstgewässer charakteristisch zu sein scheint, kommt in den Stromschnellen der beiden Gebiete vor, doch ist seine Entwicklung im Plitvicer Seengebiet viel geringer. *Hydrocoleum homoeotrichum-Schizothrix penicillata* Typ aus dem Krka-Gebiet wechselt an den Wasserfällen der Plitvice mit fast reinen *Hydrocoleum homoeotrichum var. tenue* Beständen. *Rivularia haematites* ist im Gebiet der Plitvicer Seen mit *Tolypothrix distorta f. penicillata* vergesellschaftet. *Phormidium* spp. div. Typ der Krka ist an den Plitvicer Seen artenärmer und Rhodophyceen seltener. Die Artenliste (im kroatischen Text) bietet zugleich einen Vergleich der beiden Gebiete. Die verbreitetsten Gattungen der beiden Gebiete sind *Phormidium*, *Schizothrix*, *Scytonema* und *Gloeocapsa*.

SADRŽAJ

Z. KLAS i V. VOJK: Prinosi fiziološkoj analizi fertilizatornog djelovanja mrkog ugljena	5 - 30
S. VATOVAC i D. TIMET: Primjena dafnijskog testa u analizi hemolimfe vinogradskog puža (<i>Helix pomatia</i> L.) s obzirom na njegova funkcionalna stanja	69 - 77
S. VATOVAC i D. TIMET: O djelovanju setuma kralješnjaka na rad srca dafnija	31 - 67
S. GELINEO: Potrošnja kisika u pacova rođenih i odraslih u različitim termičkim sredinama	79 - 92
S. GELINEO: Koncentracija hemoglobina i intenzitet oksidiranja u riba	93 - 105
E. MARČENKO: Prilozi poznavanju vegetacije alga na području slapova Plitvičkih jezera	107 - 152

