

Dr inž. Božo Turina

O APSORPCIJI IONA: SELENA, SUMPORA, TELURA, KALIJA, MAGNEZIJA, ŽELJEZA, NIKLA I KROMA KORIJENJEM BILJAKA

Koncem 1919. god. došao sam iz Münchena u Prag na Češku visoku tehničku školu. Prijavio sam se kod pok. prof. dra *Stoklase* i zamolio ga za disertacionu radnju. U razgovoru sam naročito naglasio da dobro poznam anatomiju bilja. Tim u vezi želio sam da mi profesor dade neke elemente koji imaju žarku boju: crvenu, zelenu, žutu, crnu itd. da bih eventualno mogao promatrati kako kroz korijen ulaze u biljku. Spomenuo sam da je moguće da ih biljka reducira bilo izvan ili unutar staničja.

Na moje navode primijeti prof. *Stoklas*, da su to elementi VI grupe Periodnog sistema: selen je crven, telur crn, a sumpor žućkasto bijel. Uzeo sam otopine soli tih elemenata, a radnju sam radio na Fiziološkom institutu Češke Univerze kod prof. dra *Nemca*.

Radnja s prva tri elementa je objavljena u »Biochemische Zeitschrift«, a u podnaslovu — u zagradi — sam postavio pitanje: »Da li opći nazor o apsorpciji mineralnih tvari kroz korijenje biljaka treba izmijeniti.« Danas, nakon 45 godina odgovaram da se opći nazor o apsorpciji mineralnih tvari — mora izmijeniti!

Cjelokupna literatura u svijetu iz morfologije i fiziologije bilja tvrdi, da apsorptivno staničje predstavljaju korijenove dlačice i najmlađe stanice epiderme između korijenovih dlačica i korijenove kape (Kalyptra) na vršku korijena. Korijenova kapa, prema svjetskoj literaturi, ima zadaću da zaštiti korijenov vrh pri prodiranju u dublje slojeve tla i jest organ u kome se nalazi sjedište za različite podražaje za silu težu, osjetljivost na vlagu, itd.

Vrativši se iz Praga u Srednju poljoprivrednu školu u Križevce, gdje sam desetak godina među ostalim predmetima predavao i botaniku, predstavio sam strana djela iz biljne fiziologije i morfologije na različitim jezicima da vidim da li su se gledišta izmijenila. Uvijek sam našao o apsorpciji hranjiva iz zemlje otprilike ono što gore citiram.

U Školi sam nastavio pokuse s daljnjih (5) pet elemenata od 1922. do 1924. god. i upotrebljavao biljke raži, pšenice, ječma i kukuruza da bih što bolje proučio funkciju korijenove kape. Rezultati tih mojih radova nisu do danas nigdje objavljivani.

Potcrtavan napose da su soli selene i telura, osim kod mojih pokusa, niz godina upotrebljavane u kontroli sjemena. *Eidmann* navodi, kako je *Scheurlen* u 1900. god. prvi uveo selensku i telursku kiselinu u bakteriologiji, a *Turina* u biljnoj fiziologiji. Spominje da sam s uspjehom upotrebio soli selena i telura i to SeO_3^{2-} — i SeO_4^{2-} — ione i TeO_3^{2-} — i TeO_4^{2-} — ione na razvitak embrija korijena i lišća odraslih biljaka. Njega su zanimali moji pokusi s embrionima raži, jer su mikroskopska istraživanja poka-

zala da se selen ne nalazi posvuda, nego pretežno taložen u intercelularnim prostorima korijenove kape (Kalyptre). Kod upotrebe natrijum telurita je talog bio u membranama korijenove kape i u provodnoj žili, i to pretežno u staničnim jezgrama i u plazmatskoj membrani, ali ne u vakuolama. Podvlači da ja tvrdim, kako je korijena kapa naročito permeabilna za te soli, koje onda preko korijenovog vrha prodiru u provodnu žilu i kroz ovu u nadzeme organske biljaka.

Ističe da je zasluga Japanca Hasegave u tome, što je moja iskustva prvi primijenio u praktičnim istraživanjima u kontroli sjemena šumskog drveća. Metodika koju je proveo za japansko šumsko sjemenje je vrlo jednostavna sa natrijskim teluratom $\text{Na}_2\text{TeO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Eidmann je u svojim istraživanjima upotrebljavao 2% Na_2SeO_3 natrijski selenit, a može se upotrebiti 1—3% i prema intenzitetu taloga (bojadisanja) hipokotila ustanovio IV grupe potence klijavosti sjemena (Keimpotenz), a i potencu proizvodnje biljke (Pflanzenpotenz).

Kin-Schen Hao, Kitajac, iz Kun-Minga je radio slične pokuse sa Indigo-karmin i selenit metodom. Spominje također da je Turina prvi upotrebio SeO_3^{2-} —i SeO_4^{2-} —ione na sjeme i odrasle biljke. Navodi također da žive stanice reduciraju selenove okside u elementarni selen, koji se taloži u staničnim stijenama korijenove kape, i na toj je činjenici osnovana metodika bojadisanja sa natrijskim selenitom za šumsko sjemenje. U produženju, Hao navodi da je Hasegava u svom rukopisu o njegovoj metodici s natrijskim teluratom saopćio da je bojadisanje sjemena posljedica disanja. Međutim Hao ističe da je Turina prešao klijuće sjemenje, isprešani sok filtrirao, polovicu soka iskuhao, a polovicu nije zatim nalio u epruvetu i utvrdio prije 16 godina (1922) da je nekuhani sok taložio selen, dok kuhani nije.

Prof. Schmidt je 1936—1938. god. predao Institut Eidmann-u koji je ispitivao različite soli i navodi da su rezultati sa selenitom uspjeli. Naprotiv s ostalim solima nisu. Selenit i telurit živo staničje taloži. Crvena boja selena se jasnije vidi od crne boje telura. Najpodesnija je bila 2% otopina natrijskog selenita, ali se može koristiti 1—3%. I prof. Schmidt je radio s 2% natrijskim selenitom.

Navedene činjenice govore nedvosmisleno da su selenove i telurove soli niz godina primjenjivane za ispitivanje klijavosti i upotrebljivosti sjemena šumskog drveća, bjelegorice i crnogorice, u različitim institutima Evrope i Azije. Činjenica je da je korijena kapa (Kalyptra), u embrionalnom razvitku svake biljke najvažnije apsorptivno staničje.

Biljna fiziologija danas tvrdi da iako zrno pri krijanju upija vodu cijelom svojom površinom, ipak je primijećeno da klica upija vodu 2—3 puta više u usporedbi s endospermom kod jednosupnica. Međutim klica je jako širok pojam, koji ne govori ono što je pri upijanju vode i u njoj topljenih mineralnih soli najvažnije a to je: kuda prodire voda u klicu kada sjeme bubri? To se jasno vidi u mojim pokusima, a i u pokusima sa selenitom i teluritom kod šumskog sjemena da je to korijena kapa

(Kalyptra), a kroz ovu prodire u korjeni vrh i dalje u provodnu žilu. Razumljivo je da mali dio vode prodre kroz plodnu i sjemenu kožu u zrno za vrijeme bubrenja sjemena, a tako i kroz kotiledone kod dvosupnica, ali je najintenzivniji dovod kroz korijenovu kapu.

Od nekoliko metoda najveću primjenu nalazi u zadnje vrijeme određivanje klijavosti topografski po biokemijskoj metodi prof. Lakona (1942) na bazi 2,3,5 — triphenyl — tetrasolium klorida.

Korijenova kapa je upravo radi njezine strukture u ranijim vremenima nazvana »spužvica«, i smatrana je za organ kroz koji ulaze biljna hranjiva. Kasnije je ovaj nazor sasvim odbačen u cjelokupnoj svjetskoj literaturi iz biljne fiziologije i morfologije, a to eto ne odgovara utvrđenim činjenicama u različitim institutima za ispitivanje sjemena Evrope i Azije.

U pokusima, u kojima sam istraživao kako prodiru voda i u njoj otopljene mineralne tvari iz zemlje, upotrebio sam fiksaciju s kiselinom pikro— octo— sumpornom, i dalje niz alkohola 40 — 60 — 80 itd. % po prof. Nemcu.

A) Selen

Selen je srodan sumporu i teluru u prirodi se nalazi u malim količinama u obliku selenida i u mnogim prirodnim sulfidima u piritu i u mulju olovnih komora.

U mojim pokusima upotrebio sam selen kako bih utvrdio na kojem mjestu ulazi kroz korijen u biljku.

Spojevi selena su slični spojevima sumpora, zbog toga je selen dvo- i četverovalentan.

I Utjecaj SeO_3^{2-} — iona na rast biljaka

a) Utjecaj na klijanje

U nizu pokusa upotrebio sam natrijski selenit $Na_2 SeO_3$ koji je sadržavao prema kemijskoj analizi provedenoj u laboratoriju prof. Stoklase 44,5% selena.



U selenitu je selen 4-valentan, oksido-redukcijskim fermentima prelazi u selen 0-valentan.

Kod selena u SeO_3^{2-} nedostaju 4-elektrona, koje mora primiti da prijeđe u selen 0-valentan, tj. da postigne konfiguraciju plemenitog plina (u zadnjoj ljuski mora imati 8 elektrona).

Za redukciju je potrebno dodati još H^+ — ionone.

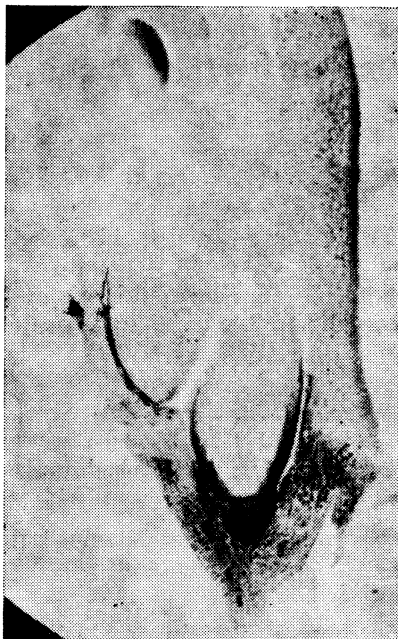
U svojim pokusima upotrijebio sam niz otopina od $n/927$ kao i $n/108 Na_2SeO_3$. Da bih utvrdio djelovanje SeO_3^{2-} — iona na klijanje uzimao sam

uvijek 50 zrna raži i pšenice u petrijevim šalicama kod određene temperature klijanja. Nakon 10 dana izvršio sam različita mjerenja i utvrdio da je razvitak bio povoljniji kod niskih koncentracija, a kod jačih koncentracija slab, a voda je bila crvena.

Zrna raži, koja su klijala 72^h u jakoj koncentraciji $n/74$ Na_2SeO_3 taložila su obilato selen u otopini i bila su crvena već za 48^h. Na priležećoj slici 1 vidi se jasno fenomen kojega ne priznaje svjetska botanička literatura, naime, da korijenova kapa (Kalyptra) u masama apsorbira i oksido-redukcijskim procesima taloži selen.

Da bi dobio jasnu sliku fiksirao sam zrna raži i napravio niz 8 mikrona debelih uzdužnih presjeka. Prije 45 godina sam tvrdio, da je selen taložen u intercelularnim prostorima, jer sam taloženje promatrao.

Međutim danas su elektromikroskopska istraživanja utvrdila, da su stanične membrane izgrađene iz temeljne mase koja sadrži vodu, pektine i hemicelulozu u kojoj se nalazi uložena celuloza u obliku niti mikrofibrila, koje su sastavljene od više micelarnih nizova. Između micela se



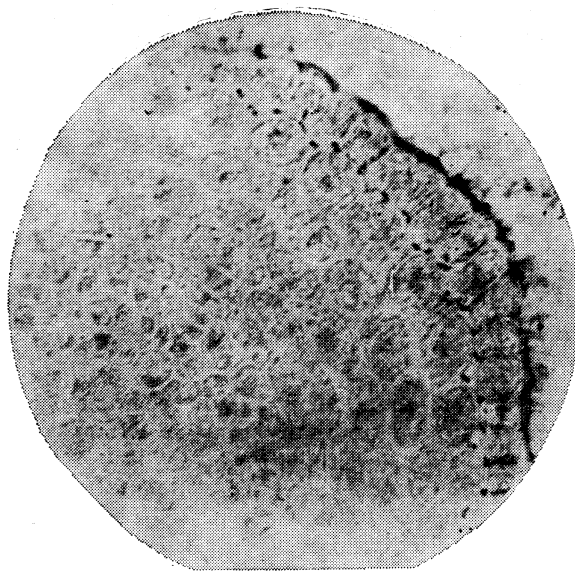
Slika 1 — Uzdužni presjek zrna raži 72h stari embrijo, ne bojadisan Obj. A Okul. 4 (Orig.)

nalaze intermicelarni prostori, submikroskopske veličine. Ovi su kontinuirano ispunjeni vodom tako da u celuloznim membranama postoje neprekinute vodene niti. Pošto su membrane susjednih stanica međusobno povezane pružaju se submikroskopski intermicelarni prostori kontinuirano od membrane do membrane. Kroz taj intermicelarni sistem mogu cirkulirati malene molekule i ioni (vode, joda, alkalija) dok veće molekule (tzv. inkruste: lignin, kutin, boje i dr.) mogu biti apsorbirane kroz veće interfibrilarne kapilarne prostore.

Budući da su mlade stanične stijene embrija i korijene kape (Kalyptra) izgrađene najvećim dijelom iz celuloze, pitam, koji botaničar, kad promatra ovu sliku, može osporiti korijenovoj kapi ulogu prvog i osnovnog apsorpcijskog staničja u embrijonalnom razvitku svega bilja.

Da bih utvrdio da li je sposobnost oksido-redukcijskih fermenta svojstvo živog organizma ili su procesi disanja, ostavio sam sjeme raži 24^h na klijanju u pilovini. Klijajuće sjeme sam dobro isprao u destiliranoj vodi, nakon toga sam ga isprešao. Isprešani sok je filtriran i polovica iskuhana, a polovica ne. Filtrat je nalit u niz epruveta i dodane su jednake količine natrijskog selenita. Nakon 2 dana utvrdio sam taloženi selen u nekuhanom nizu epruveta.

Za bolju ilustraciju oksido-redukcijskog potencijala, napravio sam čitav niz poprečnih presjeka kroz Coleorhizu korijenovu kapu (Kalyptru) u korijenov vrh embrija. U tom nizu preparata vidi se jasno taloženi selen



Slika 2 — Poprečni presjek 72h starog korijenovog vrha embrija raži Ojek. DD Okul. 4 (Orig.)

slabije u Coleorhizi, jače u kalyptri, a interesantna slika se pruža, u zoni korijenovog vrška. Tu se jasno razabire masa praškastog selen na epidermalnim stanicama korijenovog vrha. Međutim jedinstven fenomen toga presjeka jest praškasti selen u interfibrilarnim kapilarnim prostorima celuloznih membrana u unutarnjim stijenama stanica epiderme.

Na temelju slika 1 i 2 pružena je apsolutno jasna slika, kako voda i u njoj rastvorene hranjive soli prolaze kroz intermicelarne i interfibrilarne kapilarne prostore korijenove kape (Kalyptre) i korijenovog vrha u najprvim satima metabolizma embrija u provodnu žilu.

Ovo su jedinstvene slike, kakve nisam nikada vidio u svjetskoj botaničkoj literaturi. Upravo radi toga i tražim da se općinazor o apsorpciji mineralnih tvari kroz korijenje biljaka mora izmijeniti.

Botanika navodi da se na površini korijenove kape stvara znatna količina sluzi koja navodno olakšava gibanje korijena u zemlji. Ta sluz navodno potječe iz srednjih lamela (maceracije) stanica korijenove kape. Pretvaranjem srednjih lamela u sluz, nestaje membranski dio koji povezuje stanice međusobno i zato se mogu odijeliti jedna od druge. Pošto je korijenova kapa izgrađena od parenhimskih stanica, zato u ranoj fazi razvitka imaju celulozne membrane.

Zanimajući se o permeabilitetu biljne stanice Höber tvrdi da je normalna stanična membrana nepropusna za soli ili barem ne tako kako bismo mogli pretpostaviti. Napominje da je moguće da su korijenove dlačice zato specifično građene. Međutim u mojim pokusima s algama Cladophora i Spirogira opažao sam, u različitim koncentracijama, da dok su alge bile žive, nisam mogao u njima konstatirati selen. Međutim, kad su u većim koncentracijama uginule, mogao sam konstatirati u stanicama selen.

b) Utjecaj SeO_3^{2-} — iona na razvijene biljke

Biljke stare 8 dana rasle su djelomično u steriliziranom pijesku, a djelomično u petrijevim šalicama. Dobro isprane u destiliranoj vodi prenesene su u Hiltnerovu hranjivu otopinu. Ova se sastoji od: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — 0.163 g, KCL — 0.250 g, $\text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ — 0.250 g, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ — 0.250 g, $\text{FePO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ — 0.250 g, $\text{FeCl}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$ tri kapi 5% otopine, sve na litru destilirane vode.

U koncentraciji $\frac{1}{148}$ Na_2SeO_3 vidio sam jasno taloženi selen na vršku korijena, inače nepravilno na površini korijena. Mikroskopskim pregledom dobio sam interesantnu sliku. Na mjestima gdje je korijen bio obojen crveno, korijenova kora bila je bezbojna, naprotiv tome je taloženje seleno bilo jako u provodnoj žili, gdje je endodermom odijeljena od korijenove kore.

Jaki talog je bio vidljiv i na površini epiderme i na površini korijenovih dlačica. Radi toga je korijen bio poput cigle crvene boje. Kad sam napravio poprečne presjeke iznad korijenove kape u zoni korijenovih dlačica,

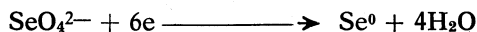
nisam mogao sa sigurnošću utvrditi selen ni u zoni korijenovih dlačica ni u kori korijena u toj zoni. Nasuprot tome, provodna žila, odmah iza korijenovog vrška, dakle ispod zone korijenovih dlačica, pokazivala je vrlo jaki talog, tako da se je staničje moglo teško vidjeti.

Citirana opažanja na razvijenim biljkama govore za činjenicu da selen nije apsorbiran kroz korijenove dlačice, jer bi oksido-redukcijski procesi taložili selen i unutar zone korijenovih dlačica. Rezultati tih pokusa se poklapaju s mojim pokusima s algama *Cladophora* i *Spirogira* koje, dok su bile žive, nisam u njima mogao konstatirati selen. Odatle slijedi da je selen i kod razvijenih biljaka apsorbiran kroz intermicelarne i interfibrilarne kapilarne prostore u celuloznim membranama korijenove kape i korijenovog vrha u provodnu žilu.

II Utjecaj SeO_4^{2-} — iona na razvitak biljaka

a) Utjecaj na klijanje

Natrijski selenat sadrži prema analizama provedenim u laboratoriju prof. Stoklase 40.8% Se.



U selenatu je selen 6-valentan oksido-redukcijskim fermentima prelazi u Se 0-valentan.

Kod Se u SeO_4^{2-} nedostaje 6 elektrona koje mora primiti da prijeđe u Se^0 tj. da postigne konfiguraciju plemenitog plina (u zadnjoj ljuski mora imati 8 elektrona). Za redukciju je potrebno dodati još H^+ — ione.

Da bih utvrdio djelovanje SeO_4^{2-} — iona na klijanje uzimao sam 50 zrna raži i pšenice u različitim koncentracijama od $\frac{1}{27810}$ do $\frac{1}{927}$ kod određene temperature i nakon 10 dana provodio različita mjerenja.

Za daljnji niz pokusa upotrijebio sam znatno jaču koncentraciju $\frac{1}{108}$ Na_2SeO_4 . Nakon što je sjeme raži 24^h bubrilo u pilovini, oprao sam ga u destiliranoj vodi i isprešao. Isprešani sok je filtriran i polovica iskuhana. Rastočen u niz epruveta, dodao sam jednake količine otopine i nakon 3 dana su oba niza pokusa pokazivala talog.

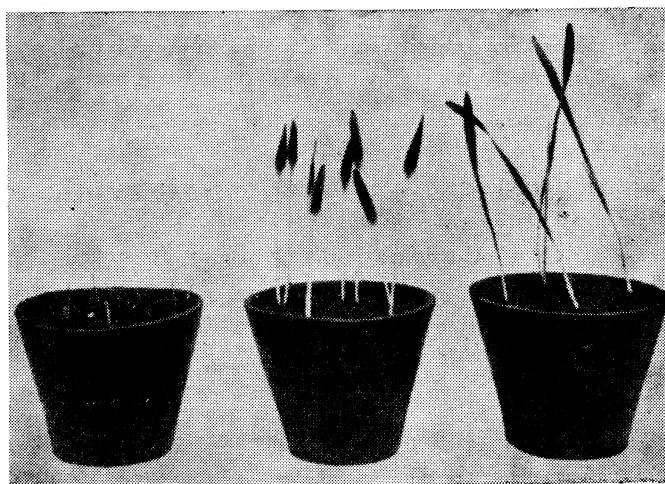
b) Utjecaj SeO_4^{2-} — iona na razvijene biljke

Biljke ječma koje su isključile u jednakim uvjetima, stavljene su nakon 10 dana u koncentraciju $\frac{1}{296}$ Na_2SeO_4 . U jačoj koncentraciji $\frac{1}{148}$ Na_2SeO_4 stanične jezgre su imale zrnatu strukturu.

III Utjecaj SeO_3^{2-} — i SeO_4^{2-} — iona na biljke u zemlji

Ispitao sam djelovanje 0,02225 g Se u običnoj vodi. Zemlja je u loncima zalijevana s 20—30 ccm. U pokusu su rasli *Hordeum vulgare*, *Sinapis alba* i *Lepidium sativum*. Sjeme je posijano 25. I 1921. godine.

Kontrolne biljke su isključale već 30. I, dok su one zalijevane otopinom isključale 1. II. Biljke su zalijevane otopinama natrijskog-selenata i selenita. Naročiti izgled su imale biljke ječma koje su zalijevane natrijskim selenatom, 4. II napravljena je ova fotografija.



Slika 3 — Ječam zalijevan natrijskim selenatom srednji lonac

Na slici 3 vidi se ječam, lijevo su normalne biljke, u sredini su zalijevane natrijskim selenatom, a desno natrijskim selenitom. Srednje su biljke lijepo panaširane. Dvije trećine lišća je bijelo. Nekoji primjerci su fiksirani, a korjenu vršci ispitani plazmolitički da li su živi. Plazmo- i deplazmoliza sa $\frac{1}{2}\text{KNO}_3$ je bila pozitivna.

Na uzdužnim presjecima dijela bijelog lista su klorofilna zrnca sasvim rastvorena. Da bih mogao promatrati taj proces bolje, napravio sam presjeke na granici bijelog i zelenog dijela lista. Klorofilna zrnca najprije potamne, nešto se izduže, i postaju sve manja dok se ne rastvore. Jednako djelovanje ima natrijski selenat na biljke pšenice i raži, zob nije reagirala.

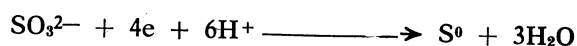
B) Sumpor

U prirodi je element jako raširen i predstavlja važnu komponentu u životu bilja i životinja. U poljoprivredi igra važnu ulogu. Sumpor je prvobitno smatran kao sastavni dio metala. Istom je Lavoisier utvrdio da je element. Sumpor ulazi u sastav bjelančevina, aminokiselina, fermenta i drugih organskih tvari.

I Utjecaj SO_3^{2-} -iona na razvitak bilja

a) Utjecaj na klijanje

Upotrebljavao sam analognu metodiku kao kod pokusa sa selenom. U tim pokusima je upotrebljen $\text{Na}_2\text{SeO}_3 + 7\text{H}_2\text{O}$, a sadržavao je prema analizama u laboratoriju prof. Stoklase 11.7% S.



U sulfitu je sumpor 4-valentan, oskido-redukcijskim fermentima prelazi u S o-valentan.

Kod S u SO_3^{2-} nedostaju 4-elektrona koje mora primiti kako bi prešao u S^0 tj. da postigne konfiguraciju plemenitog plina.

(U zadnjoj ljuski mora imati 8 elektrona).

Za redukciju je potrebno dodati još H^+ — ione.

Upotrebljavao sam različite koncentrate od $n/11257$ do $n/375$ na klijanje raži i ječma, ali nekih većih razlika u poređenju sa normalnim biljkama nije bilo.

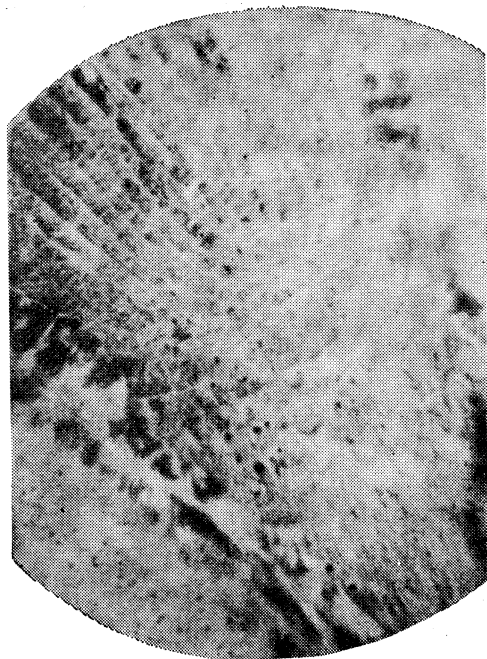
b) Utjecaj SO_3^{2-} -iona na razvijanje biljke

Uzeo sam 8 dana stare biljke raži i ječma i nakon 4, 5, i 6 dana počeo promatranja. U jačim koncentracijama $n/45$, $n/30$, $n/24$ $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 7\text{H}_2\text{O}$ opazio sam naročitu pojavu. Iako je plazmo — i deplazmoliza na vršku korijena bila pozitivna, nisam u stanicama korijenove kape i korijenova vrška, već 4-ti dan nalazio staničnih jezgri.

Radi toga sam fiksirao niz korjenčića raži i ječma nakon 24^h 48^h i 72^h na svakom sam korijenu od prvoga do 7-dmoga dana proveo plazmo — i deplazmolizu na korjenim vršcima, i bile su pozitivne. Biljčice raži su i osmi dan bile sasvim zelene, a stanice na korijenovom vršku žive, ali su sadržavale napadno sitne stanične jezgrice, ili ih uopće nije bilo.

Proveo sam niz tangencijalnih ali i uzdužnih presjeka korijena raži i utvrdio da raspadanje staničnih jezgri počima od korijenove kape i vrška korijena, što opet potvrđuje činjenicu da biljka prima mineralne soli kroz korijenovu kapu (Calyptru) i korijenov vrh.

Budući da se utjecajem natrijskog sulfita stanične jezgre raspadaju i sasvim izgube prvobitnu strukturu, slijedi da stanične jezgre nastoje paralizirati štetne i toksičke utjecaje okoline.



Slika 4 — Uzdužni presjek 96h starog korjenovog vrhta raži, bez staničnih jezgri djelovanjem natrijskog sulfita. Homog. imer. Okul 2 (Orig.)

II Utjecaj SO_4^{2-} -iona na razvitak bilja

a) Utjecaj na klijanje

Upotrebljavao sam istu metodiku kao i kod pokusa sa selenom. U pokusima je upotrebljen $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$, sadržavao je prema analizama 9,91% S. $\text{SO}_4^{2-} + 6e + 8\text{H}^+ \longrightarrow \text{S}^0 + 4\text{H}_2\text{O}$.

U sulfatu je sumpor 6-valentan oksidno-redukcijskim fermentima prelazi u S o-valentan.

Kod S u SO_4^{2-} manjka 6-elektrona koje mora primiti da prijeđe u S^0 tj. da postigne konfiguraciju plemenitog plina (u zadnjoj ljuski mora imati 8-elektrona).

Za redukciju je potrebno dodati još H^+ — ione.

Ispitivao sam različite koncentracije od $\frac{n}{11257}$ do $\frac{n}{375}$ $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$ na klijanje sjemena raži i pšenice i utvrdio, da djelovanje sumpora u natrijskom sulfatu, djeluje povoljno na razvitak i rast klica i biljaka i nakon 7 tjedana i zato su pokusi prekinuti.

b) Utjecaj SO_4^{2-} -iona na razvijene biljke

Upotrebio sam analognu metodiku sa koncentracijama $\frac{n}{45}$, $\frac{n}{30}$, $\frac{n}{24}$ $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$ ali i nakon 7 tjedana su biljke dobro napredovale. Radi toga su daljnji pokusi obustavljeni.

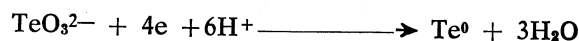
C) Telur

Telur je otkrio Müller 1783. god. u Reichensteiner-u. Ovaj element dolazi jako rijetko u prirodi. Telur kao i selen talože biljke oksido-redukcijskim fermentima. Crne je boje pa se njegov talog dobro vidi.

I Utjecaj TeO_3^{2-} -iona na razvitak biljaka

a) Utjecaj na klijanje

Ova je sol bezvodna, a sadržaj telura je izračunat na 44,5% selena?



U teluritu je telur 4-valentan, oksido-redukcijskim fermentima prelazi u Te 0-valentan.

Kod Te u TeO_3^{2-} nedostaju 4-elektrona, koje mora primiti da prijeđe u Te^0 , tj. da postigne konfiguraciju plemenitog plina (i u zadnjoj ljuski mora imati 8 elektrona).

Za redukciju je potrebno dodati još H^+ — ione.

U pokusima sam upotrebljavao istu metodologiju kao kod selena i sumpora. Sjeme raži i pšenice je klijalo u različitim koncentracijama od $n/44768$ do $n/1492$ Na_2TeO_3 i nakon 10 dana sam provodio različita mjerenja.

Uzeo sam jače koncentracije $n/180$ i $n/80$ Na_2TeO_3 . Sjemenke raži u toj koncentraciji klijale već nakon 48h, a korjenčići biljčica su bili jako smeđi i crni.

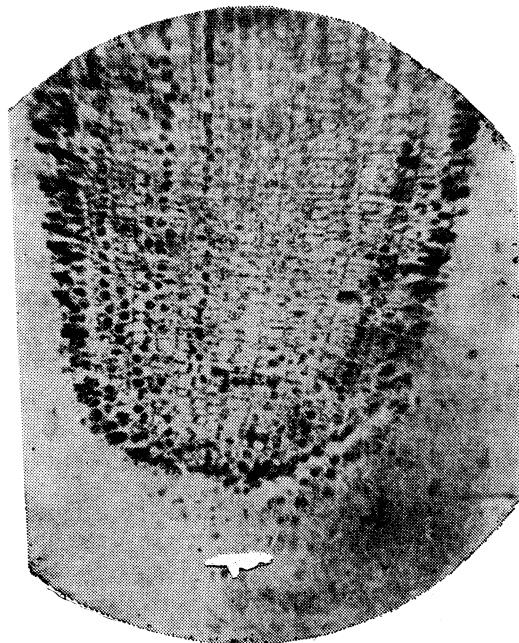
U klijajućoj vodi je bilo malo taloga. Embrioni su fiksirani i na nizu uzdužnih presjeka je bilo manje taloženog telura u interfilarnim kapilarnim prostorima celulozних membrana u usporedbi sa selenitom, ali su zato stanične jezgre bile crne.

Promatrajući kroz jaka povećanja vidio sam telur jako taložen u staničnim jezgrama i u opni plazme, a u protoplazmi samo neznatno. Da bih utvrdio gdje je telur taložen, napravio sam niz poprečnih presjeka embrija raži u zrnu, gdje nema traga još korijenovim dlačicama. Na tim presjecima sam utvrdio da je telur taložen obilato u staničnim prostorima celulozних membrana epiderme, ponešto u opnima plazme, ali ga nije bilo u vakuolama.

Da bih utvrdio na kome mjestu telur ulazi u korijen, ponovio sam pokuse s biljčicama 2, 4, 6, i 8 dana starim. Kad sam postavio 4 dana stare klijajuće biljke raži u $n/120$ Na_2TeO_3 , već za 10 sati sam mogao utvrditi da su vrhovi korijena smeđe boje.

Mikroskopski prekontrolirano korijenje dalo je analognu sliku kao kod selena. Korijenov vršak je bio tamno bojadisan, isto i provodna žila, naprotiv korijenova kora je bila bezbojna.

Interesantna slika se dobije kad se na predmetno stakalce pod mikroskopom opaža korijenov vršak 8 dana stare biljke raži koja je rasla 24h u



Slika 5 — Uzdužni presjek 48h starog korijena embrija raži još u zrnu. Obj. DD Okul. 2 (Orig)

nekoj koncentraciji natrijskog telurita. Dodamo li dvije kapi koncentrirane otopine SnCl_2 (kositrenog(II) klorida), nastane živa reakcija i možemo dobro vidjeti taloženi telur poput malih krpica u staničnim jezgrama, a manje u intermicelarnim prostorima.

Na slici 5 se razabire da talog telura koji se nalazi u korijenovoj kapi slabi od periferije prema unutrašnjosti i prema plumuli. Da bih dokazao utjecaj fermenata, ostavio sam sjemenke raži klijati 24^{h} u pilovini, oprao sam sjeme u destiliranoj vodi i isprešao. Isprešani sok sam filtrirao i polovicu iskuhao, a polovicu ne. Nalio sam u niz epruveta i dodao jednake količine natrijskog telurita. Talog je bio u oba niza epruveta nešto slabiji u iskuhanom soku.

b) Utjecaj TeO_3^{2-} -iona na razvijene biljke

Da bih utvrdio, kako soli prodiru u razvijeni korijen biljaka, napravio sam ove pokuse: 8 dana stare biljke raži i ječma postavljene su u Hiltnerovu hranjivu otopinu uz dodatak natrijskog telurita. Biljke su rasle 24^{h} u toj koncentraciji i oplahnuto korijenje u destiliranoj vodi stavljeno je na predmetno stakalce i napravljena reakcija sa SnCl_2 .

Utvrдио sam da se je telur taložio uglavnom na korijenim vrhovima, a samo neznatno u kori korijenai u zoni korijenih dlačica.

Da bih još jasnije utvrдио prodiranje soli telura i selena u korijen biljaka, smekšao sam parafin i u njega neznatno umočio korijenove vrške. U istu svrhu sam upotrebio i kokosovo maslo. Tako pripremljene biljke su rasle 24^h u Hiltnerovoj hranjivoj otopini uz dodatak natrijskog-telurita i selenita. Nakon toga su biljke izvađene i pod mikroskopom je utvrđeno da su korijeni vrhovi bili žućkasti kod onih biljaka, koje su tretirane parafinom. Naprotiv su korijeni vrhovi kontrolnih biljaka bili tamnosmeđe boje. Plazmo – i deplazmoliza na korijenovim vrhovima je bila pozitivna. Žućkasta boja je možda uslijedila radi pomanjkanja kisika što je naročito važno, jer je disanje bilo otežano ili nemoguće. Reakcija sa SnCl₂ na tim vršcima je bila negativna, samo je neznatno bila tamnija mjestimično korijenova kora i uokolo korijenovih dlačica. Naprotiv je reakcija bila jasna tamo, gdje je počeo probijati postrani korijen. Tu su vršci korijena bili jasno vidljivi kao i provodna žila.

Te iste pokuse sam provodio i s natrijskim selenitom koji je radi crvene boje naročito podesan zato. Vidio sam da selen kao i telur ne ulazi u korijen, čiji je vršak parafiniran. Naprotiv tamo gdje je počeo probijati postrani korijenak bio je jasno crveno bojadisan i ta se je crvena nit mogla pratiti u provodnoj žili i dalje prema nadzemnim organima.

Kokosovo maslo za takve pokuse je nepodesno.

Primjerci koji su rasli u koncentraciji $\frac{1}{478}$ Na₂TeO₃ imali su nakon tri dana izmijenjenu strukturu staničnih jezgri, a jezgra je predstavljala tamno bojadisanu masu.

Da bih поблиže ispitao prodiranje telurovih soli u stanice biljaka proveo sam pokuse sa algama Cladophora i Spirogira.

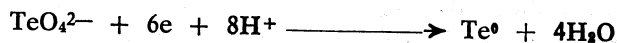
Pomenute alge su rasle nekoliko dana u koncentraciji $\frac{1}{2387}$ Na₂TeO₃ pri tom je plazmo- i deplazmoliza bila pozitivna. Primijenio sam reakciju sa SnCl₂ i nisam mogao konstatirati taloženi telur u stanicama algi. Ovo je interesantna pojava na koju ću se svratiti još niže.

II Utjecaj TeO₄²⁻-iona na razvitak biljaka

a) Utjecaj na klijanje

Primijenio sam poznatu metodiku u ranijim pokusima, a u Na₂TeO₄ + 2H₂O je sadržaj telura izračunat na 44,5% selenita.

U natrijskom teluratu je telur 6-sterovalentan, oksido-redukcijskim fermentima prelazi u Te o-valentan.



Kod Te u TeO_4^{2-} — iona nedostaje 6-elektrona, koje mora primiti da prijeđe u Te^0 , tj. da postigne konfiguraciju plemenitog plina (i u zadnjoj ljuski mora imati 8 elektrona).

Za redukciju je potrebno još dodati i H^+ — ione.

Isključala zrna u koncentraciji $n/120 \text{ Na}_2\text{TeO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ pokazivala taloženi telur, na vršcima korijena. Prisutnost oksido-redukcijskih fermenta utvrđena je na isti način prešanjem klijavuće sjemena a redukcija je bila u oba niza epurveta talog, ali je bio jači u nekuhanom soku.

b) Utjecaj TeO_4^{2-} — iona na razvijene biljke

Kao i u ranijim pokusima 8 dana stare biljke raži su stavljene u Hiltnerovu hranjivu otopinu $n/478 \text{ Na}_2\text{TeO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ i nakon 4 dana su korijenčići bili fiksirani. Plazmo — i deplazmoliza je bila svuda pozitivna, a lišće je imalo normalan izgled. Ipak su stanične jezgre bile uvećane, a strukture zrnate. U staničnim jezgrama je taložen telur. Slijedećega dana su se jezgre smanjile, a nakon 4 dana je primijećeno raspadanje staničnih jezgri u male jezgrice (koje sam nazvao »nucleolini«). Analogan slučaj sam promatrao i kod ječma već 24^h ranije. Solima telura nije izazvano panaširanje lišća.

NASTAVAK ISTRAŽIVANJA U KRIŽEVCIMA

Vrativši se iz Praga u domovinu, nastavio sam od 1922 — 1924. g. provođenjem pokusa s daljnjih (5) pet elemenata na biljkama: raži, pšenice i kukuruza.

Biljke raži i pšenice u pokusima su bile stare 8—10 dana, dok su one kukuruza bile stare samo 3—5 dana, dok su klice imale samo 2 lista, što je ovisilo o temperaturnim prilikama.

Ovi su pokusi jako interesantni zato, jer biljke raži i pšenice imaju korijenove dlačice, a kukuruz sorte »Osmak« nije uopće formirao korijenovih dlačica. Ja sam tom činjenicom bio jako iznenađen, i nisam nikako mogao vjerovati da je to moguće prema onome, što sam učio u biljnoj fiziologiji i morfologiji.

Treba istaknuti, da su se reakcije na navedenim otopinama soli na korijenu raži i pšenice javljale uvijek između najmlađih korijenovih dlačica i korijenovog vrška. Interesantno je istaknuti da su se reakcije na korijenu klice kod kukuruza javljale uvijek u istoj zoni, iako korijen kukuruza nije uopće imao korijenovih dlačica.

D) Reakcija na kalijeve soli (KCl)

Grupa I Periodnog sistema

Biljke raži i pšenice stare 8—10 dana, a kukuruza 4 dana, stavljene su u Hiltnerovu hranjivu otopinu uz dodatak $n/10$ — $n/20$ — $n/30$ — $n/40$ — $n/50$ — $n/60$ — $n/70.000 \text{ KCl}$, a nakon toga je korijenje valjano isplahnuto

destiliranom vodom. Izvršena je plazmo — i deplazmoliza sa n/KNO_3 na korijenovim vršcima i rezultat je bio pozitivan.

Reakcija na predmetnom stakalcu je bila provedena na čitavoj dužini korijena kod sve tri biljke sa $\text{Na}_3[\text{CO}(\text{NO}_2)_6]$ natrijskim kobaltinitritom. Žuti talog se je pojavio samo na korijenovom vršku između najmlađih korijenovih dlačica i korijenovog vrška kod raži i pšenice, a u istoj zoni na korijenu klice, kod kukuruza. U zoni korijenovih dlačica taloga nije bilo.

E) Reakcija na magnezijeve soli Mg (II) (MgCl_2)

II Grupa

Navedene biljke raži, pšenice i kukuruza iste starosti rasle su u Hiltnerovoj hranjivoj otopini 24^h uz dodatak $n/10$ — $n/20$ — $n/30$ — $n/40$ — $n/50$ — $n/60$ — $n/70.000$ MgCl_2 . Korijenje je valjano isplahnuto destiliranom vodom i provedena je plazmo — i deplazmoliza sa n/KNO_3 je bila pozitivna na korijenovim vršcima.

Magnezij daje s jodom otopljenim u razrijeđenoj KOH vrlo značajni talog smeđocrvene boje. Jod otopljen u $n/4$ KOH do slabe žute boje, dodan na predmetnom stakalcu izaziva nakon kratkog vremena jasni talog smeđocrvene boje. Talog se nalazi odmah iza korijenovog vrška, između najmlađih dlačica i vrška korijena kod raži i pšenice. Kod kukuruza na korijenku klice također u istoj zoni.

U zoni korijenovih dlačica taloga nije bilo.

F) Reakcija na soli željeza Fe (III) (FeCl_3)

VIII Grupa

Biljke raži, pšenice i kukuruza navedene starosti rasle su u navedenoj hranjivoj otopini 24^h uz dodatak $n/10$ — $n/20$ — $n/30$ — $n/40$ — $n/50$ — $n/60$ — $n/70.000$ FeCl_3 i isplahnute valjano destiliranom vodom podvrgnute su plazmo — i deplazmolizi sa n/KNO_3 rezultat je bio pozitivan. Provedena je reakcija na predmetnom stakalcu sa $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ kalijev ferocijanid na čitavu dužinu korjenčića. Nakon nekog vremena pojavilo se je berlinsko modriilo $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ feri-ferocijanid.

U zoni korijenovih dlačica kod raži i pšenice se berlinsko modriilo nije pojavilo.

G) Reakcija na soli nikla Ni (II) (NiCl_2)

VIII Grupa

Biljke raži, pšenice i kukuruza određene starosti stavljene su u hranjivu otopinu uz dodatak $n/10$ — $n/20$ — $n/30$ — $n/40$ — $n/50$ — $n/60$ — $n/70.000$ NiCl_2 . Nakon 24^h je isplahnuto korijenje destiliranom vodom i provedena

plazmo — i deplazmoliza na korijenovim vršcima. Bila je pozitivna sa n/KNO_3 . Jasni crveni talog se je pojavio utjecajem diacetyldioxima, ali tek nakon kratkog vremena nakon što je alkohol na predmetnom stakalcu iz reagensa ishlapio.

Korjenčići su bili jako tanki i isušeni. Kad su nakon toga stavljeni u destiliranu vodu, postali su opet turgescetni i talog je bio jasan unutar korijenovog vrška, a samo neznatan u epiblemu korijena.

Analogan talog je bio i u korijenu klice kod kukuruza. Međutim taloga u zoni korijenovih dlačica nije bilo.

H) Reakcija na soli kroma Cr (III) (CrCl_3)

VI Grupa Periodnog sistema

Biljke raži, pšenice i kukuruza određene starosti stavljene su u Hiltnerovu hranjivu otopinu uz dodatak $n/10$ — $n/20$ — $n/30$ — $n/40$ — $n/50$ — $n/60$ — $n/70.000$ CrCl_3 . Nakon 24^h je korijenje isplahnuto destiliranom vodom. Na korijenovim vršcima je izvršena plazmo — i deplazmoliza sa n/KNO_3 i bila je pozitivna.

Na predmetnim stakalcima djelovanjem difenilkarbazida pojavio se nakon kratkog vremena crveni talog, ali samo unutar korijenovog vrška kod raži i pšenice, ali ga nije bilo u zoni korijenovih dlačica.

Jednako tako pojavio se je talog i unutar korijenovog vrška kod kukuruza.

Treba istaknuti da je kod svih 5 elemenata bila reakcija jača što je koncentracija soli bila veća.

ZAŠTO SAM PRED 45 GODINA NAPUSTIO ISTRAŽIVAČKI RAD

Srednja poljoprivredna škola u Križevcima nalazila se je u zoni intenzivnog stočarstva. Organizirale su se »stočarske udruge«, nabavljana su simentalska rasplodna grla, a o osiguranju ishrane tih grla nije nitko vodio računa. Škola iako 65 godina stara nije imala apsolutno nikakvu vezu s narodom svoje okolice. Tom činjenicom nisam se mogao nikako pomiriti, i mi nastavnici međusobno smo znali reći da odgajamo žandare i finance, jer Srednja poljoprivredna škola, bez veze s narodom, nije se mnogo razlikovala od gimnazije i učiteljske škole koje su također postojale u Križevcima.

Zato sam se nakon položenog doktorata 1925. god. uputio u obližnja sela da u nizu predavanja i diskusija, utvrdim probleme koji najviše interesira narod okolice. Refren niza mojih predavanja i diskusija bio je otprilike ovaj: Mi sebe lako prehranimo to uopće nije problem. Svaka obitelj proizvodi pšenicu, grah, krumpir, kupus, repu i povrće. Svaka hrani najmanje jednu, najčešće dvije, a neke i tri svinje. Svaka ima peradi i jaja, neki i vinograd. Svaka nas sušna godina stjera

na prosjački štap. Što kroz tri godine zaradimo, to nam četvrta odnese, jer jedna krava u toku zime pojede protuvrijednost druge i mi ne možemo napredovati. Ako nam tu možete pomoći mi ćemo vas slijediti.

Na selu je postojala najprimitivnija proizvodnja krme, a predavao sam u Školi uz ostale predmete livadarstvo i pašnjarstvo. Odlučio sam da rad u Školi povežem s narodom okolice. Napisao sam »Nacrt pravila za savez naprednih poljoprivrednika (kao zadruga)«. Računao sam ako mi uspijemo, požeška, petrinjska i gospićka škola morat će izaći također na selo u najširu praksu. Mi ćemo se povezati u Savez naprednih poljoprivrednika. Počelo se govoriti i o tome da će agronomi doći na kotareve. Mi ćemo im dati određene direktive u radu u pojedinim područjima.

U tu svrhu sam u jesen 1926. godine sazvao sve agronome nastavnike u Školi na diskusiju o predloženom »Nacrtu pravila . . .« Diskusija je trajala od 20 do 24 sata. Tada sam se digao i rekao da bismo ovako mogli diskutirati još 4 mjeseca ali bez rezultata. Upitao sam: »Tko je od vas prisutnih voljan da sa mnom ode na teren, pa da onda, na bazi potreba u najširoj praksi, ispravljamo Pravila, jer ova imaju zadaću da ne plaćamo porez, jer su to zadružna pravila?« Iako nas je bilo 8 kolega, od sto glasa . . . glasa čuti nije! Onda sam ja primijetio da nema smisla onda uopće diskutirati, jer je to mlaćenje prazne slame. Ja idem sâm samcat na teren i osnovat ću Zadrugu naprednih livadara u Križevcima, a u selima ogranke te zadruge. Tako je i bilo. Uspio sam provesti u najširu praksu (12) dvanaest akcija, a te su:

- 1) Osnivanje prve Zadruge naprednih livadara, osnovana 27. XI 1927. u Križevcima, a Savez tih zadruga je 4. VI 1939. god. proslavio 10-godišnjicu svoga poslovanja. U Savezu je bilo učlanjeno 1942. god. 78 zadruga.

Livadsko sjemenarska zadruga u Virju je 15. XI 1959. god. proslavila 30-godišnjicu svoga poslovanja. I danas radi kao Ogranak Opće poljoprivredne zadruge Virje. Dakle skoro 40 godina neprekidnoga rada, bez ikakvih subvencija samo na bazi proizvodnje sjemena.

- 2) Sproveo sam u seljačka gospodarstva proizvodnju travnog sjemena na koju u to vrijeme nije nitko ni pomišljao . . . Ali, da bih to sproveo u život, trebalo je:
 - a) Dobiti od Ministarstva u Beogradu dozvolu da mogu uvesti tu proizvodnju na Dobru Škole. Odobrena su mi tri jutra.
 - b) sakupiti sjeme u prirodi, brao sam ga zajedno s đacima Škole svojom rukom;
 - c) posijati ga, i ja sam ga sijao zajedno s đacima Škole svojom rukom. Đaci su ga njegovali i tako sam došao do domaćeg originalnog sjemena različitih trava.
 - d) pronaći seljake koji će ga umnažati. Seljaci su govorili, čitav se život borim s travama u kukuruzu, krumpiru, vinogradu, vrtu i tko je vrag vidio — sijati travu.

- 3) Trebalo je (8) osam punih godina da seljak od pluga i motike, bez učešća bilo koga sa strane, postane proizvođač i trgovac svojim sjemenjem krmnog bilja na veliko i na malo iz Đurđevca. Seljaci su na malim površinama proizvodili čak i do 8 vagona travnog sjemenja i trgovali na čitavom području Jugoslavije.
- 4) Tim smo sjemenjem zasijavali godišnje od 1.500 do 2.000 kat. jutara livada iznova.
- 5) Tim smo sjemenom nadosijavali livade, ali ta akcija nije uspjela, jer seljak nije imao ni potrebne strojeve, a niti radnu snagu za valjanu pripremu tratina. Sjeme je bilo skupo pa je seljak radije zasijavao iznova, jer je tu rezultat vidio odmah.
- 6) Sproveo sam u seljačka gospodarstva sjetvu djetelinsko-travnih smjesa i to obavezno, jer kad bi za sušnih godina miševi pojeli djetelinu, seljak bi dobio još 2—3 otkosa krme i time djelomično nadomjestio nedostatak krme.
- 7) Na selu je provedeno sušenje krme na švedskim jahačima. Jahači su nastali preko noći. U Savezu smo prodali 70 q žice istoga dana kad je održavan tečaj za sušenje krme na jahačima u Đurđevcu. No oni su nestali preko noći, jer je žica ukradena.
- 8) Sproveo sam u seljačka gospodarstva izgradnju svoga tipa silosa za kiseljenje krme u omjeru 1,5x1,5x3 m. i 2x2x3 m. okruglih jednake veličine. U seljačkim gospodarstvima je izgrađeno oko 3.000 silosa sa dvije do četiri jame, jer je kasnije i Banska uprava davala 4q pa kasnije 2q cementa kao svoju pripomoć.
- 9) Uveo sam kiseljenje krme a tim u vezi i sjetvu postrnih usjeva za — kiseljenje u jesen i ozimih krmnih usjeva za kiseljenje u rano proljeće. Na taj način je seljak osiguravao ishranu stoke bez obzira na klimatske prilike.
- 10) Godine 1935. poslan sam u Liku da izvidim da li se tamo daje nešto učiniti u biljnoj proizvodnji. Zemlja je tada u Lici ostavljena na »prijelogu« od 3—5 i više godina. Ja sam preporučio i uveo sjetvu smiljkite roškaste (*Lotus corniculatus*) u smjesi s travama i to francuskim lju-ljem i klupčastom oštricom. Aa je akcija trebala osigurati proizvodnju krme i suzbiti »prijelog«. Danas »Semenarna« nabavlja godišnje 50—70 vagona sjemena smiljkite i to najviše u području Dervente. U 1959. godini su Amerikanci na tržištu Evrope htjeli nabaviti 150 vagona toga sjemena.
- 11) Organizirao sam stručnu propagandu za regeneraciju travnjaka. Sakupljene su analize svježih, ocjeditih, suhих, brdskih i planinskih travnjaka, na teritoriju SR Hrvatske. Uredio sam panoe i grafikone o proizvodnji i hranjivoj vrijednosti tratina. Sakupio sam fotografije i niz predložaka s kojima je Savez sudjelovao na nizu

kotarskih poljoprivrednih izložbi u Đurđevcu, Koprivnici, Križevcima, Požegi, Gospiću, Kostajnici na Zagrebačkom zboru s Veterinarskom izložbom u odjelu za stočnu hranu.

- 12) Uveo sam »pregonske pašnjake« u široku praksu. Nisu se mogli održati, jer je tratina pašnjaka bivših zemljišnih zajednica bila sasvim iscrpljena. Na njoj su pasle svinje, svakovrsna perad i druga stoka od snijega do snijega. Tratina je sasvim upropaštena pa je jasno i rezultat izostao.

Jugoslavija imade travnjaka bez pustopašica na kršu 5,6 milijuna ha. Ovo su goleme površine, koje su slabo ili nikako obrađuju i o kojima se danas gotovo uopće ne vodi računa. Vjerujem da je to danas jedan od najvećih nedostataka u agrarnoj proizvodnji zemlje.

Iz navedenoga slijedi da sam svoj zadatak kojega sam postavio u jesen 1926. godine, kada niti jedan od agronoma kolega u Školi, nije želio uzeti učešće u najširoj praksi — izvršio u potpunosti i narodu osigurao ishranu stoke bez obzira na klimatske prilike.

ZAŠTO SAM DANAS NAKON 45 GODINA NASTAVIO ISTRAŽIVAČKI RAD

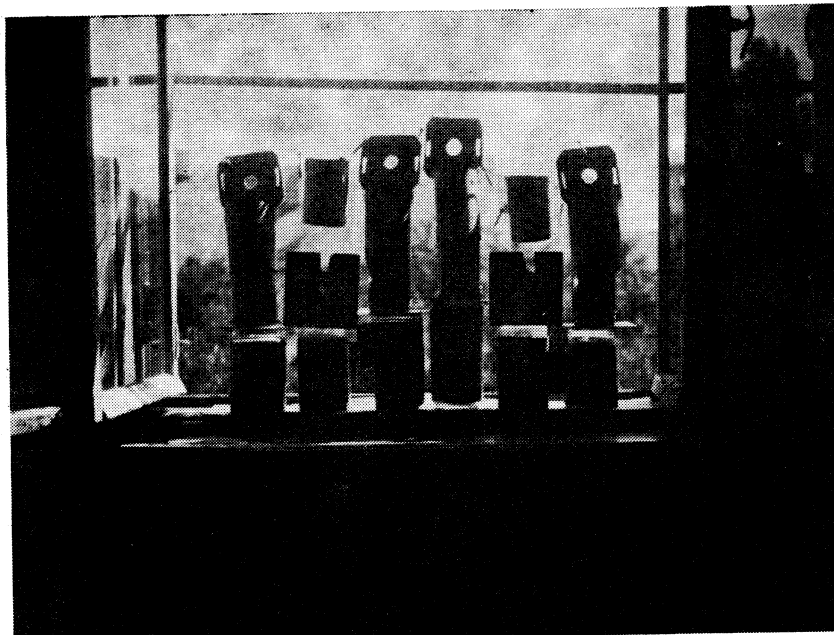
Na Srednjoj poljoprivrednoj školi u Križevcima predavao sam među ostalim predmetima desetak godina i botaniku. Prolistavao sam često nova djela iz biljne fiziologije i morfologije i uvjerio sam se da su tvrdnje o funkciji korijenove kape — neistinite, a one o korijenovim dlačicama sumnjive.

Metodika pokusa

Sjeme kukuruza je za svaki pokus stavljeno na bubrenje 20^h bilo u hranjivu otopinu bilo u običnu vodu. U 1966 god. upotrebljavao sam hranjivu otopinu Hoagland-a koja sadrži: $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (amonfosfat) 1 ccm; KNO_3 6 ccm; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 4 ccm; MgSO_4 2 ccm; Fe sulfat 0,5% uzme se 1 ccm sve to na 1 litru otopine. U 1967. godini sam upotrebljavao samo Hiltnerovu hranjivu otopinu.

Nakon bubrenja je kukuruz posađen u riječni ili kremenij pijesak, dobro ispran vodom ili steriliziran, kroz 10, 12, 16, 20, 30 dana. Izrasle biljke kukuruza sam podsticao da na korijenu klice formiraju korijenove dlačice. Adventivni korjenčić nije u stanju da 2—3 dana ishrani biljku i ona ugiba.

Naprava zato se sastojala od 8 bočica od 300 ccm, u kojima je hranjiva otopina. Bočice su pokrite pločicama iz vinaz-azbesta. Pločice su u sredini probušene vrućim željezom. Pošto je rupa na pločici velika, zalijepio sam je tankim papirom, na kome sam napravio malu rupicu za spuštanje korijenka klice u hranjivu otopinu.



Slika 6 — Naprava za motrenje vrška korijena klice

Na pločicu sam s dvije žice pričvrstio dozu od ovomaltine. Doze su pokrivene pločicama od kartona, koja se je po volji mogla podići ili spustiti prema dužini korjenčića klice. Kad bih spustio korjenčić u hranjivu otopinu, u dozu sam ubacio 4—5 žlica bukove pilovine. Ovo je imalo svrhu da se korjenčić namjesti po volji, i da nema opasnosti da se pomiče.

U 1966. god. nisam omotavao bočice crnim papirom pa su se jako razvile gljivice na svjetlu u hranjivoj otopini. U 1957. god. sam bočice omotao od 4/5 visine, a pri vrhu bočice sam stavio manšetu koja se je lagano pokretala gore, dolje, po potrebi kad sam opažao vršak korjenčića. Nakon pregleda sam otopinu opet zatamnio.

Jednako tako sam crnim papirom omotao i dozu spojnicama, pričvrstio i privezao je tankom špagom, malo opterećenom na koncu, koji je bio prebačen preko prečkice na prozoru tako, da sam kartonsku pločicu s biljkom mogao po volji podići ili spustiti.

Da olakšam opažanja vrška korijena, izrezao sam trokut na pločicama azbesta, što se lijepo vidi na slici na objektu br: 2 i 5.

Pokusi su provedeni na prozoru orijentiranom prema sjeveru, radi toga da biljke ne budu izložene direktnom sunčanom svjetlu.

A) Rezultati pokusa u 1966. godini

U početku su pokusi provadani u drvenim sanducima, a kasnije u li-
menim kanticama veličine 25 × 15 cm.

Sorte: A — Osmak; B — Hrvatica

Red. broj:	Pokus: počeo:	Pokus: svršio:	Podloga:	Broj biljki:	U hranjivoj otopini od do	Vršci Korijene korijena dlačice A) B)
			pijesak:			
1.	7. IV	6. V	riječni	8 + 8	— — —	— — nema
2.	16. V	15. VI	kremeni	7 + 8	— — —	— — nema
3.	10. VIII	25. VIII	„	8 + 9	25. VIII 2. IX	5 + 3 nema
4.	10. IX	20. IX	„	7 + 7	20. IX 29. IX	4 + 4 nema
	88 dana		sorte	30+32	18 dana	9 + 7 ne ma

Prvi pokus — kako je vidljivo iz gornje tabele nakon bubrenja od 20^h sjeme je posađeno u riječni pijesak u drvenu kutiju. Nakon 30 dana je 16 biljaka binokularom pregledano, ali je sve korijenje bilo bez korijenovih dlačica.

Drugi pokus — nakon bubrenja sjeme je posađeno u dobro oprani kremeni pijesak u dvije drvene kutije. Nakon 31 dan je korijenje od 15 biljaka pregledano binokularom, ali niti jedna biljka nije imala korijenovih dlačica.

Treći pokus — nakon bubrenja sjeme je posađeno u dobro isprani kremeni pijesak, u dvije kante 17 biljaka od kojih je A—5 i B—3 postavljeno na napravu za podsticanje korjenčića klice da istjera korijenove dlačice. Biljke su tu rasle 9 dana. Iako je poneki korijen počeo tjerati postrano korjenčice u hranjivoj otopini, niti korijen klice, a niti postrani korijenčići nisu formirali korijenove dlačice.

Četvrti pokus — nakon bubrenja sjeme je opet posađeno u isprani kremeni pijesak u dvije kante. Od 14 biljaka uzete su A—4, i B—4 biljke i nakon što su rasle 11 dana su postavljene u napravu s hranjivom otopinom. Tu su rasle 10 dana. Iako su neke istjerale postrano korijenje, opet ni korijen klice, a niti kratka zagranjenja nisu formirala korijenove dlačice.

Slijedi da su sorte: Osmak i Hrvatica bile u pokusima 88 dana. Najgrublje izmjereno primarno i adventivno korijenje je imalo dužinu od cca 69 metara, s hiljadama kraćih i dužih korjenčića, koji se jasno nisu mogli izmjeriti. Stoga se može uzeti da sam pregledao barem 3 puta toliku dužinu, odnosno oko 200 metara kukuruznog korijenja na kojemu nisam našao ni jednu korijenovu dlačicu.

Treba istaknuti da korijenak klice za ljetnih toplih dana narasta dnevno 2—3 cm. Endoderma na vršku korijena koji se nalazi u hranjivoj otopini je napadno nježna. Naprotiv ostali dio endoderme, koji se nalazi u suhoj pilovini i u uzduhu, napadno odeblja, dok se korijenova kora smežura i uginje.

B) Rezultat pokusa u 1967. godini

U 1967. godini sam provodio pokuse isključivo u limenim kanticama 25 × 15 cm veličine. Svaki je pokus proveden paralelno u dvije kantice, tako, da je korijenje uvijek kontrolirano paralelno u istom pokusu.

Sorte: A — Osmak; B — Hrvatica; C — Hibrid Bc 540							
Red. broj:	Pokus: počeo:	svršio:	Podloga:	Broj biljaka: A) B) C)	U hranjivoj otopini od - do	Vršci korijena A) B) C)	Korijena dlačice
1.	15. IV	4. V	pijesak: kremen	7 + 7 + 5	Zalijevan	— — —	nema
2.	15. IV	6. V	"	6 + 8 + 4	6. V 15.	V 3 + 3 + 2	nema
3.	5. V	21. V	"	6 + 5 + 5	21. V 30.	V 2 + 4 + 2	nema
4.	20. V	7. VI	riječni	5 + 6 + 5	sa muhama	— — —	nema
5.	24. V	4. VI	"	6 + 4 + 6	4. VI 13.	VI 3 + 2 + 3	nema
6.	jedna biljka		"	— 1 —	13. VI 31.	VII — 1 —	nema
7.	12. VI	6. VII	"	5 + 7 + 6	sa gljistama	— — —	nema
8.	12. VI	27. VI	vrtna zemlja	6 + 5 + 6	27. VI 1.	VII 3 + 2 + 3	nema
9.	2. IX	13. IX	kompost	3 + 4 + 4	—	—	nema
144 dana			sorte:	44+47+41	65 dana	11+11+11	nema
D) Double cross			zuban	br: 412			
E) " "			zuban	(282 x 295)	x (256 x 261)	raniji	
F) " "			zuban	(276 x 261)	x (237 x 284)		
			vrtna zemlja	D) E) F)			
10.	28. VII	6. VIII	zmlja	7 + 8 + 6	—	—	nema
11.	2. IX	11. IX	kompost	3 + 4 + 4	—	—	nema
20 dana			križanci	10+12+10	—	—	nema
G) Tvrđunac double cross (argentinske linije) (10US x A60—60) x (A60—58 x 31 US)							
H) Single cross			šećerac	(44 + 47)			
I) " "			šećerac	(11 + 46)			
			vrtna zemlja	G) H) I)			
12.	28. VII	8. VIII	zmlja	8 + 7 + 10	—	—	nema
13.	2. IX	11. IX	kompost	3 + 3 + 4	—	—	nema
22 dana			križanci	11+10+11	—	—	nema
Iskopana 3 korijena u završnoj vegetaciji na pokusnom polju Fakulteta							
14.	25. IX	G) — Tvrđunac double cross (argentinske linije)				nema	
		J) — Zuban S. C. (1 DL x 5 DL)				nema	

Sve su biljke iz kantica ispirane vodom tako da su korjenčići bili neoštećeni. Sjeme je prije sadnje bubrilo 20^h u običnoj vodi ili u hranjivoj otopini.

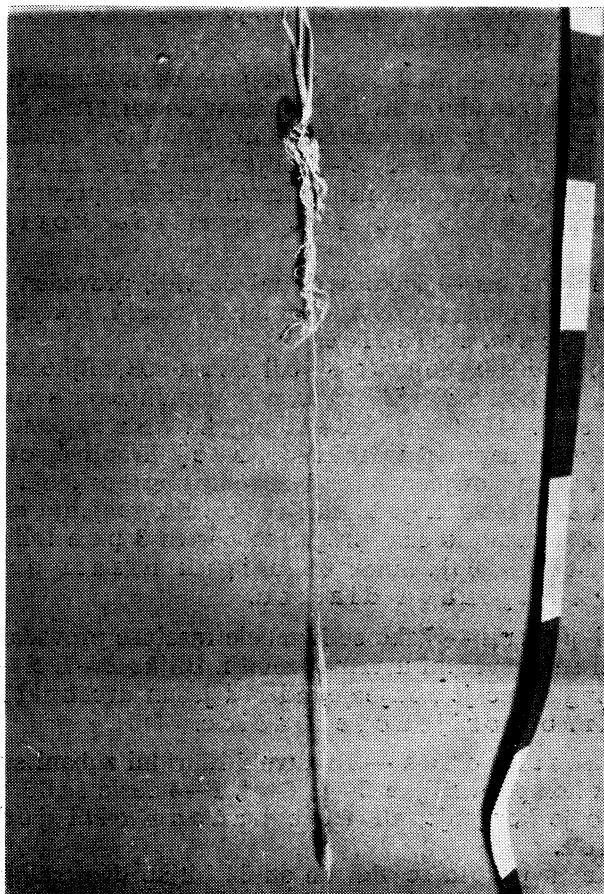
Prvi pokus — Sjeme je bubrilo u hranjivoj Hiltnerovoj otopini, a biljke su istom otopinom zalijewane za sve vrijeme trajanja pokusa. Zalijeva sam zato, jer u hranjivoj otopini ima netopivih spojeva, pa sam vjerovao, da bi kukuruz mogao istjerati korijenove dlačice, ali toga nije bilo.

Drugi pokus — Sjeme je bubrilo u običnoj vodi, i radi hladnog proljeća raslo je 22 dana u kremenom pijesku, ali nisu biljke imale predugačko korijenje. Izabrane su A—3, B—3, C—2 biljke i stavljene u napravu. Nakon 10 dana neke su počele tjerati postrano korijenje, ali niti korijen klice ni postrani korjenčići nisu istjerali korijenovih dlačica.

Treći pokus — nakon bubrenja je sjeme posađeno u već upotrebljeni kreneni pijesak iz prvog pokusa. Nakon 17 dana su A—2, B—4, C—2 biljke stavljene u napravu. Nakon 10 dana, iako su neke biljke istjerale postrane korjenčiče, niti korijen klice, ni postrani korjenčiči, nisu formirali korijenovih dlačica.

Četvrti pokus — U riječni pijesak su uoči sadnje dodane 24 muhe, na dubinu od 5—6 cm, a čim je sjeme isključalo, dodano je daljnjih 18 muha na dubinu od 4 cm. Biljke su u tom pijesku s mnogo organske tvari rasle 19 dana, ali niti jedna biljka nije istjerala korijenovih dlačica.

Peti pokus — U riječnom pijesku su biljke rasle 12 dana. U napravu su postavljene A—3, B—2, C—3 bilje 10 dana.



Slika 7 — Korijen kukuruza nakon mjesec dana u hranjivoj-otopini (Orig.)

Nakon toga je ostala samo B—1 biljka, čiji je korijen klice istjerao 4 korjenčića. Ta biljka rasla je 30 dana sa korijenovim vrhom u naravi. Svaka 2—3 dana sam izvlačio korijen cca 1/2 cm iz hranjive otopine. Korijen klice i 4 razgranjenja sukcesivno su se produživali, kako sam korijen izvlačio napolje. Hranjivu otopinu sam mijenjao svakih 10 dana. Do 4. VII biljka je istjerala svega 8 listova i jer je počela slabiti, prekinuo sam pokus.

Na koncu pokusa je korijen klice bio 54 cm dugačak, a razgranjenje je započelo na 37 cm i u hranjivoj otopini doseglo dužinu od 17 cm.

Iako je korijenov vrh bio obilato razgranjen i rastao u hranjivoj otopini mjesec dana, ni korijen klice, a niti postrano korijenje nisu formirali korijenovih dlačica.

Šesti pokus — je samo produženje petoga tj. jedne biljke tokom 30 dana u hranjivoj otopini već je opisano.

Sedmi pokus — Nakon bubrenja je sjeme posađeno u riječni pijesak. Uoči sadnje, raskomadane su 4 glistice na dubinu 5—6 cm, a čim su biljke proklijale, dodane su još 2 raskomadane glistice na dubinu od 4 cm. Biljke su rasle 25 dana, međutim korijenje nije formiralo ni jednu korijenovu dlačicu.

Osmi pokus — Kad sam se uvjerio da kukuruz uopće ne stvara korijenove dlačice, posadio sam 17 biljaka u dobru vrtanu zemlju. Kukuruz je tu rastao 16 dana. Iz vrtne zemlje sam pokušao postaviti u napravu s hranjivom otopinom A—3, B—2, C—3 biljke, ali su sve za 3—4 dana izginule jer su bile u dobroj zemlji, pa nisu izdržale jaki šok promjene. Ali niti u vrtanoj zemlji kukuruz nije formirao korijenove dlačice.

Deveti pokus — kako se iz tabele vidi, proveden je u kompostu s 11 biljaka kroz 13 dana, ali usprkos odličnoj zemlji, korijenje nije formiralo korijenove dlačice.

Iz gore navedenih činjenica slijedi da su 132 biljke sorte: Osmak, Hrvatica i Hibrid Bc 540 rasle u 9 kombinacija s različitim podlogom, a od tih su A—11, B—11, i C—11 biljaka rasle zajedno 65 dana s korijenovim vrškom u napravi u Hiltnerovoj hranjivoj otopini. Najgrublje izmjerena dužina korijena klice i adventivnog korijenja dosegla je 154 metra. Uzme li se u obzir hiljade korjenčića, razgranjenje koje je samo po sebi razumljivo, a detaljno sam pregledao barem 3 puta toliku dužinu, znači oko 400 metara korijenja kukuruza, a ipak nisam našao ni jednu jedinu korijenovu dlačicu.

Deseti pokus — kako se iz tabele razabire provedan je sa zubanima. Pokusi su provedeni u vrtanoj zemlji. Biljke D—7, E—8, F—6, su rasle 10 dana. Pregledano je korijenje, ali niti jedan dvostruki hibridni zuban nije formirao korijenove dlačice.

Jedanaesti pokus — Dvostruki hibridni zubani su nakon bubrenja posađeni u kompost. Biljke D—3, E—4, F—4 rasle su 13 dana u kompostu. Pregledano je korijenje, ali nije nađena niti jedna korijenova dlačica.

Iz navedenih pokusa se vidi da su 32 biljke dvostrukih hibridnih zuba rasle 23 dana u najboljim uvjetima ali niti jedna nije istjerala korijenove dlačice.

Činjenica je da domaći linijski hibridi (jednostruki i dvostruki) potiču djelomično od američkih linija križanih sa domaćim linijama slijedi, da niti američki kukuruz ne formira korijenove dlačice.

Dvanaesti pokus — iz tabele se vidi da je tvrdunac križan s argentinskim linijama rastao G—8 u vrtnoj zemlji 12 dana, a u kompostu G—3 10 dana, odnosno zajedno 22 dana u odličnim uvjetima. Korijenje je pregledano, ali nije formiralo korijenovih dlačica.

Jednako tako provedeni su pokusi sa šećercima i to H—7, I—10 biljaka u vrtnoj zemlji, te H—3, I—4 biljke u kompostu zajedno 22 dana, ali nisu formirali korijenovih dlačica.

Četrnaesti pokus — I konačno da bih se uvjerio kako se i stare biljke kukuruza ponašaju u prirodi, analogno kako je gore opisano, iskopao sam 25. IX 1967. god. na pokusnom polju Poljoprivrednog fakulteta u Zagrebu jedan korijen G—Tvrđunac double cross (argentinske linije) i još 2 korijena A—Zubana S.C. (1 DL × 5 DL) kojega nisam imao u pokusu. Ovaj zuban je pokrivaio znatnije površine pokusnog polja.

Iako sam pri pregledu našao dosta i mladih korjenčića s korijenovim kapama (Kalyptra), opet niti jedan jedini nije formirao korijenovih dlačica.

Podvlačim da je u pokusu br: 6, jedna biljka rasla mjesec dana na napravi. Endoderma na vrhu korijena, koji se je nalazio u hranjivoj otolini bila napadno nježna. Naprotiv ostali dio endoderme, koji se je nalazio u suhoj pilovini i uzduhu, napadno je odebljao, a korijena nova kora se smežurila i uginula.

C) Neki drugi autori o apsorpcijskoj zoni kod kukuruza

Podvlačim da na problemima kukuruza radi u svijetu velik broj instituta sa stotinama stručnjaka selekcionera, fiziologa i biologa. Zato ću se osvrnuti samo na neka najnovija djela o kukuruzu, u kojima se citira velik broj naučnih radova iz čitavoga svijeta.

Prof. Gotlin i suradnici govore opširno o zoni usisavanja (apsorpcije), gdje navodno na 1 mm² ima 400—700 korijenovih dlačica, tako da površina usisavajuće zone čini 15—45% od ukupne površine korijenovog sistema.

Dr Piper i suradnici o toj zoni ne spominju ništa.

Sprague G. F. navodi da iz površinskoga sloja epiderme kukuruza izrastaju korijenove dlačice.

Kising W. navodi također da voda i u njoj otopljene mineralne soli prodiru kroz korijenove dlačice nesmetano i kreću se dalje vodenom strujom.

Sussman M. je kultivirao korijen kukuruza tako, da je mogao vršiti po potrebi direktna opažanja rasta u duljinu kukuruznog korijena.

Markirao je tačno crnim tušem rastojanja od vrška korijena od 1 do 9 milimetara. Utvrdio je (3) tri zone u kojima stanice djeluju na različit način:

- Zona I (0,5—25,5 mm od vrha) u kojoj se stanice vrlo živo dijele (meristemsko staničje) u rastu.
- Zona II (4—5 mm od vrha) u kojoj se stanice ne dijele ali znatno rastu (bivaju veće).
- Zona III (9 mm od vrha) u kojoj se stanice ne dijele niti rastu.

Spominjem ovo naročito zato, jer se radi o nekom američkom kukuruзу. Autor ne navodi ni sortu ni križanca, ali niti spominje, niti je narisao korijenove dlačice iako se bavi najpreciznijim problemima korijenovog vrha kod kukuruза. Ovo je opet jedan jaki dokaz za moju tvrdnju da američki kukuruзи uopće nemaju korijenovih dlačica.

ZAKLJUČAK

Na temelju iznesenih činjenica slijedi da se kationi K, Mg(II), Fe(III), Ni(II), Cr(III), Se(IV), S(II), Te(IV), koji predstavljaju četiri grupe Perrodnoga sistema ponašaju jednako, kod apsorpcije korijenjem biljaka.

Cjelokupna botanička literatura, tvrdi za korijenovu kapu (Kalyptru) da ima zadaću zaštititi korijenov vrh pri prodiranju u dublje slojeve tla, i da navodno jest organ, u kome se nalazi sjedište za različite podražaje i to silu težu, osjetljivost na vlagu i dr.

Još 1922. god. sam iznio u »Biochemische Zeitschrift« u Berlinu na osnovu svojih pokusa mišljenje o funkciji korijenove kape (Kalyptre), a danas nakon 45 godina potkrepljujem ga ovim činjenicama:

1) Pokusima s natrijskim selenitom reproducirana je fenomenalna činjenica na slici 1. Prema današnjim elektromikroskopskim istraživanjima je poznato da se u celuloznim staničnim stijenama nalaze submikroskopski intermicelarni i znatno veći interbrilarni kapilarni prostori, kroz koje korijenova kapa (Kalyptra) prima vodu, i u njoj rastvorene minerale soli od najprvih sati izmijene tvari u embriju.

Koji botaničar na svijetu može embriju starom 48^h do 72^h osporiti da stanične stijene nisu izgrađene iz osnovne mase koja sadrži vodu, pektine i hemicelulozu u kojoj se nalazi celuloza u obliku niti mikrofibriila. To su stanične stijene koje se tek počinju razvijati i rasti.

2) Slika 2 demonstrira jasno da je selen taložen na površini epiderme u zrakopraznom prostoru između korijenove kape (Kalyptre) i vrha korijena.

Fenomenalnu činjenicu dokazuju zrnca selena — prvi puta vidljiva u botaničkoj literaturi — taložena u interfibrilarnim kapilarnim prostorima celuloznih staničnih stijena korijenovog vrha u unutrašnjim stijenama stanica epiderme.

3) Slika 1 i 2 demonstriraju nedvosmisleno jasno procese metabolizma u embriju već u zrnu, dok još nema ni traga korijenovim

dlačicama. Pitam: Kako onda može botanička literatura osporiti korijenovoj kapi (Kalyptri) tu njezinu funkciju prvog i najvažnijeg apsorptivnog staničja u embrionalnom razvitku svega bilja?

4) Pokuse sam provodio na jednosupnicama, a samo djelomično i na dvostupnicama. Međutim Eidmann, Kin-Shen Hao i drugi su u različitim institutima Evrope i Azije, godinama provodili istraživanja solima selen i telura, sjemenjem bjelogorica i crnogorica, dakle dvosupnica. I ti su embrioni taložili selen i telur u prvim satima metabolizma u korijenovoj kapi, a preko nje u hipokotilu. Na bazi intenziteta taloga određivali su potencu klijavosti sjemena i potencu proizvodnje biljke. Treba istaći da oni nisu ispitivali na kom mjestu embrijo apsorbira te soli.

5) Ne može se pretpostaviti da za klijanje potrebna voda kod jednosupnica može u većoj mjeri inhibirati kroz plodnu i sjemenu kožu (Perikarp), a niti kod dvosupnica kroz supke (Kotiledone).

Upravo zato kod embrija korijenova kapa (Kalyptra) igra najvažniju ulogu, jer ona predstavlja prvo i najintenzivnije apsorpciono staničje, jer kroz Coleorhizu i korijenovu kapu ulazi 2—3 puta više vode u embrijo nego li ma kojim drugim putem.

6) Frapirajuća je također činjenica da su selen i navedeni drugi elementi, i kod razvijenih biljaka apsorbirani kroz korijenovu kapu (Kalyptru). Jer, i kad su korijenove dlačice bile razvijene, rezultati mojih pokusa sa solima 5 elemenata u Križevcima dokazuju da reakcije na te soli nisu bile nikada vidljive u zoni korijenovih dlačica, već odmah iza korijenovog vrha. Da su pomenute soli apsorbirale korijenove dlačice, onda bi sigurno u toj zoni bila vidljiva i reakcija na te soli.

7) Gledišta svih istraživača, a naročito ona Overton-a, o permeabilnosti biljne stanice za anorganske soli, suglasne su s mojim opažanjima. Naime ja sam utvrdio da soli selen i telura ne prodiru u nekim značajnijim količinama u korijenove dlačice, a analogno su se ponašale alge Cladophora i Spirogira, jer niti one dok su bile žive, nisu propuštale selen i telur. Zato je značajno primijetiti da u isto vrijeme, dok se epiderma u zoni pokrivenoj dlačicama samo neznatno obojadiše u mladim dijelovima korijena odmah iza korijenovog vrha, ta se zona bojadiše intenzivno i unutar na počecima provodne žile.

8) Nakon što je moja radnja objavljena u »Biochemische Zeitschrift« zamolio me 1922. god. jednom prilikom pok. prof. V. Vouk da održim seminar o toj radnji. Donio sam sve preparate koje sam napravio u Pragu i održao seminar. Bili su prisutni tadanji asistenti dr Horvat, dr Horvatić, i nekoliko studenata. Preparati su prikazivali jedinstvene oksidoredukcijske procjene u embrionima još zrnu starim 48^h do 72^h. Prelistao sam niz botaničkih djela i časopisa na stranim jezicima, ali još uvijek nalazim tvrdnje isto onakve o korijenovoj kapi (Kalyptri), kako su pisali i tvrdili Strasburger, Haberlandt, Nemeč, Kavina i dr. a te tvrdnje ne odgovaraju činjenicama.

9) Intenzivna reakcija staničnih jezgri korijene kape i korijenovog vrha na soli selena, telura i naročito na sulfite, govori za činjenicu, da ona prva reagira na promjene u vanjskoj sredini. Ovom pojavom bi se eventualno moglo protumačiti činjenicu da se stanične jezgre nalaze uvijek u vršcima korijenovih dlačica zbog intervencije oksido-redukcijskih i dr. kemijskih procesa među milijunima atoma i iona koji se nalaze u vanjskoj sredini korijena.

10) Fenomenalna je činjenica da kukuruz ne stvara uopće korijenovih dlačica. Poznato je da morfologija bilja čak i za vođeno i močvarno bilje koje nema korijenove dlačice tvrdi, da se dlačice odmah pojave, kada to bilje raste u normalnim uvjetima. Jednako tako kad biljna fiziologija govori o apsorpciji vode i mineralnih soli, uvijek je to zona korijenovih dlačica.

Zbog činjenice da kukcožderne biljke nemaju korijenove dlačice, morfologija tvrdi da je to zato, jer to bilje raste u čretovima koji su siromašni na N—spojevima, pa da metabolizmom insekata dolaze do potrebnih organskih spojeva koji su bogati na dušiku i fosforu.

Iako je Hansteen tvrdio da se korijenove dlačice mogu po potrebi formirati i spriječiti, nastojao sam svim sredstvima da kukuruz prisilim na tvorbu korijenovih dlačica, upotrijebio sam i posebnu napravu, ali nisam uspio. Moram spomenuti da je u napravi korijeni vrh imao napadno nježne sve stanične stijene, a napose i one endoderme u dijelu korijena, koji se je nalazio u otopini. Naprotiv je endoderma bila napadno odeblijala u dijelu koji se je nalazio u suhoj pilovini i uzduhu. Korijenova kora u tom dijelu korijena je bila smežurana i uginula. U napravi je kukuruz bio prisiljen da formira korijenove dlačice da bi tako znatno povećao apsorpcijsku površinu, ali, eto, nije uspio.

11) Konstatiram napose da sam pružio nepobitne dokaze činjenici da korijenova kapa (Kalyptra) igra fenomenalnu ulogu u ishrani embrija svega bilja u prvim satima razvitka i predstavlja najvažnije apsorpcijsko staničje, dok još korijenovim dlačicama nema ni traga. A tu funkciju obavlja ona i kasnije kod razvijenih biljaka prema mojim pokusima. Radi toga tvrdnje u botaničkoj literaturi o ulozi korijenove kape (Kalyptre) ne odgovaraju činjenicama i moraju se revidirati.

Fenomen da kukuruz koji pokriva oko 105 milijuna ha oraničnih površina i da je treća biljka po veličini oraničnih površina u svijetu ne stvara uopće korijenove dlačice, govori za činjenicu da korijenove dlačice ne predstavljaju uopće neophodno potrebno apsorpcijsko staničje. Kukuruz sigurno nije i jedina biljka koja ne stvara korijenove dlačice pa njihovu funkciju moraju preuzeti ostale stanične na korijenovom vrhu, pa i one korijenove kape (Kalyptre). Radi toga treba i te tvrdnje u botaničkoj literaturi o ulozi korijenovih dlačica — revidirati.

ÜBER DIE ABSORPTION DER IONEN VON SELEN, SCHWEFEL, TELLUR, KALIUM, MAGNESIUM, EISEN, NICKEL UND CHROM DURCH WURZELN VON PFLANZEN

Zusammenfassung

In meiner Abhandlung, die in der »Biochemischen Zeitschrift« vor 45 Jahre veröffentlicht ist, schrieb ich wortwörtlich im Titel in Klammern: »Nebst Bemerkungen zu der Frage, ob die allgemeine Ansicht von der Absorption der anorganischen Stoffe durch das Wurzelsystem zu ändern ist«.

Heute nach 45 Jahren antworte ich darauf: daß man die allgemeine Ansicht von der Absorption der anorganische Stoffe durch das Wurzelsystem — ändern muß.

Schon damals stellte ich fest, daß die ganze wissenschaftliche pflanzenphysiologische Literatur in der Annahme einig ist, daß Absorptionsgewebe ausschließlich Wurzelhaare und die jungen Epidermiszellen zwischen den jüngsten Wurzelhaaren und der Wurzelhaube an den Wurzelspitzen vorstellen. Der Wurzelhaube kommt nach allgemeiner Ansicht sodann die Aufgabe zu, als Schutz und Bohrorgan, auch Sitz für verschiedene Riehtungsreise, wie Schwerkraft, Feuchtigkeit usw. zu dienen.

Damals schon schrieb ich wortgetreu: »Inwieweit alle diese Anschauungen der wirklichkeit entsprechen, mag dahingestellt bleiben, die vorliegende Arbeit wird genug Tatsachen bringen, welche die Aufnahme der Nährsalze durch die Wurzeln, so auch die Aufgabe der Wurzelhaube besonders beleuchten und zu einer Meinungsänderung in der Auffassung genannter Vorgänge führen dürften.«

Heutige elektronmikropische Untersuchungen ergaben nämlich, daß die pflanzlichen Zellwände aus einer Wasserhaltigen Grundmasse bestehen, in die die Zellulose in Form eines Fadenwerks — die Mikrofibrillen — eingelagert ist. Die Grundmasse besteht aus Pektinen und Hemizellulosen, deren chemische Zusammensetzung, mit derjenigen der Primordialwände weitgehend übereinstimmen dürfte. Während die Fibrillen in den noch wachstumfähigen Primärwänden in allen Richtungen regellos durcheinander geschlungen sind, erscheinen die in der Sekundären, in der Regel sehr viel dichter gelagert, und häufig parallel ausgerichtet.

In einer Zellulosenwand bestehen enge Intermizellarspalten für Aufnahme sehr kleiner Moleküle (Jod, Wasser, Alkalien) und interfibrilläre Kapillarräume für größere Moleküle (sog. Inkrusten: Lignin, Kutin, Farbstoffe).

Die lehrreichen hier erscheinenden Bilder 1 und 2 sind aus der schon erwähnten Arbeit reproduziert.

Daraus kann man entnehmen, daß ich schon damals gefälltes Selen zum größten Teil in den Zellmembranen der Wurzelhaube sah.

Nun welcher Botaniker kann heute dem Embryo, der in der Abb. 1 dargestellt und 48—72 Stunden alt ist, und sich noch im Samenkorn befindet, die Zellulosenwände mit gefälltem Selen in der Wurzelhaube (Kalyptra) abstreiten?

Noch viel lehrreicher ist die Abb. 2 die einen Querschnitt desselben Embryo an der Wurzelspitze darstellt. Auf diesem Bild sieht man genau

gefälltes Selen in kleinen Körnchen der Wurzelspitze entlang im luftleeren Raum zwischen Wurzelspitze und Wurzelhaube. Knapp oberhalb der Wurzelspitze sieht man sehr gut in der interfibrillären Kapillarräumen an den Innenseiten der Zellulosemembranen Selenkörnchen in den Epidermiszellen. Diese sind ganz junge Zellen noch im Wachstum begriffen knapp hinter dem Wurzelmeristem. In dieser Zone befinden sich noch Zellulosemembranen.

Die Abb. 1 und 2 demonstrieren metabolische Prozesse im Samenkorn in der Zeit, wo noch keine Wurzelhaare vorhanden sind. So hat gerade die Wurzelhaube (Kalyptra) als Absorptionsgewebe die wichtige Aufgabe, den Keimling mit Wasser und mit darin gelösten Salzen zu versorgen.

Ich führte viele Versuche vorwiegend mit Monocotyledonen durch, während Eidmann, Kin-Schen Hao u. a. jahrelang in Instituten Europas und Asiens die Salze von Selen und Tellur in der Samenkontrolle der Dycotyledonen und Gymnospermen anwandten. Das wird deshalb betont, weil die Wurzelhaube (Kalyptra) bei allen Pflanzen dieselbe Funktion in der embryonalen Entwicklung ausübt, da Wasser mit darin gelösten Salzen nur durch Coleorhyza und Kalyptra in nennenswerten Mengen aufgenommen wird. Mann kann doch nicht annehmen, daß Wasser durch Pericarp bei Monocotyledonen, oder durch Cotyledonen bei Dycotyledonen in nennenswerten Mengen zum Embryo durchdringen kann.

Frappierende Tatsache ist es, daß ich nicht nur Selen, sondern alle in Versuchen angewendete Kationen wie auch die Redox-Prozesse bei entwickelten Pflanzen nie in der Zone von Wurzelhaaren sondern immer sofort hinter der Wurzelspitze beobachtete.

Auch Overton vertritt diesen Standpunkt über Permeabilität von Pflanzenzellen für anorganische Salze.

Es ist auch festgestellt, daß die Salze von Selen und Tellur nicht in die Algen Cladophora und Spirogira, solange sie am Leben sind, eindringen können.

Ein Phänomen stellen die Maispflanzen dar, deren Wurzeln überhaupt keine Wurzelhaare bilden.

Es ist in der Morphologie bekannt, dass Wasser- und Sumpfpflanzen, die keine Wurzelhaare haben, angeblich diese gleich bekommen, wenn sie in normalen Verhältnissen wachsen. Für Insektenfressende Pflanzen behauptet man, daß sie keine Wurzelhaare haben, weil sie in Sümpfen wachsen, die an N-haltigen Verbindungen arm sind, und durch Metabolismus von Insekten zu Verbindungen kommen, die an Phosphor und Stickstoff reich sind.

Obwohl Overton behauptet, daß Wurzelhaare nach belieben unterdrückt oder hervorgerufen werden können, so muß ich doch bemerken, daß ich nicht damit einverstanden bin. In meinen Versuchen pflanzte ich im Jahre 1966. und 1967. Mais zuerst in hölzernen Kisten und dann in Büchsen Größe 25×15 cm. Die Maispflanzen wuchsen von 10 — 20 — 30 Tagen in Fluß-, Quarzsand, in Garten- und in Komposterde. Nach 10 bis 14 Tagen erreichten die primären Wurzeln eine Länge von 30—40 cm.

Abgespülte Pflanzen mit ihren intakten Wurzeln brachte ich in eine Errichtung s. Abb. 6 zu weiteren Versuchen. Nur tauchte ich die Wurzel-

spitzen dieser primären Wurzeln 4—6 cm in eine Nährlösung von Hiltner oder Hoagland während der ganze übrige Teil der Wurzel und die Adventivwurzeln in trockener Sägespäne und in der Luft blieben. Die Pflanzen wuchsen tagelang in Gruppen je acht in der schon erwähnten Errichtung, und trieben Verzweigungen aus. Aber weder die primären Wurzeln noch die Verzweigungen brachten kein Wurzelhaar hervor. Ein Exemplar wuchs einen Monat lang in der Nährlösung, und trieb 4 Verzweigungen in der Länge von 17 cm aus, ohne ein einziges Wurzelhaar zu bilden, (s. Abb. 7). Alle Zellwände der Wurzelspitzen, die in der Lösung wuchsen, wie auch die Endodermis, waren äußerst dünn, während bei der übrigen Wurzelpartie, die sich in trockener Sägespäne und in der Luft befand, die Endodermis sehr dick und die Wurzelrinde zusammengeschrumpft und tot war.

In Anbetracht dieser geschilderten Versuchsergebnissen müßte man wohl eine tiefgreifende Änderung der bis jetzt über das Absorptionsgewebe des Wurzelsystems herrschenden Ansicht erwarten, weil ich bewiesen habe, daß die Wurzelhaube (kalyptra) in der embryonalen Entwicklung bei allen Pflanzen eine phänomale Funktion ausübt.

Es ist ein Phänomen, daß die Maispflanze, die etwa 105 Millionen ha Ackerland der Welt deckt, und die dritte Pflanze nach der Oberflächebedeckung ist, überhaupt keine Wurzelhaare bildet. Das spricht für die Tatsache, daß die Wurzelhaare nicht unbedingt ein notwendiges Absorptionsgewebe sind, da die Maispflanze sicher nicht die einzige Pflanze ohne Wurzelhaare ist. Deshalb müssen deren Funktion die anderen Gewebe an der Wurzelspitze übernehmen, und das heißt nach meinen Versuchen auch die der Wurzelhaube (Kalyptra).

Deshalb wird es notwendig, auch die bisherigen Behauptungen über das Absorptionsgewebe in der botanischen Literatur zu revidieren.

LITERATURA

- Bünning, Gaumann: Fortschritte der Botanik, Berlin-Göttingen 1961.
 Czapek: Biochemie der Pflanzen I, II, III, Bd. 1920.
 Czapek: Biochemie der Pflanze 2. Aufl. 1 Bd. 1953.
 Dietrich, Schumacher, Mägdefrau, Firbas: Lehrbuch der Botanik für Hochschule, Jena 1967.
 Eidmann: Saatgutprüfung auf Biochemischen Wege, Zeitschr. f. Forst und Jagdwesen, Berlin 1936. S. 422
 Eidmann: Die praktische Brauchbarkeit der selenmethode bei der Saatgutprüfung, Deutsche Forstwirt No 34 u 35
 Esau: Plant Anatomy, New York — London 1953.
 Fitting, Jost, Schenk, Karsten: Lehrbuch der Botanik für Hochschule, Jena 1919.
 Fitting, Schumacher, Harder, Firbas: Lehrbuch der Botanik für Hochschule Stuttgart 1954.
 Foth: Root and Top Growth of Corn, Agronomy Journal, janua.-febr. 1962.
 Gotlini suradnici: Suvremena proizvodnja kukuruza, Zagreb 1967.
 Galston: The Life of the Green Plant, 1961-1964. by Prentice-Hall Inc.

- Haberlandt: Die physiologische Pflanzenanatomie, Leipzig 1909
- Hansteen: Über das Verhalten der Kulturpflanzen zu den Bodensalze, I u. II. Jahr. f. wiss. Botanik, Leipzig 1910.
- Harden, Firbas, Schumacher, Denffer: Lehrbuch der Botanik für Hochschule Stuttgart 1958.
- Jost: Pflanzenphysiologie, Jena 1913.
- Kavina: Botanika zemědělska, Praha 1921 — 1926.
- Kerner v. Marilaun: Pflanzenleben Wien 1913. III Auflage
- Kin-Schen Hao: Über Saatgutprüfung auf biochemischem Wege, Zeitsch f. Forst u. Jagdwesen, Berlin 1939.
- Kin-Schen Hao: Über Saatgutprüfung auf biochemischem Wege, Natrium-Selenit färbung, Heft 4 1939.
- Kin-Schen Hao: Warum färben sich der Embryo und das Endosperm mit Natriumselenit Heft 5 1939.
- Kising: Mais Anbau auf neuen Wegen: Endingen a. K. (Baden)
- Kny: Ber. der botan. Gesell. 18. 1898.
- Kursanov, Krinkova, Vartapetjan.: Dokladi Akad. Nauk URRS 55, 913, 1952.
- Kursanov.: Voprosi botaniky 1954. No 1 Akad. Nauk USSR Moskva — Leningrad str. 131—156 1954.
- Kursanov, Krašenikov, Komarnicki, Kursanov: I dio Botanika Moskva 1940, Beograd 1958.
- Kursanov: Izv. Akad. Nauk SSSR ser. biol. 1957 No 6
- Lundegardh: Pflanzenphysiologie, Jena 1960.
- Miličić: Fiziologija bilja, Skripta, Zagreb 1962.
- Miličić: Anatomija bilja, Skripta, Zagreb 1966.
- Mothes: Abhandl. Deutsch. Akad. Wiss. Berlin, Kl. Chem. Geol. u. Biol. 1955. No 5
- Némeč: Fiziologije rostlin, Praha 1921.
- Nultsch: Allgemeine Botanik, Stuttgart 1964.
- Overton: Pflügeres Arch. f. d. ges. Physiologie 92, 115. 1902
- Piper i suradnici: Kukuruz, Beograd, 1965.
- Plant Physiology: Amer. Soc. of plan. physiol. Kutztown Pa. 1960. — 1966.
- Rabinowitch: Photosynthesis and Related Processes, Volume I New York 1945.
- Rabinowitch: Photosynthesis and Related Processes II Volume, New York, London 1951. part 2 1956.
- Rogina: Anorganska kemija, Skripta, Zagreb, 1960.
- Rüdorff: Anorganische Chemie, Braunschweig 1963.
- Sarić: Fiziologija biljaka, Beograd, 1967.
- Sisakjan: Himičeskie svoistva i biohimičeskie osobenosti hloroplastov Problemi Fotosinteza Akad. Nauk SSSR, Moskva 1959.
- Stoklasa: Über die Einwirkung des Selen auf den Bau und Betriebsstoffwechsel der Pflanze bei Anwesenheit der Radio aktivität der Luft und des Bodens. Bioch. Zeit. B. 130, 1923.
- Strasburger — Koerniche: Das Botanische Praktikum Jena 1913.
- Strasburger: Lehrbuch der Botanik 1909., 1913., 1919.
- Sprague: Corn and Corn Improvement, New York, Beograd 1962.
- Sussman: Growth and Development 1960-1964 by Prentice-Hall Ing.
- Swanson: The Cell 1960 — 1964 by Prentice — Hall Ing.
- Šain; Bogdanov, Kašmanov, Kosareva, Kosobokov, Kuznecova, Motova, Trusova, Tj amin.: Svet i razvitie rastenii Moskva 1963.
- Scharrer: Biochemie der Spurenelemente Berlin — Hamburg 1955.
- Schwendener: Vorlesungen über mechanische Probleme der Botanik, Leipzig 1909.
- Troll: Allgemeine Botanik, Stuttgart, 1948.
- Turina: Vergleichende Versuche über die Einwirkung der Selen, Schwefel — und Tellursalze auf die Pflanzen, Biochemische Zeitschrift, Berlin 1922. Heft 5/6
- Turina: O absorpci iontu: selnu, siry, telluru, drasliku, horčiku, željeza a chromu rostlinym organizmem, Disertacija, Praha 1924.
- Warming, Johansen: Lehrbuch der Allgemeinen Botanik Berlin 1909.
- Wyssling: Stoffwechsel der Pflanzen, Zürich 1949.