

ISTRAŽIVANJA OVISNOSTI STVARANJA ADVENTIVNOG KORIJENJA O TVARIMA RASTENJA I O ANATOMSKOJ GRAĐI U VRBE IVE (*SALIX CAPREA*) I JASIKE (*POPULUS TREMULA*)*

Sa 6 slika i 2 table

Mit deutscher Zusammenfassung

BRANKA KOLEVSKA-PLETIKAPIĆ

(Iz Instituta za botaniku Sveučilišta u Zagrebu)

Primljeno za štampu 6. 2. 1968.

I. UVOD

Mogućnost vegetativnog razmnožavanja zasniva se na regeneracijskim svojstvima koje posjeduju mnoge biljne vrste. Ta se svojstva očituju u tome da dio nadzemnog ili podzemnog izdanka može formirati adventivni korijen i time obnoviti čitavu biljku. Najpodesniji za vegetativno razmnožavanje su dijelovi stabljike ili, napose kod drveća, dijelovi izbojka, tzv. reznice. To je zbog toga što one posjeduju osim listova već formirane pupove, potrebne za razvoj nadzemnih dijelova biljke. Moguće je vegetativno razmnožavanje i listovima, ali samo manjeg broja biljnih vrsta, čiji listovi posjeduju sposobnost stvaranja pupa i adventivnog korijenja. Vegetativno razmnožavanje korijenskim reznicama se također široko primjenjuje u praksi.

Fiziološka baza sposobnosti formiranja adventivnog korijenja zasniva se na diferencijaciji meristema u primordijalni korijen. Ovi su procesi, međutim, ovisni o veoma složenim odnosima i ravnoteži između koncentracije auksina, ugljikohidrata i dušičnih spojeva (Leopold 1955). Iz toga proizlazi da uslijed nedostatka ove ravnoteže neke biljne vrste ne posjeduju sposobnost formiranja adventivnog korijenja. Ti se odnosi mogu popraviti dodavanjem tvari rastenja, odnosno povećanjem njihove kon-

* Izvadak iz magisterskog rada obranjenog na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu dne 28. I 1967. pod naslovom: »Istraživanja djelovanja tvari rastenja u vrbe ive (*Salix caprea*) i jasiike (*Populus tremula*)«.

centracije u biljci. Katkada se tim ne postižu željeni rezultati, što može biti uvjetovano mnogim činiocima koji se odnose na individualne karakteristike pojedinih biljnih vrsta.

Rod *Salix* kao i rod *Populus* su poznati po tome što se većina njihovih predstavnika odlikuje svojstvom da vrlo lako stvaraju adventivno korijenje te se zbog toga bez teškoća razmnožavaju reznicama iz nadzemnih izdanaka. Međutim, neke vrste ovih rodova imaju baš suprotna svojstva. To su *Salix caprea*, čije se reznice zakorjenjuju vrlo teško, dakle u malom postotku, i *Populus tremula*, koja se praktički uopće ne može zakorijeniti reznicama iz nadzemnih izdanaka. Ovim radom nastojalo se utvrditi da li je uzrok ovoj pojavi nedostatak tvari rastenja ili neki drugi faktor.

U tu svrhu istraživano je s jedne strane djelovanje sintetskih tvari rastenja na zakorjenjivanje reznica od nadzemnih izdanaka i listova vrsta *Salix caprea* i *Populus tremula* i poredbeno nekih drugih vrsta ovih rodova, koje se vrlo lako zakorjenjuju. S druge strane poredbeno su istraživane razlike u građi primarne kore s obzirom na količinu sklerenhima* u njima, i to u vrsta koje se vrlo teško ili se uopće ne zakorjenjuju (*Salix caprea* i *Populus tremula*) i koje se zakorjenjuju bez teškoća (*Salix rosmarinifolia* i *Populus nigra*).

II. MATERIJAL I METODE

A. MATERIJAL

Kao materijal upotrebljene su reznice od nadzemnih izdanaka kao i listovi ovih vrsta:

Salix caprea L.

Salix rosmarinifolia L.

Salix matsudana Koidz f. *tortuosa* Rehd.

Salix bockii Seemen

Populus tremula L.

Populus nigra L.

Za reznice od nadzemnih izdanaka upotrebljeni su uglavnom jednogodišnji izbojci, uzimani što je bilo više moguće iz vršnih dijelova krošnje. Izuzetak su vrste *Populus tremula* i *Populus nigra* od kojih su uz jednogodišnje uzimani i dvogodišnji izbojci. Ukoliko su odrezani izbojci bili predugački, skraćivani su rezanjem u predjelu nodija na reznice duge oko 30—50 cm. Debljina reznice varirala je od 0,5—1 cm u promjeru što je ovisilo o vrsti kao i o individualnim svojstvima pojedinih stabala od kojih su reznice uzimane. Da bi se smanjila transpiracija, neposredno prije eksperimenta odstranjivan je jedan dio listova, uglavnom s polovine donjeg dijela reznice. Osim toga smanjivana je i njihova površina odrezivanjem dijela lisne plojke, ali samo kod nekih preostalih listova na reznici (Avery, Johnson, Addison i Thomson 1947).

* Zbog kratkoće je umjesto naziva sklerenhimska vlakna upotrebljavano kraće ime sklerenhim.

Za zakorjenjivanje listova uzimani su listovi s pupom i bez pupa. Ovi listovi odrezani su s reznica ubranih neposredno pred postavljanje pokusa.

Sav materijal dobavljen je uvijek neposredno prije obrade, a i u to kratko vrijeme pohranjivan je uz sve mjere opreza.

Od tvari rastenja čiji je stimulirajući efekt bio istraživani, upotrebljavano je ovih 10 spojeva:

1. 3-indolil octena kiselina (IOK)
2. γ -(3)-indolil maslačna kiselina (IMK)
3. γ -(3)indolil propionska kiselina (IPK)
4. β -naftil octena (NOK)
5. β -naftoksi octena kiselina (NAOK)
6. β -indolilacetamid (IAd)
7. p-klor-fenoksi octena kiselina (KFOK)
8. α -fenil maslačna kiselina (FMK)
9. 2,4-diklor-fenoksi octena kiselina (2,4-D)
10. 2,4,5-triklor-fenoksi octena kiselina (2,4,5-T)

Prvih osam supstancija potječe od tvrtke »Fluka«, Švicarska, dok su 2,4-D i 2,4,5-T dobavljene od tvornice »Chromos«, Zagreb.

B. METODE

1. Metode istraživanja utjecaja tvari rastenja na zakorjenjivanje reznica i listova

a) metode obrade reznica

U eksperimentima pomoću kojih je trebalo ustanoviti imaju li tvari rastenja stimulirajući efekt na zakorjenjivanje reznica, primijenjene su ove metode (A u d u s 1953, T u k e y ed. 1954):

- Metoda namakanja donjeg dijela reznica 5–10 cm iznad baze u razrijeđenim vodenim otopinama tvari rastenja.
- Metoda namakanja supstrata, u kojem su se reznice zakorjenjivale, razrijeđenim vodenim otopinama tvari rastenja.
- Metoda naprašivanja donjeg dijela reznice praškastim preparatima, koji su sadržavali tvari rastenja.

Prilikom obrade reznica prvom i drugom metodom, primijenjene su vodene otopine svih 10 istraživanih tvari rastenja, i to pojedinačno, a neke od njih kao mješavine u različitim međusobnim kombinacijama.

Koncentracije tvari rastenja u vodenim otopinama, primijenjenim u okviru ovih dviju metoda, kretale su se od 5–240 mg/l.

Sve otopine tvari rastenja su pripravljene vodovodnom vodom, i to neposredno prije postavljanja pokusa. Zbog teške topljivosti u vodi, čime se odlikuju sve primjenjivane supstancije, kao kosolvent upotrebljavan je 50–75% etanol.

Prilikom obrade reznica trećom metodom primijenjeni su praškasti preparati u kojima se koncentracija tvari rastenja kretala od 4000 do 12000 p. p. m.*

* p. p. m. — parts per million = dijelova na milijun.

Ovi preparati sadržavali su ove aktivne supstancije: IOK, IMK, IPK, 2,4-D i 2,4,5-T, i to pojedinačno ili kao mješavine u raznim međusobnim kombinacijama. Kao inertni nosilac aktivnih supstancija u tim preparatima upotrebljavana je milovka. Da bi se postigla što homogenija raspodjela tvari rasteinja u milovki, ovakvi su preparati pripravljani otapanjem u 50—95%-tnom etanolu, koji se zatim pustio ispariti, a nakon toga se skrutnuta masa vratila u praškasto stanje laganim trljanjem u tarioniku.

Zadržavanje praškastog preparata na donjem dijelu reznice postignuto je prethodnim umakanjem iste u vodu, a zatim u prašak. Ovakvim postupkom praškasti preparati se zadrže na odgovarajućem dijelu reznice u potrebnoj količini.

Kao supstrat u kojem su se reznice zakorjenjivale, upotrebljavan je suhi mah-tresetar (*Sphagnum*), koji je prethodo dobro ispran i osušen, a zatim ponovo navlažen i uložen u polivinilsku foliju. U ovako priređeni supstrat polagane su reznice nakon odgovarajućeg tretmana, a zatim su pomoću polivinilske folije zavijene u »bukete«, koji su učvršćeni gumicom i pokriveni polivinilom složeni u prozorske police, gdje su ostajali za čitavo vrijeme trajanja pokusa.

b) metode obrade listova

Za eksperimente, pomoću kojih je trebalo ustanoviti utjecaj tvari rasteinja na zakorjenjivanje listova, uzimani su listovi s pupom i bez njega. Listovi su obrađivani na dva načina:

- Dio listova s pupom i bez pupa tretiran je tako što su mu lisne peteljke namakane u vodenim otopinama IOK i IMK koncentracije 10—30 mg/l — načinjene analogno kao i one, kojima su tretirane reznice. Namakanje je trajalo 24 sata, nakon čega su otopine tvari rasteinja zamjenjivane čistom vodovodnom vodom.
- Drugi dio listova s pupom i bez njega tretiran je tako da su oni pomoću vakumske sisaljke infiltrirani u 20 ml odgovarajuće otopine u trajanju od 6 minuta. Nakon infiltracije, listovi su unronjeni peteljka u čistu vodovodnu vodu.

Voda u kojoj su držani listovi obrađivani na oba navedena načina izmjenjivana je nakon 1—2 dana. Da bi se izbjegla prevelika transpiracija, posude s listovima su u toku eksperimenta prekrivene polivinilnom folijom.

2. Metode poredbeno anatomskih istraživanja

Poredbena anatomska istraživanja vrsta rodova *Salix* i *Populus*, koje se zakorjenjuju teško i onih koje se zakorjenjuju lako, vršena su mikroskopskom analizom poprečnih prereza. Glavna je pažnja posvećena količinama sklerenhimskih elemenata i njihovu rasporedu u primarnoj kori. Poprečni prerezi su izrađeni mikrotomom, i to kroz bazu reznice, sredinu reznice i vrh reznice.

Kao fiksativ upotrebljavan je 95% etanol, u kojem su fiksirani dijelovi reznice, od kojih su prerezi naknadno pravljani.

Bojenje preparata vršeno je floroglucinom, koji boji stanice sklerenhima crveno, zbog njihovih ligniziranih membrana.

Crtanje preparata s ucrtavanjem sklerenhima vršeno je pomoću Abbeova aparata za crtanje. Na temelju crteža određena je pomoću milimetarskog prozirnog papira površina koju zauzimaju sklerenhimski elementi u već spomenutim dijelovima preparata. Slobodni radijalni prolazi između nakupina sklerenhima mjereni su kutomjerom kao isječci. Na temelju ovako dobivenih podataka kod pojedinih vrsta, vršena su uspoređivanja dobivenih brojčanih vrijednosti.

III. EKSPERIMENTALNI DIO

A. UTJECAJ TVARI RASTENJA NA ZAKORJENJIVANJE REZNICA

1. *Salix caprea*

a) Zakorjenjivanje reznica

Reznice vrste *Salix caprea* tretirane su svim raspoloživim tvarima rastenja, primijenjenim u različitim koncentracijama, kako pojedinačno tako i kao mješavine nekih od njih u stanovitim međusobnim kombinacijama.

Prilikom obrađivanja reznica (metodama namakanja baza reznica u razrijeđenim vodenim otopinama tvari rastenja i vlaženjem supstrata u kojem se reznice zakorjenjuju istim otopinama) upotrebljene su ove koncentracije (izražene u mg/l):

IOK	—	10,	40,	50,	60,	80
IMK	—	10,	40,	50,	60,	80
IPK	—	10,	40,	50,	60,	80
NOK	—	10,	20,	40,	60,	100
NAOK	—	10,	40,	60		
IAd	—	10,	40,	60		
KFOK	—	10,	40,	60		
FOK	—	10,	40,	60		
2, 4-D	—	5,	10,	20		
2, 4, 5-T	—	5,	10,	20		

Prigodom obrade reznica već navedenim i prethodno opisanim metodama, uzete su ove kombinacije i koncentracije tvari rastenja (izražene u mg/l):

IOK + IMK	—	5 + 5,	10 + 10,	15 + 15,	20 + 20,	25 + 25,
		25 + 25,	30 + 30,	35 + 35,	40 + 40,	50 + 50,
		50 + 50,	60 + 60,	80 + 80,	100 + 100,	120 + 120
IOK + IPK	—	20 + 20,	40 + 40			
IMK + IPK	—	20 + 20,	40 + 40			
2, 4-D + 2, 4, 5-T	—	5 + 5,	10 + 10			

Kod obrade reznica metodom naprašivanja baza praškastim preparatima, koji sadrže tvari rastenja, primijenjene su ove supstancije i u ovim koncentracijama (izražene u p. p. m.):

IOK	—	4000,	5000,	6000,	12000
IMK	—	4000,	5000,	6000,	12000
IPK	—	4000,	5000,	6000,	12000
2, 4-D	—	4000,	6000		
2, 4, 5-T	—	4000,	6000		

Reznice kontrole tretirane su čistom vodovodnom vodom, odnosno čistom milovkom, i to u skladu s primijenjenom metodom.

Pokusi su postavljeni u različitim vremenskim razdobljima u toku vegetacijskih sezona (1964—1966. god.). Vrijeme postavljanja pokusa je slijedeće:

9. marta
1. i 9. aprila
2. juna
9. jula
3. 10. i 13. septembra
4. 12. 13. i 19. oktobra

Rezultati

Od svih primijenjenih supstancija najpovoljniji utjecaj na reznice vrste *Salix caprea* imale su IOK i IMK, i to primijenjene pojedinačno svaka za sebe, a osobito mješavine njih dviju. Taj se povoljni utjecaj očitovao: 1. u povećanom broju zakorjenjenih reznica, 2. u formiranju jačeg sistema adventivnog korijenja u reznica tretiranih ovim supstancijama u odnosu na kontrolu i 3. u tome što se nije pojavljivalo nikakvo toksično djelovanje.

3-indolil octena kiselina: Primjenom same IOK u različitim koncentracijama razrijeđenih vodenih otopina i praškastih preparata postignuti su ti rezultati:

Tablica I

Konc. IOK (mg/l) u vodenoj otopini	10	40	50	60	80	0 (kontrola)
Zakorijenjene reznice	20—50%	30—40%	15—20%	10—15%	5—10%	5—10%

Tablica II

Konc. IOK (p. p. m.) u praškastom preparatu	4000	5000	6000	12000	0 (kontrola)
Zakorijenjene reznice	5—10%	15—20%	20—30%	10—15%	5—10%

γ-(3)-indolil maslačna kiselina: Primjenom same IMK u različitim koncentracijama razrijeđenih vodenih otopina i u praškastim preparatima postignuti su ovi rezultati:

Tablica III

Konc. IMK (mg/l) u vodenoj otopini	10	40	50	60	80	0 (kontrola)
Zakorijenjene reznice	15—20%	30—40%	25—30%	15—20%	5—10%	5—10%

Tablica IV

Konc. IMK (p. p. m.) u praškastom preparatu	4000	5000	6000	12000	0 (kontrola)
Zakorijenjene reznice	5—10%	15—20%	15—20%	5—10%	5—10%

3-indolil octena kiselina + γ -(3)-indolil maslačna kiselina: Primjenom mješavina ovih dviju supstancija u različitim koncentracijama razrijeđenih vodenih otopina postignuti su ovi rezultati:

Tablica V

Konc. IOK + IMK (mg/l) u vodenoj otopini	5 + 5	10 + 10	15 + 15	20 + 20	25 + 25	30 + 30
Zakorijenjene reznice	10—15%	10—20%	20—30%	60—70%	50—60%	40—50%
Konc. IOK + IMK (mg/l) u vodenoj otopini	35 + 35	40 + 40	60 + 60	80 + 80	120 + 120	0 (kontrola)
Zakorijenjene reznice	30—40%	30—40%	10—20%	5—10%	5—10%	5—10%

Brojčani podaci dati u tablicama I—V odnose se na rezultate pokusa u kojima je postignut najveći procent zakorijenjenih reznica, a koji su postavljeni u toku mjeseca septembra u god. 1964—1966.

IPK i NOK nisu pokazale značajniji stimulirajući efekt na zakorijenjivanje reznica vrste *Salix caprea*. Broj zakorijenjenih reznica tretiranih ovim supstancijama približno je jednak broju zakorijenjenih reznica u kontroli.

2,4-D i 2,4,5-T su, naprotiv, izazvale prežestoke reakcije. One su se očitovale u preobilnom stvaranju kalusa na bazama reznica i iznad njih, koji je obično bio tumoroznog izgleda. U ovakvom kalusu često nije dolazilo do organizirane diferencijacije, a time ni do stvaranja adventivnog korijenja. Broj zakorijenjenih reznica obrađivan ovim supstancijama neznatno je veći od onih u kontroli.

Najnepovoljniji utjecaj na reznice vrste *Salix caprea* imale su NAOK, KFOK i FMK koje su na reznice djelovale vrlo toksično. Posljedica tog djelovanja bilo je nastajanje nekroza 2—3 dana nakon postavljanja pokusa, poslije čega su reznice vrlo brzo uginule napadnute plijesnima.

b) Pokusi s listovima

Listovi s pupom i bez pupa vrste *Salix caprea* tretirani su razrijeđenim vodenim otopinama IOK i IMK, i to kako metodom namakanja baza peteljki, tako i metodom infiltracije čitavih listova. Obje supstancije primijenjene su pojedinačno svaka za sebe, a također i njihova mješavina u ovim koncentracijama (izraženim u mg/l):

IOK	— 10, 20, 40
IMK	— 10, 20, 40
IOK + IMK	— 10 + 10, 15 + 15, 20 + 20, 40 + 40

Listovi kontrole tretirani su vodovodnom vodom u skladu s odgovarajućom metodom.

Pokusi su postavljeni 27. augusta i 2. juna 1966.

Rezultati

Listovi vrste *Salix caprea* nisu pokazali nikakve znakove regeneracije. Također nije uspješno pobuditi ove procese niti tretiranjem tvarima rasteinja.

Zapaženo je da se listovi vrste *Salix caprea* vrlo brzo suše nakon odrezivanja od matične biljke. Tretiranje tvarima rasteinja, međutim, ne utječe na brzinu sušenja listova. Nešto duže ostajali su na životu listovi tretirani infiltracijskom metodom.

2. *Populus tremula*

a) Zakorjenjivanje reznica

Reznice ove vrste tretirane su također svim raspoloživim tvarima rasteinja, i to svakim pojedinačno kao i mješavinama nekih od njih u različitim međusobnim kombinacijama.

Prilikom obrađivanja reznica s metodom namakanja baza i vlaženja supstrata, u kojem se reznice zakorjenjuju, primijenjene su pojedinačne supstancije u ovim koncentracijama (izražene u mg/l):

IOK	— 5, 10, 20, 30, 40, 50, 80
IMK	— 5, 10, 20, 30, 40, 50, 80
IPK	— 10, 20, 30, 40, 50, 80
NOK	— 10, 20, 30, 40, 50
NAOK	— 10, 20, 50, 80
IAd	— 10, 20, 50, 80
KFOK	— 10, 20, 50, 80
FMK	— 10, 20, 50, 80
2, 4—D	— 5, 10, 20, 30, 50, 80
2, 4, 5—T	— 5, 10, 50, 80

Primijenjene su ove koncentracije mješavina tvari rasteinja i u ovim međusobnim kombinacijama (izraženim u mg/l):

IOK + IMK	— 10 + 10, 20 + 20
IMK + IPK	— 10 + 10, 20 + 20
IPK + IOK	— 20 + 5
IOK + 2, 4—D	— 20 + 5
IOK + 2, 4, 5—T	— 20 + 5
IMK + 2, 4—D	— 20 + 5
IMK + 2, 4, 5—T	— 20 + 5
IPK + 2, 4—D	— 20 + 5
IPK + 2, 4, 5—T	— 5 + 5
2, 4—D + 2, 4, 5—T	— 5 + 5

Prilikom primjenjivanja metode naprašivanja baza reznica praškastim preparatima, primijenjene su ove supstancije, i to u ovim koncentracijama (izražene u p. p. m.):

IOK	— 6000, 12000
IMK	— 6000, 12000
IPK	— 6000, 12000
2, 4—D	— 4000, 6000
2, 4, 5—T	— 4000, 6000

Reznice kontrole tretirane su čistom vodovodnom vodom, odnosno čistom milovkom u skladu s odgovarajućom metodom obrađivanja reznica.

Pokusi su postavljeni u različitim vremenskim razmacima u toku tri vegetacijske sezone (1964—1966), a sa svrhom da se ustanovi najpodesnije godišnje doba za zakorjenjivanje jasike. Pokusi su postavljeni u ovim terminima:

- 16. marta
- 1. 3. i 9. aprila
- 1. i 24. juna
- 9. jula
- 1. i 3. septembra
- 7. oktobra
- 9. novembra

Rezultati

Kod reznica vrste *Populus tremula* niti jedna od primijenjenih tvari rastjenja nije uvjetovala stvaranje adventivnog korijenja. Stanoviti stimilirajući efekt pokazale su IPK (koncentracije 30 i 50 mg/l) i IMK (koncentracije 10 i 40 mg/l).

Stimulirajući efekt IOK i NOK na reznice jasike očitovao se samo u nastajanju jedva vidljivog kalusa u malim pukotinama na kori nekolicine reznica.

2,4-D, 2,4,5-T NAOK, IAd, KFOK i FMK izazvali su vrlo naglo nekrotske pojave praćene brzim razvitkom plijesni i ugibanjem reznica.

b) Pokusi zakorjenjivanja listova

Listovi jasike s pupom i bez pupa tretirani su razrijeđenim vodenim otopinama IOK, IMK i IPK te mješavinom IOK i IMK, i to metodom namakanja baza peteljki i infiltracijom čistavih listova. Navedene supstancije su primijenjene u ovim koncentracijama (izraženim u mg/l):

IOK	— 10, 20, 40, 50
IMK	— 10, 20, 40, 50
IPK	— 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80
IOK + IMK	— 15 + 15

Listovi kontrole tretirani su čistom vodovodnom vodom u skladu s odgovarajućom metodom.

Pokusi su postavljeni 17. i 27. augusta 1965, te 29. aprila i 1. juna 1966.

Rezultati

Listovi vrste *Populus tremula* nisu pokazali sposobnost regeneracije niti se ona mogla pobuditi tretiranjem tvarima rastenja.

Slično kao kod vrbe ive listovi jasike također vrlo brzo propadaju. Potpunom propadanju listova prethodi nastajanje smeđih do crnih nekrotičnih predjela po plojci lista, koji se vrlo brzo šire. Tretiranje listova s tvarima rastenja nema utjecaja na ove procese.

3. Pokusi s drugim vrstama rodova *Salix* i *Populus*

a) Zakorjenjivanje reznica

Salix rosmarinifolia. Kako je poznato da se reznice gotovo svih *Salix* vrsta zakorjenjuju bez ikakvih poteškoća, postavljeni su pokusi s reznicama vrste *Salix rosmarinifolia* u svrhu usporedbe s onima u vrste *Salix caprea*.

Reznice su tretirane pojedinačnim supstancijama kao i mješavinama nekih od njih, i to metodom namakanja baza reznica u razrijeđenim vodenim otopinama. Koncentracije su bile ove (izražene u mg/l):

IOK	— 20, 30, 40, 60
IMK	— 20, 30, 40, 60
IOK + IMK	— 10 + 10, 20 + 20

Reznice kontrole tretirane su čistom vodovodnom vodom. Pokus je postavljen 27. maja 1965.

Rezultati

Reznice vrste *Salix rosmarinifolia*, tretirane kao i kontrolne, zakorijenile su se 100-postotno. Stimulirajući efekt tvari rastenja očitovao se samo u formiranju bujnijeg i snažnijeg adventivnog korijenja.

Populus nigra. Postavljen je pokus s reznicama vrste *Populus nigra* u svrhu usporedbe s jasikom.

Reznice su tretirane pojedinačnim supstancijama i to metodom namakanja baza reznica razrijeđenim vodenim otopinama ovih koncentracija (izraženih u mg/l):

IOK	— 10, 20, 30, 40
IMK	— 10, 20, 30, 40
IPK	— 10, 20, 30, 40
2, 4 — D	— 5, 10
2, 4, 5 — T	— 5, 10

Reznice kontrole tretirane su čistom vodovodnom vodom. Pokusi su postavljeni 27. maja i 8. juna 1965.

Rezultati

Reznice vrste *Populus nigra* zakorijenile su se 100-postotno, kako tretirane tako i kontrolne. Stimulirajući efekt primijenjenih tvari rastenja

očitovao se samo u formiranju snažnijeg adventivnog korijenja. Osobito bujno korijenje razvilo se kod reznica tretiranih otopinama 2,4-D i 2,4,5-T.

b) Pokusi zakorjenjivanja listova

Salix bockii i *Salix matsudana* f. *tortuosa*. Radi usporedbe s vrstom *Salix caprea* istraživana je sposobnost regeneracije listova u vrsta *Salix bockii* i *Salix matsudana* f. *tortuosa*.

Listovi s pupom i bez njega tretirani su metodom namakanja u ovim koncentracijama (izraženim u mg/l):

IOK	— 30, 50
IMK	— 30, 50
IOK + IMK	— 20 + 20

Listovi kontrole tretirani su čistom vodovodnom vodom.

Pokusi su postavljeni 26. maja i 7. septembra 1965.

Rezultati

Podjednako stimulirajuće djelovanje na regeneraciju listova (s pupom i bez pupa) obiju istraživanih vrsta imale su otopine IOK i IMK kao i njihova mješavina. Korijen na bazi peteljke formiralo je 70–80% tretiranih listova, neovisno o tome da li je aksilarni pup bio prisutan ili ne.

Populus nigra. Radi usporedbe s vrstom *Populus tremula*, ispitivana je sposobnost regeneracije listova vrste *Populus nigra*.

Listovi s pupom i bez njega tretirani su metodom namakanja baza peteljki razrijeđenom vodenom otopinom IOK, IMK i njihovih mješavina u ovim koncentracijama (izraženim u mg/l):

IOK	— 30, 50
IMK	— 30, 50
IOK + IMK	— 20 + 20

Listovi kontrole tretirani su čistom vodovodnom vodom.

Pokus je postavljen 24. juna i 17. jula 1965.

Rezultati

Pokazalo se da obje primijenjene supstancije posjeduju stimulirajuće djelovanje na regeneraciju listova vrste *Populus nigra*. Ono je, međutim, ovdje manje nego kod vrsta *Salix bockii* i *Salix matsudana* f. *tortuosa*. Naime, bez obzira na prisutnost aksilarnog pupa, samo 30% tretiranih listova formiralo je korijen, dok se kod 20% listova razvio jedino kalus. U njemu nije došlo do diferencijacije stanice, pa time ni do stvaranja korijena. U kontroli se zakorjenilo, međutim, svega 10% listova.

A. POREDBENA ANATOMSKA ISTRAŽIVANJA

U okviru ovih istraživanja nastojalo se utvrditi i usporediti količinu i raspored sklerenhimskih elemenata u primarnoj kori. To je načinjeno kod vrsta *Salix caprea*, čije se reznice zakorjenjuju teže, i *Salix rosmarinifolia*, čije se reznice zakorjenjuju vrlo lako, te *Populus tremula* čije se reznice ne zakorjenjuju i *Populus nigra* čije se reznice zakorjenjuju također lako. Da bi se dobili što potpuniji podaci, uspoređivani su poprečni prerezi baza, središnjeg dijela i vršnog dijela reznice svake istraživane vrste, a osim toga i poprečni prerezi baza tretiranih reznica svake vrste. Ta su istraživanja pokazala da su razlike između pojedinih reznica iste vrste neznatne i da se nalaze u okvirima prirodne varijabilnosti među izbojcima iste biljke, a također i različitim stabala. (Sl. 1, 2, 3, 4).

a) Odnosi količina sklerenhimskih elemenata

Odnos količina sklerenhimskih elemenata u primarnoj kori između pojedinih vrsta određen je na osnovi usporedbi površina koje oni u poprečnim prerezima zauzimaju. To je utvrđeno pomoću crteža, i to zbrajanjem površina koje na njemu zauzimaju pojedinačne nakupine sklerenhimskih stanica.

Brožane vrijednosti — izražene u cm² plohe crteža — koje pokazuju odnos površina što ih zauzimaju sklerenhimski elementi primarne kore između odgovarajućih poprečnih prereza svih istraživanih vrsta dati su u ovoj tablici:

Tablica VI

Istraživana vrsta	Dio reznice	Površina prereza	Površina primarne kore	Površina skleren- hima pri- marne kore
<i>Salix rosmarinifolia</i>	vrh r.	48,00	36,07	1,87
	sredina r.	110,16	77,58	3,76
	baza r.	114,24	102,50	3,78
	baza tr. r.	146,07	92,12	2,81
<i>Salix caprea</i>	vrh r.	46,25	28,13	1,69
	sredina r.	111,83	49,96	8,94
	baza r.	170,41	69,32	11,13
	baza tr. r.	231,52	109,56	11,13
<i>Populus nigra</i>	vrh r.	43,15	30,31	4,32
	sredina r.	70,17	45,16	8,68
	baza r.	186,11	84,33	13,08
	baza tr. r.	136,92	102,43	9,46
<i>Populus tremula</i>	vrh r.	18,54	14,14	3,14
	sredina r.	60,44	32,77	11,29
	baza r.	92,82	49,99	17,43
	baza tr. r.	115,77	70,93	22,18

Odnosi tih vrijednosti izraženi u postocima prikazani su na sl. 5.

b) Raspored sklerenhima

Razlike u rasporedu sklerenhimskih elemenata u primarnoj kori, vidljive su iz sl. 1, 2, 3 i 4. Međutim, osim te vidljive razlike u rasporedu sklerenhima ustanovljene su i razlike u broju i širini slobodnih prolaza od središta prereza prema periferiji.

Brojčane vrijednosti koje pokazuju zbroj slobodnih prolaza — izražene u kutnim stupnjevima (isjecci) — kao i broj pojedinačnih prolaza svih istraživanih vrsta prikazani su u ovoj tablici:

Tablica VII

Istraživana vrsta	Dio reznice	Zbroj radijalnih prolaza izražen u kutnim stupnjevima	Broj slobodnih prolaza
<i>Salix rosmarinifolia</i>	vrh r.	133°	77
	sredina r.	152°	28
	baza r.	178°	33
	baza tr. r.	175°	35
<i>Salix caprea</i>	vrh r.	55°	25
	sredina r.	11°	15
	baza r.	28°	17
	baza tr. r.	29°	22
<i>Populus nigra</i>	vrh r.	15°	10
	sredina r.	12°	8
	baza r.	37°	31
	baza tr. r.	50°	23
<i>Populus tremula</i>	vrh r.	1°	3
	sredina r.	0°	—
	baza r.	3°	3
	baza tr. r.	2°	2

Zbroj slobodnih prolaza između nakupina sklerenhima u primarnoj kori, koji je izražen u stupnjevima, prikazan je na sl. 6.

Svojstva svake pojedine od istraživanih vrsta, koja se odnose kako na količinu tako i na raspored sklerenhima u primarnoj kori, vidljiva su iz mikrofotografija prikazanih u tabli I.

IV. DISKUSIJA

Najveći broj vrsta u rodova *Salix* i *Populus* odlikuje se izvanrednom sposobnošću vegetativnog razmnažanja. U roda *Salix* izuzetak su vrste *Salix aurita* i *Salix caprea*, koje se reznicama od nadzemnih izdanaka zakorjenjuju vrlo teško i u vrlo malom postotku (Went, Kennet i Thimann 1938). U roda *Populus* također se vrlo teško i u malom postotku zakorjenjuju reznice od nadzemnih izdanaka vrste *Populus canescens* i *Populus alba* (siva i bijela topola), dok se *Populus tremula* uopće nikako ne zakorjenjuje reznicama od nadzemnih izdanaka (Podhorski

1951). Poznato je međutim, da se *Populus tremula* može razmnažati vegetativno putem korijenovih reznica, što je za potrebe šumarske prakse mnogo neprikladnije od zakorjenjivanja reznicama od nadzemnih izdanaka. Eliasson (1962, 1963) je opisao metodu razmnažanja vegetativnim putem iz reznica vrste *Populus tremula* na kojoj je istraživao toksično djelovanje kloriranih fenoksi spojeva kao i utjecaj nekih drugih tvari. No on je te reznice dobio iz tzv. korjenjaka (šiblje koje izbija iz površinskog korijenja, a koje je moguće izolirati kao zasebne jedinke s dijelom korijena matične biljke).

Cilj vlastitih istraživanja bio je utvrditi može li se primjenom sintetskih tvari rasteinja postići zakorjenjivanje reznica i listova u vrste *Salix caprea* i *Populus tremula*.

Pokazalo se da je moguće povećati postotak zakorjenjenih reznica vrste *Salix caprea* njihovom obradom sintetskim tvarima rasteinja. Faktori okoline (temperatura zraka, vlažnost zraka, svjetlost i dr.) su od velikog utjecaja na te procese, pa se može pretpostaviti da bi postotak zakorjenjenih reznica uz povoljnije ove uvjete bio veći.

Prema navodima Leopolda (1953), osim auksina, koji su odgovorni za procese diferencijacije meristema u primordijalni korijen, povoljan utjecaj imaju i tvari kao što su purin i adenin. Imajući u vidu kemijsku prirodu tih tvari, kao i složenost procesa u kojima oni sudjeluju, možemo zaključiti da su fiziološki procesi o kojima ovisi formiranje adventivnog korijenja vrlo složeni, pa je nemoguće pretpostaviti u kojoj fazi njihova odvijanja postoje odstupanja s obzirom na vrste, koje se zakorjenjuju bez teškoća ili barem nakon djelovanja sintetskih tvari rasteinja u vrste *Populus tremula*.

Zakorjenjivanje listova moguće je u onih vrsta roda *Salix* i *Populus*, čije se reznice zakorjenjuju bez teškoća. To je pokazano na primjerima vrsta *Salix bockii* i *Salix matsudana* f. *tortuosa*, čije se reznice zakorjenjuju, a također i listovi. Zakorjenjivanje listova je uspješno djelovanjem sintetskih tvari rasteinja. Prema navodima Leopolda (1953) tvari rasteinja sprečavaju formiranje primordijalnog pupa kod zakorjenjenih listova. Opažanja u izvršenim eksperimentima potvrđuju ove navode, te nije zapaženo formiranje pupa u tretiranih listova, dok se kod onih u kontroli to događalo iako je kod njih korijenov sistem bio obično slabije razvijen.

Osim fizioloških faktora, čije je značenje presudno u procesima koji prethode formiranju adventivnog korijenja, od nesumnjivog značaja je i anatomska građa nadzemnih izdanaka od kojih se uzimaju reznice. Beakbane (1961) utvrdio je da je ta sposobnost u tijeisnoj vezi s kontinuiranošću sklerenhimskog prstena u području iznad floemskog dijela centralnog cilindra kao i količine sklerenhima u primarnoj kori. Zapaženo je, naime, da su kod vrsta koje se teško zakorjenjuju, često potpuno blokirane zrake primarnog floema time što sklerenhimski elementi sačinjavaju gotovo kontinuirani prsten oko njega. Nasuprot tome, zrake primarnog floema u reznica koje se lako zakorjenjuju okružene su stanicama parenhima sa živim protoplastom.

Raspored sklerenhimskih vlakana u vrsta *Salix caprea* i *Populus tremula* govori zaista u prilog navodima spomenutog autora. Kod vrste *Salix caprea* sklerenhimski elementi su, doduše, bogato zastupljeni, no oni ne čine potpuno kontinuirani prsten oko primarnog floema. Najmanje sklerenhima ima vrsta *Salix rosmarinifolia*, čije se reznice najlakše zakorjenjuju (sl. 1 i 2). Najbogatija sklerenhimskim vlaknima je vrsta *Populus tremula* kod koje one sačinjavaju gotovo kontinuirani prsten oko primarnog floema, dok kod vrste *Populus nigra* to nije tako (sl. 3 i 4).

V. ZAKLJUČAK

Istraživan je utjecaj sintetskih tvari rastenja na zakorjenjivanje reznica i listova vrste *Salix caprea* L., koja za zakorjenjivanje ima slabe prirodne sklonosti, i vrste *Populus tremula* L., koja ih uopće nema. Zbog usporedbe vršena su također istraživanja kod vrsta *Salix bockii* Seemen, *Salix matsudana* Koidz f. *tortuosa* Rehd., *Salix rosmarinifolia* L. i *Populus nigra* L., koje se lako zakorjenjuju.

Proučene su anatomske karakteristike u pogledu građe primarne kore, a koje se odnose na količinu sklerenhimskih elemenata zastupljenih u njima. U tom smislu izvršene su usporedbe između vrsta *Salix caprea* i vrste *Salix rosmarinifolia*, te između vrsta *Populus tremula* i *Populus nigra*.

U toku rada postignuti su ovi rezultati:

1. Primjenom mješavine IOK i IMK u omjeru 1 : 1, koncentracije 20 + 20 mg/l, koja je u izvršenim pokusima pokazala najpovoljniji utjecaj na zakorjenjivanje reznica vrste *Salix caprea*, povećan je postotak zakorijenjenih reznica ove vrste do 70%, dok je u kontroli iznosio svega oko 10%.

2. Pokazalo se da formiranje kalusa na bazama reznica vrste *Populus tremula* mogu izazvati u jačoj mjeri IPK i IMK, a u slabijoj mjeri IOK i NOK (koncentracije 20—30 mg/l). Na tako stvorenom kalusu nije, međutim, nikako došlo do formiranja adventivnog korijenja.

3. Zakorjenjivanje listova vrsta *Salix caprea* i *Populus tremula* nije se moglo potaći primjenom sintetskih tvari rastenja, dok su IOK i IMK imale povoljan utjecaj na formiranje adventivnog korijenja kod listova vrsta *Salix bockii*, *Salix matsudana* f. *tortuosa* i *Populus nigra*.

4. Ustanovljeno je da je kod vrsta *Salix caprea*, a osobito *Populus tremula*, neusporedivo jače razvijena masa sklerenhimskih elemenata u primarnoj kori nego kod vrsta *Salix rosmarinifolia* i *Populus nigra*. Stoga se može smatrati da je prirodna sklonost za zakorjenjivanje kod istraživanih vrsta smanjena prvenstveno zbog izvanredno jako razvijenih slojeva sklerenhima u primarnoj kori.

*

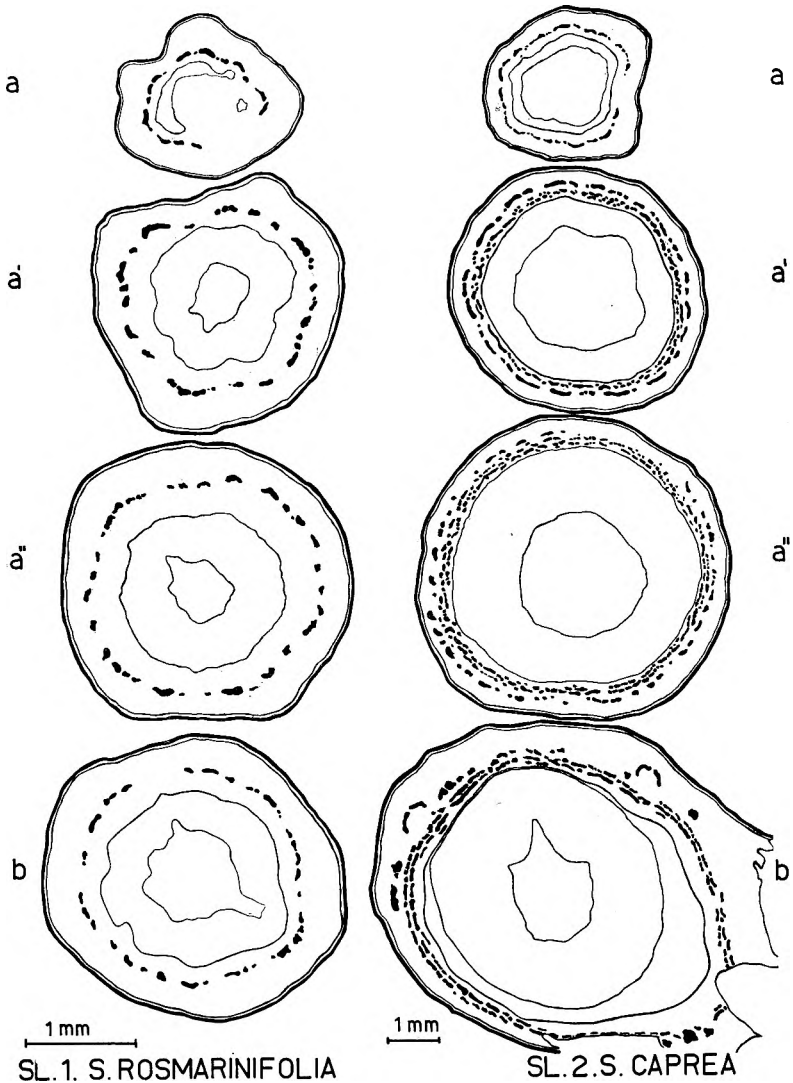
Najljepše zahvaljujem prof. dru Zvonimiru Devidéu na korisnim savjetima i pomoći u toku rada.

VI. Literatura — Schrifttum

- Audus, L. J.*: Plant Growth Substances. Leonard Hill Ltd., London 1953.
- Avery, G. S., E. B. Johnson, R. M. Addonis and B. F. Thompson*: Hormones and Horticulture. Mc. Graw-Hill Book Company, Inc., New York and London 1947.
- Beakbane, B. N.*: Structure of the Plant Stem in Relation to Adventitious Rooting. *Nature* **192** (1961) 954.
- Eliasson, L.*: The Response of Aspen Roots to 3-Amino-1, 2, 4-triazole. *Physiol. Plant.* **15** (1962) 229—238.
- Eliasson, L.*: Responses of Aspen Roots to Auxin-Type Growth Substances Applied to the Leaves. *Physiol. Plant.* **16** (1963) 201—214.
- Leopold, C. A.*: Auxins and Plant Growth. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1955.
- Podhorski, I.*: Uzgoj topola. Institut za šumarska istraživanja glavne uprave za šumarstvo NR Hrvatske, Zagreb, 1951.
- Tukey, H. B.*, ed.: Plant Regulators in Agriculture. John Wiley and Sons, New York, 1954.
- Went, F. W., V. Kenneth and D. Thimann*: Phytohormones. The MacMillan Company. New York, 1937.

Sl. 1—4 poprečni presjeci kroz jednogodišnje reznice: a — vrh reznice, a' — sredina reznica, a'' — baza reznice, b — baza tretirana tvarima rastenja (u svrhu usporedbe). ▶

Abb. 1—4 Querschnitte durch einjährige Spross-Stecklinge: a — Spitze, a' — Mitte. a'' — Basis des Stecklings, b — Basis des mit Wuchsstoffen behandelten Stecklings (zum Vergleich).

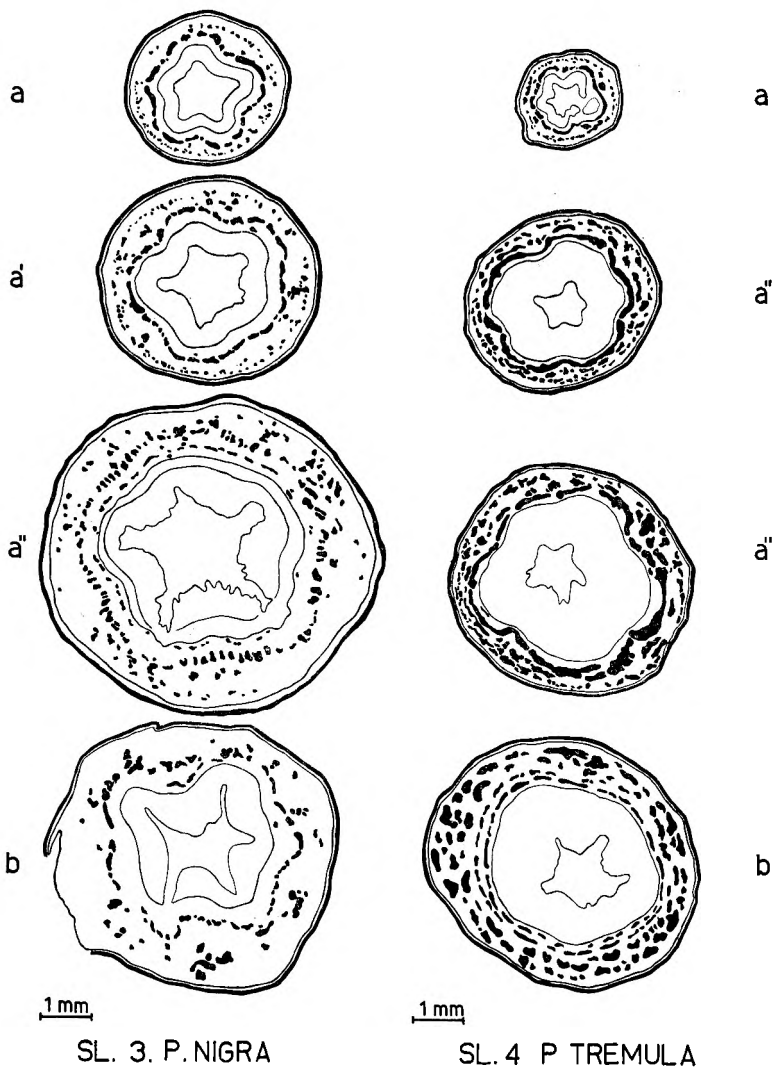


Sl. 1. *Salix rosmarinifolia*. Sklerenhim je raspoređen samo u jednom sloju. Snopovi sklerenhimskog tkiva su relativno malobrojni i međusobno znatno udaljeni.

Abb. 1. *Salix rosmarinifolia*. Die Sklerenchymfasern sind nur in einer Schichte verteilt. Die Bündel der Sklerenchymfasern sind relativ wenig zahlreich und gegenseitig ziemlich entfernt.

Sl. 2. *Salix caprea*. Sklerenhim je bogato razvijen u obliku gusto raspoređenih nakupina zbijenih u više kompaktnih slojeva.

Abb. 2. *Salix caprea*. Die Sklerenchymfasern sind reich entwickelt in der Form von dichten, in mehrere kompakte Schichten gelagerten Ansammlungen.

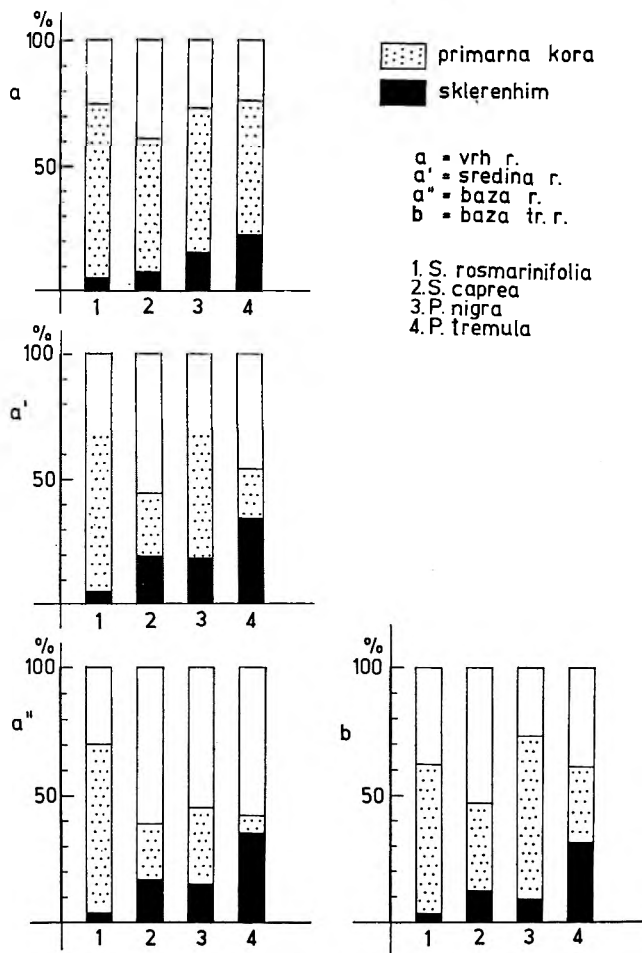


Sl. 3. *Populus nigra*. (a'' — reznica uzeta od dvogodišnjeg izbojka). Sklerenhim je raspoređen u više slojeva, no ti snopovi nisu gusto zbijeni.

Abb. 3. *Populus nigra*. (a'' — Spross-Steckling vom zweijährigen Trieb). Die Sklerenchymfasern sind in mehrere Schichten verteilt, aber diese sind nicht dicht gepackt.

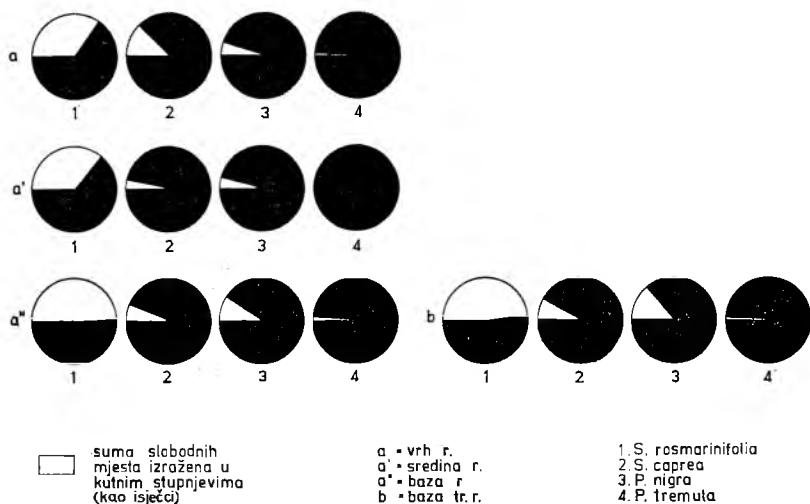
Sl. 4. *Populus tremula*. Sklerenhim sačinjava gotovo kontinuirani prsten.

Abb. 4. *Populus tremula*. Die Sklerenchymfasern-Schichte bildet fast einen kontinuierlichen Ring bzw. Mantel.



Sl. 5. Prikaz odnosa količina sklerenhimskih elemenata i ostalog staničja u primarnoj kori: 1 *Salix rosmarinifolia*, 2 *Salix caprea*, 3 *Populus nigra* i 4 *Populus tremula*.

Abb. 5. Darstellung des Verhältnisses zwischen Sklerenchymfasernmenge und der übrigen Gewebe in der primären Rinde: 1 *Salix rosmarinifolia*, 2 *Salix caprea*, 3 *Populus nigra* und 4 *Populus tremula*.



Sl. 6. Prikaz suma ploha (isječaka) slobodnih od sklerenhimskih vlakana (na poprečnim prerezima): 1 *Salix rosmarinifolia*, 2 *Salix caprea*, 3 *Populus nigra* i 4 *Populus tremula*.

Abb. 6. Darstellung der Summe von Sektoren des Querschnitts die frei von Sklerenchymfasern sind: 1 *Salix rosmarinifolia*, 2 *Salix caprea*, 3 *Populus nigra* und 4 *Populus tremula*.

Tabla I: Poprečni prerezi (nekoliko cm iznad baza reznica) na kojima se vidi količina i raspored sklerenhima u primarnoj kori kod istraživanih vrsta: 1 *Salix rosmarinifolia*, 2 *Salix caprea*, 3 *Populus nigra* i 4 *Populus tremula*.

Tafel I: Querschnitte (einige cm über die Stecklingsbasis) an denen die Menge und die Verteilung der Sklerenchymfasern in der primären Rinde der untersuchten Arten sichtbar ist: 1 *Salix rosmarinifolia*, 2 *Salix caprea*, 3 *Populus nigra* und 4 *Populus tremula*.

Tabla II: 5 *Salix caprea*. Reznice s razvijenim adventivnim korijenjem tretirane metodom namakanja baza reznica u razrijeđenoj vodenoj otopini koja je sadržavala mješavinu IOK i IMK (koncentracije 10 + 10 mg/l).

6 *Populus tremula*. Dio reznice s razvijenim kalusom (do formiranja adventivnog korijenja nije nikada došlo!) nastalim nakon tretiranja praškastim preparatom koji je sadržavao 4000 p. p. m. IPK.

Tafel II: 5 *Salix caprea*. Spross-Stecklinge mit entwickelten Adventiwurzeln behandelt mit der Methode des Eintauchens der Stecklingsbasen in eine verdünnte Lösung von 3-Indolylessigsäure (IES) und γ -(3)-Indolylbuttersäure (IBS) bei konz. 10 + 10 mg/l.

6 *Populus tremula*. Ein Teil des Spross-Stecklings mit entwickelten Kallus, (Eine Ausbildung von Adventiwurzeln fand niemals statt!) der sich nach Bestäubung mit einem Wuchsstoffhaltigen Pulverpräparat, das 4000 p. p. m. β -(3)-Indolylpropionsäure (IPS) enthielt, bildete.

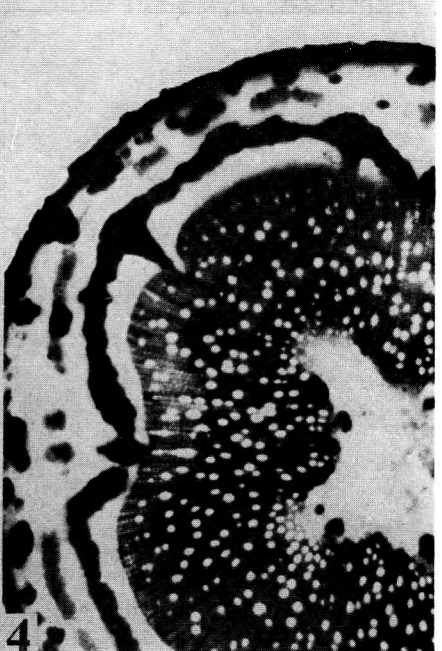
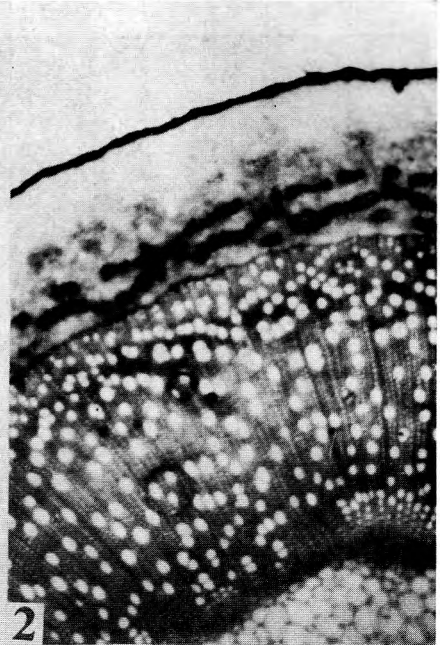
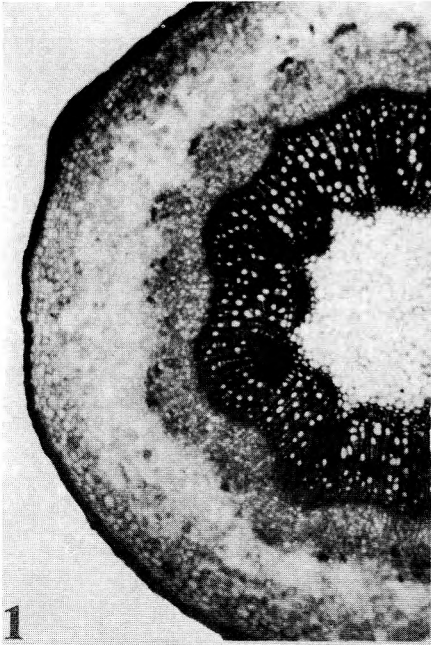
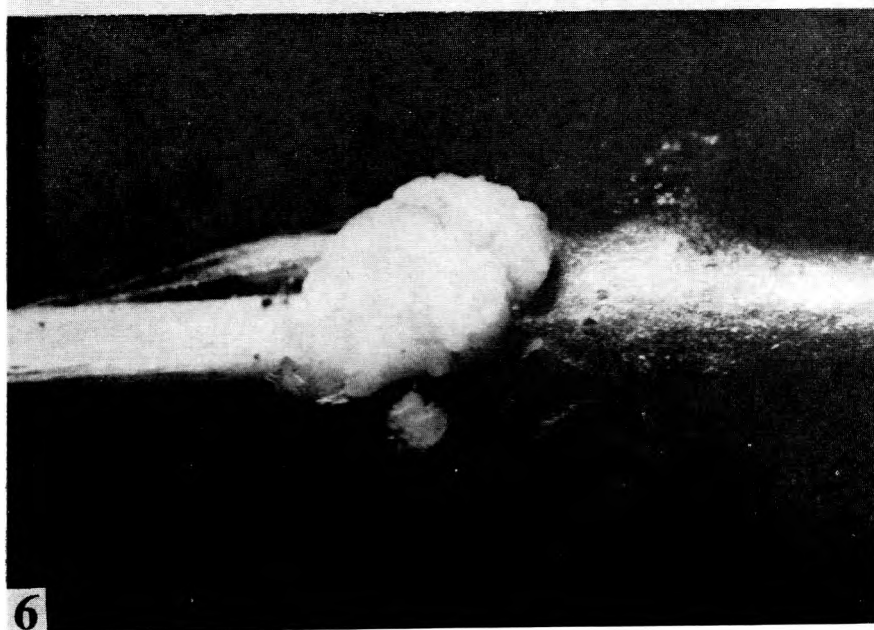


TABLA II — TAFEL II



ZUSAMMENFASSUNG

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ABHÄNGIGKEIT DER ADVENTIVWURZELBILDUNG VON WUCHSSTOFFEN UND VOM ANATOMISCHEN BAU BEI SALWEIDE (*SALIX CAPREA*) UND ZITTER-PAPPEL (*POPULUS TREMULA*)

Mit 6 Abbildungen und 2 Tafeln

Branka Kolevska-Pletikapić

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Zagreb)

Eingegangen am 6. 2. 1968.

Die Wirkung synthetischer Wuchsstoffe auf die Bewurzelung von Spross- und Blattstecklingen von *Salix caprea* L. und *Populus tremula* L. wurde untersucht. Spross-Stecklinge von *Salix caprea* bewurzeln sich unter natürlichen Bedingungen (also ohne Behandlung mit Wuchsstoffen) nur sehr schwer, von *Populus tremula* jedoch gar nicht. Parallel mit diesen beiden Arten wurden vergleichsweise auch *Salix bockii* Seemen, *Salix matsudana* Koidz f. *tortuosa* Rehd., *Salix rosmarinifolia* L. und *Populus nigra* L. untersucht, die sich alle leicht bewurzeln lassen. Schliesslich wurden noch die anatomischen Merkmale aller Untersuchungsobjekte studiert unter besonderer Berücksichtigung der Verteilung und Entwicklung von Sklerenchymfaser-Schichten.

Die durchgeführten Untersuchungen ergaben folgende Resultate:

1. Durch ein Gemisch von 3-Indolylessigsäure (IES) und γ -(3)-Indolylbuttersäure (IBS) im Verhältnis 1 : 1 (Konz. 20 + 20 mg/l), das sich am erfolgreichsten erwies, konnte bei *Salix caprea* der Prozentsatz der sich bewurzelnden Spross-Stecklinge bis auf 70% gesteigert werden, während er in der Kontrolle höchstens etwa 10% betrug.

2. Bei *Populus tremula* konnte durch β -(3)-Indolylpropionsäure (IPS) und γ -(3)-Indolylbuttersäure (IBS) in stärkeren, und durch 3-Indolylessigsäure (IES) und β -Naphthylelessigsäure (NES) bei Konz. 20—30 mg/l in schwächeren Masse bei Spross-Stecklingen von *Populus tremula* eine Kallusbildung hervorgerufen werden, die aber niemals zur Wurzelbildung führte.

3. Eine Bewurzelung von Blattstecklingen konnte bei *Salix caprea* und *Populus tremula* durch Anwendung synthetischer Wuchsstoffe nicht angeregt werden. Bei *Salix bockii*, *Salix matsudana* f. *tortuosa* und *Populus nigra* übten dagegen 3-Indolylessigsäure (IES) und γ -(3)-Indolylbuttersäure (IBS) eine günstige Einwirkung auf die Bewurzelung von Blattstecklingen aus.

4. Es konnte festgestellt werden, dass bei *Salix caprea* und besonders bei *Populus tremula* die Masse der Sklerenchymfasern in der primären Rinde wesentlich stärker entwickelt ist als bei *Salix rosmarinifolia* und *Populus nigra*. Daraus kann vermutet werden, dass die natürliche Zuneigung zur Adventivwurzelbildung bei den untersuchten Arten durch die in der primären Rinde sehr mächtig entwickelten Sklerenchymfaser-Schichten unterdrückt ist.

Deutung der Abkürzungen im kroatischen Text: IOK = IES, IMB = IBS, IPK = IPS, NOK = NES. (Siehe ferner S. 193!)