

INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO
PRI BIOTEHNIŠKI FAKULTETI V LJUBLJANI

LADO ELERŠEK

MORFOLOŠKE IN FIZIOLOŠKE
LASTNOSTI GOZDNIH SADIK

Raziskovalna naloga

Ljubljana 1990

Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo
pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani

Lado ELERŠEK

MORFOLOŠKE IN FIZIOLOŠKE LASTNOSTI GOZDNIH SADIK

Raziskovalna naloga

Ljubljana, 1990

GOZDARSKA KNJIZNICA

GIS K E
388

GIS BF - GOZO



10000002103

COBISS e



Izvleček

ELERŠEK, L.: MORFOLOŠKE IN FIZIOLOŠKE LASTNOSTI GOZDNIH SADIK

Podana so teoretična izhodišča, pa tudi različne meritve in analize morfoloških in fizioloških lastnosti gozdnih sadik, ki določajo njihovo kvaliteto. Ugotovljena je bila odvisnost med načinom vzgoje, lastnostjo teh sadik in njihovo nadaljnjo rastjo.

Ključne besede: gozdna sadika, kakovost sadike, tršatost sadike, svežost sadike, citologija, histologija, morfolologija, vodni potencial, fotosinteza, transpiracija, foliarna analiza.

Synopsis

ELERŠEK, L.: MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL PROPERTIES OF FOREST SEEDLINGS

Theoretical issues as well as various measurement and analyses of morphological and physiological properties of forest seedlings, which determine quality of the seedlings, are given. The dependence among the way of breeding, the properties of the seedlings and their further growth was established.

Key words: forest seedling, quality of a seedling, freshness of a seedling, cytology, histology, morphology, water potential, photosynthesis, transpiration, foliar analyses.

Nosilec naloge: Lado ELERŠEK, dipl.inž.gozd
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo
Ljubljana

Sodelavci: dr.Marjan ZUPANČIČ, dipl.inž
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo
Ljubljana
mag. Alenka GABERŠČIK, dipl.biolog.
Inštitut za biologijo Univerze E.Kardelja
Ljubljana
dr. Franc BATIČ, dipl.biolog
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo
Ljubljana
Janko KALAN, dipl.inž.gozd.
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo
Ljubljana
mag.Mitja CIMPERŠEK, dipl.inž.gozd.
Gozdno gospodarstvo Celje
Franc POLANC, dipl.inž.gozd.
Gozdno gospodarstvo Kranj
Marina HERMAN-PLANINEC, dipl.inž.gozd.
Gozdno gospodarstvo Slovenj Gradec

Tehnična sodelavca:

Jože GRZIN
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo
Ljubljana
Jana JANŠA
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo
Ljubljana

KAZALO VSEBINE

Stran

1	UVOD	1
2	TEORETIČNA IZHODIŠČA ZA UGOTAVLJANJE MORFOLOŠKIH LASTNOSTI GOZDNIH SADIK	2
2.1	Citologija	2
2.2	Splošna histologija - tkiva	6
2.3	Morfologija višjih rastlin	10
2.3.1	Steblo	10
2.3.2	List	13
2.3.3	Korenina	14
2.4	Razmnoževanje	17
2.4.1	Nespólno ali vegetativno razmnoževanje	17
2.4.2	Spolno razmnoževanje	18
3	TEORETIČNA IZHODIŠČA ZA UGOTAVLJANJE VAŽNEJŠIH FIZIOLOŠKIH LASTNOSTI GOZDNIH SADIK	18
3.1	Fiziologija menjave snovi in pretoka energije	19
3.1.1	Energetika menjave snovi	19
3.1.2	Pridobivanje energije (fotosinteza in kemosinteza)	20
3.1.2.1	Avtotrofija	20
3.1.2.2	Heterotrofija	27
3.1.2.3	Regulacija v celični menjavi snovi	27
3.1.2.4	Hranljive snovi in njihove spremembe v rastlini	29
	a/ Splošni podatki o snovni sestavi rastlin	
	b/ Gospodarjenje z vodo	
	c/ Mineralne snovi	
3.2	Fiziologija rasti in razvoja	35
3.2.1	Regulacija rasti in razvoja	35
3.2.2	Rast in diferenciacija	40
4	OPRAVLJENE MORFOLOŠKE ANALIZE GOZDNIH SADIK	41
4.1	Analiza velikosti gozdnih sadik vzgojenih v naših drevesnicah	41
4.2	Analiza razrasti koreninskega in nadzemnega dela sadic	45
4.2.1	Koreninska razrast	45

4.2.2	Razrast krošenj	52
4.3	Vzgoja in morfološka analiza sadik na različnih podnebnih in talnih tipih	58
4.3.1	Zastavitev poskusa s smrekovimi sadikami v nasadih IGLG in Belo z štirimi poskusnimi variantami	58
4.3.2	Zastavitev poskusa vzgoje smrekovih in macesnovih sadik v loncih v nasadih IGLG, Belo in Kranjski Rak	61
4.3.3	Zastavitev poskusa vzgoje smrekovih in macesnovih sadik na glinasto - masivnih tleh, ilovnato - rahlih tleh in na melasto - sipkih tleh	61
4.3.4	Prvi rezultati dendrometričnih meritev sadik vzgojenih v različnih podnebnih in talnih razmerah	62
	a/ Poskus vzgoje smrekovih sadik v nasadih IGLG in Belo v štirih poskusnih variantah	
	b/ Poskus vzgoje sadik v loncih na enotnih tleh in treh višinskih legah	
	c/ Poskusna vzgoja sadik na treh talnih tipih	
5	MERITVE IN ANALIZE FIZIOLOŠKIH LASTNOSTI GOZDNIH SADIK	68
5.1	Ugotavljanje svežosti sadik	68
	a/ Naprava in metoda merjenja	
	b/ Ugotavljanje odvisnosti med načinom hranjenja smrekovih sadik in njihovo svežostjo	
	c/ Rezultati meritev	
5.2	Meritve fotosintetske aktivnosti pri gozdnih sadikah	75
5.2.1	Ugotavljanje fotosintetske aktivnosti pri smrekovih sadikih glede na njihovo izsušenost	76
	a/ Meritve	
	b/ Rezultati	
5.2.2	Ugotavljanje fotosintetske aktivnosti pri smrekovih sadikih iz različne vzgoje	79
5.2.3	Ugotavljanje odvisnosti med fotosintezo in izsušenostjo pri sadikah črnega bora	79
	a/ Meritve	
	b/ Rezultati	
6	PREVERJANJE KVALITETE RAZLIČNO VZGOJENIH SADIK V NASADIH	83
6.1	Poskusni nasad evropskega macesna - železnica	83
6.2	Smrekov nasad Kukovo	85
6.3	Nasad Belo - osnovan s smrekovimi sadikami štirih poskusnih variant	86
6.4	Nasad evropskega macesna IGLG in Zadobrova osnovan s sadikami, ki so bile vzgojene na treh talnih tipih	87
7	ZAKLJUČEK IN POVZETEK	90
8	LITERATURA	99

1 UVOD

Današnji čas zahteva vse bolj kvalitetno delo in kvalitetne izdelke. Tako moramo vzgajati za obnovo gozdov le kvalitetne gozdne sadike. Število posajenih sadik na hektar se je pri nas v nekaj desetletjih bistveno zmanjšalo, kar pomeni še dodatno zahtevo za kvaliteto sadik, ki se bodo morale uveljavljati v gozdnem prostoru s številčnim konkurenčnim rastjem. Za razliko od Skandinavskih držav, kjer lahko uporabljamo predvsem eno ali dvoletne sejanke ali nekajmesečne kontejnerske sadike, ki so primerne za mehanizirano sajenje na večjih površinah, prevladuje v srednji Evropi zaradi bujne zeliščne vegetacije pridelava starejših kakovostnih že presajenih sadik. Posajene sadike naj bi imele čim manjše izpade, istočasno pa želimo od njih čim boljšo rast.

Kvaliteto sadik določa po eni strani njen izvor, to je dednostna (genska) zasnova, po drugi strani pa način njihove vzgoje in manipulacije med izkopom in po izkopu, kar se odraža v morfoloških in fizioloških lastnostih gozdnih sadik. Oravnava slednjih lastnosti pa je predmet te naloge. Da bomo vzgojili dovolj kvalitetne sadike, moramo predvsem dovolj poznati njihove pomembnejše fiziološke in morfološke lastnosti, pa tudi primernost teh morfoloških in fizioloških kriterijev kakovosti sadik. Proučiti moramo tudi najpomembnejše ekološke faktorje v drevesnicah (podnebje, tla) in njihov vpliv na kakovost sadik. Tako bomo lahko izdelali osnove za vzgojo kakovostnih sadik, s katerimi bomo dosegli dobre uspehe saditve in dovolj hitro začetno rast nasadov ter kasneje zdrave, stabilne in dolgožive sestoje.

Pri raziskavah morfoloških lastnosti sadik smo se omejili predvsem na proučevanje rasti in razrasti nadzemnega in koreninskega dela sadik, glede na način njihove vzgoje. Poleg sadik, ki so bile vzgojene na generativen način, smo obravnavali tudi sadike,

ki smo jih vzgojili iz potaknjencev na vegetativen način. Od fizioloških lastnosti smo proučevali vodni režim sadik, neto-fotosintezo in respiracijo ter prehranjenost sadik na osnovi foliarne analize. Obsežnejših fizioloških proučevanj gozdnih sadik, kot jih delajo v gozdarskih bioloških inštitutih po svetu pa seveda glede na razpoložljive aparature in kadre v okviru te naloge ni bilo mogoče opraviti.

Vplive različnih načinov vzgoje in različnih ekoloških faktorjev v drevesnicah na nadaljnjo rast teh sadik (in na njihovo kvaliteto) smo preverjali v različnih nasadih. Glavne raziskave smo namenili smrekovim sadikam, saj posadimo pri nas od vseh sadik dobre štiri petine smreke, listavcev pa le nekaj odstotkov.

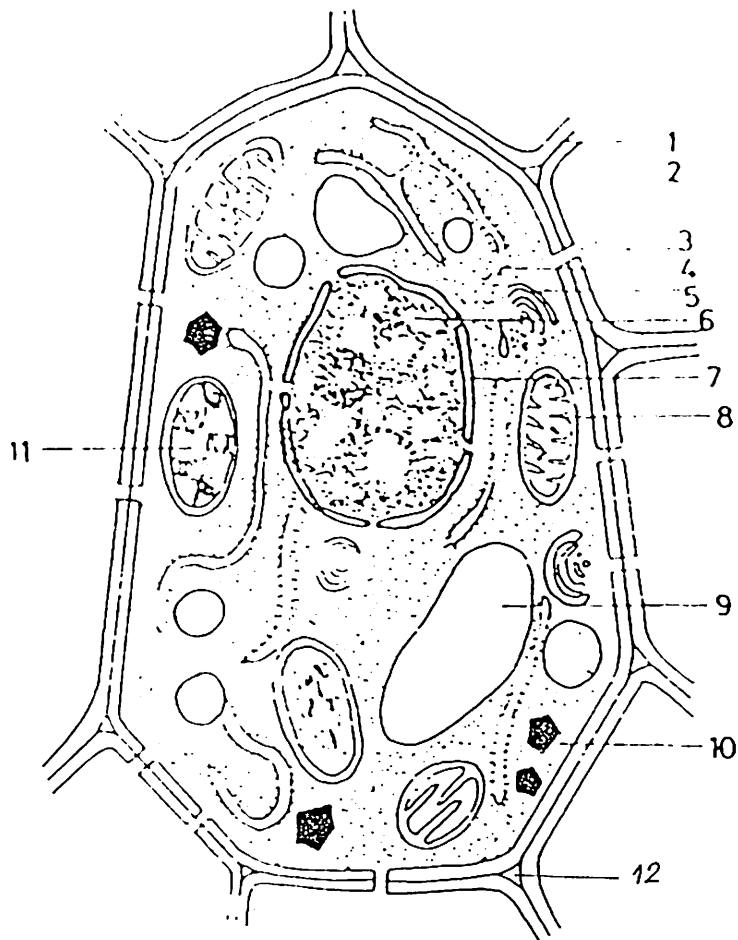
2 TEORETIČNA IZHODIŠČA ZA UGOTAVLJANJE MORFOLOŠKIH LASTNOSTI GOZDNIH SADIK

2.1 CITOLOGIJA

Citologija (gr. Kitos - prazen sod, logos - učenje) je veda o celici. Celica je najmanjša funkcionalna enota, ki kaže vse karakteristike življenja. Velikost oziroma širina rastlinskih celic se giblje od 10-100 μm . V njej so številne visokoorganizirane strukture, ki se vzdržujejo ob stalni porabi energije. Med celico in njenim okoljem poteka stalna izmenjava snovi (intermediarni metabolizem). Na spremembe reagira z vzdraženostnimi reakcijami. Vsa živa bitja so sestavljena iz celic, vsaj enkrat med izmeno generacij pa obstajajo v enocelični obliki.

Tipična rastlinska celica je sestavljena iz protoplasta, ki ga obdaja celična stena (TATIĆ idr.1986). Protoplast sestavljajo naslednji organeli (komponente): citoplazma, jedro, plastidi, mitohondriji, endoplazmatski retikulum, Goldžijev aparat, sferosomi, lizozomi in ribozomi (slika 1). Z odkritjem elektronskega mikroskopa pa so odkrili še druge komponente.

Slika 1: Shema rastlinske celice (TATIĆ)



- 1 - primarna celična stena (in osrednja lamela)
- 2 - sekundarna celična stena
- 3 - piknja
- 4 - endoplazmatski retikulum z ribosomi
- 5 - Golgijev aparat
- 6 - celično jedro z jedrcem
- 7 - jedrna membrana
- 8 - mitohondrij
- 9 - vakuola
- 10 - mastne kaplje
- 11 - plastid
- 12 - intercelular

Celična stena je trdno zunanje ogrodje rastlinskih celic, ki ga protoplazma izloča skozi plazmalemo navzven. Osrednji del stene je osrednja lamela, medcelična tvorba, ki je zgrajena iz pektinom podobnih snovi, ki po končani jedrni delitvi nastane iz celične plošče med hčerinskima jedroma (Bricelj idr., 1985). Na osrednjo lamelo se prično nalagati elementi primarne celične stene, rahlo prepletene celulozne fibrile kot ogrodje stene ter pektini in hemiceluloze, kot osnovna masa primarne stene. Na te steni se proti koncu rasti tvori sekundarna celična stena iz plasti vzporednih celuloznih fibril. Neodebeljena mesta v sekundarni steni se imenujejo piknje, odprtine v celični steni pa perforacije. Povezava s sosednimi celicami poteka preko (plazmodezem.) (plazmatski spoj).

Celični sok je vodna razstopina z organskimi in anorganskimi snovmi. Je vsebina vodnih vakuol in je od celične plazme ločena z membrano - tonoplastom.

Protoplazma je bogata zmes organskih in anorganskih substanc in predstavlja substrat za življenske funkcije. Substance so v osnovni tekoči fazi razstopljene kot koloidi. Proti okolju je protoplazma omejena s plazmalemo. Večji del protoplazme se imenuje citoplazma, v kateri se nahajajo različni celični organi kot so endoplazmatski retikulum z ribosomi, mitohondriji, plastidi in jedro.

Celično jedro (sin. nukleus, karion) je telo v citoplazmi, ki meri v premeru od 5 - 25 μm . Sestavljajo ga kromosomi (navadno so despiralizirani), ki tvorijo kromatinsko mrežo, jedrni sok, najmanj en nukleus (jedrce) in jedrna membrana s porami, skozi katere teče povezava s celično plazmo. Jedro je center genetične informacije in s tem kontrolno mesto dogajanj v celici. Nosilci dednih zasnov (genov) so kromosomi, ki so sestavljeni iz nukleoproteidov (DNA).

Kromosom sestavlja spiralasto zavita nit, kromonema, na kateri so nanizane kromomere. Najvažnejše raziskave pa so pokazale, da se geni ne nahajajo izključno v kromomerah. Pri jedrni (celični) delitvi se vsak gen z vzdolžno cepitvijo identično podvoji, obe polovici kromomere (kromatidi) pa se pri tem ločita. Vse celice organizma imajo enako genetsko informacijo. V celici je več različnih kromosomov, vendar je njihovo število pri vsaki vrsti stalno. Razlikujejo se po obliki, velikosti in vzorcu kromomer. V normalnih celicah obstajata dva enaka kromosoma vsake kromosomske vrste, v spolnih celicah pa obstaja le enojni kromosom.

V rastlinskih celicah so opazili z elektronskim mikroskopom tanke vmesne membrane oziroma kanalčke, ki se imenujejo endoplazmatski retikulum (ER). Ta se po potrebi izgradi in zopet razgradi. ER je na površini, ki je obrnjena k osnovni citoplazmi prekrit z drobnimi delci velikosti 10-25 nm imenovanimi ribosomi (sestav: ribonukleinska kislina in proteini). Tesno povezani z ER in jederno membrano so diktiosomi (imenovani tudi Golgijev aparat), ki so skupine ploščatih mehurčkov obdanih z membrano. Zelo majhni delci v celici so nadalje še sferosomi in mikrosomi (encimatsko aktivni organeli).

Mitochondrije so odkrili zaradi majhnosti ($2\ \mu\text{m} \times 0,2\ \mu\text{m}$) precej pozno. Vsebujejo veliko encimov in sodelujejo pri procesu razgradnje in izgradnje organskih snovi in so centri celičnega dihanja.

Plastidi so celični organi, značilni za celice vseh evkarionskih rastlin. Brezbarvni plastidi so levkoplasti, obarvani pa kromoplasti in kloroplasti.

2.2 SPLOŠNA HISTOLOGIJA - TKIVA

Histologija je veda o zgradbi tkiv. Tkivo pa je zaključena skupina celic pri mnogoceličnih organizmih, ki sestoji iz diferenciranih celic enake oblike in funkcije in je skupnega nastanka. Pri višje razvitih rastlinah se iz vegetativne točke diferencirajo trajna tkiva.

Meristem (tvorno tkivo) je rastlinsko embrionalno tkivo, ki je sestavljeno iz celic z veliko citoplazme in tankimi stenami. Iz njega se po celičnih delitvah in diferenciaciji razvijejo vsa druga rastlinska tkiva. Ločimo primarne meristeme (izvirajo iz prameristema, t.j. iz embrija). Ti so npr. v rastnih vršičkih stebel in korenin in v delu kambija. Sekundarni meristem so meristemi, ki so nastali iz trajnih celic, ki so ponovno dobile sposobnost delitve. Torej so nastali naknadno iz že diferenciranih skupin celic, npr. plutni kambij.

Trajno tkivo nastane iz tvornega tkiva in v normalnih pogojih v temu tkivu ne prihaja do celične delitve. Celice tega tkiva so izdiferencirane in so vedno večje od meristemskih celic. V njih je malo plazme, večkrat so že mrtve in so napolnjene z vodo in zrakom. Glede na vrsto tkiva oporavljajo specifično funkcijo (krovno, prevajalno, itd.)

Medcelični prostori. Pri spreminjanju embrionalnih v trajne celice pride do razgradnje osrednje lamele v celični steni. Med stenami sosednjih celic nastanejo intercelularni prostori, ki se kasneje spremenijo v povezan sistem drobnih kanalov. Ti kanali so pomembni za izmenjavo plinov živih celic v globjih plasteh.

Parenhim je osnovno rastlinsko tkivo z dobro razvitimi medceličnimi prostori. Različne vrste parenhima predstavljajo največkrat večino vseh tkiv v rastlini. Ločimo asimilacijski parenhim (zeleno asimilacijsko tkivo lista), lesni parenhim (ki prepreča mrtvo lesno tkivo), prezračevalni parenhim (razvit pri vodnih

rastlinah), prevodni parenhim in založni parenhim. Asimilacijski parenhim ali tkivo za fotosintezo je sestavljeno iz skupin rastlinskih celic, katerih glavna funkcija je asimilacija ogljikovega dioksida.

Krovno tkivo

a/ *Epiderm* ali krovno tkivo je povrhnica nadzemnih delov listnic, ki nastane iz zunanjšega sloja prameristema, ki ga imenujemo protoderm in spada med primarna krovna tkiva. Ščiti rastlinske organe pred izhlapevanjem, poškodbami in vdorom mikroorganizmov.

V povrhnici listov so zelo majhne odprtine - reže (stome), katerih je navadno več 100 na 1 mm². Reža je sestavljena iz dveh celic zapiralk, ki sta praviloma fižolaste oblike. Reža z odpiranjem in zapiranjem vmesnega intercelularija regulira izhlapevanje vode iz rastline in izmenjavo kisika in ogljikovega dioksida.

Iz posebnih meristemov listne povrhnice (meristemoidov) nastajajo eno ali večcelični izrastki imenovani trihomi ali laski. Ti ščitijo rastlinske organe pred premočnim izhlapevanjem vode, pred škodljivci, pomagajo pri vzpenjanju, rastlin. Izjemoma lahko kopičijo, ali celo vsrkavajo vodo.

Podobne tvorbe kot trihomi so tudi emergence, kjer pri nastanku poleg povrhnjice sodelujejo še pod njo ležeča tkiva (n.p. trni šipka in vrtnic, malin, robid, itd).

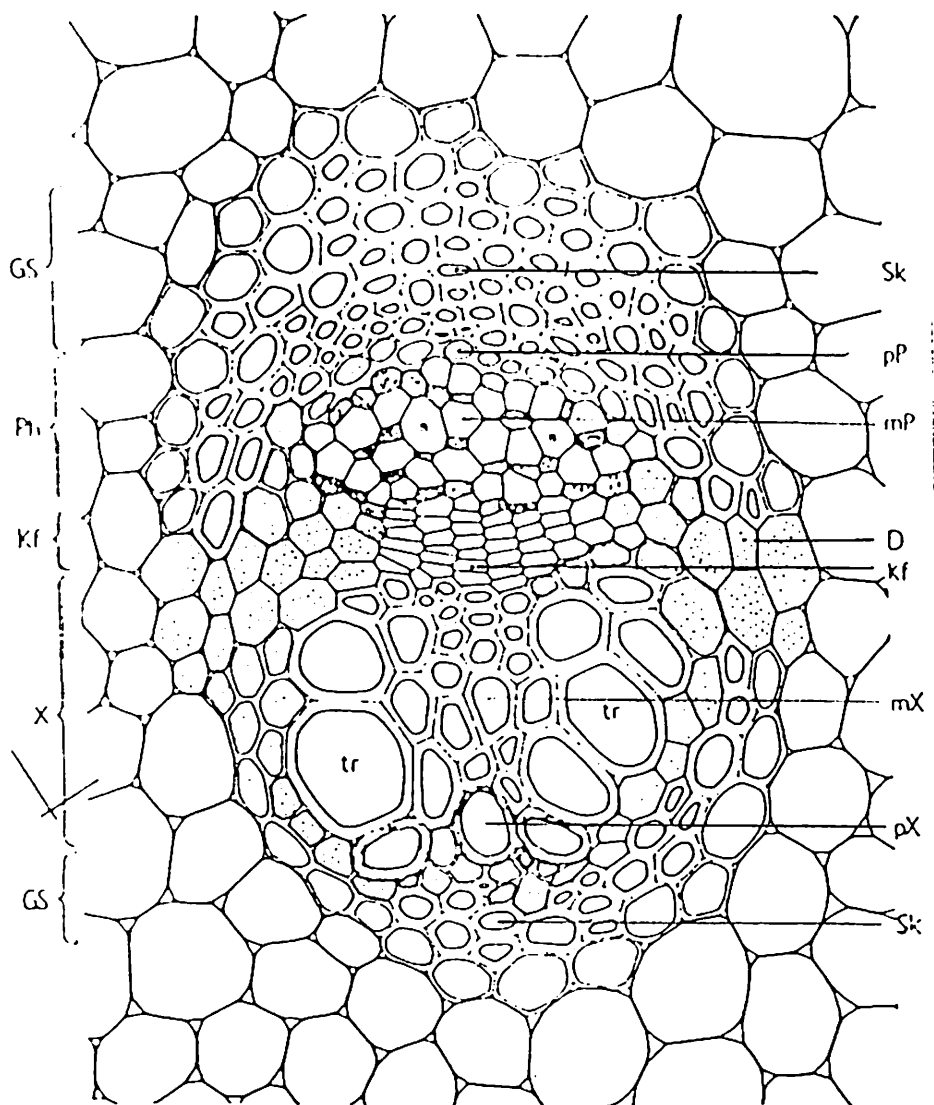
b/ *Pluta* je sekundarno krovno tkivo, ki nastane pri tangencialnih delitvah plutnega kambija proti zunanosti rastlinskih organov. Plutni kambij (felogen), ki nastaja iz celic povrhnice ali globlje ležečih tkiv tvori proti zunanosti pluto in proti notranosti neoplutenele in s klorofilnimi zrni bogate celice feloderma. Vse te tri vrste tkiva (pluta, plutni kambij, feloderm) pa se imenujejo peridem. Celice plute se tesno stikajo, kmalu odmrejo, njihove

stene pa se prepojijo s čreslovinami in suberinom. Pri krompirjevem gomolju je pluta iz manjšega števila plasti celic pri hrastu pa večplastna. Pluta ščiti rastlinske organe pred izsušenjem, pred mehanskimi poškodbami in pred mikroorganizmi.

Absorbcijsko tkivo je skupina specifično diferenciranih rastlinskih celic, ki vsrkavajo vodo in rudninske snovi. Vedno se razvije na koreninah. To tkivo imenujemo rizoderm - povrhnico korenine, ki pokriva le manjše dele korenin (absorbcijsko čeno). *Koreninski laski* so nežni lasasti izrastki celic rizoderma. Rizoderm (koreninski laski) ima kratko življensko dobo in je razvit le na mlajših delih korenin, tik za rastnim vršičkom.

Prevajalno tkivo ali žila je snopičasta skupina tkiv pri višjih rastlinah, po katerih se prevajajo snovi od korenin po stebelu do listov in obratno v njihovi primarni zgradbi. Asimilati (mono- in disaharidi in druge organske snovi) se iz listov, kjer nastajajo ali iz depojev prevajajo po žilah v druge dele rastlin. Floem (po katerem se prevajajo asimilati) je sestavljen iz sitk (živih brezjedernih celic) ali iz sitastih celic in iz spremljevalk (manjše žive celice, ki se razvijejo samo pri kritosemenkah). Voda in v njej razstopljene redninske snovi prehajajo po ksilemu, ki je sestavljen iz traheid (mrtve celice, z odebelenimi in olesenelimi stenami, v katerih so obokane pikne in trahej (dolge mrtve cevi nastale iz več celic). Ločimo protofloem (prvo izdiferenciran floem), metafloem (dograjen floem); protoksilem in metaksilem. Propustne transportne celice (provodni parenhim) pa so zmerno odebeljene parenhimske celice, ki omogočajo izmenjavo vode in hranljivih snovi med žilo in okolnim parenhimom.

Mehansko ali oporno tkivo je skupina celic, ki daje rastlinam trdnost in oporo. Ločimo kolenhim, ki je razvit predvsem pri enoletnih zelnatih rastlinah in sklerenhim, ki je tkivo starejših delov rastlin. Kolenhim sestavljajo žive celice, katerih

Slika 2: Prevajalno tkivo *Ranunculus repens* (DENFFER)

- GS - ovojnica prevajalnega snopiča
- Sk - sklerenhimska vlakna
- Ph - floen
- pP - protofloem
- mP - metafloem
- Kf - kambiform
- D - prepustne transportne celice
- X - ksilem
- pX - protoksilem
- mX - metaksilem
- tr - traheja

sekundarne stene so na določenih mestih odebeljene, na drugih pa ne. Pri vogalnem kolenhimu so močno odebeljene stene na vogalih celic, pri ploskovnem kolenhimu pa so odebeljene samo tangencialne celične stene. Sklerenhim je sestavljen iz sklerenhinskih celic, ki imajo v vseh smereh bolj ali manj enak premer (sklereid) in v stenah piknje, ali pa iz podolgovatih prozenhimskih celic (običajno dolžine 1-2 mm), ki jih imenujemo sklerenhimska vlakna. Ta vlakna, ki so npr. v lanu in konoplji uporabljamo za prediva. Vse celice sklerenhima so mrtve ter imajo močno in enakomerno odebeljene celulozne stene.

Izločalno tkivo imenujemo tisto vrsto tkiv, ki sodelujejo pri izločanju snovi v atmosfero (O_2 , CO_2), ali pri izločanju metaboličnih produktov, ki se dokončno izločijo iz kroga snovne izmenjave (sluzi, gume, smole, čreslovine, eterična olja, alkaloidi, različni encimi, kristali kalcij - oksalata). V ta tkiva spadajo: žlezne celice, hidatode, sluzni, smolni, mlečni kanali, idioblasti, itd.

2.3 MORFOLOGIJA VIŠJIH RASTLIN (BRSTNIC)

2.3.1 Steblo

Steblo je poleg korenine in lista najvažnejši organ višjih rastlin. Navadno se razvije nad zemljo, včasih pa deloma pod zemljo in deloma nad zemljo. Glavno steblo, imenovano stebelna os, je olistano (podzemno steblo z luskami) in raste z rastnim vršičkom, ki je zaščiten s posebnimi listi. Stranski poganjki ali stranska stebela izraščajo v listnih pazduhah.

Mesta, kjer izraščajo iz stebela listi se imenujejo nodiji, odsek brez listov med dvema nodijema se imenuje internodij. Če raste v nodiju iz stebela več listov kot 2 govorimo o vretenasti namestitvi.

V stebalu so prevajalna, osnovna in mehanska tkiva. Primarna trajna tkiva so pri dvokaličnicah razporejena po naslednjem razporedu: v sredini je parenhimsko tkivo "stržen", ki ga obdajajo v krogu razporejene nedovršene kolateralne žile, sledi več plasti parenhimov prim. skorje stebala in povrhnjica. Razpored elementov v njihovem ontogenetskem razvoju prikazuje sl. 3.

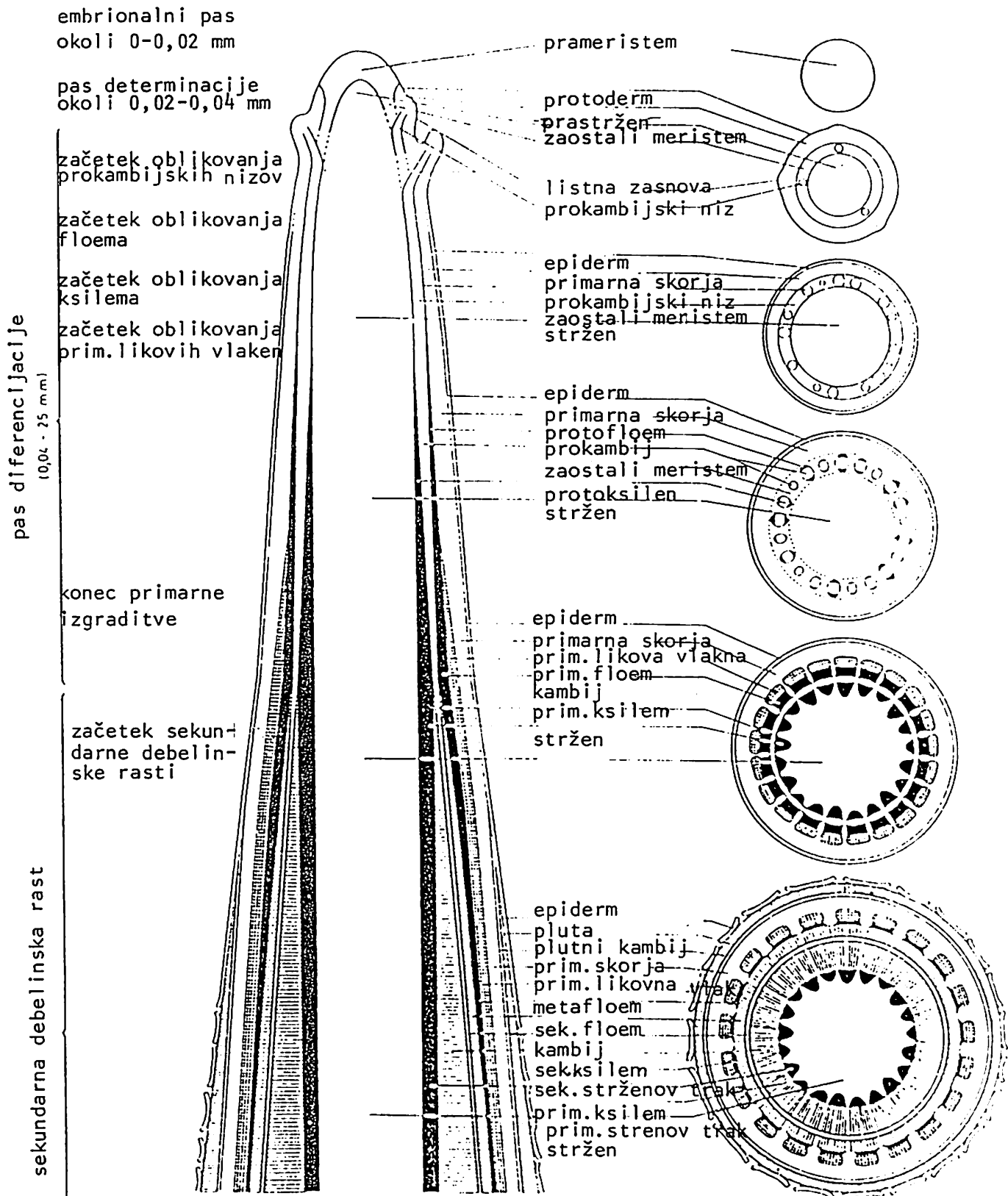
Les dvokaličnic sestavljajo vzdolžno potekajoči mrtvi prevajalni elementi (traheje in traheide), mrtva lesna vlakna in živi parenhim, ki poteka vzdolžno in radialno (strženovi trakovi). Zaradi periodičnega delovanja kambija so traheje in traheide v spomladanskem delu širše kot v poletnem. Meja med pomladanskim in poletnim lesom je branika, letnica pa je del, ki se razvije v enem letu.

Višinska rast sadik poteka v terminalnem brstu (popku), kjer se nahaja temenski (apikalni) meristem. Terminalni popek je mlad poganjek, ki je obdan z luskolisti in ima že razvite zasnove za steblo in liste.

Pri debelinski rasti stebala ločimo primarno rast, ki se odvija v neposredni bližini apikalnega meristema in sekundarno rast v debelino, ki se začne po končani primarni rasti in traja do smrti. Pri drevninah poteka sekundarna debelinska rast zaradi delitve periferne meristemskega sloja - kambija. Proti deblu se tvori sekundarni ksilem (sekundarni les), proti periferiji oziroma liku pa sekundarna skorja. Les golosemenk je v primerjavi z lesom dvokaličnic enostavneje zgrajen. Traheji ni, traheide, dolžine 1-8 mm pa so rasporejene praviloma v radialni smeri.

Pri dvokaličnicah potuje voda pretežno po trahejah. Pri deset in več let starem lesu kritosemenk potuje voda s hitrostjo 1,2-1,4 m/h, v lesu kritosemenk z rastreseno poroznim lesom s hitrostjo 2-6 m/h, mlajši les kritosemenk z obročasto poroznim lesom pa prevaja vodo s hitrostjo 4-44 m/h.

Slika 3: Shematični vzdolžni presek in odgovarjajoči prečni preseki skozi vrh poganjka drevesa, ki spada med dvokaličnice (DENFFER)



2.3.2 List

List je organ višjih rastlin in je stranski izrastek stebila ter ima omejeno rast. Listne zasnove (listni primordiji) so vidne že na rastnem vršičku, takoj za vegetacijskim stožcem. Že zelo zgodaj v razvoju se pojavi delitev v zgornji in spodnji del listne zasnove. V začetku raste list iz vršnega meristema, kasneje pa iz bazalne ali pa od več interkalarnih zon. Poznamo: klične liste ali kotiledone (pojavijo se v rastlinskem zarodku, v njih se lahko shranjujejo rezervne snovi), prave zelene liste (katerih naloga je transpiracija in fotosinteza), dnične liste (luskolisti čebule, listi na mladih poganjkih), ovršne liste ali brakteje (so v cvetni regiji), cvetne liste in druge oblike spremenjenih ali metamorfoziranih listov (listni trni).

Pri hipogeični kalitvi ostanejo klični listi po klitju pod zemljo, pri epigeični kalitvi pa se dvignejo iz zemlje, so zeleni in krajši ali daljši čas asimilirajo CO₂. Pri pravem listu ločimo listno ploskev, listno bazo (ki se lahko razvije v listno možnico, npr. pri travah ali pa se razvije v priliste) in pecelj. Če peclja ni pravimo, da so listi sedeči. Listna ploskev je lahko enostavna ali na različne načine sestavljena. Ločimo dlanasto in pernato deljene in sestavljene liste. Glede na potek žil v listu ločimo: vzporedno žilnate liste (trave) in mrežasto žilnate liste (lipa). Glede na obris in obliko listne ploskve ločimo: celorobe enostavne liste, nazobčane enostavne liste (grobo nazobčane, drobno nazobčane, trnato nazobčane, šobasto nazobčane) ter igličaste, črtaste, suličaste, jajčaste, eliptične, srčaste, ledvičaste, kopjaste in lopataste. Glede na razvrstitev listov na rastlini pa ločimo: spiralo razvrstitev, navskrižno razvrstitev, nasprotno razvrstitev in vretenasto razvrstitev.

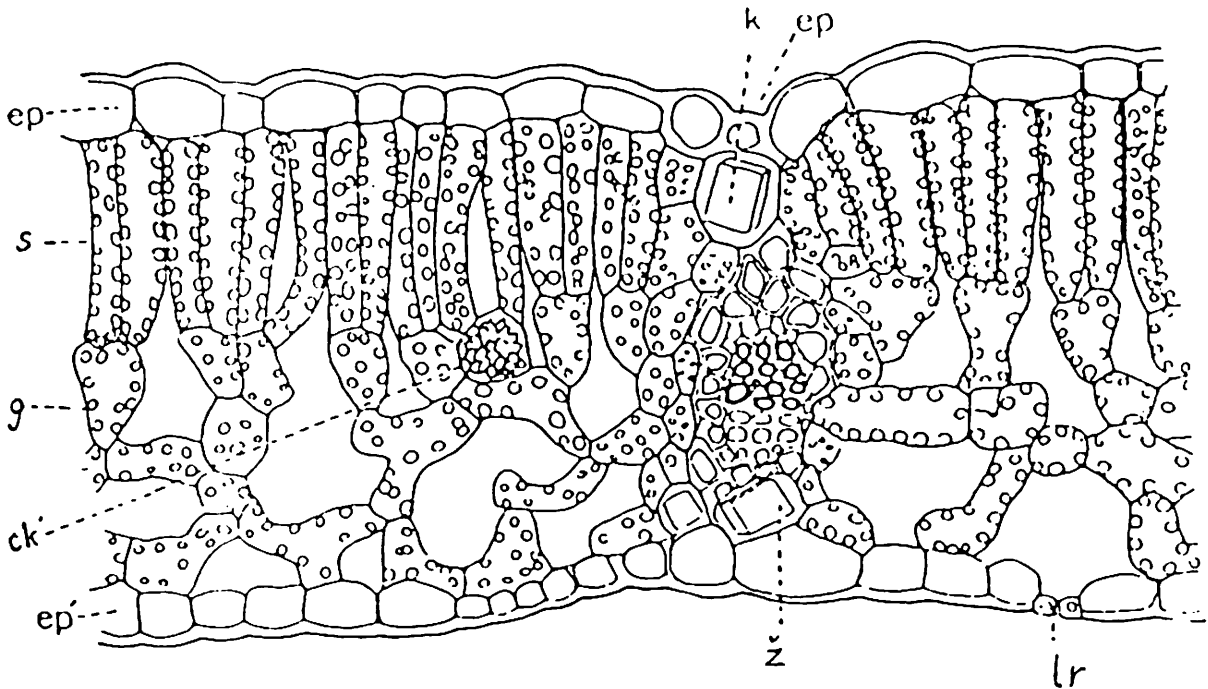
Ploskev tipičnega zelenega lista je sestavljena iz povrhnice (epidermisa), mezofila (pri drevju iz stebričastega in gobastega parenhima), prevajalnega tkiva (žil) in mehanskega tkiva. Listne reže (stome) so navadno le v spodnji povrhnici lahko so pa v obeh. Le-te sodelujejo pri fotosintezi in izločanju vodne pare, kar je glavna funkcija pravih zelenih listov. Stebričasto tkivo je v zgornjih plasteh dorziventralno zgrajenega, bifacialnega lista. Je tkivo za fotosintezo in je bogato s kloroplasti. Palisadno tkivo je lahko eno, dvo ali večplastno. Gobasti parenhim sestavlja 2 do 7 plasti okroglih ali zvezdastih celic med katerimi je veliko nadceličnega prostora, ki pelje k listnim režam. Po funkciji je gobasti parenhim transpiracijsko in asimilacijsko tkivo, le da je v njem manj kloroplastov. Na 1 mm^2 listne površine ricinusa je v stebričastem parenhimu 400.000 in v gobastem parenhimu 92.000 kloroplastov (Tatić idr. 1986).

2.3.3 Korenina

Korenina je pri brstnicah praviloma podzemni organ, s katerim se rastlina pritrja na podlago ter iz nje sprejema vodo z razstopljenimi hranilnimi snovmi za celotno rastlino. Korenina je brez listov in zasnov brstov, prevajalna in oporna tkiva pa so v središču korenine. Pri semenkah raste korenina z rastnim vršičkom, ki ga sestavlja večje število meristemskih (delečih) celic. Ta vršiček je zaščiten s koreninsko čepico. V še nediferencirani coni rastnega vršička se oblikujejo histogene cone, to je naslednje skupine celic (ki se med seboj ločijo po legi in obliki celic):

- v sredini leže celice pleroma, iz katerih se razvije centralni cilindar z žilo (pericikl),
- celice periblema so sosednje celice, iz njih se razvije primarna skorja (notranji sloj celic v tej skorji se imenuje endoderm, zunanji sloj te skorje pa je eksoderm)

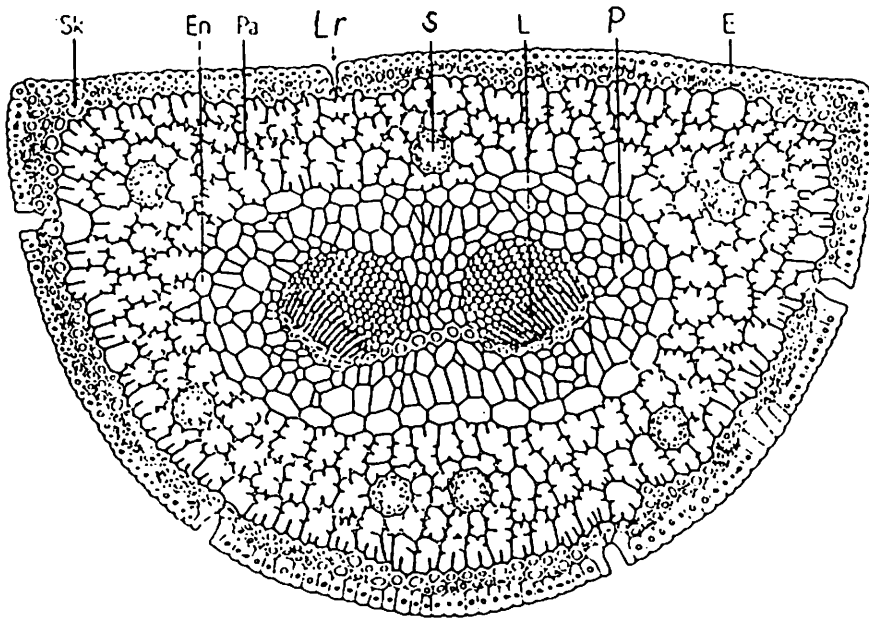
Slika 4: Prečni prerez bukovega lista (LEKSIKON)



ep - epiderm zgornje strani (zgornja povrhnjica)
 ep - epiderm spodnje strani (spodnja povrhnjica)
 s - stebričaste celice asimilacijskega parenhima
 g - gobasto tkivo asimilacijskega parenhima

k - kristal
 ž - žila
 ck - celica s kristalno kupočo
 lr - listna reža

Slika 5: Prečni prerez iglice črnega bora (DENFFER)



- E - epiderm (povrhajica)
- Lr - listna reža
- Sk - hipodermalni sklerenhim
- Pa - asimilacijski parenhim
- S - smolni kanal
- En - endoderm
- P - transfuzijsko tkivo
- L - kolateralna žila

- celice dermatogena predstavljajo zunanji sloj iz katerih se razvije povrhnica korenine (rizoderm).

Stranske korenine nastajajo (drugače kot stranski poganjki vej) endogeno, to je iz notranjih slojev. Razvoj stranske korenine se prične v zunanjem sloju centralnega cilindra korenine (iz pericikla), tako da mora mlada koreninica predreti tkivo primarne skorje.

Koreninski laski so drobni lasasti izrastki celic rizoderma. Imajo kratko življensko dobo in so samo na mlajših delih korenin, tik za rastnim vršičkom. Laske vsrkavajo vodo in v njej razstoplejene hranilne snovi. Sekundarna rast korenin v debelino poteka iz kambija, ki nastane iz pericikla in parenhimov, ki ločijo ksilem in floem v korenini. Oblikuje se sekundarni kambijski plašč, iz katerega raste proti notranjosti les in navzven sekundarna skorja korenine.

2.4 RAZMNOŽEVANJE

Razmnoževanje je nastajanje istovrstnih potomcev, kar omogoča ohranjanje vrste.

2.4.1 Nespolno ali vegetativno razmnoževanje

Vegetativno razmnoževanje nastopa pri enoceličarjih in tudi pri višjih rastlinah preko totipotentnih delov tkiv, kot so zarodni brstiči, deli korenin, deli vej, listov itd. Pri razmnoževanju s potaknjenci, to je avtovegetativnem razmnoževanju izkoriščamo lastnosti meristemskih celic, da se lahko mitotsko dele in da je v vsaki genetska informacija, ki omogoča razvoj v popolno rastlino. (Mitoza je indirektna delitev jedra v dve hčerkinini jedri po podvojitvi kromosomov, kar nastopi pred celično delitvijo). Gozdarji razmnožujejo s potaknjenci številne gozdne drevesne vrste prav zaradi določenih prednosti, ki jih

prinaša ta način razmnoževanja pri žlahtnenju gozdnega drevja.

Nespolno razmnoževanje lahko delimo v:

- a/ razmnoževanje s posebnimi razplodnimi celicami (s sporami)
- b/ nespolno razmnoževanje enoceličnih organizmov in večceličnih organizmov z oddvojenimi rastlinskimi deli, ki se nadalje deli v:
 - avtovegetativno (neposredno vegetativno razmnoževanje, kjer nova rastlina oblikuje lastno korenino, npr. potaknjeneček)
 - heterovegetativno (posredno vegetativno, ki ga imenujemo tudi cepljenje)
 - mikrovegetativno (tkivne kulture).

2.4.2 Spolno razmnoževanje

Spolno razmnoževanje je prisotno pri večini višjih rastlin in ima za posledico nove kombinacije starševskih lastnosti. Take spremembe dednih lastnosti so zelo pomembne za prilagajanje in ohranitev vrste. Zarodne celice različnih spolov imajo zaradi predhodne mejoze (redukcijske delitve), to je jederne delitve, pri kateri se število kromosomov zmanjša na polovico, sposobnost, da formirajo po oploditvi oziroma po opraitvi (združitvi moškega in ženskega celičnega jedra) novo celico - zigoto, z normalnim številom kromosomov. Zigota pa združuje dedne lastnosti obeh staršev.

3 TEORETIČNA IZHODIŠČA ZA UGOTAVLJANJE VAŽNEJŠIH FIZIOLOŠKIH LASTNOSTI GOZDNIH SADIK

Fiziologija rastlin je veda o življenjskih procesih rastlin (*Leksikon 1985). Proučuje zakonitosti pri različnih procesih, kot so asimilacija, presnova, razvoj, gibanje, transport snovi, zaznava dražljajev in podobno. Na te življenjske procese rastlin

pa vplivajo različni ekološki dejavniki kot so temperatura, voda, svetloba, tla in zrak. Razdelitev rastlinske fiziologije v poglavja in podpoglavja sem povzel po učbeniku botanike za visoke šole od Denfferja in Zieglerja (1982).

3.1 FIZIOLOGIJA MENJAVE SNOVI IN PRETOKA ENERGIJE

Fiziologija menjave snovi in toka energije raziskuje kemične in fizične procese, ki se odvijajo, zato da se lahko rastlina tudi energetsko osamosvoji od nežive narave in zaživi svoje življenje.

3.1.1 Energetika menjave snovi

Energetika zaprtih sistemov

Pri temu sistemu ne pride do izmenjave snovi in energije z okolico. Najbolj običajna oblika energije je toplota: endotermični procesi (prejemanje toplote) in ekzotermični procesi (oddajanje toplote).

Vsota vseh oblik energije v zaprtem sistemu je konstanta. Entropija zaprtega sistema pa se lahko le poveča (toplota prehaja le iz toplejšega telesa k hladnejšemu). Ireverzibilni procesi potekajo tako, da se poveča entropija. Spremembe toplote in entropije se izražajo s svobodno entalpijo.

Energetika odprtih sistemov

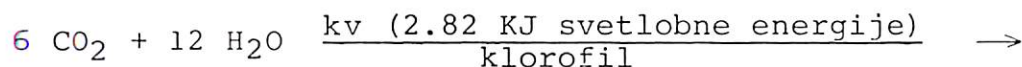
Za žive celice je značilno, da so številni procesi med seboj povezani in da se z okoljem izmenjuje materija in energija.

3.1.2 Pridobivanje energije (fotosinteza in kemosinteza)

3.1.2.1 Avtotrofija

Avtotrofne rastline so sposobne s foto - ali kemosintezo graditi iz anorganskih snovi organske, pri čemer izkoriščajo energijo sonca ali kemično energijo v okolju prisotnih snovi. Bakterije gradijo organske snovi iz anorganskih s kemosintezo. Heterotrofne rastline nimajo klorofila ter potrebujejo za izgradnjo svojega organizma že sintetizirane organske snovi (saprofiti in paraziti).

Fotosinteza je skup reakcij, pri katerih ustvarja rastlina s pomočjo sončne energije iz enostavnih anorganskih snovi za življenje potrebno organske spojine. Fotosinteza poteka po naslednji shemi (TUCOVIĆ 1989):



Dejanski izvir energije za to reakcijo je jedersko zlivanje (fuzija) vodikovih atomov na soncu, ki poteka po shemi (DENFER, ZIEGLER 1982) : $4 \frac{1}{1} \text{ H} \rightarrow \frac{4}{2} \text{ He} + 2 \text{ } \frac{1}{0} \text{ e}$.

Masa vodikovih atomov znaša $4 \times 1,0008$, masa helijevega atoma pa $4,0030$, medtem, ko se izgubljeni masa $0,0002$ spremeni v energijo po einsteinovi enačbi. Sonce odda na minuto $2285 \cdot 10^{25}$ kJ, a zemlja sprejme na minuto 10^{19} kJ te energije, vendar se del te energije odbije. Letno pade na 1 cm^2 zemljine površine okoli 565 kJ . Od te energije se porabi 42% za izhlapevanje vode, a za fotosintezo le $0,138 \text{ kJ}$ letno na 1 cm^2 , kar znese pri vseh kopenskih rastlinah $10,5 \cdot 10^{17} \text{ kJ}$ letno.

Medtem, ko suhozemne rastline izkoristijo le $1-2\%$ svetlobne energije, izkoristi plankton celo 25% svetlobne energije (KOTAR 1986).

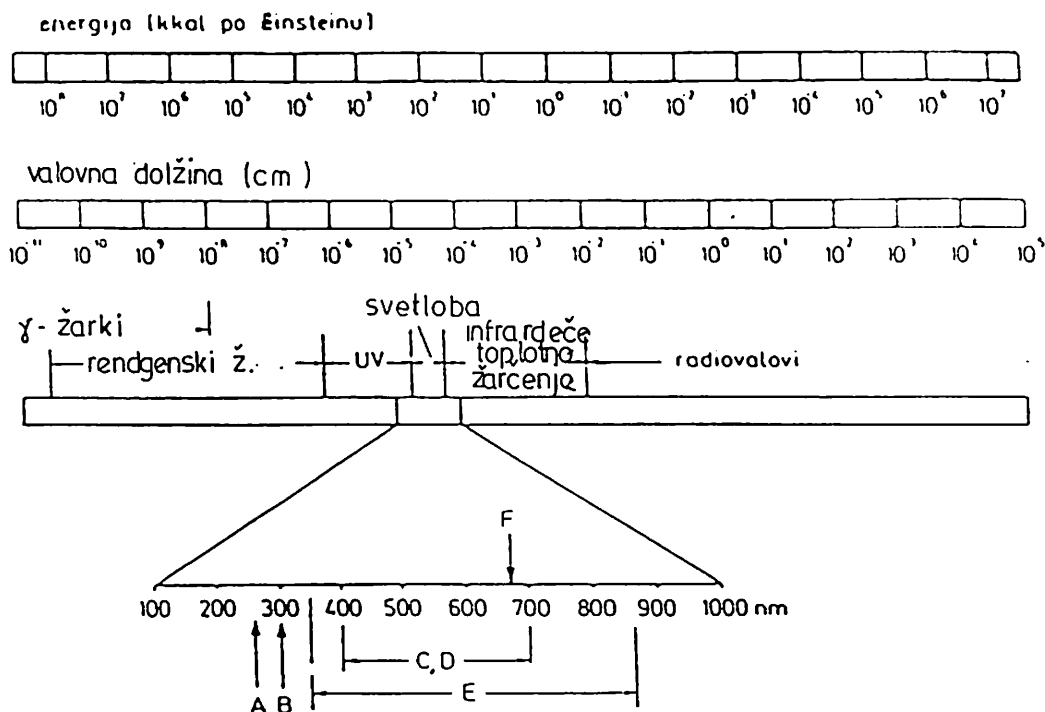
Človeško oko zazna spektralno področje od 380-760 nm valovne dolžine. Te valovne dolžine pa izkoriščajo tudi rastline za fotosintezo, fototropizem in fototaksijo (slika 6). Zato imenujemo to spektralno področje področje fotobiologije.

Na intenziteto fotosinteze vplivajo zunanji faktorji ter nekateri faktorji v sami rastlini. Glavni zunanji faktorji so kvaliteta in intenziteta svetlobe, toplota, preskrbljenost rastline z vodo in mineralnimi solmi in količina CO_2 v zraku. Ti faktorji pa delujejo v medsebojni povezavi, zato pri določeni rastlini ne moremo govoriti pri kateri intenziteti svetlobe poteka maksimalna fotosinteza, saj je ta npr. istočasno odvisna od temperature, kot to prikazuje slika št. 7. Kakor pri drugih fizioloških dogajanjih, na katere vplivajo mnogi faktorji, lahko ugotovimo tudi pri fotosintezi, da je odločujoč tisti faktor, ki je v minimumu (faktor minimuma). V primeru, da so vsi faktorji optimalni pa velja, da lahko 1 m^2 zelene listne površine proizvede v eni uri 0,5-1,5 g ogljikovih hidratov, zakar se porabi količina CO_2 , ki je v 3 m^3 zraka.

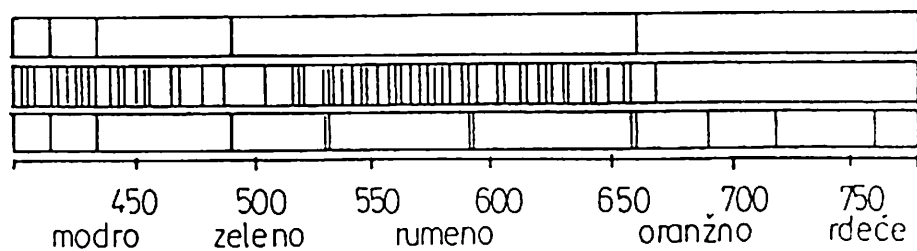
Med potekom fotosinteze in neposredno po njej se ustvarjeni ogljikovi hidrati kopičijo v fotosintetskih celicah. Njihov pretok v druga tkiva je lahko počasnejši od samega tvorjenja, kar lahko vpliva negativno na proces fotosinteze. Intenziteta fotosinteze je odvisna tudi od zgradbe in stopnje razvitosti listov. Tako vplivajo nanjo: velikost in razpored intercelularnih prostorov; relativni del spužvastega in palisadnega tkiva in njihov razpored; velikost, položaj in izgradnja rež; debelina kutikule in epiderme; količina in položaj sklerenhima; delež in razpored nezelenega mezofilnega tkiva ter velikost in razpored učinkovitega vaskularnega sistema.

Pri manjših osvetlitvah je intenziteta fotosinteze bolj odvisna od svetlobne intenzitete in je z njo deloma proporcionalna. Pri večjih svetlobnih vrednostih postane krivulja, ki ponazarja fotosintezo v odvisnosti od svetlobe, vse bolj položna, kasneje pa vodoravna. Pri še večjih osvetlitvah pride do celičnih

Slika 6: Spekter elektromagnetnega valovanja s svetlobnim sončnim spektrom (DENFFER)

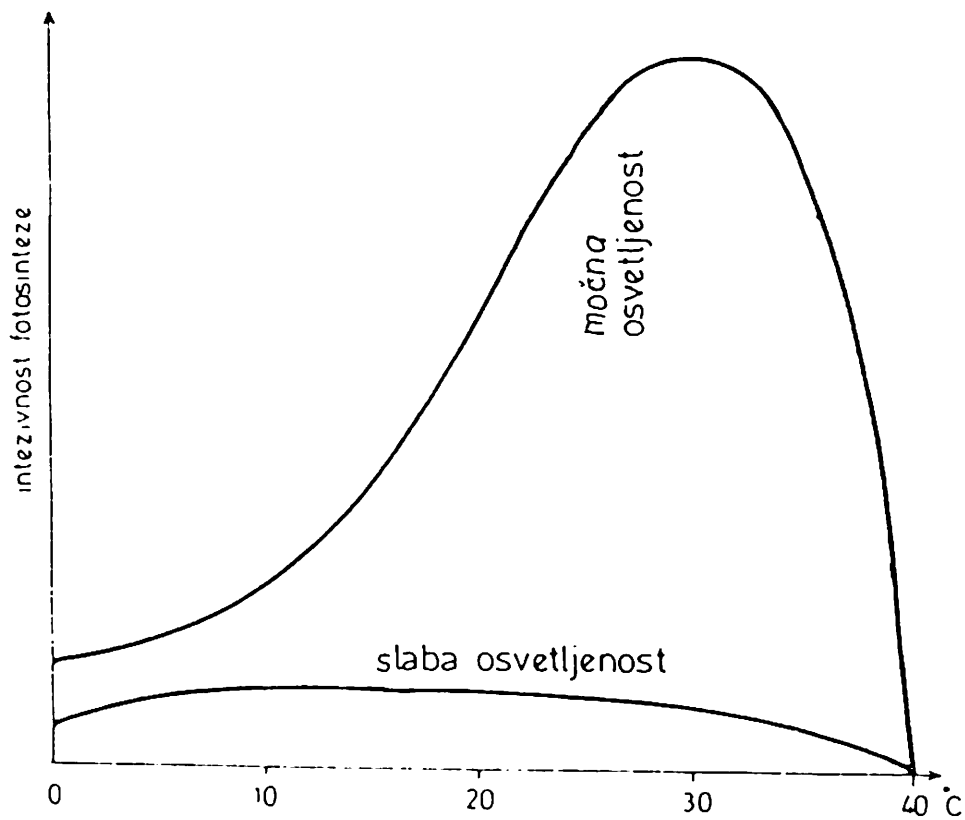


Sončni spekter s Fraunhoferjevimi črtami



- A - smrtonosno za bakterije
- B - ožig človeške kože
- C, D - svetloba, ki je vidna za človeško oko in področje za fotosintezo pri zelenih rastlinah
- E - področje za fotosintezo pri bakterijah

Slika 7: Odvisnost intenzivnosti fotosinteze od temperature in osvetljenosti bukovih listov (TUČOVIČ)



poškodb, zato začne intenziteta fotosinteze opadati.

Intenziteto fotosinteze merimo navadno z porabljenim CO_2 v mg na dm^2 površine lista na uro (ali pa na g suhe mase pri iglicah). Pri tem merimo radijacijo z $\text{Jcm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Metode, ki se uporabljajo za določanje intenzitete fotosinteze moramo razdeliti v naslednje skupine (SARIĆ idr. 1986):

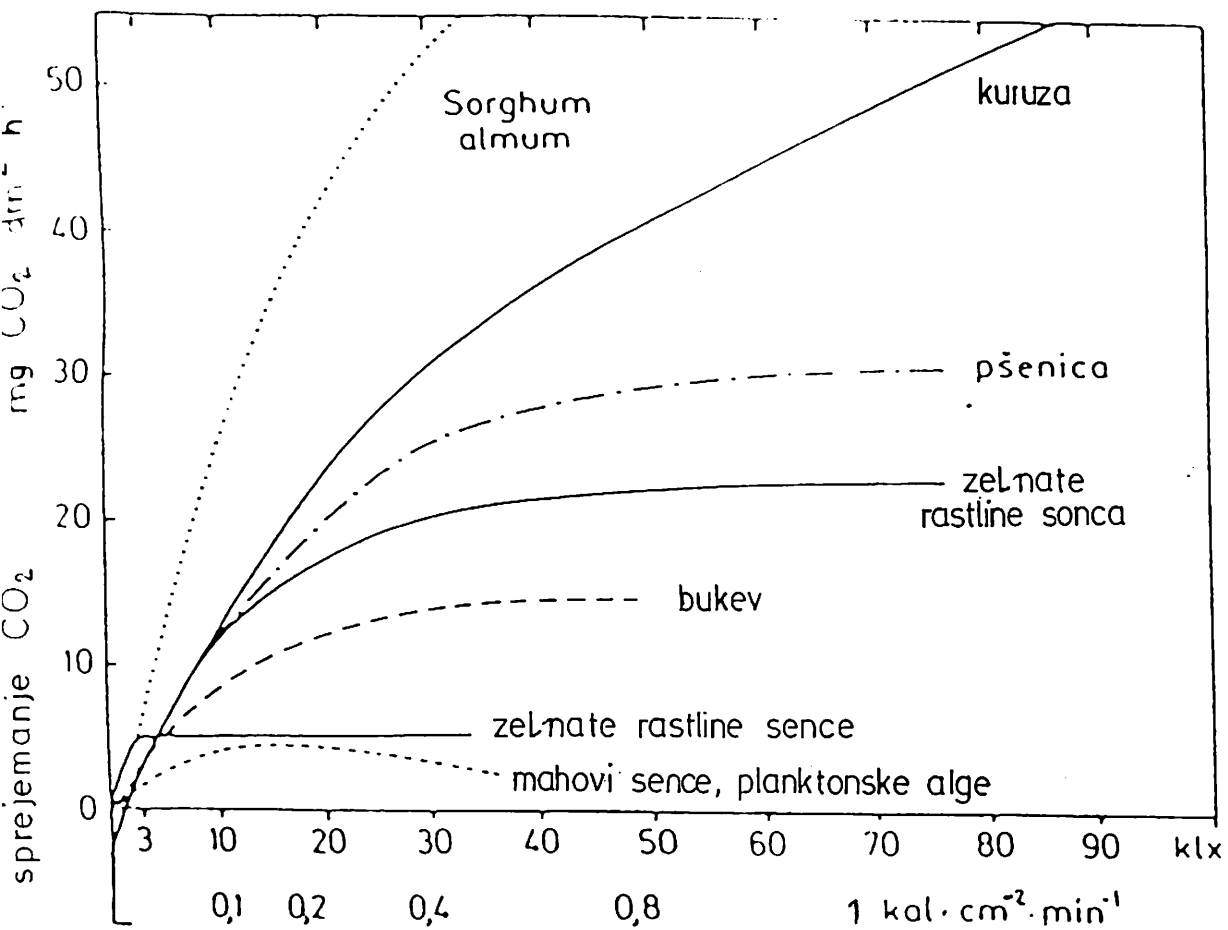
- kemične metode
- plinsko merilne metode (npr. merjenje s infrardečim plinskim analizatorjem)
- manometrične metode
- polarografske metode
- radiometrične metode

Svetlobna (temperaturna) kompenzacijska točka je določena z intenzivnostjo svetlobe (toplote) pri kateri se proizvodnja O_2 in potrošnja CO_2 pri fotosintezi ravno kompenzirata s porabo O_2 in proizvodnjo CO_2 pri dihanju in je netofotosinteza enaka 0.

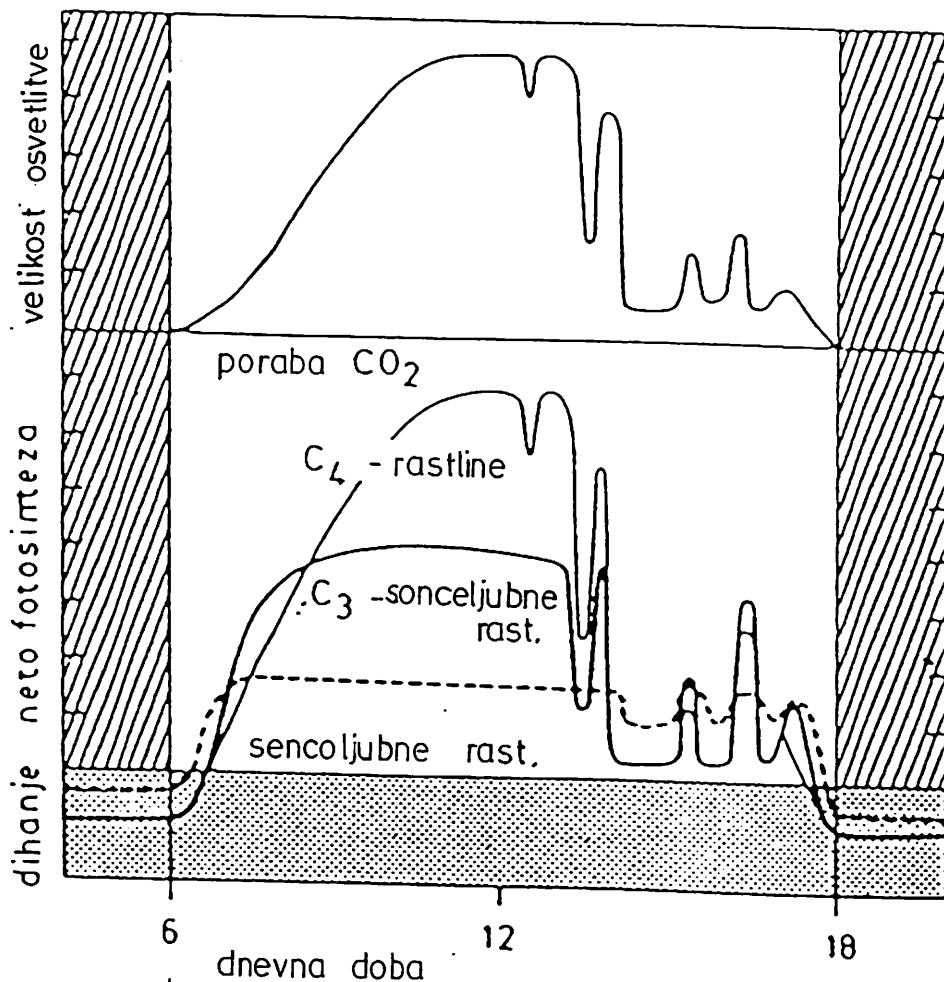
Svetlobna (temperaturna) saturacijska točka, je določena z intenzivnostjo svetlobe (toplote), pri kateri doseže netofotosintetska aktivnost maksimalne vrednosti (točka nasičenja). Svetlobna saturacijska točka pri senceljubnih rastlinah, oziroma listih, ki rastejo v senci je bistveno nižja kot pri senceljubnih rastlinah ali listih na osvetljenih delih krošnje. Ta razmerja so prikazana na sliki 9.

Shematični prikaz iz diagrama ponazarja odvisnost dnevnega poteka netofotosinteze od intenzitete svetlobe. Pri rastlinah sonca (A) je netofotosinteza intenzivnejša pri močnejši svetlobi, kot pri rastlinah sence (B). Tropske trave (A_1) v diagramu ne dosežejo saturacijske točke in lahko izkoriščajo največjo dnevno svetlobno intenzivnost, medtem, ko veliko rastlin sonca (A_2) ne more v celoti izkoristiti največje dnevne svetlobne intenzivnosti. Vendar lahko rastline sence (B) bolje izkoristijo slabo

Slika 8: Odvisnost neto fotosinteze od svetlobe pri različnih rastlinah pri optimalni temperaturi in količini CO_2 , ki je na razpolago pri naravnih pogojih (DENFFER)



Sklika 9: Shematični prikaz odvisnosti dnevnega poteka neto fotosinteze od intenzitete svetlobe (DENFFER)



Rastline C_4 (tropske trave) lahko polno izkoriščajo tudi največjo dnevno svetlobno intenziteto, ker ne dosežejo svetlobne saturacijske točke, medtem ko C_3 rastline ne morejo povsem iskoristiti največje dnevne svetlobe. Slabo jutrajno oziroma večerno svetlobo pa najbolj izkoriščajo senceljubne rastline.

svetlobo (zgodaj zjutraj in pozno zvečer) kot rastline sonca (A_1, A_2).

Ogljikov dioksid (CO_2), iz katerega dobivajo rastline ogljik za tvorbo organskih spojin se nahaja v zraku v koncentraciji 0,003%. Z povečanjem te koncentracije do vrednosti 0,1% povečujejo pridelovalci zelenjave v rastlinjakih pridelke tudi do trikrat. Večje koncentracije od 0,1% pa so lahko za rastline škodljive.

Ker poteka fotosinteza pod vplivom encimsko kataliziranih reakcij je razumljivo, da je odvisna od temperature. V določenem območju in pri zadostni svetlobi in ostalih za fotosintezo potrebnih faktorjih se fotosinteza podvoji, če se temperatura dvigne približno za $10^{\circ}C$. Vpliv temperature na netofotosintezo za različne vrste rastlin prikazuje slika 10.

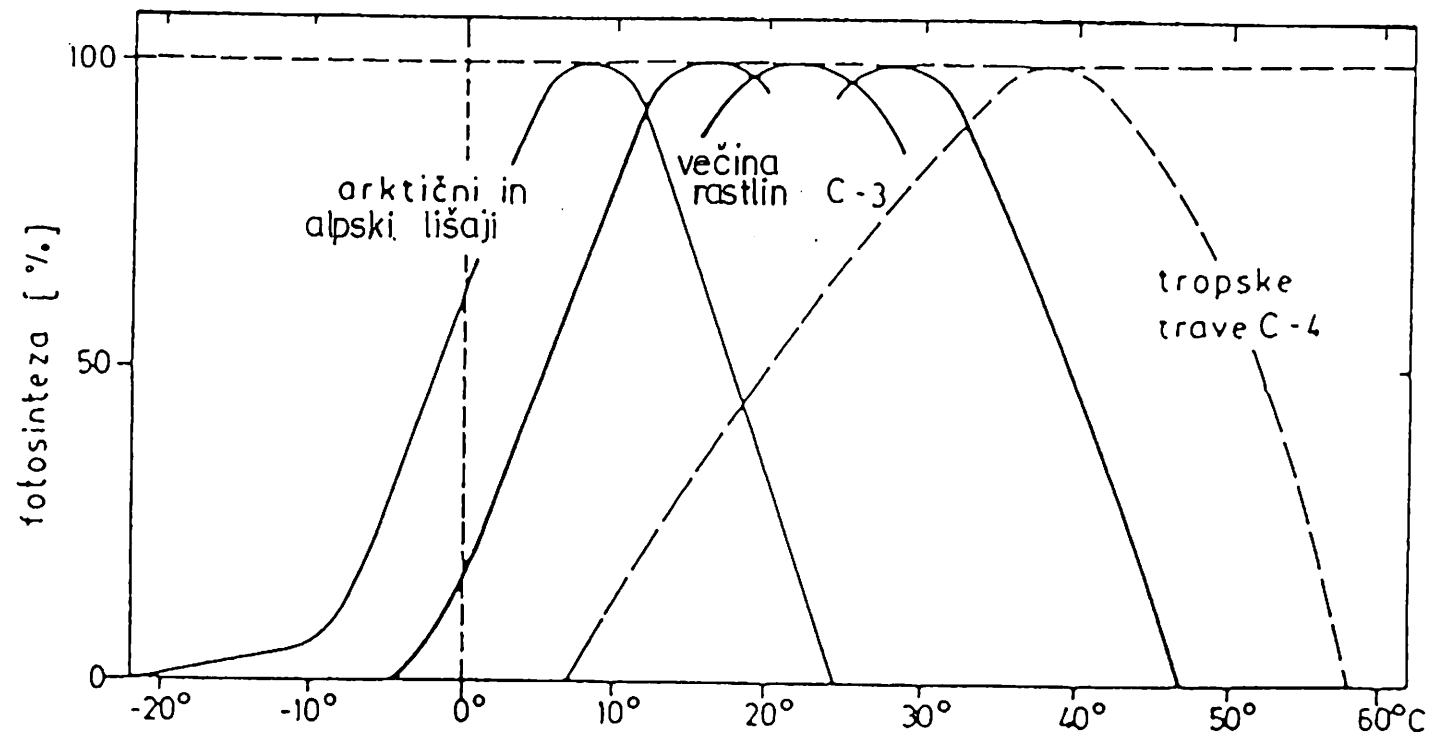
3.1.2.2 Heterotrofija

Heterotrofija je preobrazba s fotosintezo sintetiziranih organskih snovi pri heterotrofnih (rastline brez klorofila) in tudi pri fotoautotrofnih rastlinah npr. v času teme. Med heteroautotrofne reakcije štejemo: razgraditev glukoze do piruvatov, razna vrenja in dihanje.

3.1.2.3 Regulacija v celični menjavi snovi

Menjava snovi v celici, ki ima določen sestav genov mora biti variabilna. Obstajati mora možnost regulacije glede na obstoječe zahteve v okviru danih genskih možnosti. Ta regulacija se ustvarja z:

- kvalitativno in kvantitativno sestavo genov
- vplivom na aktivnost posameznih encimov
- vplivom na encimske reakcije s koncentracijo sodelujočih snovi
- integriranjem določenih encimov v multiencimske komplekse.



Slika 10: Odvisnost neto fotosinteze od temperature pri različnih tipih rastlin pri zasičeni svetlobi ter prikaz temperaturnih kardinalnih točk (DENFFER)

Regulacijo v celični menjavi snovi pa lahko razdelimo v naslednja poglavja: regulacija sinteze encimov, regulacija, encimske aktivnosti, metabolitna regulacija, regulacija pretvarjanja neaktivnih predstopenj, regulacija spajanja encimov v multiencimske komplekse in skupna regulacija pri vrenju in dihanju.

V živalskem svetu najbolje razlaga celično menjavo snovi kibernetika, to je moderna znanstvena panoga, ki proučuje in primerja komunikacijske in nadzorne mehanizme v živčnem sistemu živih bitji ali pa pri zapletenih elektronskih strojih (kibernetes (gr.) = krmar). Pogoj za vsako regulacijo pa je sprejemanje in obdelava informacij.

3.1.2.4 Hranljive snovi in njihove spremembe v rastlini

a/ Splošni podatki o snovni sestavi rastlin

Rastline vsebujejo organske snovi, ki so nastale s fotosintezo, proizvode njihove presnove in druge snovi, ki jih sprejemajo iz okolice. Sveža rastlinska snov vsebuje od 95-5% vode. Glavni osnovni elementi, ki sestavljajo rastline pa so: C,O,H, N,S,P,K. Po teži prevladuje ogljik, katerega je okoli 50% suhe snovi. Sicer pa je delež elementov v različnih rastlinah in delih rastline zelo različen, prav tako pa delež pepela. V lišajih najdemo od 0,4-7% pepela, v semenih in plodovih 1-5%, a največ ga je v nekaterih listih. V zunanjih listih zelja je 20,8% pepela, v listih rastline *Zygophyllum stapfii* pa celo 56,8%.

b/ Gospodarjenje z vodo

Pomen vode

Brez vode se rastline ne morejo niti razvijati niti obstajati. Skozi korenine se višje rastline z absorbcijo oskrbujejo, v obliki transpiracije (skozi listne reže) pa voda rastline zapušča.

Le 1-2% prejete vode rastlina porabi za rast in metabolizem (HACKAYLO 1964). Voda je sestavina citoplazme, v njej so razstopljeni plini, anorganske in organske snovi, sodeluje v procesih, omogoča turgor v celicah in prenos v njej razstopljenih snovi. Pri pomankanju vode so zato prizadete številne življenske funkcije, osljabljeno rastlino pa praviloma tudi bolj ogrožajo bolezni in škodljivci. Rastlinski deli so lahko sestavljeni pretežno iz vode ali pa je prisotna voda le v minimalni količini (v semenih). Brez vode rastlinske celice niso aktivne.

Sprejemanje vode

Rastline sprejemajo vodo na dva načina:

- z nabrekanjem
- po poti osmotske regulacije

Nabrekanje je sprejemanje vode v celične koloide, tako da ti ohranjajo obliko, toda povečajo volumen (npr. celuloza). Koloid pa je snov, ki je porazdeljena v drugi snovi v obliki koloidnih delcev med 10^{-5} cm in 10^{-7} cm. Če ima celoca trdno celično steno je nabrekanje omejeno, sicer pa sprejema vodo tako dolgo, da počni. Tako semena v vodi nabreknejo, a če jih ponovno osušimo se volumen ponovno zmanjša. Nabrekanje je torej fizično - kemični proces in predstavlja reverzibilno povečanje volumna zaradi sprejemanja vode. Vodne molekule prodirajo med micelij, zaradi privlačne sile, ki deluje na vodo. Pri suhem semenu znaša ta na začetku cca 1000 barov (10^8 Pa).

Osmoza je prehajanje vode (ali drugih snovi) skozi polpropustne (semipermeabilne) membrane (ki so propustne za vodo ali druge snovi, nepropustne pa za razstopljene snovi) po principu difuzije. Voda prehaja iz mesta z večjo v mesta z manjšo koncentracijo vode. Gibljivost vodnih molekul je toliko zmanjšana, kolikor več je razstopljenih snovi in zato nastane gradient tlakov. Govorimo o razliki vodnih potencialov, ki povzroča osmotski pretok skozi polpropustno membrano. Osmotski pretok vode poteka, dokler potenciali niso izenačeni ali dokler pritisk celične

stene ne prepreči večanje volumna. Taka celica je napeta ali turgescenčna. Osmotsko vrednost v celici izražamo z osmot-
skim tlakom, ki znaša v rastlinskih celicah med 10-40 (50)
bari. Poznamo potencialni osmotski tlak (osmotsko vrednost)
- π^* , ki nastane v vsaki razstopini in aktualni osmotski
tlak, ki se pojavi, če se nahaja razstopina v osmotski celici.

$\pi^* = c.R.T$, π^* - v barih, c - koncentracija v mol/l,
 T - absolutna temperatura, R - plinska konstanta.

Enomolarna razstopina ima pri 0°C potencialni osmotski tlak
22,7 barov.

Sesalna napetost (S), ki povzroči pretok vode v vakuolo je
odvisna v pozitivnem smislu od potencialnega osmototskega
tlaka in negativnem smislu od hidrostatičnega (turgorskega)
tlaka (P), ki pritiska plazmolemo k celični steni. Ti odnosi
so podani z enačbo:

$$(+)\ S = (+)\ \pi^* - (+)\ P$$

Tranzitna voda

S tranzitno vodo potujejo iz tal v rastlino mineralne snovi.
Tranzitna voda, ki izhaja iz rastline s transpiracijo (npr.
kutikularna t.- skozi kutikulo, stomarna t.- skozi listne re-
že), pa rastlino tudi hladi. Transpiracijski koeficient nam
pove, koliko vode, je izgubila rastlina za pridobitev enote
fitomase (hrast 320, smreka 230, bukev 170, lucerna 840,
proso 300).

Razmerje med sprejeto in oddano vodo imenujemo vodni bilančni
koeficient. V daljšem obdobju je ta koeficient praktično 1
(če je manjši pa rastlina vene). Kadar tla niso zasičena z
vodo, ima vodni potencial tal negativno vrednost in nadalje
upada, če se tla izsušijo. V korenine pa prehaja voda le, če
je vodni potencial korenin bolj negativen kot vodni potencial

tal. Pri vodnem potencialu tal pribl. 15 barov listi mezofilnih rastlin venejo. Vodni deficit pa lahko rastlina zmanjšuje z zapiranjem listnih rež, s čimer se zmanjša transpiracija in poveča turgor.

Zadržana voda

a/ Kemično nevezana voda

Svobodna voda

Svobodno imenujemo tisto vodo, ki izhaja iz rastline pri sobni temperaturi. To je voda, ki jo absorbira tkivo, ali pa tista, ki se nahaja v medceličnih prostorih.

Higroskopska voda

Higroskopska voda je tista, ki je na snov mehanično vezana. Ta voda se sprosti šele pri temperaturi 100-105 °C.

b/ Kemično vezana voda

Protoplazma je koloidni sistem, v katerem so negativno nabiti koloidni delci, elektronegativni ioni, obdani s plastjo protonov oziroma molekul vode. Ti koloidi vežejo vodo s pritiskom več sto megapaskalov. To "vezano vodo" pa lahko npr. potegnemo iz celic z raztopino saharoze, ki ima visok osmotski pritisk. Voda v protoplazmi je proti okolju omejena z membrano plazmalemo in s tonoplastom proti vakuoli. Elementarne membrane so selektivno propustne in predstavljajo pregrado pri izmenjavi snovi. Za količino vode v citoplazmi, ki jo uravnava njen osmotski pritisk (oziroma relativni pritisk pare na površini celice), se uporablja izraz hidratacija (Walter) (izraz hidratacija je analogen izrazu temperatura). Ta izraz pa ne smemo zamenjati z izrazom hidratacija, ki pomeni količino absorbirane vode na celične strukture.

Ne glede na vrsto vode pa je stanje vode v rastlini zelo težko opisati. Vzrok za to je dejstvo, da je tok vode iz tal skozi rastlino v ozračje celota in da nanj vplivajo številni dejavniki v okolju (v tleh in v ozračju), pa tudi rastlina (vrsta, sorta, starost, organi itd.). Preskrba z vodo je odločilna za uspevanje rastlin. Prebitek ali pomankanje vode ima velik vpliv na rast in produkcijo. Še posebej močan je vpliv pomankanja vode. Pomankanje vode v rastlini ali vodni deficit najbolje opišemo z enim izmed naslednjih parametrov - tj. z vsebnostjo vode v tkivu (Q) ali pa z vodnim potencialom (ψ) (KOZLOWSKI 1968), v večini primerov pa je za popoln opis vodnega deficita potrebno ugotoviti oba. Glede na to, da se vsebnost vode v rastlini zelo spreminja (dnevno, z razvojem, različni organi in njihova lega itd.) vodni deficit velikokrat raje opišemo z vodnim potencialom, ki je dinamična mera za stanje vode v rastlini. Vodni potencial je definiran kot razlika med prosto energijo vode v sistemu (rastlinska celica - okolje) in proste čiste vode pri standardnih pogojih. Opišemo ga z enačbo:

$$\psi_w = \frac{\mu_w - \mu_{ow}}{V_w} \quad , \text{ kjer kratice pomenijo:}$$

ψ_w = celotni vodni potencial (Pa)

μ_w = kemijski potencial vode v sistemu (v rastlini)

μ_{ow} = kemijski potencial čiste pod standardnimi pogoji
(101 k Pa, temperatura okolja in koncentracija vode
55,6 mola); (J/mol)

V_w = parcialni volumen vode; ($1 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$) = $18 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$.

Ker je kemijski potencial vode v rastlini običajno manjši od kemijskega potenciala čiste vode, ima celotni potencial navadno negativno vrednost. Celotni potencial ($-\psi$) vode lahko opišemo še z enačbo:

$$-\psi = -T - \psi_m (\pm P), \text{ kjer znaki pomenijo:}$$

- T = osmotski potencial celice
- ψ_m = matrični potencial (nastane zaradi nabrekanja koloidov in kapilarnih sil v celičnih stenah)
- $\pm P$ = turgorski tlak v celici (nastane kot rezultanta osmotskega tlaka in protitlaka celičnih sten).

Pri ugotavljanju vodnega deficita velikokrat merimo posamezne parametre vodnega potenciala, še posebej osmotski tlak (π), vendar so take meritve le delne in v celoti ne pojasnujejo vodnega stanja v rastlini oziroma celici. Za ugotavljanje celotnega vodnega potenciala je na voljo več metod. Med najstarejšimi in sorazmerno preprostimi metodami je ugotavljanje celotnega vodnega potenciala s tlačno posodo, imenovano Scholanderjeva bomba. Ta metoda je še posebej uporabna za ugotavljanje svežosti sadik, saj z njo ugotovimo njihovo preskrbljenost z vodo.

c/ Mineralne snovi

Sama sestava pepela še ne kaže na kvantitativne potrebe rastlin po hranljivih elementih, ampak lahko to šele ugotovimo z njihovo vzgojo na medijih z določeno sestavo. Nekateri elemente kot so C, O, H, N, S, P, K, Ca, Mg, potrebujejo rastline v večjih količinah in jih imenujemo prehranbene makroelemente. Fe potrebujejo rastline že v nekoliko manjših količinah. Elementi, ki jih rastline tudi nujno potrebujejo, vendar v manjših količinah pa so: Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cl in se imenujejo prehranbeni mikroelementi. Poleg teh pa obstajajo še elementi kot so: Na, Se, Co in Si, ki so potrebni le nekaterim višjim rastlinam v minimalnih količinah.

Našteti elementi vplivajo na fiziološke procese šele, ko se nahajajo v ionski obliki ali kot sestavina organskih molekul. Vloga mineralnih elementov pri rastlinah je naslednja:

- mineralni elementi sestavljajo protoplazmo in celične stene
- vplivajo na ozmotski pritisk v rastlinskih celicah
- v manjši meri vplivajo na pH vrednost celičnega soka in drugih delov rastlinske celice
- vpliva na permeabilnost celične membrane
- na protoplazmo lahko delujejo toksično (nekateri ioni delujejo toksično že v zelo majhnih koncentracijah)
- njihovo delovanje je lahko antagonistično (nekateri ioni zavirajo ali menjajo delovanje drugih ionov)
- elementi lahko delujejo katalitično (npr. Fe, Cu, Zn so sestavine nekaterih fermentov).

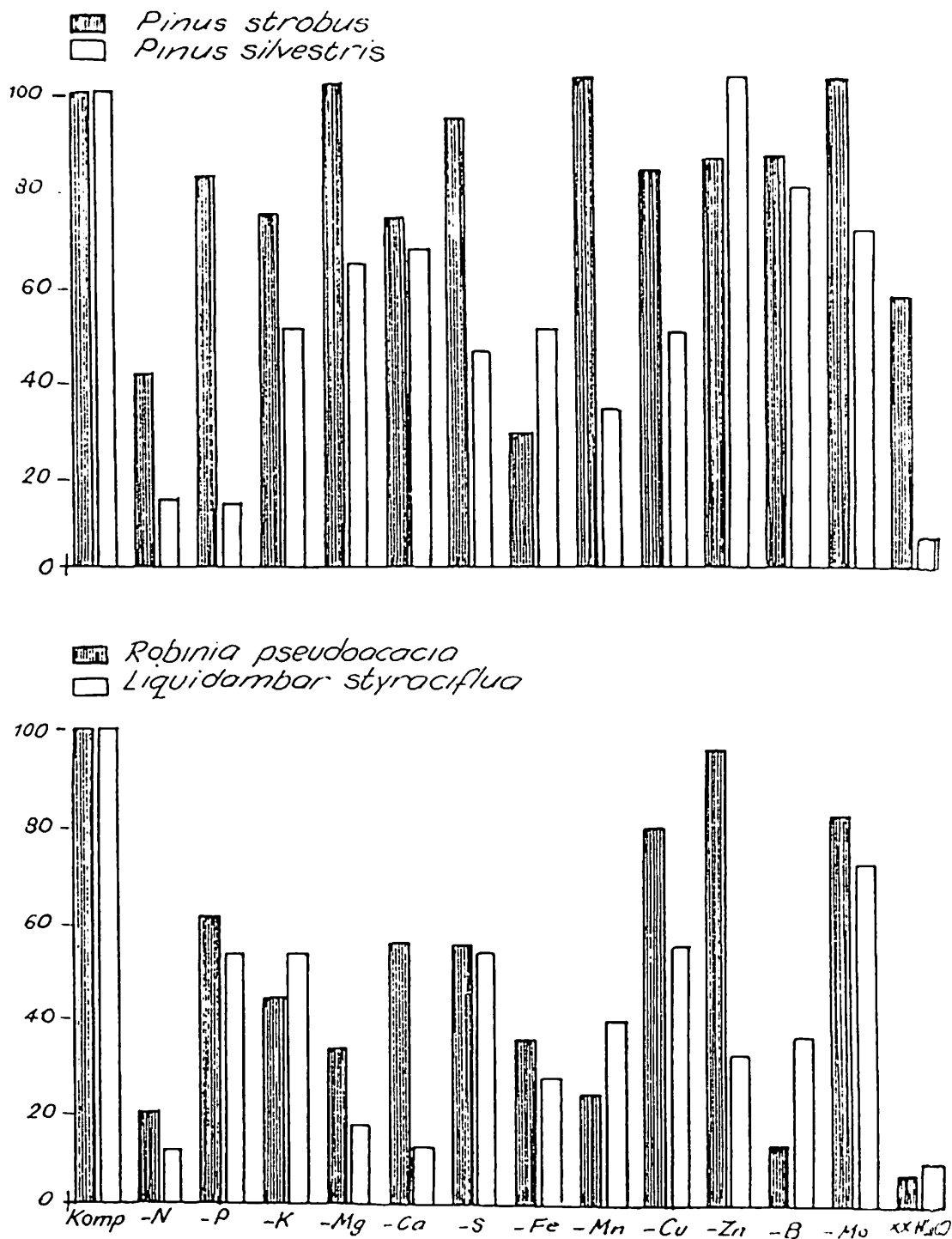
Kako deluje pomankanje nekaterih za rast potrebnih makro in mikroelementov je ugotavljal HACSKAYLO (1964) pri dveh iglâvcih (*Pinus strobus* in *Pinus silvestris*) in dveh listavcih (*Robinia pseudoacacia* in *Liquidambar styraciflua*). Eksperiment je potekal v 20 literskih posodah napolnjene s kremenčevim peskom, ki ga je predhodno spral s kislino in očistil z destilirano vodo. Posode so bile nameščene v rastlinjaku. Vpliv pomankanja elementov je ugotavljal na obliki in barvi iglic oziroma listov, razvoju korenin, višini rastlin, debelini koreninskega vratu in teži svežih in suhih rastlin. Prikaz vpliva pomankanja elementov, ki se manifestira na teži sadik je prikazan na sliki št. 11.

3.2 FIZIOLOGIJA RASTI IN RAZVOJA

3.2.1 Regulacija rasti in razvoja

Rast je osnovna lastnost žive snovi. Pod rastjo razumemo naraščanje telesne velikosti in mase živega bitja, ki je povezano z ireverzibilno spremembo oblike med ontogenijo. Intenzivnejša rast je najpogostje omejena na določeno obdobje. Hitrost in način rasti sta odvisna tako od zunanjih rastnih faktorjev (temperatura, vlažnost, hrana, količina kisika,

Slika 11: Vpliv pomankanja hranljivih elementov v hranljivi raztopini na težo posušenih enoletnih sadik (xxH₂O - zalivano le z destilirano vodo) (HACSKAYLO)



svetloba itd.), kot od notranjih rastnih faktorjev (rastne snovi: beljakovine, lipidi, hormoni, vitamini).

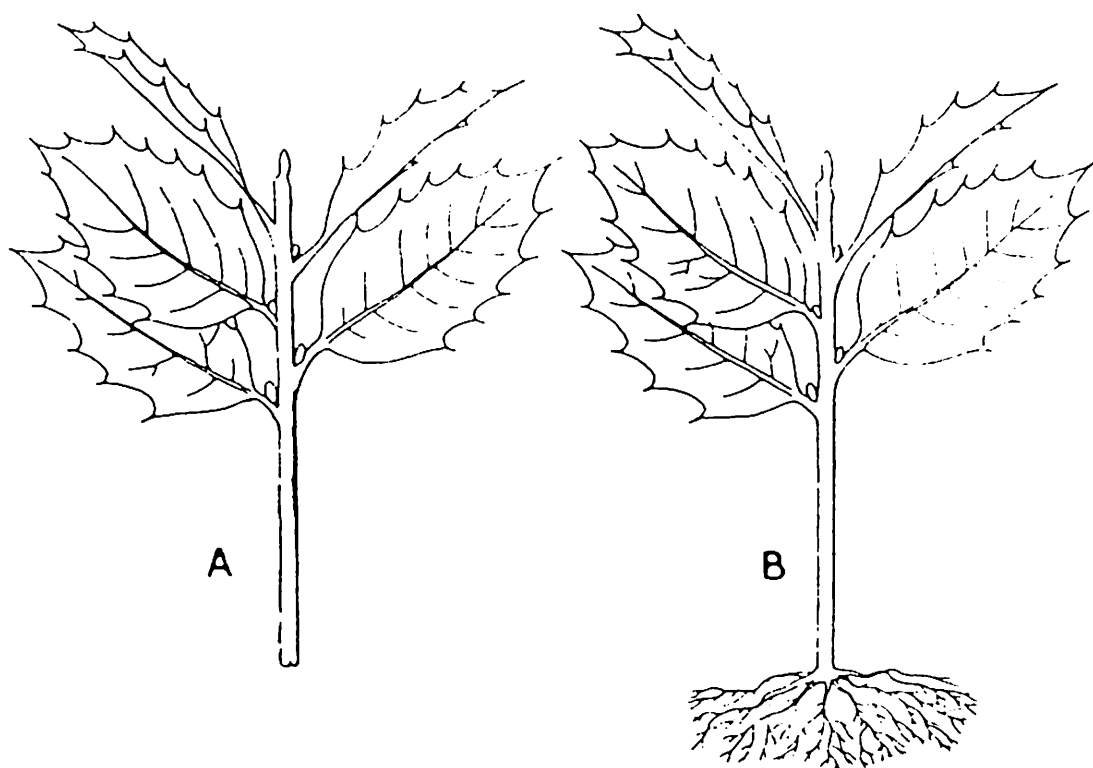
Rast celic. Osnovna enota je celica, v kateri se odvijajo fiziološki procesi. V teh osnovnih enotah se vrši proces delitve celice, rasti celice, njihovo zorenje, vegetativen in reprodukcijski razvoj, dihanje, fotosinteza, absorpcija, translokacija in izmenjava snovi. Nove celice pa se ne tvorijo v vseh delih rastline, temveč le v meristemskih tkivih. Pri gozdnih sadikah so npr. meristemska tkiva rastni vršiček debela in vej ali pa rastni vršički korenin. Pri rasti celic ločimo: embrionalno fazo, fazo podaljševanja in širjenja in fazo diferenciranja.

Hormoni Izraz hormon se je prvič uporabljal leta 1905 in izvira iz grške besede hormaein, ki pomeni poganjati, spodbujati. Fitohormoni so regulatorji, ki nastajajo v rastlini in že v majhnih količinah usmerjajo vse procese nastanka in rasti, spolnega razvoja, ploditve in presnove. Prvi je bil izoliran leta 1931 auksin, kasneje pa je bila izolirana beta - indolacetna kislina, ki so jo imenovali heteroauksin.

Hormoni nastajajo v različnih delih rastline in se pomikajo iz mesta nastanka na mesto porabe. Tako lahko učinkujejo na potek dogajanja kot stimulatorji ali pospeševalci (promotorji), lahko pa kot zaviralci (inhibitorji). Med pospeševalce sodijo: auksini, gibberelini in citokinini. Med zaviralce rasti in razvoja pa spadata abscinska kislina in etilen (SMOLE, ČRNKO 1984). Z vnosom dveh različnih stimulativnih hormonov v celico je lahko njihovo delovanje vzajemno - sinergetično lahko pa je nasprotno, to je antagonistično.

Primer, kako prisotnost rastnih hormonov pospešuje tvorbo korenin pri lesnem potaknjencu *Ilex apaca* prikazuje slika 12 (TUCOVIĆ 1989). Do tvorbe korenin je prišlo le pri potaknjencu, kjer je bil uporabljen auksin.

Slika 12: Zakoreninjanje potaknjencev *Ilex aquifolium* v vlažnem pesku.
A - kontrolna serija, B- pri potaknjencu je bil uporabljen auksin (TUČOVIĆ)



Delovanje zunanjih rastnih faktorjev

Morfoogeneza, to je nastanek oblike nekega organizma je odvisna od avtomorfoze, katera endogeno genetsko usmerja nasledstvene osnove in heteromorfoze, ki znotraj genotipa vpliva na obliko zaradi vpliva eksogenih faktorjev, ki usmerjajo ali diferencialno aktivirajo gene. V poglavju so obravnavane take heteromorfoze, pri katerih zunanji faktorji ne delujejo kot izvor snovi in pomembne energije, temveč le kot signali.

Delovanje temperature na rast je prav tako kompleksno in le delno pojasnjeno kot sama rast. Različne rastline imajo svoje optimalne dnevne in optimalne nočne temperature (ki so navadno za 5 - 10°C nižje od dnevnih) za optimalno rast in razvoj. Tako je za marjetico in mak optimalna dnevna temperatura 15°C in nočna 10°C, za Pinus taeda je optimalna dnevna temperatura 27°C, nočna pa 13°C. Ravno obratno je pri afriški vijolici (*Santpaulia ionantha*) nižja optimalna dnevna temperatura (18°C), kot optimalna nočna temperatura (23°C).

Drevesničarji poznajo postopek stratifikacije semena, katero ne kali, če ni bilo dalj časa hranjeno pri nizkih temperaturah. Iz poskusa kalitve jabolkovih semen je razvidno, da so po 85 dneh kalila semena, ki so bila hranjena pri temperaturi 1°C - 30%, pri 2°C - 85%, pri 4°C - 88%, pri 8°C - 60%, pri 10°C - 10% in pri 14°C le 3%.

Tako kot temperatura ima tudi svetloba večstransko in daleko-sežno delovanje na rast in razvoj rastlin. Rastline, ki rastejo pri pomankljivi svetlobi postanejo blede, internodiji in listni peclji so pri dvokaličnicah podaljšani, površine listov pa nerazvite.

3.2.2 Rast in diferenciacija

Pri večceličnih rastlinah mora biti rast posameznih celic prostorsko in časovno usklajena s sosednjimi in drugimi celicami tega harmonično delujočega organizma. Pri rasti rastlinskih celic razlikujemo rast citoplazme in dolžinsko rast. Pri rasti citoplazme se povečajo strukturni sestavni deli celice, kar je navadno povezano z delitvijo celice, medtem, ko se prostornina celice le neznatno poveča. Pri dolžinski rasti se celica podaljša, ne da bi bila v to vključena delitev celice. Taka rast nastopa pri odpiranju rastnih in dvetnih popkov, v prvi fazi rasti korenin klic in podobno. Hitrost take rasti je pri korenini klic boba 0,012 mm/min, pri poganjkih bambusa 0,4 mm/min, pri trosnjaku glive *Dictyophora* pa 5 mm/min.

Sama delitev rastlinskih celic omogoča tudi rast rastlinskih organov. Ko se rastlina razvije iz embrija, se del embrionalnih celic po celičnih delitvah specialno diferencira, drugi del pa ostane trajno meristemski, kjer se nadaljuje delitev celic. Na rastlini so stalna določena področja embrijonalnega tkiva, zaradi česar pravimo, da rastline niso nikoli povsem odrasle. Pod določenimi pogoji lahko začne zopet (npr. iz spečih popkov) nova rast.

Diferenciacija med celicami nastane, ko le ena potomka meristemske celice ostane meristemska, torej z inekvalno delitvijo. Še pred zaključkom rasti se ti celici razvijata v različnih smereh, glede na svoje bodoče naloge. Diferenciacijo usmerjajo različni celični encimi, ki aktivirajo ali pa inaktivirajo določene gene. Diferenciacija je še posebno opazna pri vzgoji rastlin z metodo mikrorazmnoževanja, ko iz posameznih delov rastline ali rastlinskih celic v laboratorijskih pogojih vzgajamo celo rastlino. Vsaka živa celica ima vse genetske informacije cele rastline, torej je vsaka rastlinska celica

potencialno vsa rastlina. Pri tem se uporablja npr. pri vzgoji listavcev različne hraniljive razstopine za razvoj meristema, za razvoj popkov, za rast nadzemnega dela s popki in končno različne za zakoreninjanje.

4 OPRAVLJENE MORFOLOŠKE ANALIZE GOZDNIH SADIK

4.1 ANALIZA VELIKOSTI GOZDNIH SADIK VZGOJENIH V NAŠIH DREVESNICAH

Za uspešno umetno obnovo potrebujemo kvalitetne sadike, ki so dovolj velike (plevel, divjad), dovolj tršate (prijemanje in nadaljnja rast), ki imajo pravilno razraščeno krošnjo (snočolom, genetska hiba) in dovolj močan in pravilno razraščen koreninski pletež (prijemanje, stabilnost, nadaljnja rast). Nekatero dendrometrične analize smrekovih sadik smo opraili že v predhodnih raziskavah (ELERŠEK 1985) in jih podajamo v povzetku. Do leta 1985 smo v slovenskih drevesnicah izmerili in obdelali 33 slučajno izbranih vzorcev po 50 sadik, to je skupaj 1650 sadik. Sadikam smo izmerili višino, višinski prirastek zadnjega leta, premer koreninskega vratu, maso sadik, maso nadzemnega dela in maso korenin. Našteti parametri določajo osnovno podobo smrekovih sadik, ki smo jih v teh letih pridelovali v naših glavnih drevesnicah in ki smo jih sadili v gozdu. Ker se pa v naslednjih nekaj letih nista bistveno spremenila niti način pridelave sadik, niti podnebje, predstavljajo ti parametri več ali manj tudi podobo današnje sadike. Analize pa kažejo tudi na razlike, ki so nastale zaradi različnih vzgojnih sredin, provenienc in starosti sadik. Sadike smo merili v drevesnicah: Ponoviče, Mengeš, Muta, Lovrenc na Pohorju, Mahovnik, Rimš, Gabrina, Podturen in Medvedica. Poprečne dendrometrične vrednosti teh sadik prikazane po letih meritev tabela 1, grafično ponazoritev te poprečne sadike pa slika 13.

Slika 13: Modela štiriletnih smrekovih sadik, narejena iz meritev v naših drevesnicah in prikaz minimalnih zahtev EGS in JUS standardov

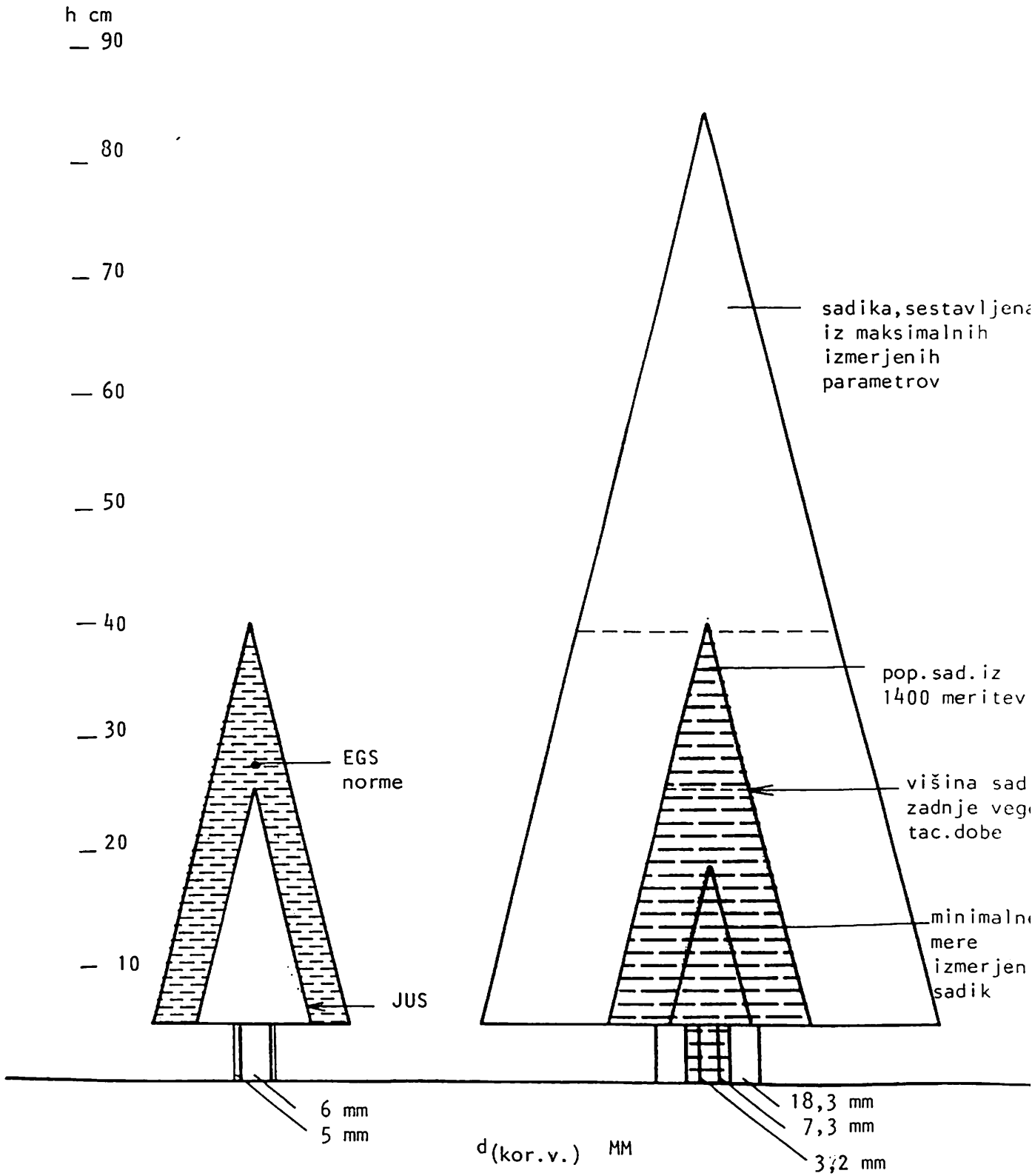


Tabela 1: Poprečne, maksimalne in minimalne vrednosti ter relativni standardni odkloni

Leto meritve spom.	Star. sad. let.	Štev. mer. sadik	Višina cm	Višinski pri-rastek zadnjega leta cm	Premer k.v. mm	Masa sadik g	Masa nad-zemnega dela g	Masa korenin g	Delež korenin %

poprečna vrednost - relativni standardni odklon maksimalna vrednost - minimalna vrednost									
1981	4	400	39,1- 88 - 20	14,9 - 45 - 2	8,3- 16,3-3,7	64,9- 245 - 8	46,1- 205 - 6	19,7 100 - 2	30
1981	5	100	47,6- 81 - 26	15,5 - 29 - 3	9,2- 16,2 - 4,7	100,1- 370 - 14	69,0- 235 - 22	31,2- 135 - 3	31
1982	4	300	41,1-0,23 66 - 19	18,3-0,34 38 - 5	7,9-0,26 15,4-3,8	66,5-0,71 360 - 10	48,2-0,71 245 - 7	18,2-0,76 115 - 3	27
1982	5	150	45,4-0,24 79 - 21	19,2-0,32 40 - 6	10,1-0,28 18,3 - 4,0	133,3-0,58 395 - 14	99,4-9,56 290 - 11	33,9-0,73 140 - 3	25
1983	4	300	39,0-0,22 73 - 24	16,0-0,28 28 - 7	6,5-0,28 12,1-3,3	43,8-0,75 163 - 7	33,1-0,78 130 - 5	10,8 - 0,78 33 - 2	25
1984	4	300	41,7-0,25 67 - 20	18,0-0,41 41 - 3	7,9-0,25 16,5 - 3,1	74,1-0,64 275 - 3	40,2-0,68 190 - 2	25,9-0,74 100 - 1	34
1985	4	100	36,8-0,17 55 - 24	14,3-0,24 23 - 5	6,3-0,23 11,0-3,2	33,2-0,70 165 - 6	25,2-0,69 120 - 5	8,0-0,79 45 - 1	24

Skupaj:		1650							
Pop.za 4 let. sadike:		1400	39,9	16,3	7,6	h : d = 52,5			

Iz tabele 1 in slike 13 je razvidno, da so poprečne štiri-letne smrekove sadike dovolj velike in da imajo dovolj močan koreninski vrat glede na zahteve JUS standardov, pa tudi glede na zahteve EGS norm. Poprečna sadika dosega tudi zadovoljivo tršatost ($h : d = 52,5$). Določen del sadik pa seveda ne dosega zahtevanih norm in predstavlja pri sortiranju po izkopu izmet sadik.

Opravljen obsežna dendrometrična analiza smrekovih sadik kaže tudi na precejšnjo nehomogenost teh sadik, ki so bile vzgojene za obnovo gozdov. Analizo petsto sadik iz prvega leta meritev je prikazana v tabeli 2.

Tabela 2: Relativne frekvence za višine, višinske prirastke, debeline koreninskega vratu in mase sadik izračunane po stopnjah (500 sadik).

Višina		Prirastek višine		Premer kor. vratu		Masa		
Stopnja	rel.frekvenca	stopnja	rel.frekvenca	stopnja	rel.frekv.	g	sadika	nadže del
							relativna frekvenca	
1-20	0,2	0-10	28,4	0,0-5,0	3,6	0-50	40,8	65,0
21-40	52,4	11-20	52,8	5,1-10,0	73,4	51-100	38,4	26,2
41-60	43,2	21-30	15,4	10,1-15,0	22,0	101-150	12,8	7,4
61-80	3,8	31-40	3,0	15,1	1,0	151-200	5,6	1,0
81	0,4	41-45	0,4			201-250	1,6	0,4
						251-300	0,4	
						301	0,4	

Ta neenakost sadik se najjasnejše izraža v kolini relativna frekvenca mase sadik, kjer je razvidno, da zavzemajo sadike do 50 g delež 41%, sadike ki imajo maso nad 100 g pa 21%.

Za kvaliteto sadik je pomembna tudi tršatost, to je razmerje med višino in premerom koreninskega vratu. Pri pomankanju ravnega prostora pri vzgoji sadik ali pa pri pretiranem gnojenju sadik z dušikom (v zadnjem letu rasti) je razmerje med višino in premerom neugodno. Takim sadikam pravimo, da so nagane in zdivjane. Pri dvoletnih sejankah naj hebi razmerje med $h : d$ presešlo števila 60, pri presejanih sadikah pa 70. Te normative je izdelal Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo na osnovi EGS norm (ELERŠEK 1985). Po teh normah pa je pri nas vzgojena poprečna sadika dovolj tršata.

4.2 ANALIZA RAZRASTI KORENINSKEGA IN NADZEMNEGA DELA SADIK

4.2.1 Koreninska razrast

Pri kvalitetni sadiki mora biti delež mase korenin glede na delež nadzemnega dela dovolj velik. Praviloma imajo ne dovolj tršate sadike tudi skromno razvit koreninski pletež, kar onemogoča zadovoljivo prijemanje sadik po sajenju v gozdu in njihovo zadovoljivo nadaljno rast. Iz analize 1400 štiriletnih smrekovih sadik, ki smo jih vzgojili v naših drevesnicah med leti 1981-1985 lahko vidimo, da je znašala masa svežih korenin od 24% (leta 1985) do 34% (leta 1984) od mase svežih sadik. V teh mejah pa je bil tudi delež koreninske mase pri petletnih smrekovih sadikah.

Delež koreninske mase smo nadalje ugotavljali pri šestih slučajno izbranih smrekovih sadikah, ki smo jih vzgojili v loncih v nasadu IGLG (n.v. 300 m) in nasadu Belo (n.v. 650 m). Delež koreninske mase smo ugotavljali tako v svežem stanju (neposredno po izpiranju zemlje iz korenin in osušitvi površinske vode), kakor tudi po osušitvi pri temperaturi 110°C. Absolutne in relativne vrednosti za poprečne sadike prikazuje naslednja razpredelnica:

Nasad	h cm	d cm	h/d	Sveža sadika				Suha sadika			
				cela g	sad. (%)	korenina g	%	cela g	sadika (%)	korenina g	(%)
IGLG	54,0	11,5	47,0	113,6	(100)	29,1	(25,6)	57,5	(100)	12,7	(22,1)
Belo	39,7	10,3	38,5	80,1	(100)	26,9	(33,6)	35,9	(100)	10,6	(29,5)
Popre- čje	46,8	10,9	42,7	96,8	(100)	28,0	(28,9)	46,6	(100)	11,6	(24,9)

Delež korenin je znašal pri svežih sadikah, ki so bile vzgojene v loncih na n.v. 300 m četrtno mase sadik, kar je v okviru obsežnih meritev in analiz sadik iz naših drevesnic, ki leže na podobni nadmorski višini. Delež korenin pri sadikah vzgojenih v loncih na n.v. 650 m je večji, te sadike so tudi bolj tršate, njihova skupna masa in višina pa je manjša kot pri sadikah, ki so vzgojene na nižji nadmorski višini.

Delež korenin, glede na nadzemni del sadike, ki je pomemben za prijemanje in nadaljno rast, lahko prikažemo kot delež mas, lahko pa tudi kot razmerje med volumnom, ki ga zavzemajo korenine in volumnom, ki ga zavzema nadzemni del sadike. Krošnje in koreninske pleteže devetih slučajno izbranih sadik smreke in evropskega macesna smo tudi grafično ponazorili v obliki stranske projekcije, zakar smo uporabljali fotografske posnetke izkopanih in izpranih sadik. Projekcije krošenj in korenin smo nato planimetrirali iz teh projekcij pa smo izračunali tudi njihove volumne. Odnose med koreninskim pletežem in celo sadiko, glede na volumen, ki ga sadika, oziroma korenine zavzemajo ("objemajo") ter med projekcijo sadik in korenin pa tudi med celotno dolžino sadik in dolžino (globino) korenin za navedene sadike prikazuje tabela 3, le za macesnove sadike pa slika 14.

Slika 14: Dolžinski, prostorninski in volumski delež korenin pri sadikah evropskega macesna

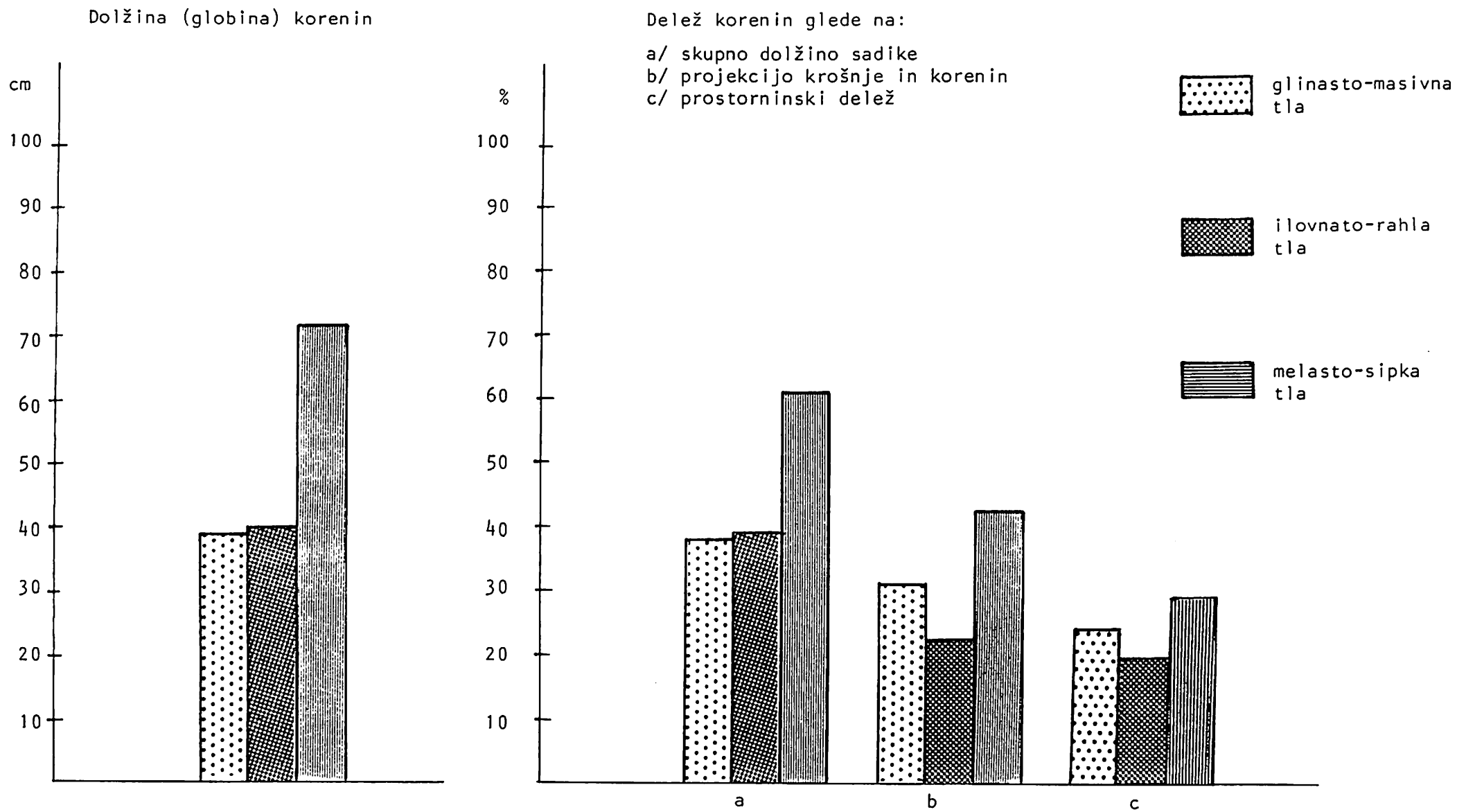


Tabela 3: Prikaz koreninske razrasti glede na razrast cele sadike v dolžinskem, površinskem in prostorninskem deležu

Zap. št.	Višina (dolžina)			Površina rel. planimetrir. vred.			Prostornina iz rel. sekcijskih vred.		
	(1) koren. sadika	(2) sadika	% (1):(2)	(1) koren.	(2) sadika	% (1):(2)	(1) koren.	(2) sadika	% (1):(2)

Smrekove sadike 2/2 (Mengeš)									
1	20	91	20%	45	203	22%	106	402	26%
2	18	60	30%	74	197	38%	84	178	47%
3	30	81	37%	52	111	47%	73	137	53%
4	27	76	35%	71	153	46%	159	269	59%
5	20	72	28%	38	123	31%	52	189	28%
6	15	71	21%	38	162	23%	103	362	28%
7	46	115	40%	103	288	36%	200	649	31%
8	21	88	24%	51	183	28%	120	343	35%
9	20	94	21%	21	174	12%	27	280	10%
Sk.	24,1	83,1	29%	51,7	162,9	32%	102,6	312,1	33%
Sadike evropskega macesna 1/1 (različ. tla)									
1	46	107	43%	97	346	28%	129	854	15%
2	36	98	37%	71	265	27%	113	495	23%
3	40	109	37%	61	268	23%	99	453	22%
4	60	115	52%	110	221	50%	97	257	38%
5	82	129	64%	67	150	45%	34	125	27%
6	75	110	68%	55	128	43%	25	107	23%
7	29	90	32%	53	166	32%	79	213	37%
8	44	111	40%	55	243	22%	30	400	7%
9	44	107	41%	64	162	39%	42	154	27%
Sk.	50,7	108,4	47%	70,3	216,5	32%	72,0	339,8	21%

Iz razpredelnice je razvidno, da v prikazu prostorninske razrasti delež korenin pri smrekovih in macesnovih sadikah zelo varira (med 10% in 59% pri smrek. s.) pri poprečni sadiki pa znaša približno 1/3 ozir. 1/5 celotne sadike. Merjene smreke izvirajo iz različnih vzgojnih sredin, večji oziroma manjši delež korenin pri posameznih smrekah pa je predvsem posledica večjega, oziroma manjšega ravnega prostora teh sadik.

Razrast in deformacije koreninskega pleteža smo proučevali predvsem pri štiri- in petletnih smrekovih presajenkah. Korenine so bile predvsem nepravilno razvite, če posamezne sadike niso imele dovolj ravnega prostora, določene koreninske deformacije pa so nastale tudi pri presajanju (pikiranju) sejank. Pri sadikah smo ugotovili predvsem naslednje štiri koreninske deformacije, katere smo tudi kvantificirali:

- 1/ oznaka J - koreninska os je bila zavita (upognjena) v obliki črke J, zaradi zavijanja korenin pri presajanju v drevesnici. Če do odmika ne pride ima deformacija oznako 0, če je odmik od osi sadike 10% (20%, 30%, 40%) glede na višino korenine je indeks te deformacije 1, (2,3,4) in če je odmik 50% in več znaša indeks 5
- 2/ oznaka A - korenine so v prostoru neenakomerno, to je asimetrično razporejene. Asimetričnost se ugotavlja v tlorisu koreninskega pleteža z indeksom od 0 - 5, glede na razpored korenin v posameznih kvadrantih tlorisnega kroga.
 - 0 = enakomerna razporeditev
 - 1 = enakomerna razporeditev v treh kvadrantih, le v enem kvadrantu pa je od 1-10% koreninske mase
 - 2 = enakomerna razporeditev v treh kvadrantih, le v enem pa je manj kot 1% koreninske mase
 - 3 = enakomerna razporeditev v dveh kvadrantih, vsaj v enem od kvadrantov pa je od 41 - 100% koreninske mase (izjema 11-40%)
 - 4 = tri najneugodnejše tretje variante
 - 5 = trije kvadranti imajo od 0-0,9% korenin in je najmanj 97% korenin le v enem kvadrantu
- 3/ oznaka G - pri presajanju v drevesnici so sejanke pregloboko posajene, zato se razvijajo nove korenine na višjem nivoju, kjer so navadno tudi boljše tla. Razdalja med novonastalim zgornjim vencem korenin in starimi spodnjimi koreninami je osnova za določanje indeksa. Indeks je 0, če je ta razdalja 0, pri vsakem naslednjem 1,5 cm pa naraste indeks za eno številko. Indeks 5 je, če je razmik 6,1 cm ali več.

4/ Oznaka P - posamezne (manjše) korenine so podvihane, kar nastane pri presajanju sejank v dřevesnici. Če je odstoten delež podvihanih korenin od 0-0,9, 1-5, 6-15, 16-25, 26-40 in nad 40%, znašajo indeksi: 1,2,3,4 in 5.

V letih 1982 in 1984 smo analizirali in kvantificirali 657 smrekovih koreninskih pletežev in njihovih deformacij. Poprečna smreka teh meritev je imela naslednje indekse vrednosti:

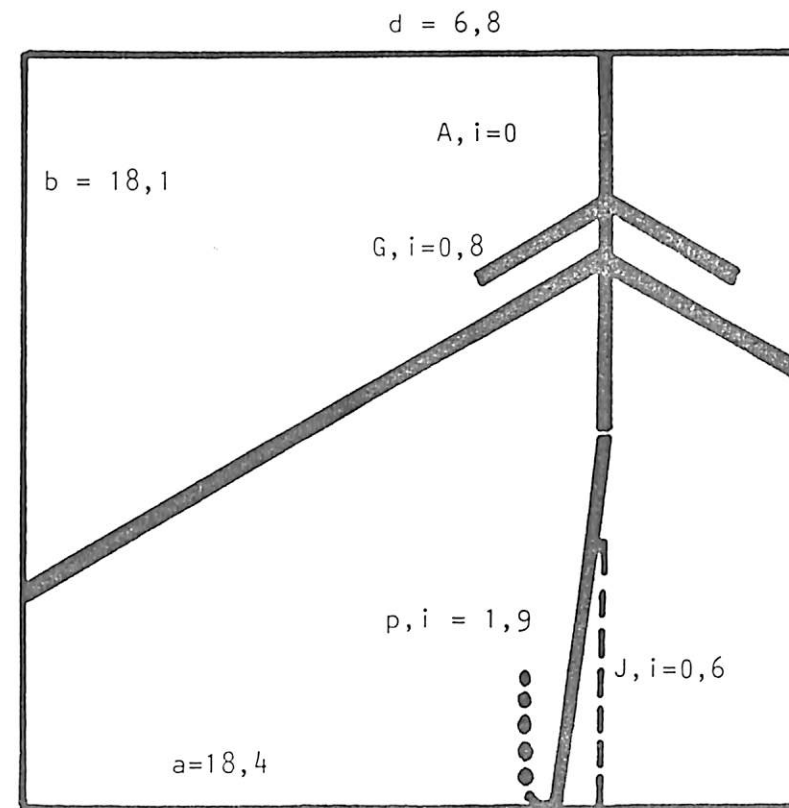
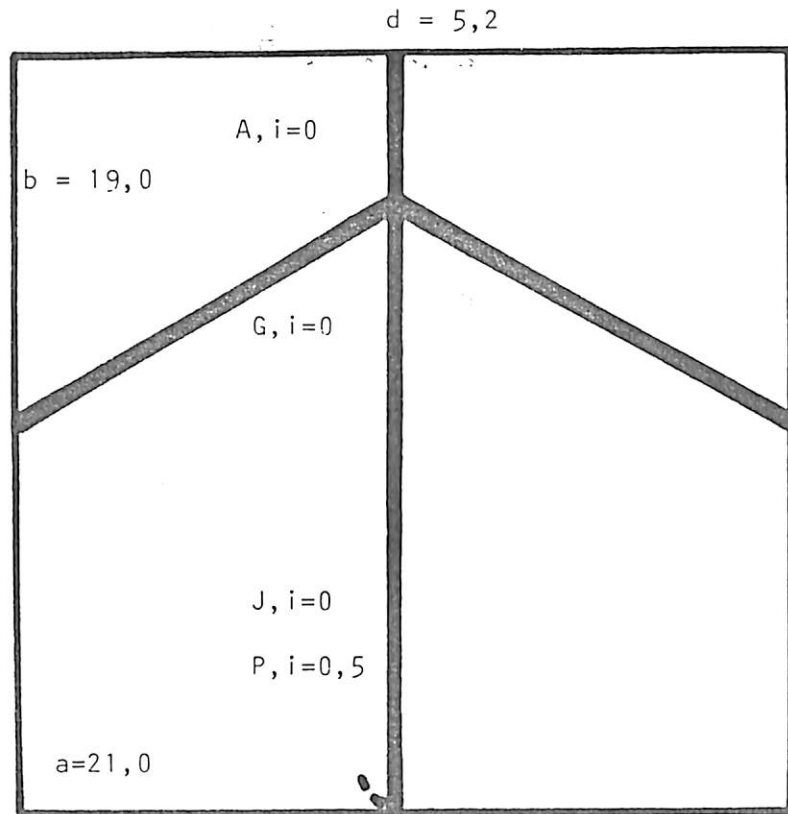
vrsta deformacije	indeksna vrednost
J	1,0
A	2,2
G	0,9
P	2,0

Iz te analize je razvidno, da so poprečne sadike obremenjene nekoliko bolj z napako asimetričnosti koreninskega pleteža in z napako podvihanosti posameznih tanjših korenin. Med vsemi merjenimi sadikami pa ni bilo nobene idealne sadike, saj je bila vsaka korenina obremenjena vsaj z eno deformacijsko napako.

Obravnavane koreninske deformacije je mogoče predočiti tudi grafično, kot prikazjeta sliki 15. Napake so prikazane v kvadratnem polju velikosti 10x10 cm, ki je razdeljeno z navpično črto, katera predstavlja koreninsko os. Napaka "J" (upognjenost koreninske osi) se prikazuje z lomljenjem te osi v levo za toliko centimetrov (merjeno na spodnjem robu kvadranta), kolikor znaša indeksna vrednost. Napaka "A" (asimetričnost korenin) pa je prikazana z odmikom navpične koreninske osi od simetrane kvadranta za toliko centimetrov, kolikor znaša indeksna vrednost te napake. Napaka "G" (globoka saditev) je podana s prikazom dvojnega venca stranskih korenin, pri tem pa predstavlja razmik med vencema v cm njeno indeksno vrednost. Napaka "P" (podvihanost korenin) je prikazana s pikasto črto, ki se dviga od spodnjega konca koreninske osi proti zgornjemu robu kvadranta. Dolžina te črte v cm predstavlja indeksno vrednost podvihanosti.

Slika 15: Grafični prikaz deformacij koreninskega pleteža dveh smrekovih smrekovih sadik starosti 2/2

d - premer koreninskega vratu v mm
a - širina koreninskega pleteža v cm
b - višina koreninskega pleteža v cm



Primer asimetrične rasti koreninskega pleteža zaradi zavijanja korenin pri presajanju sadike evropskega macesna je razviden na sliki 16 in fotografiji 1. Večja asimetričnost korenin pa se pojavlja tudi pri sadikah, ki so vzgojene iz potaknjencev v primerih, ko odžene na potaknjencu le ena (ali manjše število) korenin. Tak primer, ko je bil posajen zakoreninjenec rdečega bora le z eno korenino prikazuje slika števil. 16 in fotografija 2.

4.2.2 Razrast krošenj

Razrast krošnje smo proučevali pri smrekovih sadikah, ki so bile vzgojene iz semena, iz potaknjencev in pri cepljenkah. Krošnje sadik smo fotografirali (iz smeri, pri kateri so bile napake najvidnejše) in po fotografskih posnetkih naredili narisne projekcije teh krošenj. Tako izrisane projekcije smo uporabili za ugotavljanje naslednjih razrastnih lastnosti (napak) krošenj:

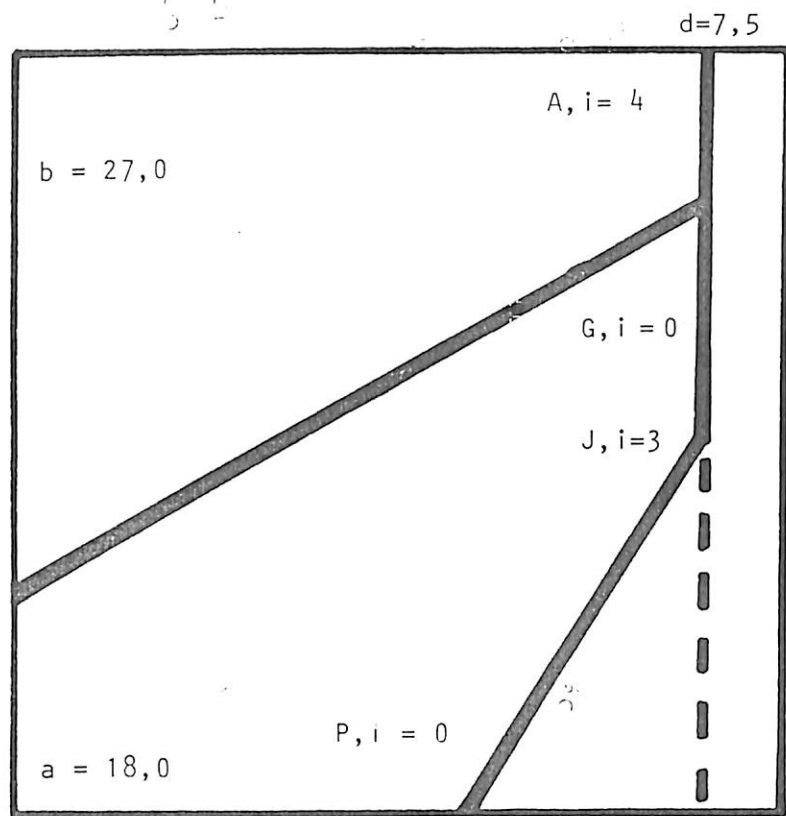
- nesimetričnost krošnje
- nesorazmernost zgornjega dela krošnje
- vitkost krošnje

Naštete lastnosti ugotavljamo s pomočjo križa, ki ga vrišemo v projekcijo. Navpičnica poteka od koreninskega vratu in predstavlja višino krošnje, vodoravnica pa križa navpičnico na njeni polovici in predstavlja širino krošnje. Navpičnica deli krošnjo v levi del in desni del, vodoravnica pa v zgornji del in spodnji del. Glej sliko 17.

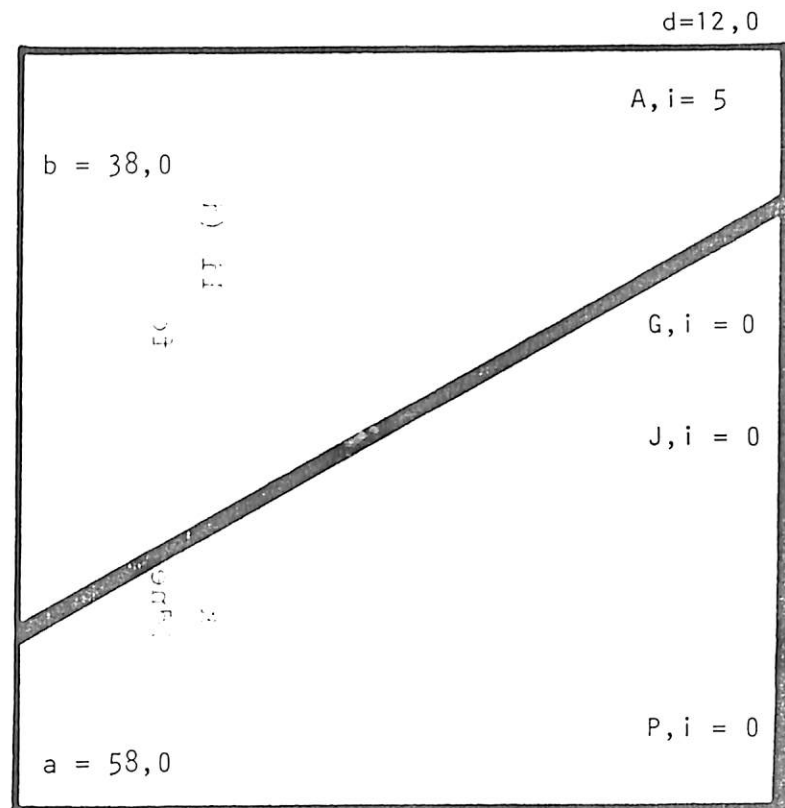
Nesimetričnost krošnje prikazujemo kot razmerje med površino manjšega (levega ali desnega) dela krošnje in celotne krošnje izračunamo v odstotkih.

Nesorazmernost zgornjega dela krošnje prikazujemo kot razmerje med površino zgornjega dela krošnje in celotne krošnje izraženo v odstotkih.

Evropski macesen, 1/1,
 vzgojen na ilovnato-rahlih tleh, IGLG
 marec 1989 (glej foto)



Rdeči bor 1/2
 vzgojen iz potaknjenca, IGLG
 marec 1989 (glej foto)



d - premer koreninskega vratu v mm
 a - širina koreninskega pleteža v cm
 b - višina koreninskega pleteža v cm

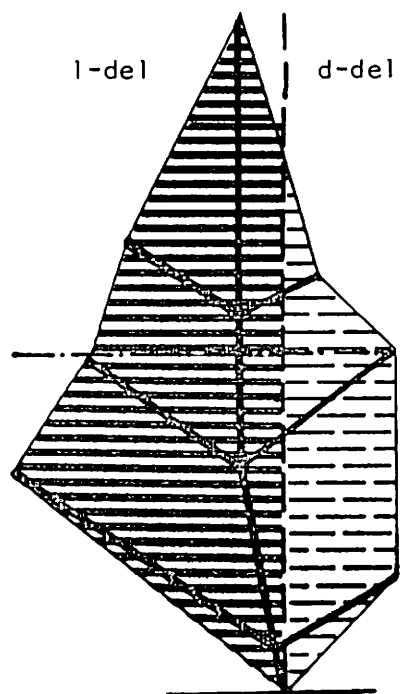
Slika 16: Grafični prikaz netipične asimetričnosti koreninskega pleteža



Foto 1: Asimetrično razvite korenine pri sadiki evropskega macesna

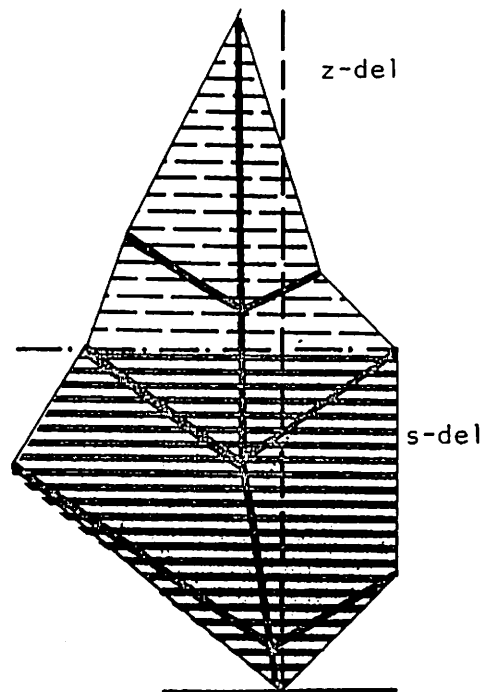


Foto 2: Sadika rdečega bora, vzgojena iz potaknjenca, kjer se je razvila le ena korenina



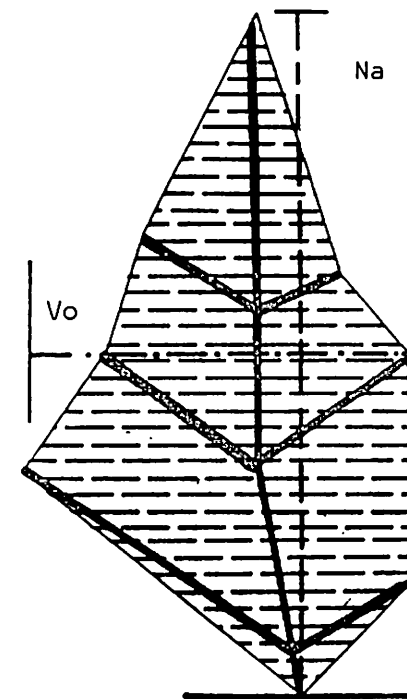
Nesimetričnost krošnje

$$\frac{d\text{-del}}{d\text{-del} + l\text{-del}} \times 100$$



Nesorazmernost zgornjega dela krošnje

$$\frac{z\text{-del}}{s\text{-del} + z\text{-del}} \times 100$$



Vitkost krošnje

$$\frac{Na}{Vo}$$

Vitkost krošnje je prikazana kot razmerje med višino in širino krošnje.

Po tej metodi smo naredili analizo krošenj štirinajstih štiri-letnih generativnih smrekovih sadik iz Mengša, šestih generativnih smrekovih sadik različne starosti iz IGLG, štirinajstih štiriletnih in deset devetletnih smrekovih sadik vzgojenih po vegetativni poti iz potaknjencev na IGLG in dveh cepljenih smrek. Ta analiza je prikazana v tabeli števil.4 in delno na sliki 18.

Tabela 4: Morfološka analiza krošenj smrekovih sadik

Zap. št.	Značilnosti razrasti krošnje								
	nesimetričnost			nesorazmernost zgornjega dela			vitkost krošnje		
iz relativnih planimetriranih vrednosti									
	(1)	(2)	%	(1)	(2)	%	Na		
	manjši del	cela projek.	(1):(2)	zgornji del	cela projek.	(1):(2)	Na	Vo	Vo

Sadike vzgojene iz semena, 2/2 (Mengeš)

1	58	100	58%	41	100	41%	51	35	1,46
2	29	53	55%	28	53	53%	50	21	2,38
3	45	76	59%	38	76	50%	50	25	2,00
4	42	80	52%	38	80	47%	59	31	1,90
5	37	69	54%	35	69	51%	47	31	1,52
6	56	120	47%	56	120	47%	70	33	2,12
7	47	74	63%	34	74	46%	51	25	2,04
8	50	91	55%	46	91	50%	68	25	2,72
*9	124	245	51%	100	245	41%	84	65	1,29
10	112	174	64%	78	174	45%	70	44	1,59
11	46	77	60%	53	77	69%	58	20	2,90
12	34	98	35%	62	98	63%	50	26	1,92
13	41	129	32%	53	129	41%	61	26	2,35
14	50	114	44%	50	114	44%	57	31	1,84
pop.	55	107	51%	51	107	48%			2,00

Sadike vzgojene iz semena ,2/0, 2/1, 2/2 (IGLG)

*1	178	345	51%	140	345	41%	89	68	<u>1,29</u>
2	46	160	29%	87	160	54%	60	44	1,50
3	17	67	25%	42	67	63%	49	24	2,04
4	82	170	48%	105	170	62%	76	38	2,00
5	15	36	42%	23	36	64%	35	16	2,19
6	29	64	45%	36	64	56%	43	23	1,87
pop.	61	140	43%	72	140	51%			1,81

Sadike vzgojene iz potaknjencev, 1/3 (IGLG)

1	161	328	49%	183	328	56%	82	62	1,32
2	45	125	36%	50	125	40%	46	46	1,00
3	99	260	38%	132	260	51%	89	64	1,39
4	100	180	55%	91	180	51%	48	62	0,77
5	65	130	50%	45	130	35%	52	44	1,18
6	75	118	63%	53	118	45%	54	43	1,25
7	106	147	72%	75	147	51%	71	44	1,61
8	98	250	39%	103	250	41%	61	67	0,91
9	52	130	40%	47	130	36%	58	46	1,26
10	59	181	32%	83	181	46%	66	53	1,24
11	136	254	53%	141	254	55%	90	46	1,96
12	153	225	68%	97	225	43%	64	59	1,08
13	56	197	28%	72	197	36%	55	54	1,02
14	45	101	44%	43	101	42%	53	30	1,77
pop.	89	188	47%	87	188	46%			1,27

Sadike vzgojene iz potaknjencev, 1/1 (IGLG)

1	67	128	52%	40	128	31%	49	61	0,80
2	62	134	46%	46	134	34%	66	35	1,88
3	70	109	64%	45	109	41%	39	65	0,60
4	36	76	47%	54	76	71%	55	37	1,49
5	38	86	44%	42	86	49%	22	48	0,46
6	9	63	14%	34	63	54%	62	17	3,65
7	61	99	62%	53	99	53%	32	44	0,73
8	12	34	35%	14	34	41%	48	15	3,20
9	10	33	30%	16	33	48%	31	18	1,72
10	9	34	26%	12	34	35%	46	28	1,64
pop.	37	80	46%	36	80	45%			1,62

Cepljene sadike 3 + 4 (IGLG)

1	131	133	98%	97	133	73%	65	50	1,30
2	101	123	82%	71	123	58%	50	51	0,98
pop..	116	128	91%	84	128	66%			1,14

Legenda: *9, *1 - pravilno razvita krošnja štiriletne sadike

Na - navpičnica

Vo - vodoravnica

Primerjava med štiriletnimi sadikami in dvoletnimi sadikami kaže na večjo asimetričnost mlajših sadik in to tako tistih, ki so vzgojene iz semena, kot sadik, ki so vzgojene iz zakoreninjenec. Mlajše sadike imajo tudi večji delež v zgornjem delu krošnje kot starejše sadike. Primerjava med generativnimi sadikami in vegetativnimi sadikami kaže na večjo asimetričnost pri vegetativnih sadikah. Vegetativne sadike izkazujejo tudi manjšo vitkost, kar je pa verjetno posledica večjega ravnega prostora pri teh sadikah. Smrekove sadike, ki so vzgojene iz potaknjencev so tudi bolj nehomogene, to je neenotne, kar je razvidno iz posameznih minimalnih in maksimalnih vrednosti pri opisanih morfoloških značilnostih v tabeli. Najizraziteje pa se kaže ta neenotnost pri mlajših sadikah, v kazalcih, ki določajo vitkost krošenj.

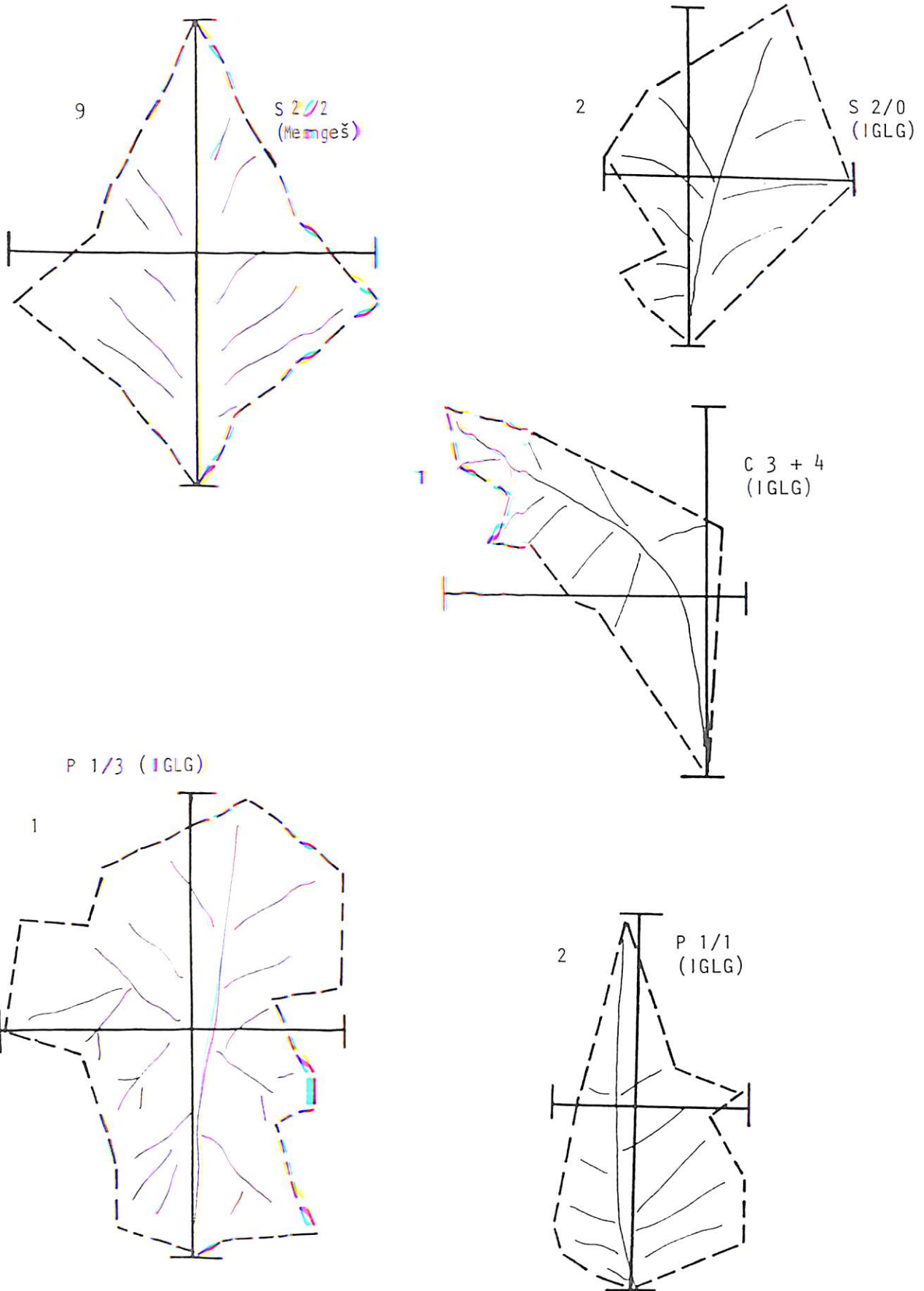
4.3 VZGOJA IN MORFOLOŠKA ANALIZA SADIK VZGOJENIH NA RAZLIČNIH PODNEBNIH IN TALNIH TIPIH

4.3.1 Zastavitev poskusa s smrekovimi sadikami v nasadih IGLG in Belo s štirimi poskusnimi variantami

Spomladi leta 1986 smo zastavili poskusno vzgojo sadik enotnega izvora v štirih različnih okoljih za analizo morfoloških in fizioloških lastnosti tako vzgojenih sadik in analizo njihove nadaljnje rasti. Smrekove sadike starosti 2+0, provenience Litija smo posadili v štirih poskusnih variantah in dveh blokkih.

Slika 18: Prikaz razmasti krošenj nekaterih tipičnih smrekovi sadik v stranski projekciji

- S - sadiki vzgojeni iz semena
 P - sadiki vzgojeni iz potaknjencev
 C - cepljena sadika



Uporabljali smo naslednje poskusne variante:

- Ai - tla iz vrta IGLG z dodatkom substrata, sadike so posajene na vrtu IGLG, n.v. 300 m
 Ab - tla iz vrta IGLG z dodatkom substrata, sadike so posajene v nasadu Belo, n.v. 650 m
 Bi - tla iz nasada Belo, sadike so posajene na vrtu IGLG, n.v. 300 m.
 Bb - tla iz nasada Belo, sadike so posajene v nasadu Belo, n.v. 650 m.

V poskusni varianti, ki meri 1 m² smo posadili 50 smrek, v celotnem poskusu 400 smrek. Poskusno ploskev v nasadu Belo smo tudi ogradili. V naslednjih letih smo opravili več dendrometričnih meritev in fizioloških analiz, po dveh letih rasti pa smo sadike izkopali in jih posadili v nov nasad. Za tla naštetih poskusnih variant smo izdelali tudi pedološko analizo, ki jo prikazuje tabela 5.

Tabela 5: Analizni podatki o humusu in dostopnih hranilih v tleh iz nasada IGLG in nasada Belo

Tla iz nasada	Organske snovi %	C/N %	N tal %	N org.s. %	Al K ₂ O meq	Al P ₂ O ₅ meq	SCH Mg meq
IGLG	7,07	11,3	0,36	5,1	27	13	45
Belo	7,93	10,2	0,45	5,9	27	5	66

Legenda: N tal - delež skupnega dušika v vzorcu tal

N org.s.- delež skupnega dušika v organski snovi

Al - vsebnost rastlinam lahko dostopnih K in P spojin, določena po Al metodi

SCH - določanje dostopnega Mg po Schachtschabelovi metodi

meq - izraženo v miliekvivalentih na 100 g tal.

4.3.2 Zastavitev poskusa vzgoje smrekovih in macesnovih sadik v loncih v nasadih IGLG, Belo in Kranjski Rak

Smrekove sadike 2/0, proveniencie Hrušica in sadike evropskega macesna 1/0, proveniencie Kranjska gora, smo posadili spomladi 1. 1986 v 10 literske lonce v enotno zemljo (iz IGLG). Sadike v loncih smo nato vzgajali na treh različnih nadmorskih višinah:

300 m - nasad IGLG

650 m - nasad Belo

1020 m - nasad Kranjski Rak

Namen poskusa je bil ugotoviti vpliv različnih klimatskih danosti, ki so odvisne od nadmorske višine, na rast in razvoj teh sadik. Da bi pri tem izločili vpliv različnih tal smo sadike vzgajali v lončenih loncih na enotnih tleh. Skupaj smo posadili 36 smrekovih in 36 macesnovih sadik. Dendrometrične meritve smo delali do izkopa jeseni 1988 pri macesnu in do jeseni 1989 pri smreki. Po izkopi smo del teh sadik posadili v nov nasa.

4.3.3 Zastavitev poskusa vzgoje smrekovih in macesnovih sadik na glinasto-masivnih tleh, ilavnato-rahlih tleh in na melasto-sipkih tleh

Poskus smo zastavili spomladi 1. 1988 s sadikami smreke 2/0 in evropskega macesna 1/0 na glinasto-masivnih tleh in ilavnato-sipkih tleh v drevesnici Zadobrova. Pedološko analizo obravnavanih tal prikazuje tabela 6.

Tabela 6: Podatki o rezultatih laboratorijskih analiz za glinasto-masivna tla (G), ilovnato rahla tla (I) in za melasto-sipka tla (M)

Tla	pH v H ₂ O	pH v NKCl	Organska snov %	N tal %	N org.s. %	Dostopni v meq/100 g		
						K ₂ O	P ₂ O ₅	Mg
G	6,93	6,06	1,7	0,17	5,80	22	7	57
I	7,06	6,32	3,3	0,24	4,22	24	8	54
M	7,97	7,18	0,8	0,05	3,62	7	6	7

Legenda: NKCl - normalna razstopina KCl

Ntal - delež skupnega dušika v vzorcu tal

N org.s. - delež skupnega dušika v organski snovi

meq -- izraženo v miliekivalentih na 100 g tal

Poskusne variante so bile osnovane na 1 m² s po 50 sadikami smreke oziroma evropskega macesna. Glinasta tla smo pripeljali iz okolice Ljubljane, sipka tla v drevesnici Zadobrova pa smo še dodatno zrahljali s perlitom. Do izkopa smo opravili v nasadih več dendrometričnih meritev. Macesen smo izkopali spomladi leta 1989 in s temi sadikami osnovali nov nasad na IGLG in v drevesnici Zadobrova.

4.3.4 Prvi rezultati dendrometričnih meritev sadik vzgojenih v različnih podnebnih in talnih razmerah

a/ Poskus vzgoje smrekovih sadik v nasadih IGLG in Belo v štirih poskusnih variantah

Rezultate dendrometričnih meritev prikazuje tabela 7.

Tabela 7: Rast smrekovih sadik v štirih poskusnih variantah v nasadu IGLG in Belo

Poskusna varianta *	Sp. 86 ob sajenju			Jes.87		Izpad %	Δh sp.86 -jes.87 cm
	H cm	H cm	d mm	H cm	d mm		
Ai	19,4	22,3	4,81	35,1	7,49	10 %	15,7
Bi	19,3	22,4	5,26	40,9	8,07	7 %	21,6
Ai+Bi	19,4	22,4	5,03	38,0	7,78	8,5 %	18,6
Ab	20,2	23,7	5,41	41,6	8,12	3 %	21,4
Bb	20,2	23,6	5,40	39,4	7,46	9 %	19,2
Ab+Bb	20,2	23,6	5,40	40,5	7,83	6 %	20,3
Ai+Ab	19,8	23,0	5,11	38,4	7,81	6,5 %	18,6
Bi+Bb	19,7	23,0	5,33	40,1	7,76	8 %	20,4

Legenda: * - razlaga oznak je v poglavju 4.3.1

Proti pričakovanju je bila rast sadik na različnih poskusnih variantah zelo izenačena. Največji izpadi so bili pri varianti Ai in Bb, kjer so bili ugotovljeni tudi najnižji višinski prirastki. Sadike vzgojene na tleh iz nasada Belo so imele v povprečju nekoliko višje prirastke, kot sadike, ki so bile vzgojene na tleh iz nasada IGLG. Prav tako pa so v povprečju dosegle nekoliko boljše prirastke smreke, ki so rastle na višji nadmorski višini 650 m v nasadu Belo (čeprav so bile te smreke opazno svetleje zelene), kakor pa sadike, ki so bile vzgojene na vrtu IGLG na n.v. 300 m.

b/ Poskusna vzgoja sadik v loncih na enotnih tleh in treh višinskih legah

Rezultate dendrometričnih meritev prikazuje tabela št. 8 in slika 19.

Tabela 8: Rast sadik v loncih na enotnih tleh in treh višinskih legah

Poskusna varianta	Sp.87 ob sajenju		Jes.87		Jes.88		Jes.89		izpad %	Jes.88			sign fika
	H cm	d mm	Δh cm	d mm	Δh cm	d mm	Δh cm	d mm		N	H cm	S	
<hr/>													
<u>Smreka</u>													
IGLG	15,8	3,83	4,75	5,42	20,33	8,00	10,58	9,92	0%	12	40,9	7,84	p ₂
Belo	17,0	4,00	2,00	4,17	11,55	6,42	9,91	9,08	0%	12	30,5	3,87	p ₂
Kranjski Rak	15,2	3,58	1,42	3,67	11,08	6,75	*		85%	12	27,7	4,56	
<u>E.macesen</u>													
IGLG	15,2	3,67	16,33	5,67	28,17	9,75			0%	12	59,7	9,04	p ₂
Belo	14,8	3,67	5,67	4,92	30,55	10,00			8%	9	51,3	5,05	p ₂
Kranjski Rak	13,7	3,33	3,83	3,50	21,25	7,25			0%	12	38,8	6,74	
<hr/>													

Legenda: * - izpad pozimi 88/89

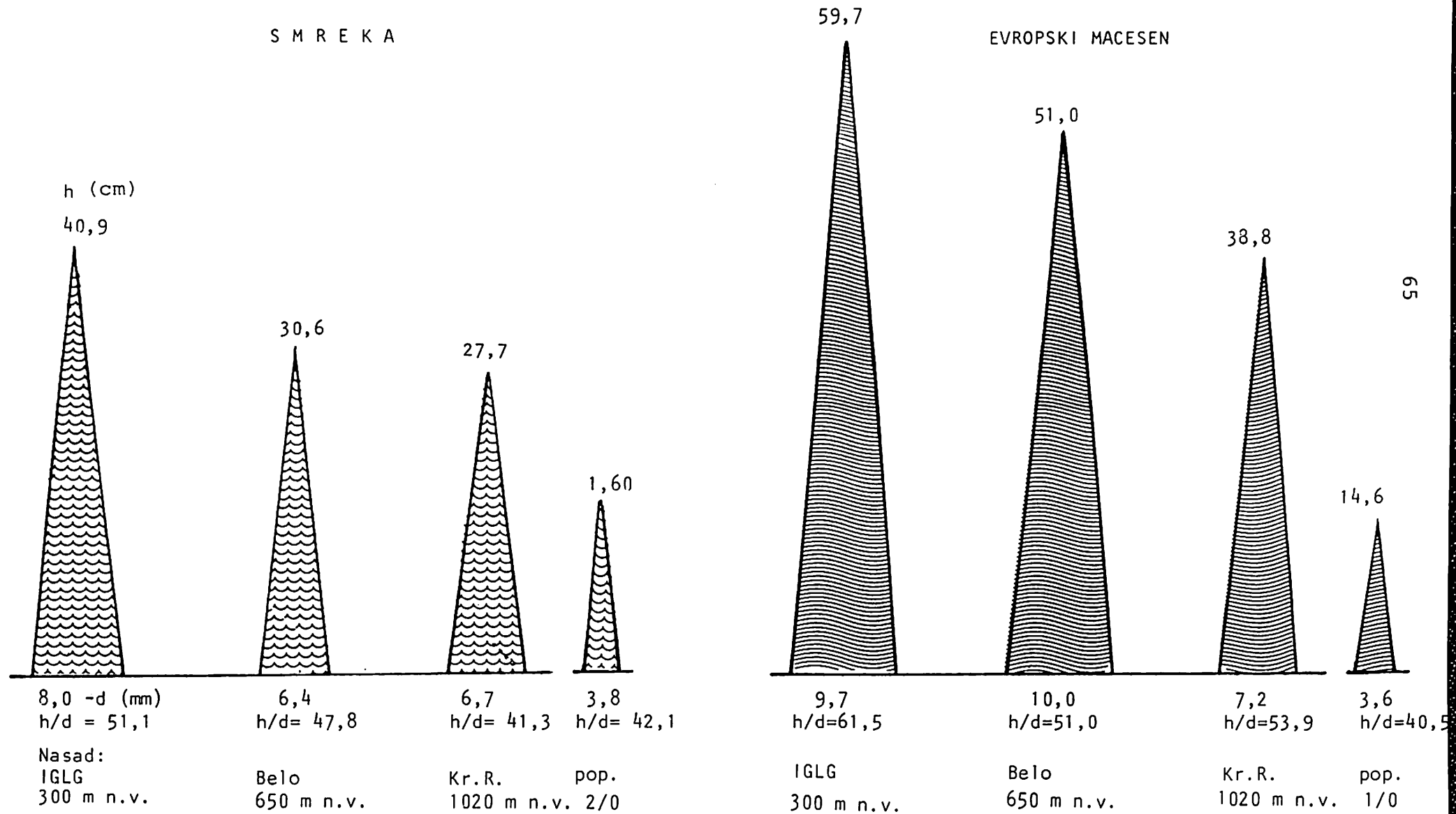
p₁ - statistič.znač.pri stopnji tveganja $p \leq 0,05$

p₂ - statistič.znač.pri stopnji tveganja $p \leq 0,01$

p₃ - statistič.znač.pri stopnji tveganja $p \leq 0,001$

s - standardna devijacija

Slika 19: Višina in debelina sadik vzgojenih v loncih v nasadih z različno nadmorsko višino (jeseni 1988)



Iz tabele in grafikona je razviden izrazit negativen vpliv nadmorske višine predvsem na višinsko rast smrekovih in macesnovih sadik. Medtem, ko so bile sadike vzgojene na n.v. 300 m izrazito najvišje, smreka pa tudi najdebelejša, pa je tršatost teh sadik nekoliko slabša, kot tršatost sadik, ki so bile vzgojene na višjih nadmorskih višinah.

c/ Poskusna vzgoja sadik na treh talnih tipih

Pri smrekovih in macesnovih sadikah, ki smo jih vzgajali na različnih talnih tipih smo merili premere koreninskega vratu in višine, ugotavljali izpade izmerili vsebnost hranil v iglicah smreke, pri nekaterih macesnovih sadikah pa smo tudi analizirali razrast koreninskega pleteža in krošnje. Rezultate teh meritev prikazuje tabela 9, tabela 10 in tabela 11.

Tabela 9: Rast smrekovih sadik in sadik evropskega macesna na treh talnih tipih

Poskusna varianta - tla	Sp.1988 ob saje- nju			Jes.1989		1988 in 1989	Izpad ob zadnji meritvi
	H cm	Δh cm	d mm	Δh cm	d mm	Δh cm	%
<u>Smreka</u>							
Glinasto- masivna	16,4	6,9		16,7	7,7	23,6	2%
Ilovnato - rahla	14,9	7,4		17,3	8,1	24,7	0%
Melasto - sipka	15,3	7,5		17,1	7,8	24,5	32%
<u>E.macesen</u>							
Glinasto- masivna	11,2	34,1	8,3				0%
Ilovnato- rahla	11,6	34,9	8,3				2%
Melasto - sipka	11,8	20,4	7,8				10%

Tabela 10: Rezultati foliarne analize smrekovih sadik iz treh talnih tipov

Vrsta tal	C %	N %	P %	Ca %	Ma %	K %	Na %	C/N %	N/P %	N/K %	K/Mg %	P/Mg %	Ca/K %	(K+Mg)/Ca
Glinasto-masivna	51,0	1,39	0,27	1,06	0,19	0,65	0,18	36,7	5,1	2,1	7,3	1,4	1,6	0,8
Ilovnato-rahla	51,0	2,18	0,29	1,21	0,23	0,64	0,08	23,4	7,5	3,4	9,5	1,3	1,9	0,7
Melasto-sipka	45,00	1,47	0,28	2,01	0,15	0,76	0,11	30,6	5,2	1,9	9,8	1,9	2,6	0,5

Tabela 11: Deležji korenin glede na cele sadike pri sadikah evropskega macesna 1/1, ki so bile vzgojene na različnih tleh

Vrsta tal	Dložinski delež %	Površinski delež projekcije %	Prostorninski delež %
Glinasto - masivna	38	31	24
Ilovnato-rahla	39	26	20
Melasto-sipka	61	46	29

Debelinska in višinska rast smreke se glede na obravnavane vrste tal bistveno ne razlikuje, izrazit pa je izpad smrekovih sadik na sipkih tleh (32%), ki je nastal v poletnih sušnih mesecih. Na istih tleh je prav tako zabeležen največji izpad pri vzgoji macesnovih sadik, ki so imele na teh tleh tudi najmanjše višinske prirastke ob istočasno močnejšem razvitem koreninskem pletežu.

5 MERITVE IN ANALIZE FIZIOLOŠKIH LASTNOSTI GOZDNIH SADIK

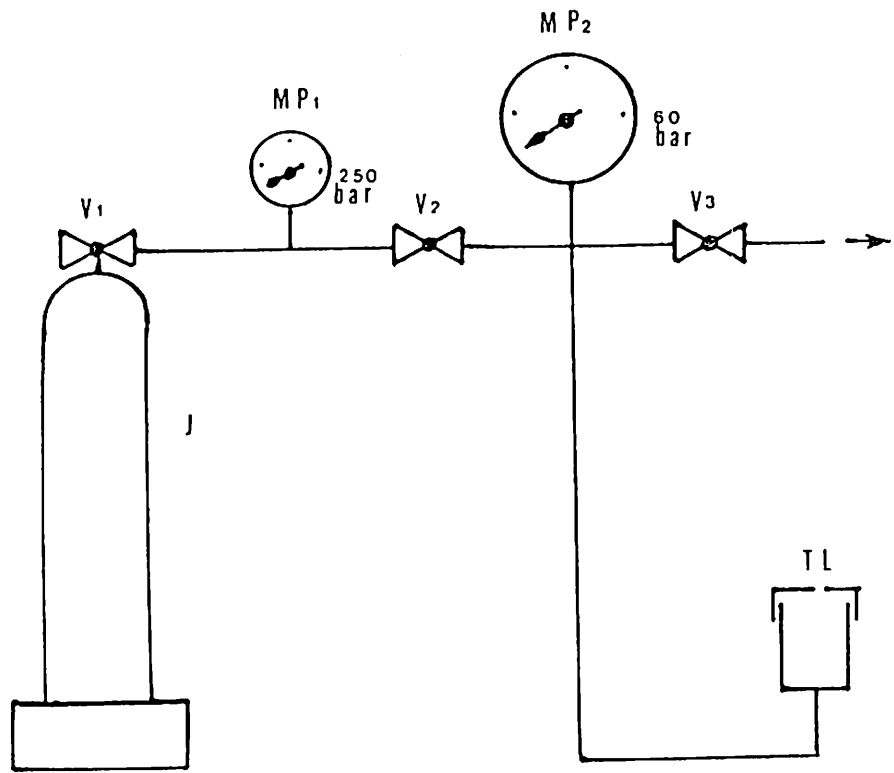
5.1 UGOTAVLJANJE SVEŽOSTI SADIK

a/ Naprava in metoda merjenja

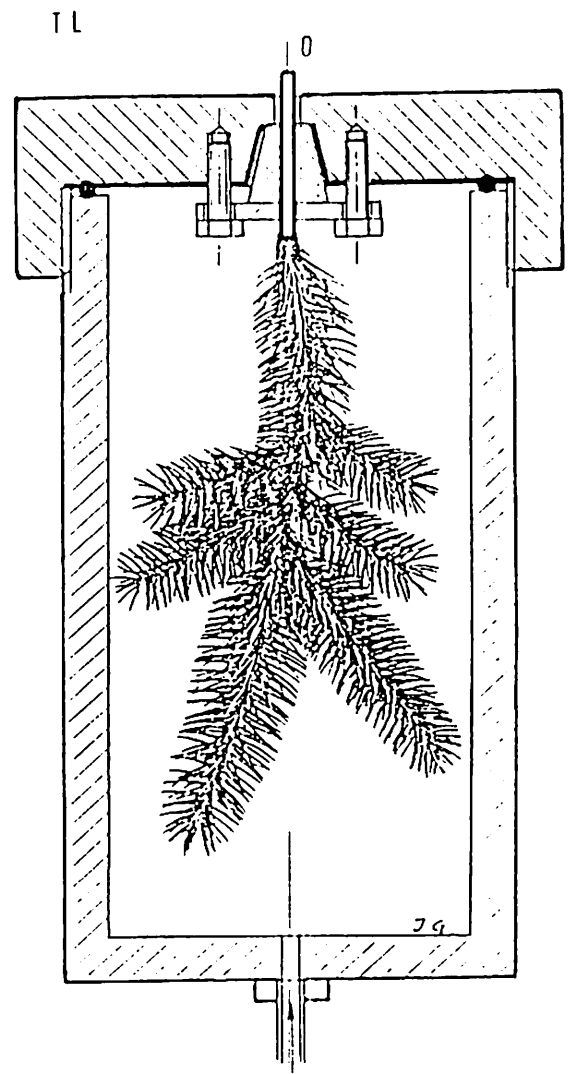
Svežost sadik smo prvotno ugotavljali z metodo navlaženja, sušenja in tehtanja, vendar je za terensko delo ta metoda neprimerna. Za meritve v gozdu se po svetu pogosto uporablja v ta namen t.i. "scholanderjeva bomba", katere glavni del je tlačni lonec. Pri delu s to napravo ne potrebujemo niti vode niti elektrike. V tlačni lonec, v katerem lahko nadzorovano zvišamo zračni pritisk, ustavimo vejico ali drug del rastline, tako da gleda odrezani del vejice skozi tesnilo iz lonca. Pritisk, ki je potreben, da istisnemo vodo iz vejice skozi (opazovani) odrezani del, pa je v absolutnem smislu enak sesalni napetosti v ksilenu oziroma celotnem vodnemu potencialu v rastlini. Scholanderjevo bombo že dolgo uporabljajo za terenske meritve vodnega potenciala. Meritve vršijo npr. zaradi ugotavljanja presaditvenega šoka, vpliva namakanja, ugotavljanja korelacije med hidraturu in fotosintezo ter transpiracijo, za določanje različnih podnebnih parametrov ali pa za ugotavljanje kritične izsušenosti drevja z ozirom na obrambo pred škodljivci.

Scholanderjevo bombo smo izdelali sami po fotografijah in skicah iz strokovnih časopisov (SCHOLANDER in sod. 1965, KREEB 1977). Izračun za tlačni lonec je napravil inž. Tomaž Virnik, izvedbo z montiranjem na prenosnem vozičku pa Jože Grzin. Glavni deli te naprave so prikazani na sliki 20.

Celotni vodni potencial smo merili na odrezanih smrekovih vejicah, dolgih 10 do 14 cm. Na delu vejice, ki gre skozi gumjasto tesnilo, smo odstranili lubje in jo pritrdili v tesnilo tako, da je bil zeleni del v tlačnem loncu. Izmed dveh



- J ----- jeklenka
- V₁, V₂, V₃ - prvi, drugi in tretji ventil
- MP₁, MP₂ prvi in drugi merilec pritiska
- TL ----- tlačni lonec
- 0 ----- odrezani del odganjka, kjer se pojavi vodna kapljica



Slika 20: Shematičen prikaz "Scholanderjeve bombe" in tlačnega lonca

merilcev pritiska kaže prvi pritisk v jeklenki (ki je polnjena s 150 bari), drugi pa pritisk v tlačnem loncu. Zelo pomembno je, da povečujemo pritisk dovolj zmerno, tako da lahko odčitamo vrednost v trenutku, ko se vodna kapljica pojavi na odrezanem delu vejice (v ksilemu). Po literaturi (RUETZ 1976) znaša vodni potencial smrekovih sadik pred sajenjem od $-0,9$ do $-40,0$ barov, pri naših meritvah pa je bil ta obseg ožji.

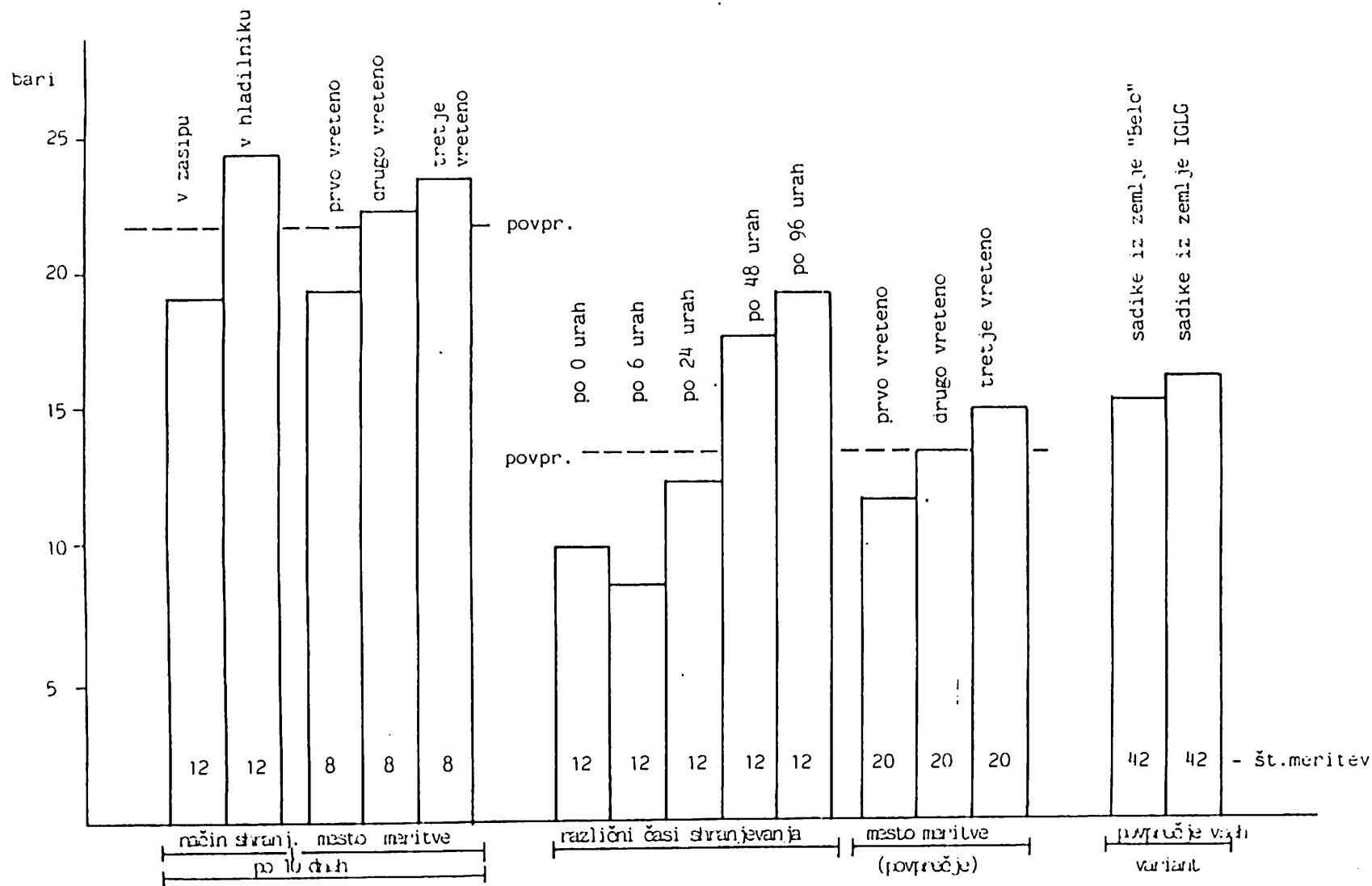
b/ Ugotavljanje odvisnosti med načinom hranjenja smrekovih sadik in njihovo svežostjo

Vodni potencial smo ugotavljali jeseni 1. 1988 pri štiriletnih smrekovih sadikah, vzgojenih na dveh različnih tleh, ki smo jih hranili po izkopu: 10 dni v zasipu, 10 dni v hladilni omari (v odprtih vrečah pri nizki zračni vlagi) ter na zraku v senci 0, 6, 24, 48 in 96 ur. Vzorce smo jemali s 1., 2. in 3. vretena. Vodni potencial smo ugotavljali s Scholanderjevo bombo pri 84 vzorcih, vsebnost vode (Q) z metodo navlaženja, sušenja in tehtanja pa tudi pri enakem številu vzorcev. Po odvzetju vzorcev smo smrekce ponovno posadili na gredico.

c/ Rezultati meritev

Rezultate opravljenih analiz prikazuje tabela 12 in 13 in sliki 21 in 22.

Slika 21: VODNI POTENCIAL IZKOPANIH SMREKOVIH SADIK V RAZLIČNIH ČASIH IN NACINIH SHRANJEVANJA (meritve s Scholanderjevo bombo)



Slika 22: VODNI DEFICIT IZKOPANIH SMREKOVIH SADIK PRI RAZLIČNIH ČASIH IN NAČINIH SHRANJEVANJA (metoda navlaženja, sušenja in tehtanja)

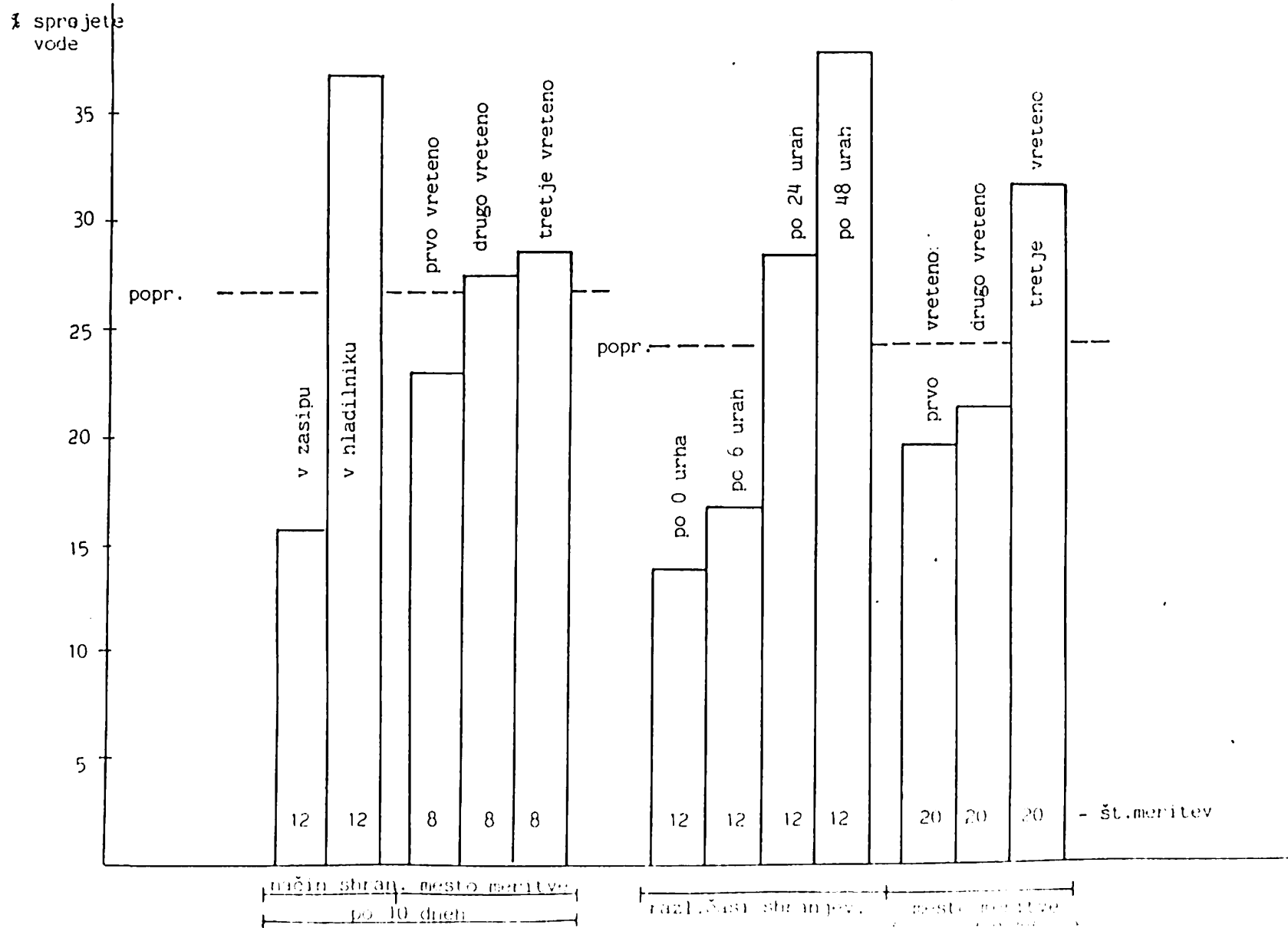


Tabela 12: Stanje vodnega potenciala in vodnega deficita pri izkopanih smrekovih sadikah

Vrsta vzorca	Število vzorcev	Vodni potencial v barih 1)	Vodni deficit v % 2)

Po 10 dneh hranjenja po izkopu:			
v zasipu	12	- 19,0	15,7
v hladilnici	12	- 24,4	36,6
s prvega vretena	8	- 19,3	22,9
s drugega vretena	8	- 22,3	27,4
s tretjega vretena	8	- 23,5	28,3
Po različnih časih hranjenja sadik v senci po izkopu v urah			
0	12	- 9,8	13,8
6	12	- 8,6	16,8
24	12	- 12,1	28,1
48	12	- 17,1	37,4
96	12	- 19,2	3)
s prvega vretena	20	- 11,7	19,5 4)
z drugega vretena	20	- 13,4	21,4 4)
s tretjega vretena	20	- 15,0	31,4 4)
Vzgoja sadik na različnih tleh:			
tla "Belo"	42	- 15,4	-
tla "IGLG"	42	- 16,1	-

- Legenda: 1) - vodni potencial je merjen s Scholanderjevo bombo
 2) - vodni deficit (vsebnost vode) je ugotovljen z metodo navlaženja, sušenja in tehtanja po formuli:
 $Wd = (masa\ nasičenih\ vzorcev - masa\ svežih\ vzorcev) : skupno\ maso\ vode\ v\ svežih\ vzorcih.$
 3) - nekateri vzorci pri tej izsušitvi niso več sprejemali vode
 4) - poprečje 16 vzorcev za sadike, hranjene od 0-48 ur.

Tabela 13: Vpliv vodnega potenciala na prijemanje in nadaljno rast smrekovih sadik

Ksilenski vodni potencial	Število sadik	Izpadi v prvem letu (%)	Višinski prirastek v prvem letu (cm)

Poskus: RUETZ (1976)			
- 5,7	20	5	7,1
- 7,5	27	4	6,6
- 12,7	21	9	6,2
- 17,2	20	5	6,1
- 28,2	18	28	7,1
- 27,5	26	38	4,7
- 32,1	20	45	5,1
- 37,4	16	50	4,5
Poskus: IGLG (spomladi 1988)			
- 36,7	24	58	-
Poskus: IGLG (jeseni 1988)			
- 5,5	4	0	6,1*
- 14,1	13	0	5,1*
- 22,5	9	22	2,9*

 Legenda: * - prirastki so izmerjeni pred koncem maja

Iz navedenega poskusa tabela 12 je razvidno, da so bile sadike, hranjene v hladilni omari bolj izsušene kot sadike v zasipu. Šesttedensko hranjenje enakostarih smrekovih sadik v hladilni omari v zaprtih vrečah in v zasipu v predhodnem letu pa je pokazalo da se sadike v hladilni omari niso izsušile. Njihov vodni potencial je bil celo za 4 bare višji kot pri sadikah, hranjenih v zasipu.

Hitrost izsuševanja izkopanih sadik v času vegetacije smo ugotavljali konec junija pri desetih smrekah. Po 1-, 3-, 5- in 8- urnem hranjenju teh sadik na soncu smo izmerili pri njih naslednje vrednosti: - 10,7, - 22,9, - 27,4 in - 37,8 bara, kar kaže na dinamiko izsuševanja v neugodnih razmerah.

Medtem, ko smo mi ugotavljali odvisnost med svežostjo posajenih sadik in njihovim prijemanjem, navaja RUETZ (1976) meritve prirastkov in prijemanja posajenih sadik iz nekoliko številčnejših vzorcev.

Lasten poskus smo opravili maja 1. 1988 s 24 izsušenimi smrekami, ki so bile predhodno mesec dni v hladilnici, nato pa so pet dni ležale nezakopane v senci. Poprečni vodni potencial teh smrek je znašal - 36,7 bara, preden smo jih posadili. Po letu dni smo ugotovili, da se je posušilo 14 bolj izsušenih smrek (s povprečjem -42,0 bara), 10 smrek pa je preživel (njihov poprečni vodni potencial je bil -29,1 bara). Jeseni 1.1988 pa smo posadili 26 delno izsušenih smrekovih sadik (izkopane 0-96 ur). Konec maja 1. 1989 pa smo pri njih ugotavljali prirastke in izpade. Iz tabele 13 je razvidna odvisnost prijemanja in nadaljnje rasti od preskrbljenosti sadik z vodo. Izpadi se izrazito povečajo, ko pade vodni potencial pod -20 barov. Z nadaljnjim opadanjem svežosti sadik pa se izrazito zmanjšuje tudi višinski prirastek še preživelih sadik.

5.2 MERITVE FOTOSINTETSKE AKTIVNOSTI PRI GOZDNIH SADIKAH

Sadike smo prenesli v laboratorij. Fotosintetsko aktivnost (neto asimilacijo CO₂) smo merili diferencialno na enoletnih vejnih vršičkih nepoškodovanih rastlin z infra - rdečim analizatorjem (IRGA, The analytical Development CO Ltd., tip 225/2, Hoddesdon, England). Kot vir svetlobe je služil žaromet (1500 W, TEŽ Tesla). Meritve so potekale po metodi odprtega sistema, ki so jo opisali ŠESTAK in sod. (1971).

5.2.1 Ugotavljanje fotosintetske aktivnosti pri smrekovih sadikah glede na njihovo izsušenost

a/ Meritve

Zmanjšana količina vode vpliva na dejavnost rastlin - na prenos elektronov v procesu fotosinteze in na dejavnost encimov v sekundarnih reakcijah (GABERŠČIK, MARTINČIČ 1989). Zaradi pomankanja vode se zapirajo listne reže, s čimer se zmanjšuje preskrba z ogljikovim dioksidom. Pri sadikah prihaja do pomankanja vode, praviloma po izkopu v drevesnici, pred saditvijo v gozdu in še tudi nekaj časa po sajenju (pogozdovanju) so sadike z vodo nezadostno preskrbljene. Do pomankanja vode pa lahko pride tudi zaradi nizkih temperatur, ko voda v tleh zmrzne.

V naših raziskavah smo ugotavljali kakšen je vpliv padca hidrature pri izkopanih smrekovih sadikah na fotosintetsko dejavnost in kakšna je reakcija, ko se hidratura rastlin in vodni potencial prsti v okolici korenin obnovi. Za raziskave smo uporabljali tri leta stare smrekove sadike, ki smo jih dobili v drevesnici Mengeš. Med 50 sadikami smo slučajno izbrali 5 rastlin. Med poskusom je znašala temperatura v asimilacijski kiveti $12,5 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ in relativna vlaga 60-70%. Najprej smo izmerili fotosintetsko aktivnost rastlin pri polni hidraturi. Nato smo pustili izkopane sadike v rastlinjaku 6 dni. Aktivnost vrhnjega dela glavnega poganjka smo merili vsake dva dni pri vseh petih rastlinah. Po šestih dneh smo rastline ponovno posadili in nadaljevali z meritvami aktivnosti.

Hidraturu smo določali vzporedno z vsako meritvijo asimilacije CO_2 . Vzorcem iglic iz zgornjih stranskih poganjkov smo najprej določili svežo težo. Nato smo vzorce sušili 24 ur pri 105°C in določili vsebnost vode. Vsebnost vode smo računali po formuli:

$$\text{WC} = \frac{\text{FW}_{\text{act}} - \text{DW}}{\text{FW}_{\text{act}}} \cdot 100 \%$$

WC - (water content) vsebnost vode

FW act - (actual fresh weight) trenutna sveža teža

DW - (dry weight) suha teža

b/ Rezultati

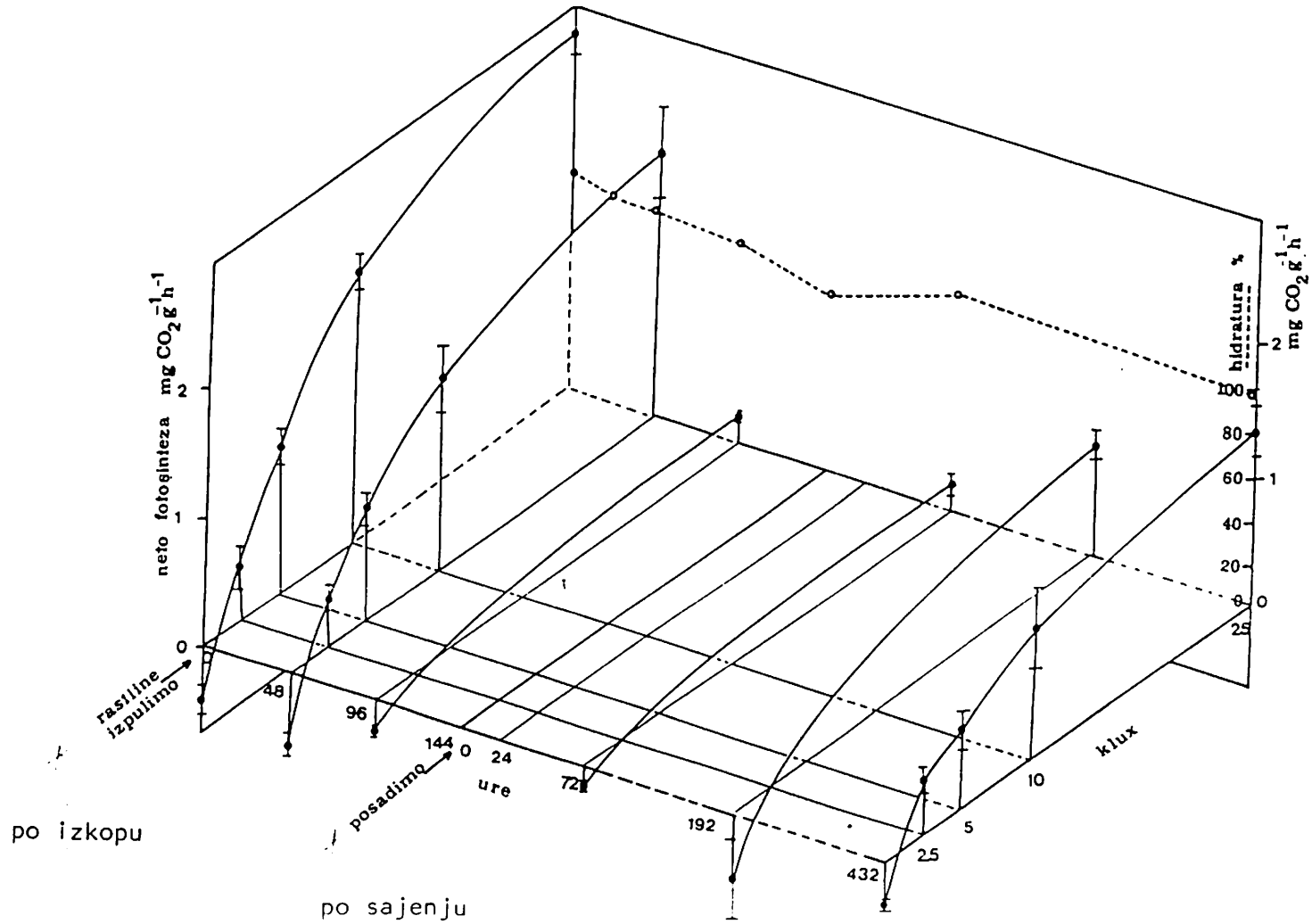
Rezultati meritev so podani v tabeli 14 in sliki 23.

Tabela 14: Neto fotosinteza v $\text{mg CO}_2\text{g}^{-1}\text{h}^{-1}$ pri smrekovih sadikah v odvisnosti od svežosti in osvetljenosti

Število ur po izkopu	Osvetljenost v k lx				
	0	2,5	5	10	25
0	-0,42	0,44	1,20	2,17	2,84
48	-5,85	0,38	0,94	1,53	2,10
96	-0,24				0,20
144	0	0	0	0	0
Število ur po ponovnem sajenju					
72	-0,15				0,20
192	-0,52				0,87
432	-0,33	0,43	0,64	1,06	1,38

V grafikonu in tabeli je razvidna dinamika upadanja neto asimilacije CO_2 ob izsuševanju smrekovih sadik pri različnih intenzitetah svetlobe. Aktivnost izmerjena pri sveži rastlini je podobna kot vrednosti, ki jih navajajo v literaturi (npr. okrog $2,5 \text{ mg CO}_2/\text{gh}$). Z znižanjem hidrature se je znižala tudi aktivnost rastlin. Kljub razmeroma majhnemu padcu hidrature po šestih dneh je neto fotosintetska aktivnost popolnoma prenehala. Najpomembnejši vzrok za tako hiter padec je zapiranje listnih rež. Med dehidracijo iglic se začenjajo listne reže hidroaktivno zapirati. Za *Pinus silvestris* so ugotovili (EL AUONI 1976), da transpiracija preneha pri padcu hidrature za okrog 20%. To je pa podobno, kot smo določili pri smreki. Večji vpliv na hitrost zapiranja listnih rež ima tudi starost iglic. Čim mlajše so iglice, tem hitreje reže reagirajo. Zapiranje listnih rež pa ima dvojni učinek: preprečevanje stomatarne transpiracije (rastlina oddaja vodo le še skozi kutikulo) in prenehanje asimilacije CO_2 .

Slika 23: Neto fotosinteza v $\text{mg CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ pri smrekovih sadikah v odvisnosti od svežosti in osvetljenosti ($n=5$)



Ko smo rastline ponovno posadili se je fotosinteza postopoma obnovljala in je po 18 dneh dosegla več kot 50% začetne vrednosti. Vzrokov za le delno obnovitev aktivnosti pa je lahko več: lahko pride do poškodb koreninskega sistema ali pa nastanejo spremembe v fotosintetskem aparatu. Iz dobljenih rezultatov pa sklepamo, da je ostala sposobnost koreninskega sistema nespremenjena, ker se je hidrataura po posaditvi kmalu obnovila.

5.2.2 Ugotavljanje fotosintetske aktivnosti pri smrekovih sadikah iz različne vzgoje

Pri smrekovih sadikah starosti 2/2 iz štirih poskusnih variant, ki so bile vzgojene na dveh talnih tipih in na dveh nadmorskih višinah smo ugotavljali neto fotosintetsko aktivnost, koncentracijo klorofila a + b in razmerje a/b. Poskusne vzgojne variante: Ai, Ab, Bi in Bb so že opisane v poglavju 4.3.1.

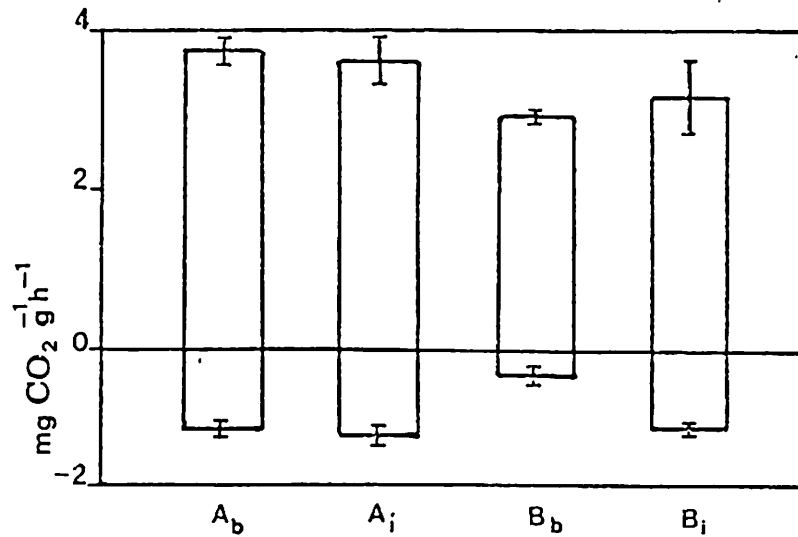
Fotosintetsko aktivnost smo merili pri treh paralelnih vzorcih. Meritve fotosinteze so potekale pri temperaturi v asimilacijski kivetki: 15-20 °C, relativni vlagi: 60-80%, koncentraciji CO₂ v zraku: 450 ppm in osvetlitvi 650 mol m⁻²s⁻¹. Rezultate teh meritev prikazuje slika 24.

5.2.3 Ugotavljanje odvisnosti med fotosintezo in izsušenostjo pri sadikah črnega bora

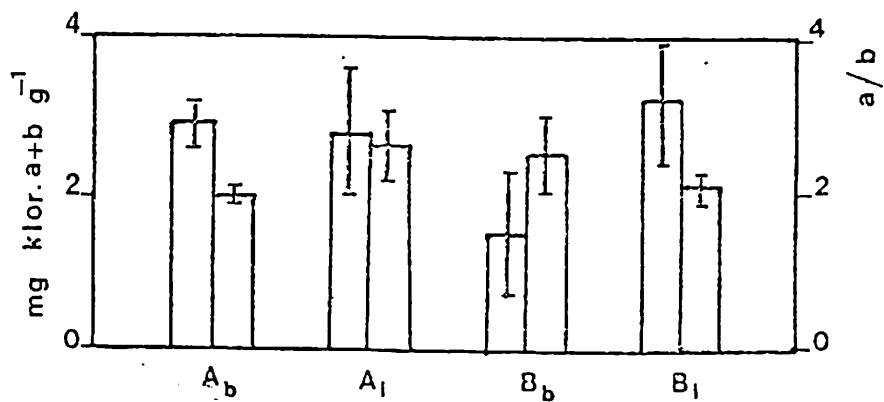
a/ Meritve

S poskusom smo ugotavljali, kako vpliva pri dvoletnih sadikah črnega bora izsuševanje po izkopu na fotosintetsko aktivnost, pri kakšni hidraturi prenehajo sadike fotosintetizirati in kako vpliva enomesečno hranjenje sadik v hladilnici na fotosintetsko aktivnost pri različnih stopnjah izsušenosti.

Slika 24: Neto fotosintetska aktivnost in koncentracija klorofila pri smrekovih sadikah iz različne vzgoje



Neto fotosintetska aktivnost (zgoraj) in dihanje v temi (s (spodaj)). Pokončne črte pomenijo standardno napako, n=3.



Koncentracija klorofila a+b in razmerje a/b.

Legenda:

- A sadike vzgojene na tleh iz vrta IGLG
- B sadike vzgojene na tleh iz nasada Belo
- i sadike vzgojene na vrtu IGLG, n.v. 390 m
- b sadike vzgojene na v nasadu Belo, n.v. 650 m

Fotosintezo smo ugotavljali pri desetih sadikah, ki so bile slučajno izbrane iz vzorca 60 sadik. Temperatura v asimilacijski komori je bila med poskusom 15 ± 2.5 °C, relativna zračna vlaga 60-85 %, koncentracija CO₂ v uporabljenem zraku iz jeklenke pa 440 ppm.

Rastline smo razdelili na dve skupini. Skupino 50 izkopanih rastlin smo izpostavili v rastlinjaku, kjer so bile poprečne temperature okrog 15 °C in relativna vlaga nad 50%, drugo skupino 10 rastlin pa smo shranili 30 dni v hladilnici pri temperaturi 2 °C in zelo visoki relativni vlagi.

Poskus za prvo skupino je potekal v treh stopnjah:

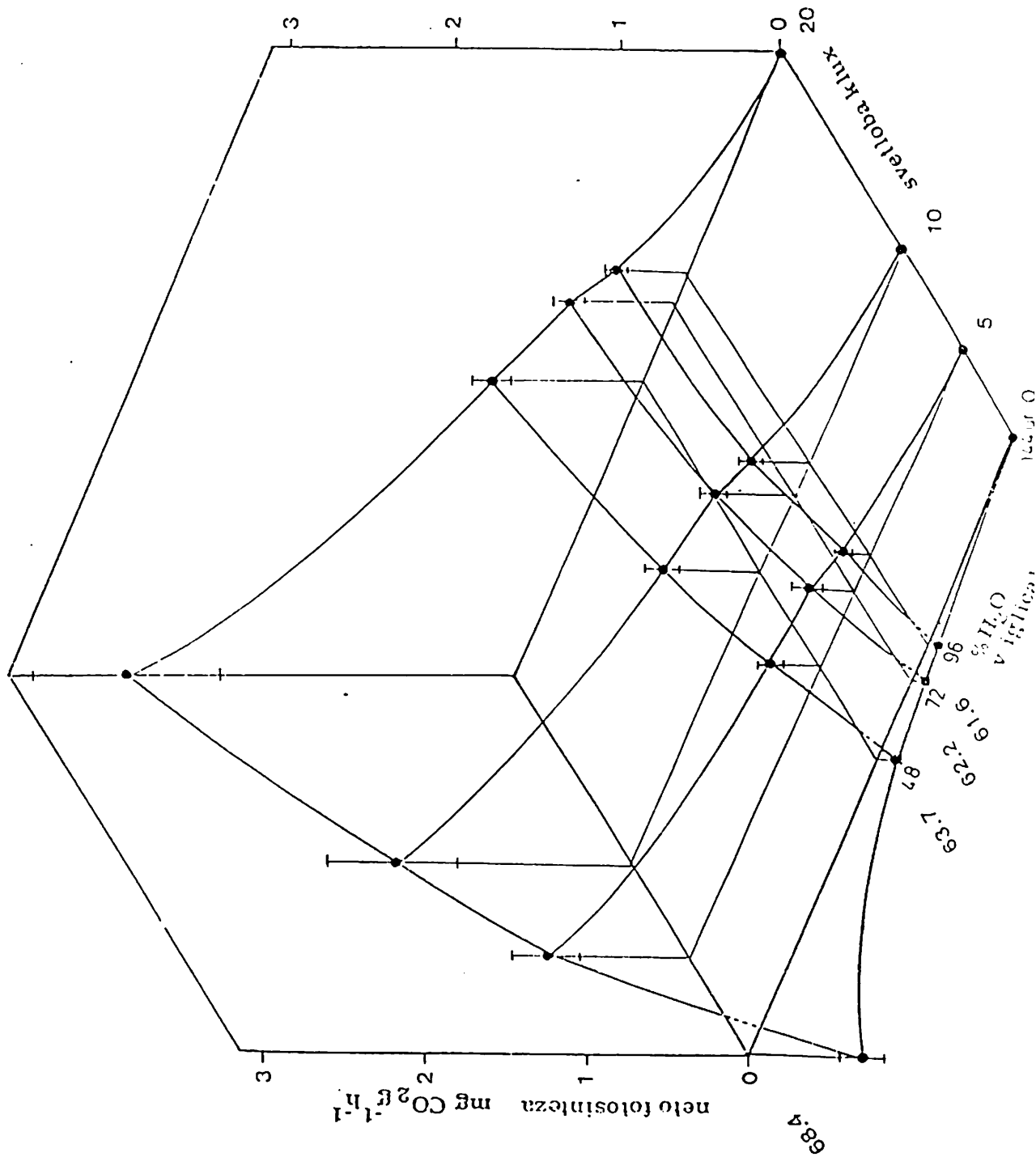
- ugotavljanje neto fotosintetske aktivnosti in respiracije pri "svežih" rastlinah
- meritve pri izkopanih rastlinah med izsuševanjem
- ugotavljanje reaktivacije rastlin, ki smo jih ponovno posadili.

Hidraturu iglic (% vode v iglicah) smo določali vzporedno z meritvami aktivnosti. Vzorcem iglic smo določili svežo težo, jih nato posušili (24 ur, 105°C) in stehtali.

b/ Rezultati

Rezultate ugotavljanja neto fotosintetske aktivnosti, respiracije in količine vode v iglicah pri hranjenju izkopanih sadik na prostem: 48, 72, 96 in 144 ur prikazuje slika 25. Rastline so v šestih dneh popolnoma prenehale fotosintetizirati - procent vode v iglicah pa je v tem času padel iz 68,4% (100%) na 57,3 (83,8%).

Slika 25: Upadanje neto fotosintetske aktivnosti, respiracije in količine vode v iglicah (%) med izsuševanjem sadik črnega bora v rastlinjaku. Pokončne črte pomenijo standardno napako. (n= 5)



Vpliv tridesetdnevnega shranjevanja sadik v hladilnici Mengeš je prikazan na sliki 26. Hidratacija je v enem mesecu padla le za en procent, vendar se je pri sadikah precej zmanjšala fotosintetska aktivnost. Po intenzivnosti neto fotosinteze lahko te sadike primerjamo s sadikami, ki so bile izkopane in so ležale na prostem 48 ur in katerim je padel procent vlage v iglicah za okoli 5%.

6 PREVERJANJE KVALITETE PAZLIČNO VZGOJENIH SADIK V NASADIH

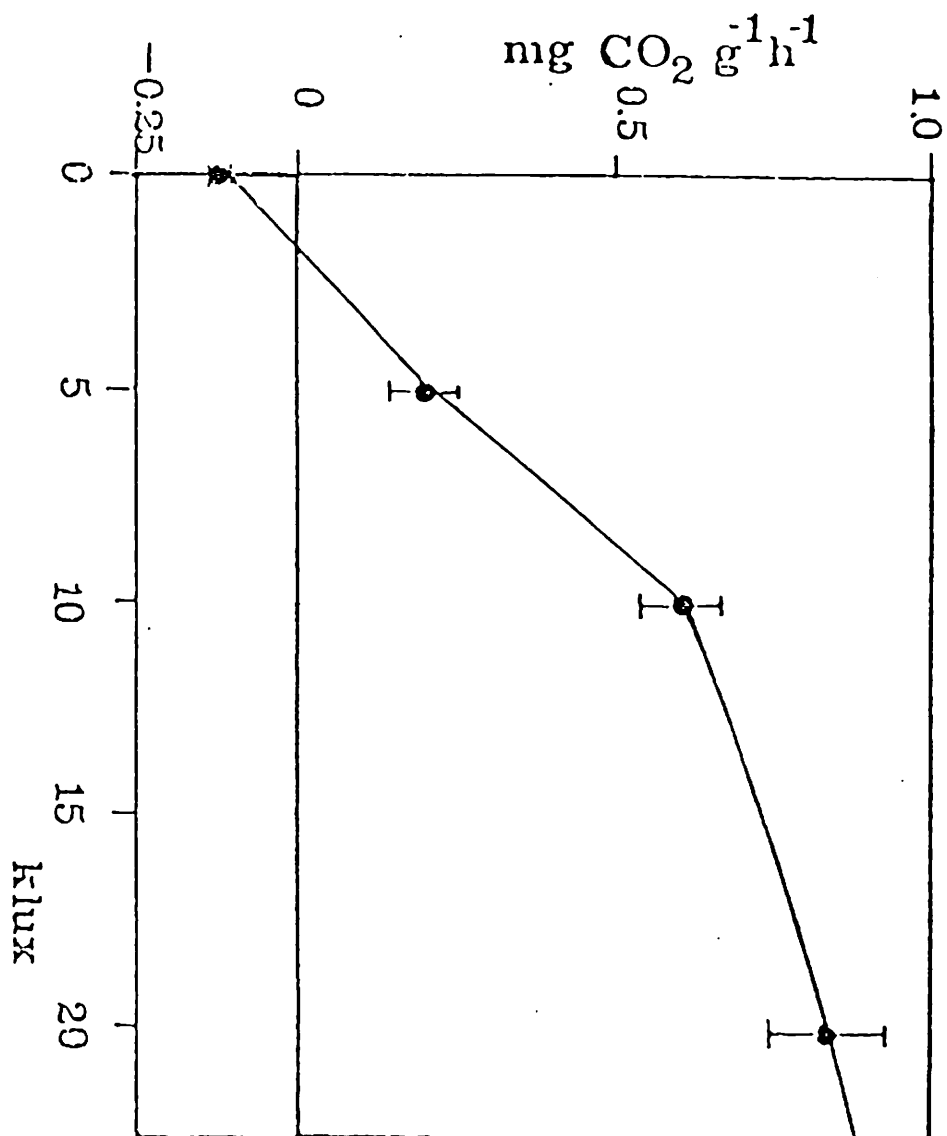
6.1 POSKUSNI NASAD EVROPSKEGA MACESNA - ŽELEZNICA

v zvezi z raziskovalno nalogo: optimizacija snovanja umetne obnove (ELERŠEK 1987) smo vzgojili sadike evropskega macesna 1/1 provenience Kranjska gora v naslednjih poskusnih variantah:

Poskusna varianta	Razmik sadik 1/1 v vrsti v cm	Število presajenk na m ²	Velikost (1/1) sejank (1/0) sadik cm	Tršatost 1/1
M-10	10	55	6-12	62
V-10	10	55	18 ali več	75
0-5	5	111	nesortirane	76
0-10	10	55	nesortirane	64
0-15	15	37	nesortirane	59
0-20	20	27	nesortirane	58

Z dvesto sadikami iz naštetih poskusnih variant smo osnovali v 3 blokih spomladi leta 1985 nasad v Karavankah na n.v. 1600 m na južni ekspoziciji.

Slika 26: Fotosintetska aktivnost sadik bora po 30 dneh v hladilnici. Pokončne črte pomenijo standardno napako (n=5)



Prva tri leta po sajenju je preživelo največ sadik (84%) iz poskusne variante 0-15, ki so dosegle poprečen debelinski prirastek 2,3 mm, najmanj sadik pa je preživelo (71%) iz poskusne variante M-10, pri katerih je znašal poprečni debelinski prirastek 3,0 mm. Zaradi precejšnjega objedanja vršičkov sadik, višinskega prirastka nismo računali.

Zadnje meritve, ki smo jih opravili spomladi leta 1989 v še dobro ohranjenem prvem bloku dajejo naslednje vrednosti:

Poskusna varianta	Štiriletni debelinski prirastek mm	Višinski prirastek zadnjega leta cm
M-10	3,9	4,4
V-10	5,2	4,4
0-5	2,8	3,4
0-10	3,9	3,9
0-15	3,5	4,4
0-20	5,1	5,2

6.2 SMREKOV NASAD KUKOVO

Nasad je bil osnovan na Kočevskem na n.v. 500 m na severovzhodnem pobočju Male gore spomladi leta 1985 s 719 štiriletnimi smrekovimi sadikami provenience Rog v šestih blokih z naslednjimi poskusnimi variantami:

M-10: sortirane sad., vzgojene iz sejank velikosti 10 cm, gostota vzgoje 40 sad/m ²			
S-5 :	- " -	13 cm,	"- 80 "-
S-10:	- " -	12 cm,	"- 40 "-
S-15:	- " -	13 cm,	"- 27 "-
V-10:	- " -	19 cm,	"- 40 "-
0-10: nesortirane sad., vzgojene iz sejank velikosti (14) cm,		"-	40 "-

Meritve, ki smo jih opravili v nasadu spomladi leta 1985 in spomladi leta 1988 so prikazane v tabeli 15.

Tabela 15: Rast smrekovih sadik v nasadu Kukovo

Poskusna varianta	N	Spomladi 1985			Spomladi 1988	Triletni prirastek	Izpadi %
		H cm	d mm	H/d	H cm	Δh cm	
M-10	102	20,8	5,4	39	55,2	34,4	3%
S-5	103	28,2	6,0	47	62,1	33,9	3%
S-10	206	27,2	6,0	45	60,2	33,0	3%
S-15	103	27,2	6,1	45	62,1	34,9	1%
V-10	102	36,6	7,2	51	73,4	36,8	2%
O-10	103	29,4	6,9	43	67,3	37,9	1%

Triletni višinski prirastek kaže na veliko podobnost vseh poskusnih variant. Prav tako nobena poskusna varianta ne izkazuje večjih izpadov. Izbrane velike sadike pa so glede na poprečno posajeno sadiko svojo velikostno prednost v absolutnem smislu obdržale oziroma so jo celo malo povečale.

6.3 NASAD BELO, OSNOVAN S SMREKOVIMI SADIKAMI ŠTIRIH POSKUSNIH VARIANT

Vzgoja teh sadik v različnih poskusnih variantah je opisana v poglavju 4.3.4.a. Spomladi leta 1988 smo osnovali s temi sadikami vrstni nasad s posameznim ponavljanjem poskusnih variant na Belem na n.v. 650 m. Od vsake poskusne variante smo posadili 40 sadik skupaj 160 sadik. Meritve višin, višinskih prirastkov in debelin koreninskega vratu smo opravili spomladi leta 1988 in leta 1990. Rezultate prikazuje tabela 16.

Tabela 16: Rast smrekovih sadik v nasadu Belo

Poskusna varianta (ZEMLJA/nasad)	1990		1988 - 1990		izpad %
	H-cm	d-mm	Δh -cm	Δd mm	
Ai	54,4	12,9	19,3	5,4	30%
Bi	61,0	13,6	20,1	5,5	18%
Ai + Bi	57,6	13,2	19,6	5,4	24%
Ab	55,3	13,1	13,7	5,0	20%
Bb	52,1	12,8	12,7	5,3	15%
Ab + Bb	53,7	12,9	13,1	5,1	17%

Iz tabele je razvidna slabša višinska rast, ki so bile vzgojene v nasadu Belo. Te sadike so bile sicer pri izkopu spomladi leta 1988 poprečno velike in poprečno tršate, po barvi iglic pa opazno svetleje zelene. Dvoletna višinska rast teh sadik pa je v nasadu zaostajala kar za tretjino za sadikami, ki so bile vzgojene na nižji nadmorski višini v drevesnici IGLG. Foliarna analiza iglic uporabljenih sadik pa kaže na nekoliko boljšo prehranjenost sadik, ki so bile vzgojene v drevesnici IGLG.

Kraj vzgoje	N %	P %	Ca %	Mg %	K %	N/P	N/k	N/Mg	P/Mg	Ca/K	(K+Mg)/Ca
IGLG	0,55	0,25	0,91	0,21	0,52	2,3	1,1	2,6	1,2	1,8	0,8
Belo	0,48	0,20	0,92	0,18	0,65	2,5	0,8	2,8	1,1	1,4	0,9

6.4 NASAD EVROPSKEGA MACESNA IGLG IN ZADOBROVA OSNOVANA S SADIKAMI, KI SO BILE VZGOJENE NA TREH TALNIH TIPIH

Vzgoja teh sadik, njihova rast in karakteristika je podana v poglavju 4.3.4.c. Del teh sadik (58 kosov) smo posadili v nasadu IGLG na boljših gozdnih tleh, del (60 kosov) pa v nasadu Zadobrova na melasto-sipkih tleh. Nasada smo osnovali

spomladi leta 1989, dendrometrične meritve in nekatera fenološka opažanja pa smo obravili jeseni istega leta. Rezultate teh meritev prikazuje tabela 17 in slika 27.

Tabela 17: Dendrometrični in fenološki podatki (1989) nasadov evropskega macesna IGLG in Zadobrova, ki so bili osnovani s sadikami iz treh talnih tipov

Poskusna varianta - tla vzgoje sadik	jeseni		laha				spom. H/d	kvaliteta iglic -šifra		
	N	H cm	d mm	cm	S	Δd mm		1 dolžina	2 barva	1+2
<u>Nasad IGLG</u>										
Glinasto -ma- sivna tla	20	70,9	10,2	18,8	12,78	2,7	69	1,70	1,85	3,55
Ilovnata-rahla tla	18	66,5	10,0	18,4	6,29	2,6	65	1,67	2,00	3,67
Melasto-sipka tla	20	51,4	9,3	22,5	16,26	2,7	44	1,82	2,35	4,17
<u>Nasad Zadobrova</u>										
Glinasto-masiv- na tla	20	50,6	8,6	10,0*	6,63	1,6	58	1,65	2,23	3,88
Ilovnata-rahla tla	20	57,6	8,9	12,8	5,61	1,3	59	1,82	1,97	3,79
Melasto-sipka tla	20	52,9	9,7	17,6*	10,29	2,4	55	2,10	2,73	4,83

Legenda: * - vrednosti sta statistično značilni pri stopnji tveganja $p \leq 0,05$ po T testu

S - standardna devijacija

H/d - tršatost sadik ob sajenju

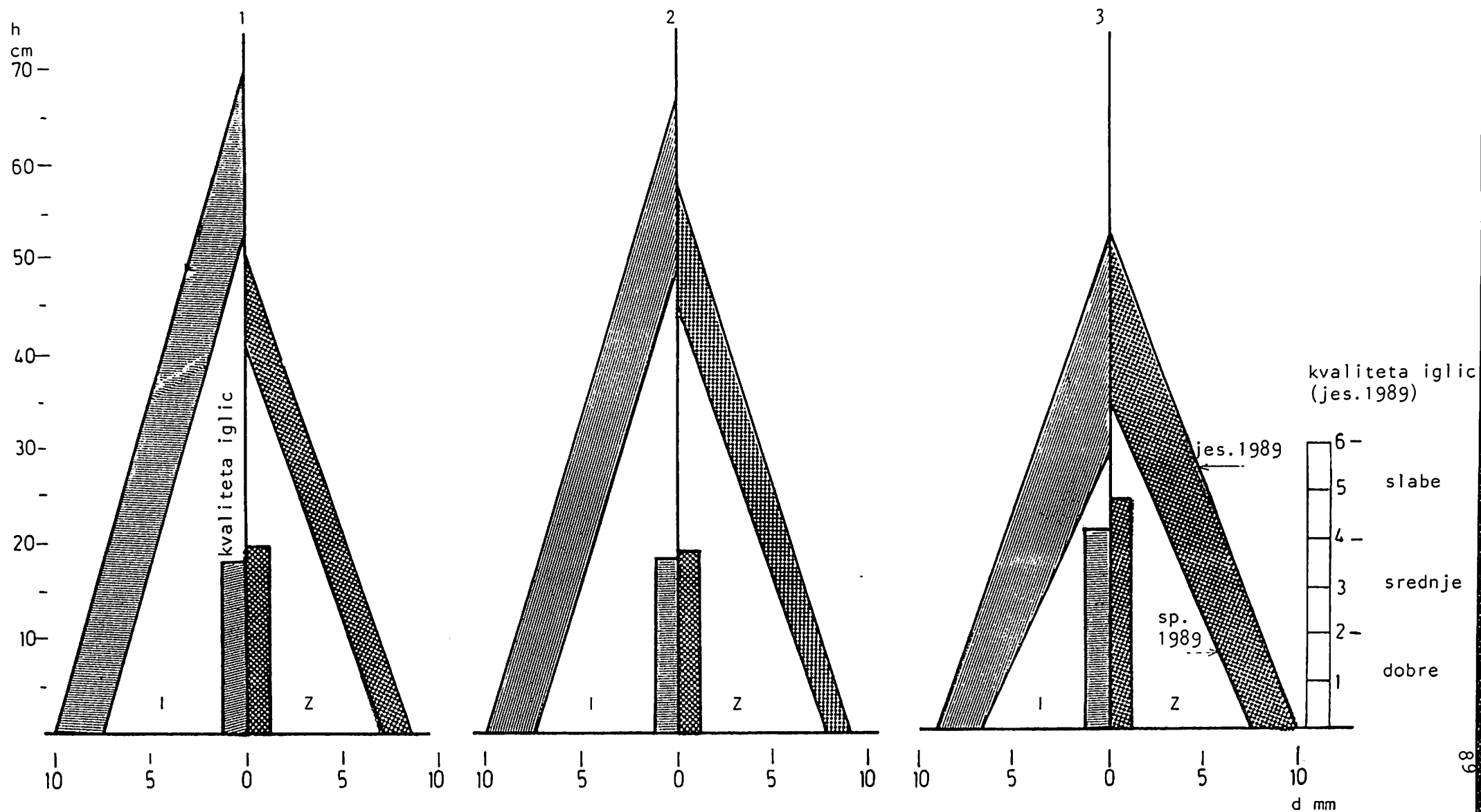
Šifre za dolžino (barvo) iglic:

3 - dolge (zelene) iglice

2 - srednje dolge (rumeno zelene) iglice

1 - kratke (rumene) iglice

Slika 27: Višina (h), debelina koreninskega vratu (d) in kvaliteta iglic (šifra) evropskega macesna vzgojenega na glinasto-masivnih tleh (1) ilovnato-rahlih tleh (2) in melasto-sipkih tleh (3), ki je posajen v nasadu IGLG (I) in Zadobrova (Z)



Iz razpredelnice je razvidno, da so sadike, ki so bile vzgojene na sipkih tleh v obeh nasadih dosegle boljši višinski prirastek, v nasadu Zadobrova pa tudi boljši debelinski prirastek. To lahko pripisujemo ugodnejši tršatosti teh sadik, ki so imele relativno boljše razvit koreninski sistem. Tudi ocena kvalitete iglic, to je dolžine in barve iglic, je bila najboljša pri sadikah, ki so bile vzgojene na sipkih tleh. Zato lahko pričakujemo, da se bo ugodnejša dinamika rasti teh sadik nadaljevala še v naslednjih vegetacijskih dobah.

7 ZAKLJUČEK IN POVZETEK

Prehod iz povdarjene kvantitete v povdarjeno kvaliteto je prisoten tudi pri gozdnih sadikah. Medtem, ko se je število posajenih sadik na hektar zmanjšalo, zahtevamo za sajenje v gozdu, kakor tudi za pogozdovanje na negozdnih zemljiščih kvalitetnejše sadike. Ko govorimo o kvaliteti sadik pa razlikujemo več nivojev kvalitete. Poznamo kvaliteto, ki jo določa dedna osnova, kvaliteto, ki jo določa zdravstveno stanje, pa tudi kvaliteto, ki je pogojena z načinom vzgoje in manipulacije med izkopom in po izkopu in jo ugotavljamo z morfološkimi in fiziološkimi karakteristikami sadik. Kot je razvidno iz naslova raziskovalne naloge proučuje ta študija le tisto kvaliteto, ki ni odvisna od zdravstvenega stanja ter od izbora gozdnega semena in matičnih dreves pri vegetativnem razmnoževanju. Deloma je ta kvaliteta sadik že hitro razpoznavna z vidnimi znaki (morfološke lastnosti sadik), deloma pa jo lahko ugotovimo šele z meritvijo. Med slednje pa spadajo predvsem tisti elementi, ki jih določajo fiziološke lastnosti sadik.

Teoretično izhodišče za ugotavljanje morfoloških lastnosti sadik predstavlja veda o celici (citologija), o zgradbi živih tkiv (histologija) in o morfologiji višjih rastlin, ki detajlno proučuje zgradbo stebela, listov in korenin. Proučevanje fizioloških lastnosti pa lahko naslonimo le na širša teoretična izhodišča, ki proučujejo fiziologijo menjave snovi in energije in fiziologijo rasti in razvoja.

Glede na razpoložljive sodelavce, tehnične kadre in laboratorijsko opremo smo se pri zastavitvi posameznih raziskav gozdnih sadik ustrezno omejevali. Deloma smo analizirali že zbrane meritve iz preteklih let. Zastavili pa smo tudi več manjših poskusov vzgoje gozdnih sadik z namenom, da bi ugotovili, kako vplivajo različne ekološke danosti pri vzgoji na morfološke in fiziološke lastnosti sadik. Številne tako vzgojene sadike smo posadili v poskusnih nasadih, dobili pa smo šele prve (orientacijske) rezultate po enoletni, oziroma dvoletni rasti. Podobno, kot zahteva proučevanje gozda daljše obdobje, potrebujemo za izčrpnije spoznavanje o tem, kaj je kvalitetna gozdna sadika in kako priti najpreprosteje do takih sadik že zaradi samega testiranja teh sadik ustrezno dolgo obdobje.

Zunanji znaki na katerih temelji presoja kvalitete sadik so predvsem njena velikost, debelina koreninskega vratu, tršatost, velikost koreninskega pleteža, razrast krošnje in korenin in barva iglic. Na osnovno vprašanje, ali dosegajo naše gozdne sadike glede na mednarodne standarde zadovoljivo višino, tršatost in oblikovnost nam odgovarja obširna analiza 1400 štiri-letnih in 250 petletnih smrekovih sadik v različnih drevesnicah. EGS norme za presajene smrekove sadike zahtevajo dimenzije:

Največja starost (let)	Višina (cm)	Minimalni premer koreninskega vratu (mm)
3	15 - 25	4
4	25 - 40	6
5	40 - 55	8
5	55 - 65	9
5	65 - 80	11

Naša poprečna štiriletna smrekova sadika je bila visoka 39,9 cm, debela 7,6 mm, tršatost te sadike pa je znašala 52,5, kar pomeni, da naše sadike v poprečju povsem izpolnujejo zahteve evropskih standardov. Od tega poprečja pa so predvsem izraziteje

odstopale tiste sadike, ki so bile kot sejanke pregosto posajene (pikirane) in so zato razvile slaboten koreninski sistem in dosegle nezadovoljivo tršatost. Vendar pa so naše sadike dokaj neenotne kar je razvidno za tabele 2.

Delž korenin pa ni odvisen le od gostote vzgoje sadik v drevesnici, ampak tudi npr. od rastišča (nadmorske višine in tal) drevesnice. Pri smrekovih sadikah, ki smo jih vzgajali na n.v. 650 m smo ugotovili, da je masa svežih korenin 36%, pri sadikah vzgojenih na n.v. 300 m pa 26% od mase cele sadike. Slednje pa so tudi manj tršate.

Vpliv nadmorske višine na višinsko in debelinsko rast posajenih sadik smo ugotavljali pri številnih manjših poskusih vzgoje, ki so prikazani v tabeli 18 in sliki 28.

Tabela 18: Vpliv nadmorske višine na debelinsko in višinsko rast sadik

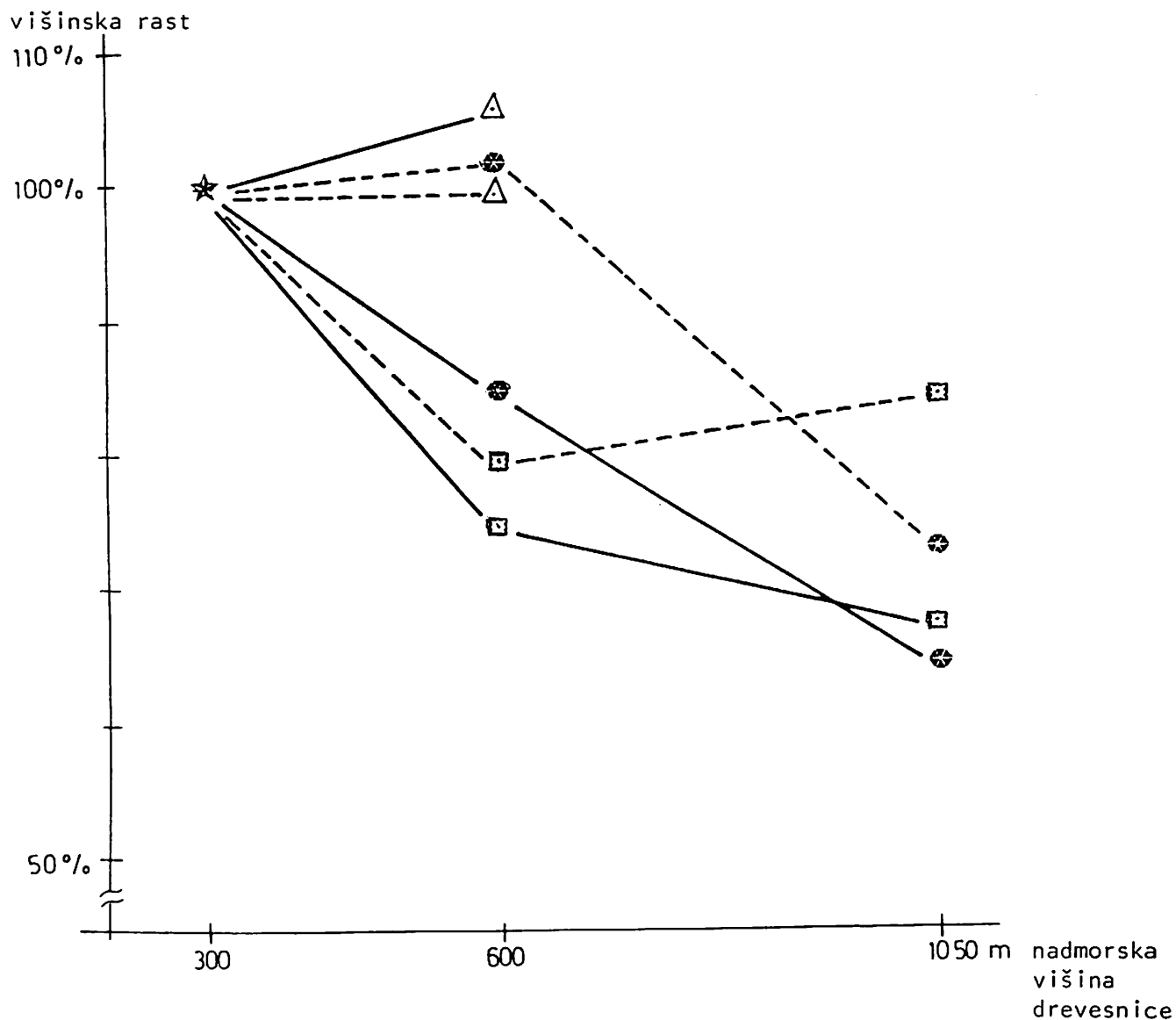
Drevesna vrsta in poskusni nasad (leto meritev)	Objekt	N.v. m	Rast v objektu (absolutna) in relativna glede na rast na n.v.300 m			
			(cm) ^h ,	%	(mm) ^d	%

Smreka						
IGLG - Belo (jes.1987)	IGLG	300	(38,0)	100%	(7,8)	100%
	Belo	650	(40,5)	106%	(7,8)	100%
Smreka						
IGLG-Belo- Kranjski Rak (jes.1988)	IGLG	300	(40,9)	100%	(8,0)	100%
	Belo	650	(30,6)	75%	(6,4)	80%
	Kranjski Rak	1020	(27,7)	68%	(6,8)	85%
E.macesen						
IGLG-Belo- Kranjski Rak (jes.1988)	IGLG	300	(59,7)	100%	(9,8)	100%
	Belo	650	(51,0)	85%	(10,0)	102%
	Kranjski Rak	1020	(38,8)	65%	(7,3)	74%

Slika 28: Vpliv nadmorske višine na relativno višinsko in debelinsko rast sadik (višinska rast na n.v. 300 m = 100 %)

Legenda:

- višinska rast
- - - debelinska rast
- △ vzgoja smreke IGLG - Belo (1987)
- ▣ vzgoja smreke v loncih IGLG-Belo-Kranjski Rak (1988)
- ⊗ vzgoja e.macesna v loncih IGLG-Belo -Kranjski Rak (1988)



Rast smrekovih in macesnovih sadik je bila (z eno izjemo) pri višji nadmorski višini poskusnega nasada izrazito manjša, pri sadikah, ki smo jih vzgajali v loncih na enotnih tleh. Rast smrekovih sadik iz vzgoje IGLG-Belo (meritev 1987) pa proti pričakovanju ne kaže prejšnje zakonitosti. Morda so temu vzrok nehomogena tla, lahko pa tudi obilnejše padavine v času vzgoje, ki so bile na nagnjenem prisojnim pobočju na Belem manj moteče.

Vzgoja smrekovih in macesnovih sadik na glinasto-masivnih tleh, ilovnato-rahlih tleh in melasto-sipkih tleh kaže, da so za začetno rast teh sadik najmanj primerna sipka tla, saj so bili na temu rastišču največji izpadi, pri macesnu pa je bila tudi izrazito slabša višinska rast. Nadaljna višinska rast teh presajenih macesnov pa je bila prvo leto po presaditvi najvišja, kar si lahko razložimo z relativno močnejšim koreninskim sistemom teh sadik.

Medtem, ko z dendrometričnimi meritvami lahko ugotavljamo aktivnost in uspevanje sadik v nekem daljšem obdobju, pa nam meritve fiziološkega stanja in aktivnosti kažejo na neposredno kondicijo in aktivnost sadik v času meritve. V elaboratu smo obdelali poleg teoretičnih izhodišč za ugotavljanje morfoloških lastnosti gozdnih sadik tudi teoretična izhodišča za ugotavljanje fizioloških lastnosti teh sadik. Razlaga nekaterih osnovnih pojmov iz morfologije in fiziologije, s katerimi se gozdarji le redko srečujemo pa je po našem mnenju potrebna, še celo, ker ni na voljo tozadevnih učbenikov in ostale literature v slovenskem jeziku. Zato sta ta poglavja podana tudi zaradi terminološkega vidika. Zaradi slabše opremljenosti in dosedanjih pomanjkljivih izkušenj na tem področju še nismo naredili temeljitejših raziskav, vendar smo z nekaterimi tovrstnimi raziskavami pri nas prvi začeli na našem inštitutu. Za ugotavljanje svežosti sadik, oziroma z meritvijo vodnega potenciala smo morali "Schalanderjevo bombo" šele izdelati in jo tudi preiskušati. Prav tako smo bili v začetku neopremljeni, kasneje pa pomankljivo opremljeni za ugotavljanje neto fotosinteze s plinskim analizatorjem.

Vodni potencial smo merili z doma izdelano bombo po Scholanderju, za primerjavo pa smo merili tudi vodni deficit z metodo navlaženja, sušenja in tehtanja. Medtem, ko celo večja izsušenost smrekovih sadik s prostim očesom ni opazna, pa je ta izredno pomembna za prijemanje in nadaljno rast sadik. Le sveža sadika je tudi kvalitetna sadika. V gozdarski praksi se svežost sadik ne ugotavlja. Tako ugotavljanje pa bi pojasnilo marsikatero neuspelo pogozdovanje, gozdarji bi si bili na jasnem, kakšne sadike v tem pogledu sploh uporabljamo in bilo tako na sploh manj neuspešnega sajenja v gozdu. Sadike, ki se prekomerno izsuše že pri izkopu v drevesnici, pri prevozu v gozd, v slabem zasipu ali pri malomarnem sajenju se tako spremenijo iz kakovostnih v nekakovostne sadike. Ravno pojem kakovosti pa je vedno bolj v ospredju, odkar se zavedamo, da lahko napredujemo le s kakovostnim delom. Pogoji za kakovost pa sta preverjanje in nadzor, ki ju v našem primeru vsaj v določeni meri omogoča Scholanderjeva bomba zaradi terenske prenosnosti in preprostega dela z njo. Meritvam's to napravo nekateri oporekajo natančnost, vendar smo pri ugotavljanju svežosti sadik gozdarji zadovoljni tudi z bolj grobimi ocenami. Primerjava meritev vodnega potenciala v tlačnem loncu z meritvami vsebnosti vode (vlaženje, sušenje, tehtanje) pri istih sadikah kaže na zadovoljivo uporabnost te metode za ugotavljanje vodnega deficita (glej sliko 21 in 22).

Kako pri izkopanih in nepokritih sadikah upada hidratacija je razvidno na sliki 21 in 22. tu je nepojasnen le nekoliko višji vodni potencial, ki smo ga izmerili s Scholanderjevo bombo pri sadikah takoj po izkopu. Morda je ta razlika nastala zaradi tega, ker pri jemanju vzorcev nismo upoštevali strani neba, ki v manjši meri prav tako vpliva na hidratacijo. V grafikonih je razvidna tudi odvisnost hidratacije od višinskega reda vretena, ki v vseh primerih pada od prvega do tretjega, neglede na metodo ugotavljanja. Obe metodi izkazujeta izredno skromno hidratacijo pri sadikah, hranjenih deset dni v odprtih vrečah v hladilni omari z nizko zračno vlago.

Fiziološko stanje, v našem primeru svežost sadik, je še posebej pomembno v neugodnem (sušnem) obdobju. Merjeni ksilemski vodni potencial je pri smrekovih sadikah praviloma zelo razpršen (od $-0,9$ do -40 kp/cm², po RUETZU 1976), pri čemer ni povsem pojasnjeno, v kolikšni meri vplivajo nanj različni zunanji in notranji dejavniki.

O tesni povezanosti med vodnim potencialom in prijemanjem sadik dreves je pisal že SCHMIDT-VOGT in GÜRTH (1967) ter DIMPFLMEIER (1969). Različni pisci še niso enotni glede njegovih kritičnih vrednosti. Vendar obstaja velika korelacijska zveza med vodnim potencialom in prijemanjem ter nadaljnjo rastjo sadik po saditvi. Iz poskusa, ki ga je opravil RUETZ, je razvidno, da se prijemanje izrazito poslabša, ko pade vodni potencial pod -20 kp/cm² in je pri vodnem potencialu -37 kp/cm² le še polovično. Isti avtor tudi meni, da ni vseeno, kako hitro se sadike izsušijo. Meni, da se sadika z enako nizkim vodnim potencialom bolje prime, če je bila izsušitev počasna.

Prav zaradi primernosti ugotavljanja svežosti sadik na terenu, tj. v drevesnici, hladilnici in v gozdu, je metoda ugotavljanja svežosti sadik s tlačnim loncem dobrodošla in perspektivna. Treba bo ugotoviti še nekritične, subletalne in letalne vrednosti za sadike različnih drevesnih vrst in provenienc ter izdelati priporočila za še primerne svežosti v različnih delovnih fazah od izkopa do saditve.

Proučevanje intenzivnosti neto fotosinteze v odvisnosti od preskrbljenosti z vodo pri smrekovih sadikah in sadikah črnega bora je pokazalo, da pride do izrazitega upadanja neto asimilacije CO₂ že pri nekajodstotnem padcu hidrature. Pri smrekovih sadikah je upadanje fotosintetske aktivnosti zaradi padca hidrature pri močnejši svetlobi izrazitejše tako v absolutnem, kot v relativnem smislu. Pri podobnih meritvah, ki sta jih naredila GABERŠČIK-MARTINČIČ (1989) s smrekovimi sadikami, sta ugotovila,

da preneha fotosintetska dejavnost jeseni, ko se vsebnost vode zniža na 50,7%, v poznozimskem času pa pri 44,9% vsebnosti vode v iglicah. Pri ponovnem navlaženju so postale smrekove sadike zopet fotosintetsko aktivne, vendar so po 18 dneh dosegle polovično neto fotosintezo sadik pred izsušitvijo. Vodni stres zaradi pomankanja vode pa je v znatni meri odvisen tudi od letnega časa. Sadike, katerim je prenehala fotosinteza zaradi izsušitve v jesenskem času se ta obnovi pri ponovnem navlaženju v manjši meri, kot pri sadikah, katerim je prenehala fotosintetska dejavnost v mesecu marcu. Podobno tudi ugotavlja TRANQUILLINI (1979), da je smreka za izsušitev najbolj občutljiva poleti, v haldnih zimskih mesecih pa se njihova odpornost postopoma poveča.

Iz navedenega je razvidno, da ima znižanje vodnega potenciala v sadikah tako direkten negativen učinek na fotosintetsko aktivnost, kot tudi sekundaren, dolgotrajnejši učinek, ki je prisoten dalj časa po ponovnem zasičenju z vodo. Pri večini rastlin se fotosintetska dejavnost zniža za 40%-60%, če se vsebnost vode glede na saturacijsko in kompenzacijsko vrednost zmanjša za polovico (GABERŠČIK, MARTINČIČ 1989). Vzrok za to pa ni le pomankanje CO₂, ampak tudi neposreden vpliv na fotosintetski aparat na ravni kloroplasta (KAISER 1987).

Na velikost, tršatost, svežost, dobro prehranjenost, proporcionalno razrast in podobne elemente kvalitete gozdnih sadik vplivata predvsem način vzgoje teh sadik in kasnejša manipulacija z njimi. Da bi pa ugotovili prave vrednosti različnih stopenj naštetih elementov kvalitete, pa je potrebno tudi te sadike različnih kvalitetnih stopenj v nasadih testirati. Iz tega razloga smo sadike iz različne vzgoje posadili v poskusne nasade, njihovo rast in razvoj pa zajeli z dendrometričnimi meritvami in drugimi opažanji ter jih analizirali. Seveda pa je spremljanje rasti teh sadik dolgotrajnejši proces in zato iz opazovanj teh enoletnih in dvoletnih nasadov še ni mogoče podati dokončnega sklepa.

Sadike iz različnih vzgojnih sredin in različnih morfoloških karakteristik smo preverjali v naslednjih poskusnih nasadih:

- poskusni nasad evropskega macesna Železnica, osnovan s sadikami šestih poskusnih variant
- poskusni smrekov nasad Kukovo, osnovan s sadikami šestih poskusnih variant
- poskusni nasad Belo, osnovan s smrekovimi sadikami štirih poskusnih variant
- poskusni nasad evropskega macesna IGLG in Zadobrova osnovan s sadikami, ki so bile vzgojene na treh talnih tipih.

Te poskusne nasade smo osnovali s sadikami, ki smo jih predhodno pridelali v gosti in redki vzgoji, jih vzgojili na različni nadmorski višini ali pa na različnih talnih tipih.

V nasadu Železnica je bil uspeh rasti macesnovih sadik v veliki meri odvisen od tršatosti sadik. Le ta pa je izrazito odvisna od gostote vzgoje. Macesnove sadike, ki so bile vzgojene v gostoti 111 sadik/m² so imele tršatost 76, tiste, ki so bile vzgojene v gostoti 27 sadik/m² pa so imele tršatost 58. Te sadike smo posadili v nasadu Železnica in ugotovili po štirih letih, da so prve prirastle v debelino 2,8 mm in v višino (v zadnjem letu) 3,4 cm. Sadike, ki so bile vzgojene v gostoti 27 sadik/m² pa so dosegle za 82% boljše debelinske prirastke in za 53% boljše višinske prirastke. Ta poskusni nasad leži v Karavankah na nadmorski višini 1600 m, na zgornji gozdni meji, kjer so ekstremne razmere in je kvaliteta sadik še posebno izpostavljena.

V nasadu Kukovo je rast bolj tršatih smrekovih sadik le nekoliko intenzivnejša, boljša rast velikih sadik katere smo izbrali že pred presajanjem v drevesnici Mahovnik pri starosti 2/0 pa se nadaljuje tudi v tem gozdnem nasadu.

Smrekov nasad Belo smo osnovali s sadikami štirih poskusnih variant, ki niso kazale izrazitih morfoloških razlik, opazna pa je bila svetlejša barva iglic pri variantah Ab in Bb. Prav te sadike pa so dosegle v dvoletnem nasadu za tretjino nižje višinske prirastke.

Sadike evropskega macesna, ki so bile vzgojene na treh talnih tipih smo posadili v nasadu IGLG in Zadobrova. Po prvem letu rasti so najboljše priraščale v višino (v nasadu Zadobrova tudi v debelino) najmanjše, a istočasno najbolj tršate sadike, ki so bile vzgojene na sipkih tleh. Vzorci teh sadik, ki smo jih analizirali pred snovanjem nasada, kažejo, da so imele te sadike tudi izrazito večji koreninski pletež. Prav to pa je gotovo pogojevalo njihovo dobro rast v nasadu in ugodnejšo barvo in dolžino iglic, katero smo ugotavljali pred zaključkom vegetacijske dobe.

8 LITERATURA

- DENFFER, D., ZIEGLER, H., 1982. Učbenik botanike za visoke škole. Školska knjiga, Zagreb, s.586.
- DIMFELMEIER, R., 1969. Agricol ein nenes Mittel, um Forstpflanzen bei der Lagerung und beim Transport frisch zu halten. Forstw. Centralblatt, 88,2:80-96.
- EL AUONI, M.H., 1976. Action du deficit hydrique interne sur les mouvements stomatiques, la transpiration et la photosynthese nette d'aiguilles excisees de Pin noir d'Autriche (*Pinus nigra* ARN). Evolution avec l'age foliaire. Photosynthetica 10(4):404-410.
- ELERŠEK, L., 1985. Raziskave pridelovanja kakovostnih sadik ter izdelava kriterijev za določanje kakovosti. Elaborat, IGLG, Ljubljana, s.174.
- GABERŠČIK, A., MARTINČIČ, A., 1989. Vpliv vodnega stresa na fotosintetsko dejavnost sadik smreke (*Picea abies*). Gozdarski vestnik, Ljubljana, 47,10:435-438.
- HACSKAYLO, J., 1964. Fiziologija i ishrana šumskog drveča, Biblioteka Jugoslov. poljeprivred. šum.cent., Beograd, s.247.
- KAISER, M.W., 1987. Effects of water deficit on photosynthetic capacity. *Physiol. Plantarum*, 71:142-149.
- KOTAR, M., 1986. Prirastoslovje. BF, VTOZD za gozdarstvo, Ljubljana, s.196.

- KOZLOVSKI, T.T., 1968. Water deficits and plant growth. Volume I. Academic Press, New York.
- KREEB, K., 1977. Methoden der Pflanzenökologie. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 1:235.
- RUETZ, W.F., 1976. Zur schätzung des Anwuchserfolgs bei Fichte durch Wasserpotentialmessungen. Allg. Forstz., München, 31, 39.
- SCHMIDT-VOGT, H., GÜRTH, P., 1967. Die Bedeutung des Frischezustandes des Forstpflanzen für den Anwuchserfolg und das Jugendwachstum von Forstkulturen. XIV IUFRO - kongres, München, Referate: 539-558.
- SMOLE, J., ČRNKO, J., 1985. Razmnoževanje sadnih rastlin. ČZP Kmečki glas, Ljubljana, s. 173.
- SCHOLANDER, P.F., idr., 1965. Sap pressure in vascular plants. Science 148:339-345.
- ŠESTAK, Z. idr., 1971. Plant photosynthetic production. Manual of methods, Junk W.N.V. Publishers, the Hague.
- TATIĆ, B., idr., 1986. Morfologija biljaka. Naučna knjiga, Beograd, s. 391.
- TRANQUILLINI, W., 1979. Physiological ecology of the alpine timberline. Tree existence at high altitudes with special reference to the European Alps. Springer Verlag.
- TUCOVIĆ, A., 1989. Fiziologija biljaka. Naučna knjiga, Beograd, s. 260.
- * , 1985. Biologija. Leksikoni Cankarjeve založbe, Ljubljana s. 248.

GOZDARSKA KNJIZNICA

GIS K E

388



10000002103

COBISS

GIS BR - GOZD.