

UDK: 634.0.232.12:161.1 Abies alba Mill.

PRIMERJALNO TESTIRANJE JELOVIH PROVENIENC GLEDE NEKATERIH FIZIOLOŠKIH ZNAČILNOSTI V ZVEZI S PROPADANJEM JELKE NA SLOVENSKEM OZEMLJU

Miran Brinar

Sinopsis

V zvezi s prejšnjimi avtorjevimi dognanji, da klimatske spremembe pri jelki povzročajo fiziološke motnje, zlasti na področju njenega gospodarjenja z vodo, ki so vzrok za njeno sedanje naglo propadanje, je bilo leta 1964 zasnovano primerjalno raziskovanje določenih fizioloških značilnosti za 20 jelovih provenienc z območja Jugoslavije. Izvršeno je bilo večletno testiranje 2- do 9-letnih jelovih sadik z uporabo gravimetrične metode. Ugotavljane so bile naslednje značilnosti: teža suhe biomase, prirastne reakcije na klimatične spremembe, kapaciteta za vodo, transpiracijska aktivnost, količina zaradi suše izgubljene vode, resorpcijska aktivnost ter morfološke karakteristike iglic. Pokazala se je pomembna, krajevno pogojena diferenciacija provenienc in prednosti tistih, ki izhajajo iz vzhodno ležečih nahajališč. Ugotovljene so bile tudi pomembne razlike glede na to, dali provenience izvirajo z rastišč z apnencem ali s tal brez njega.

COMPARATIVE TESTING OF SILVER FIR PROVENANCES CONCERNING SOME PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS IN CONNECTION WITH THE DECLINE OF THE FIR IN SLOVENIA

Miran Brinar

Synopsis

In connection with the previous statements of the author concerning the deciding influence of climatical changes causing physiological disturbances especially in the water balance, considered as being responsible for the accelerated decline of the silver fir, a comparative study of specific physiological characteristics for 20 silver fir provenances from the Yugoslav territory was started in 1964. A several years testing of 2-9 years old fir plants using the gravimetric method was carried out. The following characteristics were established: weight of dry biomass, increment reactions to climatical changes, water capacity, transpiratory activity, amount of water lost during drought, resorption activity and morphological characteristics of the needles. As a result an important local differentiation of the provenances showed up as well as advantages of eastern provenances. Considerable differences were also stated depending on the character of the parent rock.

Avtorjev naslov:

Dr. Miran BRINAR, dipl.inž.gozd.

61000 Ljubljana, Ilirska 12

Delo sta omogočila Sklad Borisa Kidriča in Poslovno združenje gozdnogospodarskih organizacij v Ljubljani.

Proučevanje množičnega hiranja in sušenja jelke v Sloveniji je pokazalo, da je ta pojav povezan z oviranim metabolizmom, ki ga spremljajo nenormalnosti vodne bilance (3, 4). Zato smo naša raziskovanja namenili spoznavanju splošnih in posebnih fizioloških značilnosti, zlasti glede jelkega odnosa do vode, tj. njene porabe in oskrbe z njo ter reakcij vodnega režima na sušo. Hkrati je bilo proučevano, kako vpliva redukcija svetlobe na jelkine potrebe po vodi in na gospodarjenje z njo.

Ekspperimentalno raziskovanje je bilo oprto na kompleksne zgodnje teste jelke v teku njenega 9-letnega razvoja, in sicer primerjalno za različne provenience, da bi s spoznavanjem obravnavanih fizioloških značilnosti mogli presoditi pripadajoče ekološke valence, zlasti v zvezi z recentno klimatično zaostritvijo.

1. PROBLEM, METODIKA IN POSKUSNI MATERIAL

1.1. Izhajajoč iz dejstva, da je poledenodobno naseljevanje jelke v Evropi omogočilo nastajanje geografskih ras (11, 13, 18), ki se poleg drugega razhajajo tudi glede na stopnjo jelkine stenobiotičnosti, smo pri vzorčenju upoštevali celotno naše državno ozemlje in v obravnavo zajeli reprezentančne populacije iz pomembnejših prirodnih jelovih območij. Ker pa se problem nanaša na jelko v Sloveniji, smo v raziskovanje vključili največ vzorcev iz slovenskih gozdov, med tem ko sta dva vzorca iz hrvaških, štirje iz bosanskih, po dva iz srbskih in makedonskih ter eden iz črnogorskih gozdov.

Jelčice, ki so bile testirane, so bile vzgojene iz semena, nabranega s po več dreves v sestojih, ki so bili izbrani posebno za ta namen, ali pa v registriranih jelovih semenskih objektih. Podatki o izvoru obravnavanih provenienc so prikazani v razpredelnici.

Označba	Podrobnejša opredelitev izvora	Relief	Talna podlaga	Rastlinska združba
1-Peca	GG Slovenjgradec, Pudgersko, odd. 43	950 m 25° S	Granitit	Bazzanio-Abietetum typicum
2-Pohorje	GG Slovenjgradec, Hudi kot, odd. 40	900 m 25° SZ	Andezitni groh	Abieti-Fagetum austroalpinum
3-Pohorje	GG Maribor, Lovrenc, odd. 32 c	1100 m 25° S	Tonalit	Gallo-rotundifolii-Abietetum
4-Boč	KK Ptuj, Plešivec, odd. 4 c	600 m 20° SZ	Silikatni konglomerati	Luzulo albidae-Fagetum abietetosum
5-Krim	GG Ljubljana, Rakitna, odd. 20	650 m 15° SV	Dolomit in triadni apnenec	Omphalodis vernae Abieti-Fagetum

Označba	Podrobnejša opredelitev izvora	Relief	Talna podlaga	Rastlinska združba
6-Snežnik	GG Postojna, Leskova dolina, odd. 4 c 1	900 m 20° SZ	Kredni apnenec	Abieti-Fagetum lycopodietosum
7-Gorjanci	GG Novo mesto, Ruperč vrh, odd. 10 b	300 m 15° SZ	Jurski apnenec	Querceto-carpinetum
8-Rog	GG Novo mesto, Črmošnjice, Ribnik, odd. 46	700 m 20° SV	Jurski apnenec	Abieto-Fagetum typicum
9-Velebit	GG Senj, Apatišan greda, odd. 34	800 m 20° S	Jurski apnenec	Fagetum-Abietetosum
10-Dinara	GG Drvar, Potoci, Vršak, odd. 116	950 m 10° SZ	Triadni dolomit	Abieti-Fagetum dinaricum
11-Igman	GG Igman, odd. 12	1200 m 15° S	Apnenec	Abieti-Fagetum
12-Grmeč	GG Banja Luka, Mlačica, odd. 22	1000 m 20° SV	Apnenec	Abieti-Fagetum piceetosum
13-Kozara	GG Prijedor, Šibovac, odd. 24	600 m 20° JZ	Eocenski peščenjaki	Abieti-Fagetum
14-Papuk	GG Slavonska Požega, Jelovac, odd. 17 a	600 m 25° J	Silikatni kristal. skrilavci	Abieti-Fagetum aceretosum
15-Murtenica	GG Titovo Užice, Petakuša, odd. 5 b	1300 m 10° V	Apnenec	Abieteteto-Piceetum
16-Goč	GG Kraljevo, Gvozdo vac A, odd. 32 a	850 m 20° SZ	Zrnati kredni diorit	Abieti-Fagetum
17-Maočica	GG Plevlja, Maočica, odd. 51	1200 m 20° JZ	Porfirit	Abieto-Piceetosum
18-Pelister	GG Bitolj, Palisnoplje, odd. 19	1500 m 20° S	Silikati	Mešani gozd jelke in molike
19-Kajmakčalan	GG Bitolj, Reder, odd. 16	1200 m 15° SV	Silikati	Mešani gozd rd. bora in jelke

Označba	Podrobnejša opredelitev izvora	Relief	Talna podlaga	Rastlinska združba
20-Rakitna	GG Ljubljana, Rakitna, plus drevo št. 68	800 m 50 S		Abieto-Vincetum minoris

1.2. Zaporedje izbranih provenienc poteka praviloma od zahoda proti vzhodu. Skrajni dolžinski ordinati sta V 14°24' in 21°08', širinski pas S 41°03' in 46°30'. Izvornim nahajališčem torej pripada dolžinska amplituda 7°26' ali ok. 580 km in le nekoliko ožji širinski razpon 5°27' ali ok. 460 km. Nadmorske višine izhodnih rastišč obsegajo interval od 300 do 1500 m. Pripadajoče kamenine so v 11 primerih bazične, v 9 primerih pa kisle.

1.3. V jeseni 1964 so bili v teh izbranih objektih nabrani jelovi storži; iz njih je bilo natančno izluščeno seme. Tisočkosna teža čistega semena je prikazana v razpredelnici.

Provenienca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Teža (g)	54,9	61,0	51,7	55,4	54,2	57,6	59,2	53,7	51,2	45,2
Provenienca	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Teža (g)	50,7	46,3	44,2	49,8	60,5	59,3	46,3	36,1	40,5	67,7

Poprečna teža jelovega semena iz Slovenije je za 19,3% večja od poprečka provenienc iz vzhodnega dela Jugoslavije. Prav za toliko se razlikujeta tudi poprečni vrednosti za rektificirano težo, tj., ob ustreznem upoštevanju teže gluhega semena. Med vsemi je bil najtežji vzorec 20-Rakitna. Spričo izrazitih morfoloških posebnosti plus drevesa 68, s katerega izvira to seme (5), ta ugotovitev ne prese- neča, čeprav pripadajoča vrednost celo za 31% presega popreček vseh ostalih vzor- cev. Ker gre torej za morfološko izreden, takorekoč "nenormalen" genotip jelke, ki zato ni enakovredno primerljiva z 19 proveniencami, ga bomo v naši primerja- vi le v nekaterih primerih upoštevali. Tudi v tem primeru jelove provenience iz Slovenije še vedno za 16,7% presegajo težo vzhodnih provenienc. Ob upoštevanju rektificirane teže pa znaša ta presežek 14,9%. Za težo semena obravnavanih pro- venienc ni bilo mogoče ugotoviti dosledne odvisnosti z reliefom in kakovostjo tal izhodnih rastišč.

1.4. V teku zime 1964/1965 je bila preizkušena kaljivost obravnavanega semena. Poprečje za vse vzorce, ugotovljeno v kalilniku, je znašalo le 26,9%, s tetrazol- sko metodo pa 21,5%. Vrednosti, ki pripadajo vsaki od obravnavanih provenienc, so prikazane v razpredelnici.

S primerjalno analizo ni bilo mogoče odkriti dosledne odvisnosti med odstotkom kaljivosti in geografskimi koordinatami izvirnega nahajališča provenienc. To velja tudi za nadmorske višine in talne kamnine. Ugotovitev se sklada z znanim dejstvom, da je vpliv geografskih in orografskih okoliščin v primerjavi s krajevno klimo v prizadetem letu le prav malo pomemben. To stališče potrjuje tudi primerjava od- stotka gluhega semena, ki k deležu kalivih semen praviloma ni dopolnilen, ampak je z njim bolj ali manj pozitivno koreliran. Za izjemo bi mogli imeti zelo slabo

kaljivost semena proveniencie 20-Rakitna, ki za nobeno od spremljanih fruktifikacij - ne glede na vremenske razmere v tistem letu - ni presegla 5% (5). Tudi ta pojav je mogoče razložiti z morfološko in fiziološko posebnostjo semenjaka, plus drevesa 68, ki verjetno otežkoča ali pa morda celo onemogoča oploditev s pelodom sosednjih osebkov.

Provenienca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kaljivost (%)	2	49	14	42	23	43	11	44	37	37
Provenienca	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Kaljivost (%)	38	18	39	43	38	39	7	7	2	5

1.5. Pred setvijo spomladi 1965 je bilo seme obravnavano po hladno-vlažnem postopku. Neposredno po končani vernalizaciji v vlažnem sterilnem kremenčevem pesku pri 50C, ki je trajala 18 dni, je bilo seme posejano na gredice v inštitutski drevesnici pod Rožnikom (n.v. 300 m). Uporabljeno zemljišče ni bilo posebno gnojeno ne pred setvijo ne pozneje. Gredice so bile pravočasno pred setvijo tretirane s herbicidom vapam. Uporabljena tla so oligotrofna rjava, nastala na silikatnih skrilavcih ter so težka in slabo zračna. Ker so bila več let pred tem obdelovana, so precej enolična. Poprečne značilnosti zgornje 40-centimetrske talne plasti so naslednje: humusa vsebujejo 1,49%, kalcija 0,12%, kalija 0,43%, pH pa znaša 5,1.

Vkljub temu, da je bil hladno-vlažni postopek s semenom le kratkotrajen, je bilo seme provenienc 4, 8, 10 in 17 pred setvijo že zelo skaljeno, medtem ko so druge proveniencie na videz še mirovale. Ta pojav ni koreliran niti z geografsko lego, niti z reliefom, niti z vrsto talnih kamnin izhodnega nahajališča.

1.6. Posevki so bili ustrezno varovani in oskrbovani. Ob koncu januarja leta 1966 so jih nekoliko poškodovale ličinke suhih južen (iz družine Tipulidae). V začetku julija istega leta pa je bil opažen pojav propadanja enoletnih jelovih posevkov, ki je trajal do konca vegetacijskega obdobja. Jelčice so bile prizadete posamič - ne v skupinah. Sprva so nekoliko posivale, nato porumenele in končno porjavale ter se posušile. Odmrli osebki so imeli krepko razvito koreninje, debelce in vejice ter na njih ni bilo opaziti nikakršnih poškodb ali sumljivih nekrotičnih znakov. Pojava ni bilo mogoče pripisati nobenemu škodljivcu ali znani bolezni, tudi ne suši, ker so bile vse poletje padavine zadostne in primerno razporejene. Enak pojav je bil opažen tudi na enako starih posevkih smreke, duglazije in črnega bora. Vendar pa takšno sušenje ni prizadelo prvoletnih posevkov teh drevesnih vrst, prav tako pa tudi ne mladice ali sadik zelenega bora - ne glede na njihovo starost. Pri tem so razne proveniencie pretrpele zelo različno stopnjo škode. Nad 5% posušenih sta vsebovali provenienci 17-Maočica in 19-Kajmakčalan, nad 2% pa proveniencie 3-Pohorje, 12-Grmeč, 14-Papuk in 18-Pelister, nad 1% 7-Gorjanci, 10-Dinara, 13-Kozara, 15-Murtenica in 16-Goč. Štiri proveniencie, ki so bile najmanj prizadete, izhajajo iz Slovenije. Zato se je domačih (iz Slovenije) posušilo poprečno 0,99%, drugih (iz vzhodnega dela Jugoslavije) pa 2,22%, torej več kot še enkrat toliko. Ni bilo mogoče zaslediti dosledne povezave med stopnjo prizadetosti raznih provenienc ter reliefnimi in talnimi značilnostmi izhodnih rastišč. Čeprav vzroka za to propadanje jelovih posevkov doslej ni bilo mogoče zadovoljivo pojasniti, vendar je pomembno, da so domače proveniencie - razen pohorske - to mladostno preizkušnjo najbolj prestale.

X
1.61. Zgodaj spomladi 1966 so bile jelčice, ki so bile namenjene proučevanju, kako na njih vpliva polsenca, na 3 gredicah od zgoraj in od strani prekrite z lesami, ki prepuščajo 50% neposredne svetlobe, na 3 gredicah, razporejenih s prvimi kot šahovska polja, pa so ostale nezastrite. Z ene od prekritih gredic so bile odstranjene lese v jeseni 1969, z druge pa leta 1972.

1.62. Druge sadike so bile presajene na iste gredice, kjer so bile rasle kot sejanke, zato glede kakovosti tal veljajo značilnosti, navedene v točki 1.5., s tem da so bile fizikalne lastnosti tal precej izenačene, kajti poroznost je variirala le v razponu od 57,24 do 63,04%, kapaciteta za zrak od 10,68 do 16,42%, kapaciteta za vodo od 42,17 do 46,73%, prostorninska specifična teža pa od 1,02 do 1,18.

1.63. V noči med 27. in 28. aprilom 1967 je bila močna slana, ki je zelo poškodovala jelke na nepokritih gredicah, kajti popki nekaterih provenienc so se začeli odpirati že 15. aprila. Stopnja prizadetosti zaradi te spomladanske pozebe je bila zelo različna. Medtem ko so domače provenienc (z območja Slovenije) utrpeli to ujmo brez škode, kajti dotlej pri njih še ni nastopila fondescenca, je vse druge provenienc - razen populacije 11-Igman - slana občutno prizadela z intenzivnostjo, ki se je praviloma stopnjevala z naraščanjem zemljepisne dolžine izhodnih rastišč oziroma z večanjem razdalje med njimi in med poskusnim nasadom, kajti stopnja prizadetosti se je stopnjevala po naslednjem zaporedju: 9, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 16, 17, 19. Ta ugotovitev je ob upoštevanju dejstva, da naša numeracija provenienc poteka približno od zahoda proti vzhodu (točka 1.2.), zelo pomembna. Prednost domačih provenienc glede odpornosti proti pozebi je očitna. Zopet se je pokazalo, da se more uporaba semena ali sadik iz oddaljenejših izhodišč že v začetnem razvoju zelo maščevati. Premik provenienc 11 in 18 na boljše mesto v zaporedju bi sicer mogli pripisati njuni relativno poudarjeni višinski legi, vendar pa ni bilo mogoče ugotoviti korelacije med nadmorsko višino izhodnega rastišča in med časom spomladanskega brstenja oziroma stopnjo prizadetosti od slane, prav tako tudi ni dosledne povezave med obravnavanim pojavom in pedogenetsko značilnostjo izvirnih nahajališč.

1.7. Zgodnje testiranje jelčic se je začelo spomladi 1966 in je potekalo do zaključka vegetacije leta 1973. V eksperimentalno laboratorijsko raziskovanje so bile torej zajete jelke od drugega do vključno devetega leta starosti. (V tem prispevku je starost obravnavanih jelčic dosledno na kratko označevana z letom njihove rasti, ne pa z letom že dosežene starosti.)

1.71. Sadike so bile izkopavane iz gredic neposredno pred začetkom testnega postopka, da bi tako bile vključene v eksperiment s čim blažjim šokom. Ker so bile pri tem uporabljane cele, tj. s koreninami vred, je bilo izkopavanje opravljeno skrbno, da bi bilo koreninje čim manj poškodovano ali okrnjeno.

1.72. Vkljub enoličnosti tal (točka 1.5.) je bila upoštevana možnost, da vlažnost tal ni bila vedno enaka. Zato so bili ob izkopu sadik za 11 poskusnih serij jemanj talni vzorci in ugotavljana nevezana vlaga v tleh. (Vsa raziskovanja talnih razmer je opravil inštitutski pedološki laboratorij pod vodstvom ing. M. Pavšerja.)

1.73. Za eliminiranje morebitne neenake izhodne naravne oskrbljenosti sadik z vodo so bile jelčice po izkopu ob izenačanih razmerah ambienta 24 ur s celotnim koreninjem namakane v vodi. Zato so bile za ugotavljanje nekaterih nakazovalcev

vodnega režima v sadikah upoštewane tiste vrednosti, ki se nanašajo na stanje, potem ko je bila sadikam 24 ur na razpolago neomejena količina vode.

1.74. Po izkopu so bile sadike očiščene vseh tujih snovi, iz koreninja pa skrbno izprana zemlja. Pred tehtanjem so bile s krpo usušene vse vode na njih. To opravilo kakor tudi vsa druga dela v zvezi z obravnavanim eksperimentalnim testiranjem je opravljala vedno ista oseba. Tako je bil zagotovljen čim bolj izenačen postopek med posameznimi poskusnimi serijami kot tudi med vzorci v njih.

1.8. V teku poskusa so bile sadike do koreninskega vratu v ustreznih posodah, ki so bile pri grlu tako zatesnjene, da je bilo onemogočeno neposredno izhlapevanje vode iz posod. V primerih, ko v njih - če je tako zahteval postopek - ni bilo vode, pa je takšna zatesnitev preprečevala izhlapevanje vode iz koreninja v zrak zunanj posode.

1.81. Poskus je potekal v razmerah naravnega okolja, tj. na prostem, vendar za-
varovan pred padavinami, pred intenzivnejšim gibanjem zraka in v glavnem pred neposredno insolacijo. Neposredno ob poskusnih sadikah sta bili vsakodnevno ugotavljeni temperatura in relativna vlažnost zraka.

1.82. Pri vseh meritvah je bila uporabljena gravimetrijska metoda, ker je bila glede na razpoložljivo laboratorijsko opremo najlažje izvedljiva, hkrati pa zanesljivejša od postopka s titriranjem (7) ali pa od Marcetove "ustaljene" metodike (10) in podobnih postopkov, za katere so potrebne specialne naprave (2).

1.83. Z eksperimentalnim testiranjem sadik smo začeli spomladi 1966 in ga končali v jeseni 1973. Poskusne serije so bile razvrščene v enakih časovnih presledkih v teku vegetacijskega obdobja - razen v letih 1970 in 1971 - v prvih 3 letih pa tudi pred začetkom vegetacijske aktivnosti in po njenem prestanku. Skupno je bilo obravnavanih 95 serij oziroma 6650 jelovih sadik. Večina podatkov v tej razpravi predstavlja poprečne vrednosti za dotično leto oziroma za tistoletno vegetacijsko obdobje. Tako neenake klimatične razmere, v katerih so potekala testiranja posameznih serij, niso mogle bistveno, prav gotovo pa ne sistematično vplivati na rezultate. Ker pa so bili vsi vzorci upoštevanih provenienc obravnavani istočasno, torej v enakih (skupnih) razmerah okolja, so na njih se nanašajoči testni izidi med seboj objektivno primerljivi.

1.84. V primerjalno raziskovanje je bilo sicer vključeno vseh 20 jelovih provenienc, navedenih v točki 1.1., vendar pa je bilo na podlagi prvih izsledkov in glede na njihovo pomembnost med njimi 11 provenienc podrobneje raziskano, in sicer: 2-Pohorje, 4-Boč, 6-Snežnik, 8-Rog in deloma 5-Krim, iz Sr Hrvaške: 9-Velebit, in 14-Papuk, iz BiH: 1-Igman in deloma 13-Kozara, iz Srbije: 16-Goč in 17-Miočica.

1.9. Večletno testiranje 2- do 9-letnih jelčic je bilo zastavljeno tako, da bi osvetlilo nekatere fiziološke lastnosti jelke, ki bi mogle biti - spričo naših dosedanjih izsledkov o vzrokih sedanjega tipičnega propadanja jelke - odločilne, da naša jelka ne more uspešno kljubovati krizi, v katero je zašla.

1.91. V metodiki tega našega raziskovanja je dan poseben poudarek na področje jelkinega gospodarjenja z vodo in upoštevani poglavitni življenjski procesi, s katerimi sta povezana sprejemanje in oddajanje vode, oba pa v optimalnih kot tudi v skrajno neugodnih razmerah oskrbe z vodo.

1.92. Eden od ciljev našega raziskovanja je bil z ustrezno primerjavo ugotovljenih fizioloških nakazovalcev ovrednotiti prednosti in slabe strani upoštevanih jelovih provenienc, razvijajočih se v naravnih, poprečno normalnih pa tudi v ekstremnih, toda v vsakem primeru čim bolj izenačenih razmerah. Za osnovo naše presoje so bile uporabljene najstarejše sadike. Ugotovitve pa, ki se nanašajo na mlajše razvojne stadije, so namenjene osvetlitvi spremljajočih pojavov, hkrati pa tudi preverjanju osnovnih izsledkov in presoji razvojne smeri in njene dinamike, uveljavljene v teku 7-letne rasti in staranja.

1.921. Pri tem so bile upoštevane zlasti naslednje fiziološke karakteristike: višina sadik, ki daje sicer le približno informacijo o razvitosti sadik, vendar pa je gozdnogojitveno pomemben in splošno uporabljan nakazovalec. Nadalje je upoštevana biomasa celotnih jelovih sadik, posebej pa še teža debelca in koreninja ter zase tudi teža asimilacijske gmote, tj. iglic. Te vrednosti omogočajo zanesljivo presojo rastnosti ali pa prirastka, hkrati pa so osnova za ugotavljanje specifičnih vrednosti za upoštevane značilnosti potencialnega vodnega režima v sadiki. Absolutne vrednosti morejo namreč zaradi svoje odvisnosti od velikosti, tj. od razvitosti sadik, popačiti primerjavo in pripeljati do napačnih sklepov. Pri tem specifična vrednost izraža ustrezeni parameter z odstotnim razmerjem do biomase. Če ni posebno drugače poudarjeno, je kot biomasa upoštevana suha snov cele sadike.

1.922. Za presojo proizvodnosti asimilacijske gmote je uporabljen t.i. kvocient produktivnosti iglic Q_1 , tj. razmerje med suho težo enoletnega prirastka debelca in korenin ter med poprečno težo iglic v tistem letu. Ta parameter izraža težo biomase, ki jo v 1 letu proizvede 1 g iglic, in tako omogoča presojo stopnje prirastne aktivnosti asimilacijske gmote.

1.923. Razumljivo je, da je bil v kompleksni analizi fizioloških značilnosti jelke ugotavljan in ustrezno primerjan tudi letni prirastek. V izogib pričakovane neenake vsebnosti vode v sadikah je bila tudi v tem primeru upoštevana teža suhe biomase.

1.924. Kapaciteta za vodo, izražena z absolutno težo vode in z njenim specifičnim deležem, predstavlja skrajni resorpcijski potencial jelčice ob neomejeni razpoložljivi vodi in tako nudi posredne informacije o stopnji jelkine higrofitnosti. Ugotavljanje tega nakazovalca posebej za asimilacijsko gmoto in posebej za ostali del sadike ter njuna primerjava omogočata presojo deleža celotne vode, ki je neposredno angažiran pri metabolizmu. Razen tega pa smo v svojih prejšnjih raziskovanjih (4) dognali, da je mogoče količino vode v iglicah uporabiti kot diagnostični indikator jelkine vitalnosti.

1.925. Transpiracijska aktivnost, ki je najpomembnejši proces rastlinskega oddajanja vode (6), izražena z absolutno, še zanesljiveje pa s specifično vrednostjo, pomembno opredeljuje značaj gospodarjenja z vodo. Ker pa se je transpiracija med prvim in drugim dnem pri naših poskusih navadno precej razlikovala, smo pri analizi večinoma uporabljali podatke za obdobje 48 ur. Razen tega pa smo tran-

spiracijo ugotavljali tudi za daljšo dobo, do 8 dni, da smo mogli tako osvetliti dinamiko tega procesa skozi daljšo dobo.

1.926. Podatki o absolutni in relativni količini s transpiracijo oddane vode, vrednoteni s stališča produktivnosti tega procesa, opredeljujejo stopnjo čezmerne porabe vode in tako omogočajo presojo o tem, v kolikšni meri je ugotovljena stopnja higrofitnosti pogoj za razvoj sadike oziroma o tem, kolikšni so presežki oddane vode, ki niso neposredno pogojeni z rastno aktivnostjo. Razmerje med suho težo biomase, proizvedene v 1 letu, in med povprečno globalno transpiracijo v 48 urah izraža kot kvocient transpiracije Q_t proizvodnost 1 grama transpirirane vode, njegova komplementarna vrednost pa kaže količino neproduktivno oddane vode. Ta naš kvocient je recipročen tistemu, ki sta ga uporabila Eidmann in Schwenke (7), ker ima daje informacijo o količini vode, ki jo odda za 1 gram proizvedene snovi. Za ugotovitev specifične transpiracijske kapacitete asimilacijske gmote smo tudi uporabili razmerje med oddano vodo in težo suhih iglic.

1.927. Razen navedenih nakazovalcev fiziološke valence jelovih sadik, ugotovljenih ob optimalni preskrbi z vodo, so bili preizkušani tudi procesi reagiranja na neugodne razmere glede razpoložljive vlage v substratu, saj v primeru jelkine življenjske krize pri nas prav pomanjkanju vode v določenem razdobju pripisujemo poglavitni in primarni vzrok za ta pojav (3, 4, 6). Za te namene je bil registriran in ustrezno primerjan učinek 3- in 4-dnevne dehidracije, tj. ugotovljen in o-vrednoten je bil absolutni in relativni deficit vode v sadikah, potem ko je bila sadikam odvzeta vsakršna možnost preskrbe z vodo prek koreninaja. Tovrstni nakazovalec je omogočil presojo o tem, s kakšno stopnjo rezistenčnosti proti suši razpolagajo primerjane jelove provenience.

1.928. Z ugotavljanjem odnosa prej omenjenega parametra do absolutne, zlasti pa do relativne kapacitete sadik za vodo je omogočeno vrednotenje vodnega deficita, povzročenega s "sušo" in ocena ter primerjava stopnje stvarne prizadetosti jelk zaradi občasnega pomanjkanja razpoložljive vode.

1.929. Na podlagi ustreznih meritev pred dehidracijo in po njej je končno mogoče dognati absolutno in relativno količino restituirane vode, s katero morejo jelove provenience z različno resorpcijsko zmogljivostjo bolj ali manj nadoknaditi s "sušo" povzročen vodni deficit. Tako je mogoče presoditi, s kakšno mero reverzibilnosti razpolagajo določene jelove provenience, ali drugače povedano: kolikšna je njihova ekološka amplituda glede na vodo kot minimalni faktor.

1.93. Drugi od poglavitnih ciljev našega raziskovanja je bila osvetlitev vprašanja, kako vpliva zastrtost oziroma delna omejitev svetlobe na rast in na nekatere druge jelkine fiziološke procese, zlasti na tiste, ki so povezani z oskrbo in porabo vode. Vprašanje je pomembno za boljše poznavanje fiziološkega značaja jelke na splošno, kot tudi za primerjalno vrednotenje njenih različnih provenienc, hkrati pa more odgovor nanj prispevati tudi svoje k ponovni oceni dosedanjega trdovratnega stališča nekaternikov, ki sedanjo stisko naše jelke razlagajo preprosto kot posledico pretiranih sečenj (13, 14). Če se namreč sečno delo odgovorno za pešanje še preostalega jelovega drevja v sestoji, potem je na dlani, da odvisnost treba iskati v poglavitni neposredni spremembi ekološke situacije, ki s sečnjo v sestoji nastane: v razredčitvi sklepa, tj. v zmanjšanju zastrtosti oziroma zaščitnosti, ki jo spremljajo druge posredne ekološke spremembe, zlasti povečana osvetlitev.

Ekspperimentalno raziskovanje, ki je potekalo analogno kot v metodiki od točke 1.91. do točke 1.929., se nanaša na primerjalno ugotavljanje razlik med nezastrtimi jelovimi sadikami ("O") in tistimi, ki so se razvijale pri 50% reducirani svetlobi na način, opisan v točki 1.61. Z namenom, da se prouči tudi vprašanje, kako trajanje zasenčenja vpliva na fiziološki značaj jelke v njenih različnih razvojnih stadijih, so bile poleg nezastrtih sadik v eksperimentu obravnavane tudi jelčice iz populacij z naslednjim razvojnim potekom:

- 4-letne sadike, ki jim je bila zadnja 3 leta reducirana svetloba (označene s "4P3"),
- 5-letne sadike, ki jim je bila zadnja 4 leta reducirana svetloba (označene s "5P4"),
- 8-letne sadike, ki jim je bila zadnja 3 leta reducirana svetloba (označene s "8P3"),
- 8-letne sadike, ki jim je bila zadnjih 7 let reducirana svetloba (označene s "8P7"),
- 9-letne sadike, ki jim je bila začetno leto reducirana svetloba (označene s "9P1"),
- 9-letne sadike, ki jim je bila zadnja 4 leta reducirana svetloba (označene s "9P4") in
- 9-letne sadike, ki jim je bila zadnjih 8 let reducirana svetloba (označene s "9P8").

V vseh poskusnih serijah, ki so se nanašale na tovrstne teste v zvezi s polsenco, je bila uporabljena provenienca 2-Pohorje.

1.931. Z namenom, da se dožene, kako reagirajo jelke različnih provenienc na zastrtost, so bili leta 1969 napravljeni analogni primerjalni testi z 9 različnimi proveniencami, med njimi 5 iz Slovenije. Sadike so bile stare 5 let in so rasle zadnja 4 leta v polsenči.

1.94. Od organov so stome v najtesnejši povezavi z oddajanjem rastlinske vode. Naša prejšnja raziskovanja so razen tega pokazala, da more biti gostota rež diagnostični nakazovalec stopnje jelkine rastne aktivnosti.

1.941. Zato je bila tudi v tem proučevanju jelke posvečena pozornost razporeditvi in številu rež na jelovih iglicah. Z uporabo ustrezne mikroskopske povečave so bile opravljene meritve 30 serij iglic od vsake jelkine provenienc, in sicer ločeno za vsako od obeh igličnih polovic. Ugotovljeno je bilo število režnih prog in število stom v vsaki vrsti. Ker so jelove iglice hipostomatične, smo se mogli pri tem raziskovanju omejiti na ventralno stran. Kot parameter je bil uporabljen podatek o skupnem številu rež na 1 dolžinski mm iglice, izbran sredi njene dolžine, tj. enako daleč od iglične osnove in njene konice. Obravnavano je bilo vseh 20 provenienc. Glede na pojav, da se zgradba jelkinih iglic s starostjo zelo spreminja, je bila - ustrezno našemu namenu - proučevana tudi dinamika tega procesa ter so bile meritve opravljene na vseh proveniencah za 2-, 5- in 7-letni razvojni stadij.

1.942. Spričo dejstva, da stopnja zastrtosti oziroma količina razpoložljive svetlobe vpliva na število in razporeditev stom in s tem tudi posredno na vodni režim rastline, so bile opravljene analogne mikroskopske meritve tudi na 40 primerjalnih serijah iglic 3- in 7-letnih zastrtih in sproščenih jelčic provenienc 2-Pohorje.

1.943. Za primerjavo morebitnih značilnostnih razlik med jelovimi proveniencami glede nekaterih drugih morfoloških značilnosti na iglicah so bili izvršeni še mikroskopski pregledi notranje zgradbe iglic za 9 podrobneje obravnavanih jelovih provenienc. Razen tega so bile mikroskopirane tudi iglice zastrtih in nezasenčenih jelčic, da bi se ugotovile morebitne anatomske razlike med njimi.

1.944. Glede na dejstvo, da odpadanje iglic v določeni meri nakazuje stopnjo prizadetosti jelke zaradi deficitnega vodnega režima, je bil ob testiranju sadik ugotavljan tudi ta nakazovalec.

2. PRIMERJALNO TESTIRANJE JELOVIH PROVENIENC

2.1. Zaradi neogibne neravnosti tal na gredicah meritev nadtalnih višin sadik ni mogoče opraviti z ustrezno natančnostjo. Ker pa se tovrstne napake z odraščanjem sadik relativno zmanjšujejo, v našem primeru uporabljamo podatke o višinah le za 8-letne jelčice. Le-te variirajo v intervalu od 22,9 do 48,3 cm. Čeprav koeficient variabilnosti znaša le 20,6%, vendar najbolj rašča provenienca za 111% prekaša najslabšo. V tej primerjavi pa ni upoštevana populacija 20-Rakitna, izhajajoča iz jelke, ki ima kot mutant (5) ne glede na svoj izredno velik prirastek verjetno v generaciji F_1 značaj anortoploidnosti, ker je najbrž nastala po oprašitvi s pelodom sosednih, tj. normalnih, diploidnih jelk in kaže vse znake izredno slabe rasti. Na to opozarja že izredno slaba kaljivost njenega skrajno težkega semena (točka 1.3.).

Med 5 najbolj rastnimi proveniencami 3 izvirajo iz Slovenije, in sicer: 4-Boč, 5-Krim in 8-Rog. Vodilno mesto pripada dinarski in igmanski jelki. Med 5 najslabšimi proveniencami je iz Slovenije le 1-Peca, ki je hkrati na repu celotnega 19-članskega zaporedja. Primerjava poprečne vrednosti za jelove provenienc iz Slovenije (seveda tudi v tem primeru brez 20-Rakitna) s poprečkom za ostale provenienc iz vzhodnega dela države pokaže, da prva nekoliko presega drugo (za 2,7%).

Ne obstaja dosledna zavisnost med obravnavanim nakazovalcem ter reliefnimi oziroma talnimi razmerami izhodnih provenienčnih rastišč.

2.11. Poprečna teža celotne suhe biomase vzorčenih 8-letnih jelovih sadik (brez populacije 20-Rakitna) se je gibala v razponu od 5,45 do 109,17 g, ki je veliko širši kot tisti za višine sadik, pa tudi variabilnost je večja, ker njen koeficient znaša 76,5%. Najnaprednejša provenienca za 1903% prekaša najbolj zaostalo. Razvojno razhajanje jelovih provenienc je torej ob upoštevanju teže njihove suhe biomase neprimerno močnejše poudarjeno kot ob upoštevanju višin, ki so jih sadike dosegle. V prvem primeru pride namreč do izraza razvitost vseh delov sadike,

od katerih so nekateri, npr. koreninje, odločilnejši ne le za priraščanje, ampak tudi za usklajevanje jelkine ekološke amplitude s situacijo in fluktuacijo razmer v ambientu kot pa je dosežena višina sadike.

Med 5 najbolj ravnimi proveniencami tri izvirajo iz Slovenije, in sicer 4-Boč, 5-Krim in 8-Rog, torej iste kot glede doseženih višin. Hkrati pripada med vsemi vzorci vodilno mesto krimski provenienci. Med najzaostalejšimi petimi proveniencami sta dve domači, poleg 1-Peca še 2-Pohorje. Zadnje mesto v zaporedju pa pripada provenienci 15-Murtelica.

Primerjava poprečja za domače (iz Slovenije) provenience s tistim za vzhodne je pokazala, da prvo zelo pomembno presega druga, in sicer za 26,7%. V tem primeru je torej razlika skoraj za 10-krat večja kot pri vrednotenju izsledkov za višine. Vzhodne jelove provenience torej glede produkcije biomase pomembno zaostajajo za domačimi. Med morebitnimi vzroki za ta pojav pa ne gre prezreti svoječasne močne pozebe (točka 1.63.), ki je prizadela ravno vzhodne provenience in s tem zavrla njihov razvoj.

Variabilnost srednjih vrednosti za domače provenience in za tuje populacije se pomembno razlikuje in je za druge za 13,5% večja kot za prve. Takšen odnos je razumljiv, saj imamo pri domačih proveniencah opraviti z rastišči, ki so po svoji zemljepisni legi neprimerno bližja eno drugemu kot pa so izhodišča vzhodnih provenienc. Razdalja oziroma izolacija pa je eden osnovnih pogojev za oblikovanje krajevnih oziroma geografskih ras, neogibno spremljano tudi z razhajanjem srednjih proizvodnih sposobnosti, ki jih v našem primeru napoveduje razširjena variabilnost.

Ne obstoji dosledna odvisnost obravnavanega parametra od reliefnih razmer izhodnega rastišča, pač pa od talnih, ker so provenience s tal z apnencem proizvedle več suhe biomase od tistih, ki izvirajo s tal brez apnenca. Pri 8-letnih sadikah znaša ta razlika 89,5% in je ob tveganju 10% signifikantna za $t = 2,29$.

2.12. Petletne, tj. razvojno mlajše sadike jelovih provenienc so ustvarile biomaso, katere teža leži v intervalu od 2,547 do 5,085 gramov, in je torej ožji od tistega za osemletne jelčice. Hkrati je tudi variabilnost manjša, saj znaša komaj 26,5%. Med petimi najtežjimi proveniencami so 3 domače, in sicer: 6-Snežnik, 5-Krim in 8-Rog. Zadnji dve sta torej že kot petletni uveljavljali svojo prirastno prednost - roška celo med vsemi vodilno - in sta jo obdržali do konca testiranja. Prav tako sta tudi med zaostalimi v rasti dve domači populaciji, med njima zopet pohorska, ki je bila tudi z osmimi leti med slabimi. Najslabše se je tokrat obnesla provenienca z Goča. Čeprav se je torej prirastno razmerje od petega do osmega leta precej spremenilo in je 30% provenienc prešlo iz ene produktivne skupine v drugo, so vendar nekatere provenience v teku 3 let ohranile svoj relativno opredeljen rastni značaj, in sicer: krimska, roška, velebitska in igmanska kot napredne, pohorska, goška in maočiška pa kot zaostale.

Domače provenience so proizvedle do petega leta le za 16,7% več suhe snovi kot vzhodne. Če bi bila pozeba iz leta 1967 vzrok za zaostajanje vzhodnih provenienc v rasti, bi se moral ta vpliv kazati prva naslednja leta z večjimi relativnimi razlikami kot pozneje. Ker pa temu ni tako, smemo zavreči tovrstni pomislek, izražen v točki 2.11., in z leti vse bolj izrazito produkcijsko razliko med primerja-

nima skupinama provenienc pripisati njihovem neenakemu fiziološkemu značaju, ki more biti dedno pogojen.

Analiza ni pokazala nikakršne dosledne odvisnosti obravnavanega nakazovalca od reliefnih razmer provenienčnega izhajališča, pač pa je opozorila na izredno trdno povezavo s pripadajočo geološko podlago, kajti provenience z apnenca so ustvarile za 38,6% več suhe snovi kot tiste s tal brez apnenca. Razlike so zelo signifikantne ob tveganju 1% za $t = 3,36$.

2.13. Testiranje štiriletnih jelčic je pokazalo, da njihova suha biomasa variira od 1,27 do 2,29 g. Pripadajoči koeficient variacije znaša 16,7% in je torej občutno manjši, kot je bil leto pozneje. Med petimi najbolj produktivnimi sta zopet dve domači provenienci, in sicer 6-Snežnik in 8-Rog. Prvi pripada hkrati tudi absolutno vodstvo med vsemi proveniencami. Tudi med zaostalimi sta dve domači provenienci, med njima zopet pohorska. Do četrtega leta je bila najmanj produktivna jelka s Papuka. V tem letu ni nobena provenienca prešla iz ene skrajne proizvodne skupine v drugo. Rastni razvojni trend se torej med 4. in 5. letom ni spremenil. Svoj rastni značaj pa so zlasti dosledno ohranile pohorska, roška, igmanska in papuška provenienca.

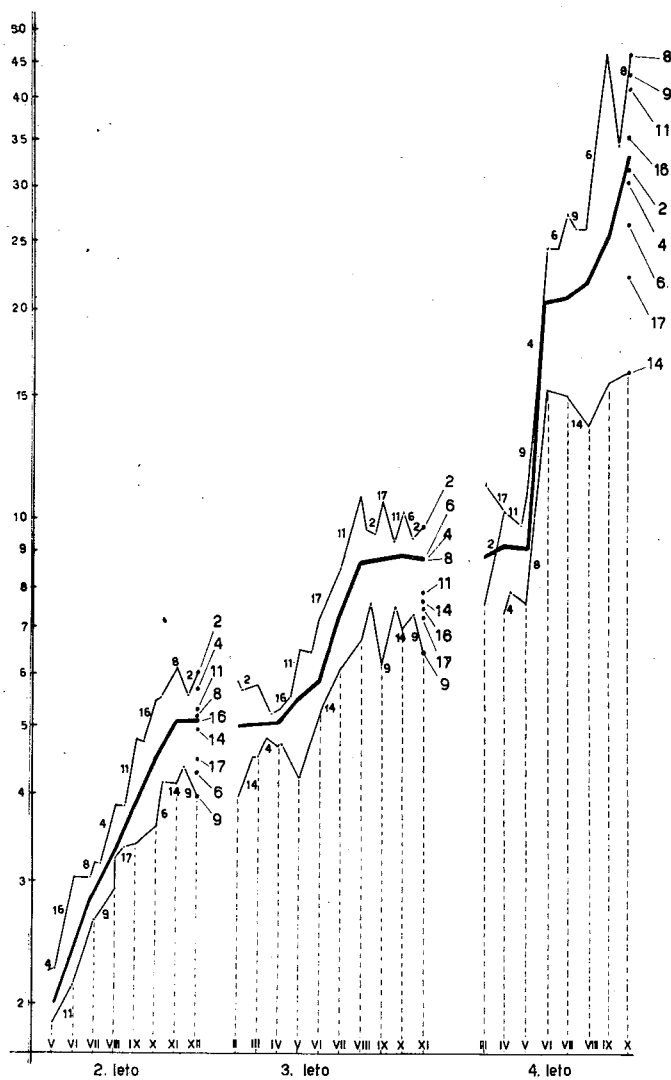
Domače provenience so ustvarile do te starosti za 9% večjo suho biomaso kot vzhodne. Ta razlika je manjša kot pri leto starejših sadikah. Ta pojav potrjuje našo razlago v prejšnji točki, da je razhajanje primerjanih provenienčnih skupin pogojeno z različno fiziološko naravo provenienc oziroma z njihovo neenako reakcijsko normo na ekološke razmere.

Med obravnavanim parametrom in reliefom izhodnega rastišča ni dosledne odvisnosti, pač pa se je pokazala zelo trdna korelacija z geološko podlago, ker so provenience, ki izvirajo s tal z apnencem, ustvarile za 22,1% več suhe snovi kot tiste, ki niso z apnenca. Razlike so signifikantne ob tveganju 5% za $t = 2,55$.

2.14. Provenienčni poprečki teže suhe snovi triletnih oziroma dvoletnih jelčic ležijo med 0,605 in 0,746 g ter med 0,344 in 0,414 g. Vrednostno zaporedje provenienc je podobno tistemu v četrtem letu, toda med vzhodnimi proveniencami ni le najmanj produktivna populacija ampak v obeh letih hkrati tudi najuspešnejša. Razmerje med težo suhe biomase domačih provenienc in vzhodnih je že tedaj izražalo prednost prvih, in sicer v obeh primerih za 3,5%. Populacije, izhajajoče z apnenih tal ne v drugem ne v tretjem letu še niso uveljavljale svoje boljše proizvodnosti, pa tudi za reliefne razmere ni bilo mogoče odkriti dosledne odvisnosti.

Diagram na naslednji strani s konturnimi črtami kaže težo suhe biomase za ekstremno uvrščene provenience v 2., 3. in 4. letu. Debelejša črta predokuje srednje vrednosti za kolektiv 9 provenienc. Zaradi zelo širokega razpona 3-letnega razvoja je za ordinate, ki predstavljajo težo 10 sadik, izraženo z grami, uporabljeno logaritemsko razmerje.

2.2. Proučevanje deleža in vloge asimilacijske gmote je pokazalo, da količina iglic s starostjo ne le absolutno, ampak tudi relativno narašča, čeprav v drugem primeru le blago, kajti relativne vrednosti s staranjem sadik od 3. do 9. leta variirajo takole: 30,0%, 35,2%, 35,6%, 36,0% in 35,3%. Zelo majhna količina iglic spremlja med domačimi proveniencami zlasti pohorsko, velika pa roško, toda



ekstremne vrednosti v teku celotnega razvoja pripadajo vzhodnim proveniencam, maksimalna igmanski, minimalna pa papuški.

Primerjava domačih provenienc z vzhodnimi je pokazala pri 2- in 3-letnih jelčicah le majhne presežke vzhodnih, toda že v naslednjem letu domače uveljavijo prednost za 8,8%, ki se s starostjo stopnjuje, tako da pri 8. letih doseže 51,1%. Ta ugotovitev opozarja, da teža asimilacijske gmote pomembno prispeva k starostnemu razhajanju teže suhe biomase med domačimi in vzhodnimi proveniencami. Medtem ko se je razlika celotne suhe snovi v 4 letih približno potrojila, se je razlika med težama suhih iglic pošestorila.

Teža suhe asimilacijske gmote osemletnih sadik ne kaže dosledne povezave z reliefnimi razmerami izhodnega rastišča, pač pa je odvisna s pripadajočo pedogenetsko kakovostjo tal. Provenience z apnenčastih tal so namreč proizvedle za 119,4% težjo asimilacijsko gmo to tiste s tal brez apnenca. Razlike so ob tveganju 11% signifikantne za $t = 1,76$. V tem primeru je torej razlika ostreje poudarjena kot ob primerjavi celotne biomase, čeprav je signifikantnost ohlapnejša, le-ta pa je takšna zaradi večje variance.

2.21. Koeficient produktivnosti iglic Q_1 , ki je bil ugotovljen skladno s 1.922. točko naše metodike, je v teku osemletnega razvoja sadik zelo variiral, čeprav je pri tem v povprečju uveljavljal trend naraščanja, tedaj pa se je ustavil. Pri enoletnih sadikah je znašal koeficient 0,887, v naslednjih 3 letih je dosegel vrednosti 1,738, 1,205 in 2,661, v osmem pa je obstal na 2,610. Produktivnost jelovih iglic torej v mladosti narašča, nato se ustavi in krog osmega leta začne blago upadati. Od tega razvojnega poteka pa odstopa v tretjem letu na nižje. Ta depresija produktivnosti iglic v letu 1967, ugotovljena z interpolacijo normalnega poteka za to leto, znaša 45,2%. Teža suhe asimilacijske gmote v tem letu ne presega tiste, ki jo pokaže interpolacija med prejšnjim in naslednjim letom, ampak je celo precej manjša od nje (za 49%), zato je vzrok za "nenormalno" zmanjšanje koeficienta Q_1 potrebno iskati v prirastku.

Od domačih provenienc je uveljavila največjo končno produktivnost iglic populacija 7-Gorjanci, za njo pa le nekoliko zaostajata provenienci 4-Boč in 8-Rog. Med vsemi primerjanimi proveniencami pa pripada absolutno prvenstvo pelisterski. Od domačih provenienc jih v 8. letu 62% sodi v skupino slabo produktivnih, od vzhodnih pa le 45%. Tudi končna najmanjša vrednost pripada Sloveniji (5-Krim). V prvih 4 letih so prednosti omenjenih domačih provenienc močnejše poudarjene kot pozneje, saj so bile sprva izmenoma celo vodilne, vendar pozneje v primerjalnem zaporedju nekoliko zaostajajo, medtem ko prva leta najmanjša produktivnost iglic spremlja vzhodne provenience, zlasti 16-Goč in 17-Maočica.

Srednja vrednost koeficienta Q_1 za vzhodne 8-letne provenience za 21% prekaša tisto, ki velja za domače. Ta pojav na prvi pogled preseneča, kajti pričakovati bi bilo, da večjo produkcijo celotne biomase (točka 2.11.) spremlja večja proizvodnost iglic. Toda, ker večja teža iglic zmanjšuje vrednost koeficienta - med primerjanima skupinama pa je razlika za težo asimilacijske gmote večja kot za težo celotne biomase, je razumljivo, da razhajanje koeficienta Q_1 ne poteka več v korist domačih provenienc, ampak kaže pri vzhodnih proveniencah boljšo proizvodnost.

Medtem ko je prvo leto poprečni Q_i vzhodnih provenienc prekašal koeficienta domačih za 9%, so pozneje slednje prevzele vodstvo in so kot dvo do štiriletna presegala tuje provenience za 11%, 32% in za 10%, pozneje pa so vse bolj zaostajale za njimi.

Kvocientu Q_i ni bilo mogoče odkriti dosledne odvisnosti od reliefa izvirnih rastišč, pač pa se je pokazala povezava z vrsto izhodnih tal, ker poprečje 8-letnih sadik za provenience s tal brez apnenca za 12% prekaša tiste za provenience z apnenca. Vendar pa razlike niso signifikantne. Tudi v prvih letih razvoja sta obe provenienčni skupini sadik uveljavljali podoben odnos, ki pa je bil v prvem letu nakazan še blago, tj. z razliko 4%. Ta na prvi pogled presenetljiv pojav je mogoče pojasniti tudi v tem primeru z upoštevanjem okolišnosti, da poprečna teža asimilacijske gmote pri proveniencah z apnenca veliko bolj prekaša tisto, ki pripada populacijam z neapnenih tal, kot znaša njena prednost glede teže celotne biomase. Posledica te večje razlike pa je nasproten predznak koeficienta Q_i , tj. prehod presežka na stran populacij s tal brez apnenca.

2.3. Letni prirastek lesne snovi testiranih jelovih provenienc, ugotovljen skladno s točko 1.923., se je v teku devetletnega razvoja stopnjeval absolutno in do 6. leta praviloma tudi relativno, kot je razvidno iz tabele.

Leto	1965	1966	1967	1968	1969	1972	1973
Absolut. prir. (g)	0,201	0,228	0,369	1,763	3,951	5,435	7,500
Relat. prir. (%)	-	113,1	69,8	191,6	144,4	44,3	42,2

V teku razvoja pa prirastek suhe snovi ni potekal enakomerno, ampak kaže določena nihanja. Predvsem izstopa prirastna depresija leta 1967, ki se zlasti očitno kaže z relativnim prirastkom. V primerjavi s poprečnim izravnanim prirastkom suhe biomase je primanjkljaj v tem letu 62,9%. Ta pojav potrjuje našo razlago o vzroku za nenormalno zmanjšanje kvocienta Q_i v tem letu (točka 2.21.). Drugo pomembnejše odstopanje od poprečnega poteka prirastka se kaže v letu 1968, in sicer z njegovim izrednim povečanjem, ki za 43,1% presega interpolirano poprečno vrednost. Primerjava teh dveh pojavov s pripadajočimi klimatičnimi posebnostmi omogoča pojasnilo teh nenormalnosti v poteku priraščanja biomase.

Že svojčas je bilo ugotovljeno, da je klimatična situacija v spomladanskih mesecih določenega leta tesno povezana z nihanji jelkine vitalnosti (6). Če tudi v tem primeru upoštevamo ustrezne nakazovalce stopnje kontinentalnosti klime, vidimo, da je bila leta 1967 v Ljubljani (kjer so rasle testirane sadike) poprečna zračna vlaga skrajno pičila (77%), tj. najmanjša v obdobju dotedanjega razvoja sadik, hkrati pa je bila poprečna letna interdiurna temperaturna amplituda takrat največja. Nalsednje leto, tj. 1968 pa sta se oba nakazovalca bistveno spremenila, tako da izkazujejo nasprotni skrajnosti. Prirastno depresijo v letu 1967 in izredno povečan prirastek v naslednjem letu moremo torej vzročno povezati s poudarjeno kontinentalizacijo v prvem in z njeno ublažitvijo v drugem letu. Možnost, da bi bila spomladanska pozeba vzrok za prirastno depresijo v letu 1967, moramo zavrniti, kajti zmanjšanje prirastka je prizadelo ne le vzhodne provenience, ki so bile vse (razen ene) poškodovane od slane, ampak tudi jelke domačega izvora, ki jih pozeba ni poškodovala.

Potek prirastka biomase je praviloma kongruenten z vrednostmi za težo celotne biomase, dosežene do določene starosti obravnavanih jelovih sadik. Zato morejo ugotovitve iz točk 2.11. do 2.14. s precejšnjo doslednostjo veljati za primerjavo prirastne aktivnosti upoštevanih jelovih provenienc in za njihove prednosti oziroma pomanjkljivosti.

V obeh letih, ko je prirastek odstopal od svojega poprečnega poteka, domače provenienc različno reagirajo na oba klimatična nihaja od vzhodnih, kajti prirastna depresija domačih provenienc v letu 1967 je za 24% blažja kot pri vzhodnih, prirastni vzpon v naslednjem letu pa je celo za 145% višji kot pri proveniencah iz vzhodnih predelov. Prirastek jelovih provenienc iz Slovenije torej v poprečju blažje reagira na klimatične spremembe, ki ne godijo jelki in močnejše za tiste, ki ji prija.

Primerjava prirastka posameznih provenienc za obe skrajnosti je pokazala, da sodi v skupino, ki je leta 1967 zelo reducirala prirastek od domačih provenienc, populacija 8-Rog, zelo dobro pa sta prestali preizkušnjo provenienci 2-Pohorje in 4-Boč. Med vsemi primerjanimi populacijami pa se je najbolje obnesla jelka z Maočice, najslabše pa igmanska jelka.

Ni bilo mogoče najti odvisnosti med stopnjo obravnavane prirastne depresije v letu 1967 in med reliefnimi značilnostmi izhodnih rastišč. Isto velja tudi za geografsko lego. Pač pa se kaže zelo trdna odvisnost med obravnavanim pojavom in med talno podlago izhodnega rastišča, in sicer na ta način, da so bile provenienc s tal z apnencem za 66,9% močnejše prizadete kot tiste, ki izvirajo s tal brez apnenca. Razlike so signifikantne ob tveganju 8% za $t = 2,5$. V naslednjem, prirastno ugodnem letu pa so se vse slovenske provenienc in igmanska zopet zelo dobro uveljavile, vse zaostale pa izvirajo z vzhoda. Pri tem je odvisnost restitucije prirastka tesno negativno korelirana z geografsko lego ($r_{xy} = -0,56$). Čim dalje proti vzhodu torej leži izhodno rastišče primerjanih jelovih provenienc, tem manj si je prirastek v naslednjem letu opomogel od depresije, ki ga je leta 1967 prizadela.

2.4. Kapaciteta za vodo, ki je bila ugotovljena po 1.924. točki metodike, se je pri 9-letnih jelkah gibala s svojimi absolutnimi vrednostmi med 18,4 in 40,6 g s koeficientom variabilnosti 38,7%. Razumljivo je, da ta kapaciteta, razen tega pa tudi variabilnost s starostjo naraščata, ker slednja pri osemletnih jelčicah znaša 30%, pri štiriletnih pa le 13,5%.

2.41.. Specifična poprečna kapaciteta sadik za vodo je pri devetletnih jelkah omejena z razponom od 138 do 174 in ji pripada poprečje 154 ter variabilnost 8,9%. Pri leto mlajših sadikah se razpon razširi na interval od 146 do 194, poprečje pa poveča na 172 ter variabilnost na 10,6%. Maksimalno specifično kapaciteto za vodo dosežejo sadike ob starosti 5 let in znaša 203,1, hkrati pa je pripadajoča variabilnost najožja, tj. 4,9%. Še mlajšim sadikam pa specifična kapaciteta za vodo upada.

Med vsemi proveniencami se pri osemletni starosti ponaša z največjo specifično kapaciteto za vodo igmanska, prejšnja leta pa si podajata prvenstvo populaciji 2-Pohorje in 4-Boč. V najstarejšem upoštevanem stadiju vsebuje relativno najmanj

vode jelka 1-Peca, medtem ko prejšnja leta ta vloga pripada najpogostneje jelki s Papuka, včasih pa tudi tistima z Goča ali pa z Maočice.

Prvih pet let specifična kapaciteta za vodo domačih jelk presega kapaciteto vzhodnejših za povprečno 5,7%, v devetem letu pa znaša ta prednost že 9,7%.

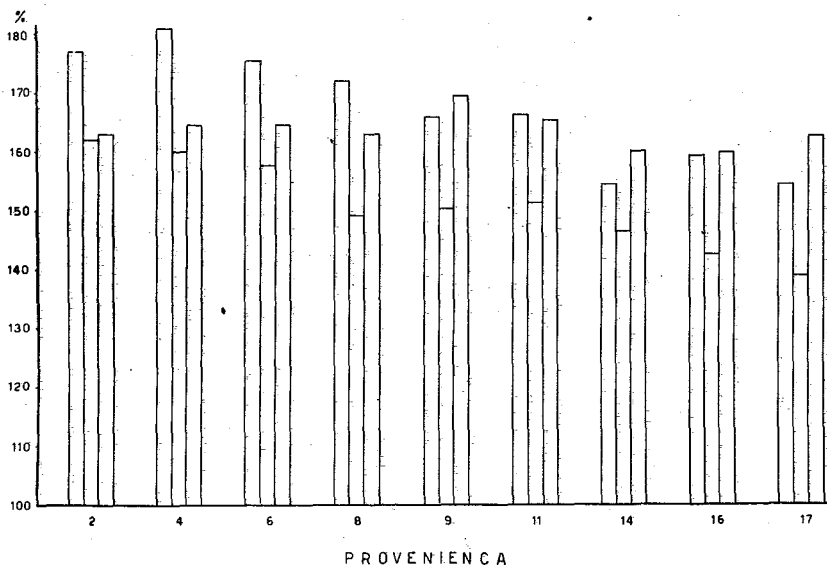
Ni bilo mogoče zaslediti odvisnosti med obravnavanim parametrom in med reliefnimi ali talnimi razmerami izhodnega rastišča, pač pa se je pokazala pomembna negativna korelacija med specifično kapaciteto za vodo in med geografsko dolžino izvirnega rastišča provenience. Le-ta je zelo trdna že pri 2-letnih sadikah, saj ji pripada indeks -0,767. Odvisnost je linearna in jo izraža enačba

$$y = 167,5 - 0,102 (x - 89,1)$$

z napako $\pm 2,2467$. Še trdnejša pa je korelacija v 3. letu starosti ($r_{xy} = 0,781$) in jo kaže linearna enačba

$$y = 151,0 - 0,082 (x - 89,1)$$

z napako $\pm 1,723$. Tudi za 4- in 5-letne sadike velja takšen odnos, le da je odvisnost tedaj nekoliko blažja (-0,511 in -0,454). Čim dalje proti vzhodu torej leži izvir primerjalnih jelovih provenienc, tem manjša je njihova kapaciteta za vodo. Glede na cilj našega raziskovanja gre torej za zelo pomemben izsledek. Na diagramu je že na prvi pogled opazno upadanje kapacitete za vodo od zahoda proti vzhodu, tj. od leve proti desni.



Specifična kapaciteta za vodo pri 2-, 3- in 4-letnih sadikah

2.42. Razumljivo je, da absolutna kapaciteta iglic za vodo s starostjo narašča. To stopnjevanje kapacitete pa je blažje kot pri ostalih delih sadike. Pri slednji namreč v 7 letih za 20,5% bolj naraste kot pri iglicah. Pri dvoletnih sadikah znaša poprečno 0,198 g po jelčici, pri triletnih se poveča na 0,277 g, pri štiriletnih na 1,079 g in pri osemletnih doseže že 12,211 g.

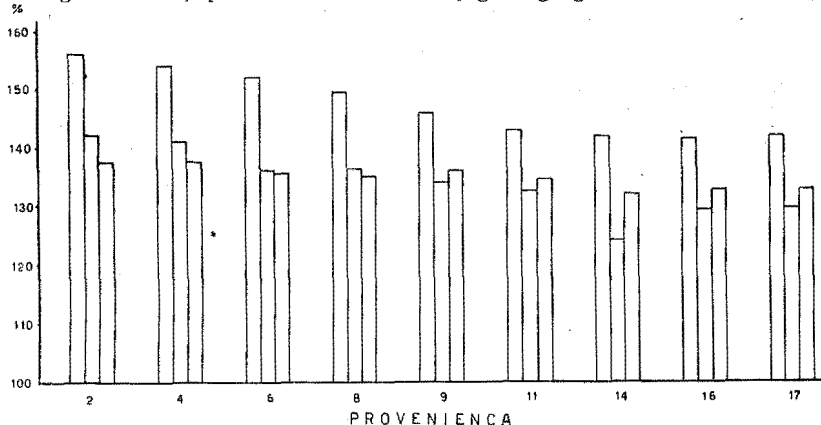
Specifična poprečna letna kapaciteta iglic za vodo s starostjo upada, in sicer od drugega do četrtega leta z vrednostmi: 150 : 134 : 136, tako da pri osmih letih znaša le še 100,9. V primerjavi z drugimi deli sadike je to upadanje s staranjem blažje kot v prvem primeru, ker takrat znaša v 7 letih 41,7%, pri iglicah pa le 32,8%. Vendar pa je variabilnost obravnavanega parametra pri 8-letnih sadikah trikrat večja kot za druge dele jelčic.

V osmem letu med domačimi proveniencami 75% njih pripada skupini z veliko specifično kapaciteto iglic za vodo. Zlasti velike vrednosti pripadajo obema pohorskim proveniencama, snežniški in krinski. Iglice provenience 1-Peca pa imajo med vsemi primerjanimi najmanjšo specifično kapaciteto za vodo. Tri največje vrednosti padajo zunaj Slovenije, med njimi pa izrazito prednjači tista z Goča, nekoliko pa zaostajata za njo igmanska in grmeška. Te izsledke pa je potrebno vrednotiti ob upoštevanju našega sivočrnega dognanja, da je velik delež vode v iglicah spremljevalec propadajočih jelk, medtem ko iglice vitalnih osebkov vsebujejo manj vode (4).

V maljših razvojnih fazah se je zaporedje provenienc glede obravnavanega parametra spreminjalo, vendar pa ekstremni mesti kljub temu pripadata provenienci 2-Pohorje, kot najvišji in 14-Papuk kot najnižji.

Glede na to, da je med vzhodnimi 8-letnimi jelkami 55% provenienc iz skupine z malo poprečno kapaciteto iglic za vodo, preseneča ugotovitev, da poprečje vzhodnih provenienc za 2,7% prekaša tistega za domače. Ker pa je pri mlajših jelčicah poprečni presežek 4% pripadal domačim proveniencam, moremo imeti izsledek za 8-letne le ko naključni izid jemanja vzorcev.

Specifična kapaciteta iglic za vodo ni odvisna ne od talnih ne od reliefnih razmer izhodnega rastišča, prav tako tudi ne od njegove geografske dolžine.



Specifična kapaciteta iglic za vodo pri 2-, 3- in 4-letnih jelčicah

2.5. Transpiracijska aktivnost 2-letnih jelčic, izražena (po točki 1.925. metode) s povprečno absolutno količino vode, ki jo je oddala sadika v 48 urah, se je gibala v razponu od 0,796 do 0,984 g s povprečjem 0,918 g. Razumljivo je, da se je naslednje leto povpreček povečal (za 29,4%), hkrati pa se razširil interval, da je obsegal vrednosti od 1,020 do 1,437 g. V četrtem letu se je absolutna transpiracija povečala za 203% in dosegla povprečje 3,599 g, ležeče še v širšem razponu od 3,724 do 6,353 g, ki mu pripada variabilnost 35,1%. Nadaljnje naraščanje transpiracije jelčic, ki je spremljalo njihovo staranje, pa je napredovalo veliko blažje saj je v devetem letu doseglo le povpreček 4,120 g in se je torej v 5 letih povečalo komaj za 13,9%, variabilnost pa je ostala skoraj nespremenjena.

Ob končnem upoštevanem razvojnem stadiju jelčic se z največjo absolutno transpiracijo postavlja domača provenienca, in sicer snežniška, z najmanjšo pa vzhodna, tj. papuška. V teku razvoja se je zaporedje provenienc glede stopnje transpiracije precej spreminjalo.

Iz primerjave povprečkov za domače in vzhodne provenience smo ugotovili, da slednje v drugem letu oddajo za 0,5% več vode, v tretjem letu pa se še ta mala razlika izgubi, nakar v četrtem letu poraba vode pri domačih proveniencah postane za 11,1% večja. Prva 3 leta se torej domače in vzhodne provenience glede absolutne transpiracije bistveno ne razlikujejo, pozneje pa se razhajajo tako, da vzhodne provenience varčneje oddajajo vodo.

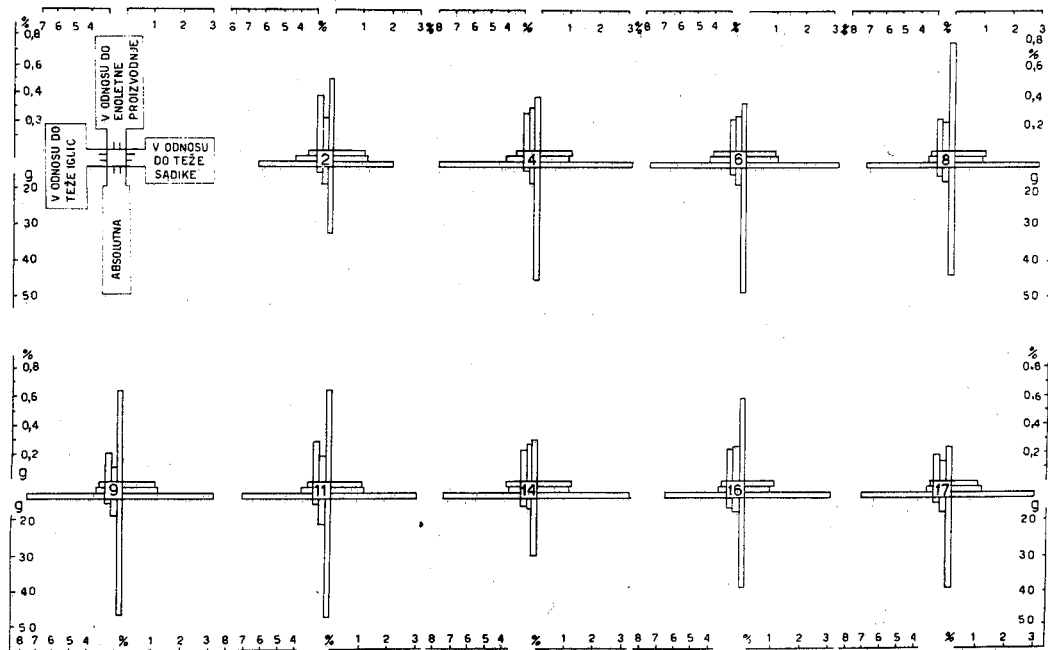
Reliefnih razmer ni mogoče povezovati z obravnavanim parametrom, pač pa se kaže dosledna odvisnost transpiracijske aktivnosti jelke od vsebnosti apnenca v tleh, kjer so provenience doma, in od geografske dolžine izhodnega rastišča. Provenience z apnenca oddajo povprečno za 23,5% več vode od tistih, ki so prinesene s tal brez apnenca. Razlike so signifikantne ob 5% tveganju za $t = 2,74$. Vpliv geografske dolžine pa se uveljavlja z odvisnostjo, ki je srednje trdna ($r_{xy} = -0,39$), in sicer tako, da s stopnjevanjem odmika izhodnega rastišča proti vzhodu transpiracija jelk upada.

2.51. Testiranje specifične transpiracije, tj. odnosa povprečno v 48 urah oddane vode do suhe biomase, je pokazalo, da v 2. letu starosti ta nakazovalec pada v interval od 2,623 do 3,262 s povprečjem 3,033. Naslednje leto se povpreček zmanjša na 1,105, torej za 63,6%, in pada med skrajnosti 0,998 ter 1,203. Za štiriletno jelko je srednja vrednost tega parametra še manjša in znaša 1,099 ter leži v ožjem intervalu od 1,031 do 1,201. Upadanje specifične transpiracije s starostjo še nadalje napreduje, tako za 9-letne jelke znaša njeno povprečje le še 0,197. Torej se v 5 letih zmanjša za nadaljnjih 82%. Tudi njena variabilnost s staranjem upada, tj. v 5 letih od 33,8 na 31,8%.

Za povprečje vse testne dobe pripadata največji vrednosti proveniencama 14-Papuk in 11-Igman, najmanjši pa populacijama 16-Goč in 2-Pohorje. Domače provenience so se v 42% primerov razporedile v skupino z intenzivno specifično transpiracijo, vzhodne pa v 56%. Primerjava povprečja za domače provenience s tistimi za vzhodne pokaže le majhne razlike, in še te s predznaki, ki niso dosledni.

Med obravnavanim parametrom in med reliefnimi ter talnimi značilnostmi ali geografsko lego izhodnih rastišč ni bilo mogoče zaslediti dosledne odvisnosti.

POPREČNA 48 - URNA TRANSPIRACIJA V 2,3.IN 4. LETU



2.52. Specifična transpiracijska aktivnost asimilacijske gmote, izražena s količino vode, ki jo je v 48 urah poprečno oddal 1 g iglic, je znašala v drugem letu 7,285 g ter je variirala od 6,421 do 7,921 g. S starostjo je sprva naglo, pozneje pa blaže upadala, tako da je pri 9-letnih jelkah znašala le še 2,779 g. Variabilnost s starostjo narašča.

Domače jelke so v vsej dobi testiranja za 42% primerov pripadale skupini z veliko specifično transpiracijo, vzhodne pa za 47%. Za poprečje vse poskusne dobe je bila med domačimi proveniencami bočka relativno najbolj potratna z vodo, zlasti v drugem letu, medtem ko drugim populacijam iz Slovenije ni mogoče pripisati tega značaja. Med vsemi testiranimi proveniencami pripada papuški izrazito vodstvo, najmanjšo specifično transpiracijo pa sta uveljavili provenienci 6-Snežnik in 17-Maočica.

Primerjava poprečne vrednosti za domače proveniencice s tisto za vzhodne je pokazala le neznatne razlike, ki pa so jim razen tega pripadali še neenaki predznaki.

Med obravnavanim nakazovalcem ter med reliefnimi in talnimi razmerami izhodnega rastišča ni dosledne odvisnosti. Isto velja tudi glede pripadajoče geografske dolžine.

2.6. Poprečna stopnja proizvodnosti transpiracije, izražena (po 1.926. točki i metodike) kot kvocient transpiracije Q_t , znaša pri 2-letnih jelčicah 0,253, v naslednjem letu upade na 0,210, pri petletnih sadikah pa znaša 0,486. Ker si moremo zmanjšanje v tretjem letu pojasniti z (v točki 2.3.) obravnavano prirastno depresijo v letu 1967, smemo brez pridržka ugotoviti, da se stopnja transpiracijske proizvodnosti s staranjem stopnjuje, saj se pri 9-letnih sadikah poveča celo na 0,631. Ob takem stopnjevanju srednjih vrednosti se tudi interval, omejen z ekstremnima vrednostima, širi, in sicer tako absolutno kot relativno neprimerno hitreje, kot narašča pripadajoča srednja vrednost. Razhajanje jelovih provenienc glede na stopnjo proizvodnosti transpiracije opozarja, da gre za pomembno, dedno pogojeno, hkrati pa ekološko odločilno usmerjano fiziološko značilnost, ki ji gre zato posvetiti posebno pozornost.

Skozi vse upoštevane razvojne stadije pada med domače proveniencice največja vrednost kvocienta Q_t , zlasti sta pri tem udeleženi provenienci 8-Rog in 2-Pohorje. Najmanjše vrednosti pa so med vzhodnimi proveniencami in spremljajo zlasti populaciji 17-Maočica in 14-Papuk. Zato ne preseneča pojav, da domače proveniencice glede tega nakazovalca v vseh razvojnih stadijih dosledno presegajo vzhodne populacije in da ta presežek za poprečje vsega testnega obdobja znaša 13%.

Med vrednostmi za Q_t in med pripadajočimi reliefnimi značilnostmi izhodnega rastišča ali pa njegovimi geografskimi ordinatami ni dosledne povezave, pač pa obstaja odvisnost med stopnjo proizvodnosti transpiracije in med prisotnostjo kalcija v tleh. Pri 2- in 3-letnih jelčicah razlike sicer še niso pomembne, toda pri 4-letnih zbuja pozornost poprečna razlika 46,2%, ki kaže, da je produktivnost transpiracije pri proveniencah z apnenca občutno večja kot pri tistih, ki izvirajo s tal brez apnenca. Razlike so signifikantne ob 10% tveganju za $t = 1,94$. Ta pojav hkrati kaže, da je delež neproduktivne transpiracije pri jelkah, ki izvirajo s tal brez apnenca, večji kot pri tistih, ki so doma na apnenču.

2.7. Testiranje učinka dehidracije, tj. 3- oziroma 4-dnevne popolne prekinutve do-
vajanja vode skozi koreninje jelovih sadik, je bilo opravljeno skladno s točko
1.927. metodike.

Petletne jelke so zaradi 3-dnevne dehidracije izgubile poprečno po 4,406 g vode
z vrednostnim intervalom od 2,575 do 5,474 g. V primerjavi z vodo, ki so jo
pred tem vsebovale (ob neomejeni možnosti oskrbe z vodo), znaša ta izguba po-
prečno 50,9% z intervalom od 46,8 do 53,3%, ki je torej zelo ozek.

Razporeditev absolutnih vrednosti med domače in vzhodne provenience je za 9,8%
v korist domačim, poprečni relativni vrednosti pa sta bili v obeh primerih enaki.

Enako stare jelčice so po 4-dnevni dehidraciji izgubile poprečno po 4,806 g vode
z vrednostnim intervalom od 3,070 do 6,381 g, ki je torej širši kot v prejšnjem
primeru. V primerjavi z vodo, ki so jo sadike pred tem vsebovale (ob neomejeni
razpoložljivi vodi), znaša ta izguba poprečno 56,83% z intervalom od 48,97 do
61,51%, ki je tudi širši kot v prejšnjem primeru.

V četrtem dnevu suše so jelčice torej izgubile ok. 10% prvotne vode. Proces de-
hidracije je torej v četrtem dnevu že zelo upadel, toda še vedno je trajal.

Domače provenience se glede na poprečni absolutni učinek 4-dnevne dehidracije
skoraj ne razlikujejo od vzhodnih, glede na relativni učinek druge prekašajo prve
le za 3,8%.

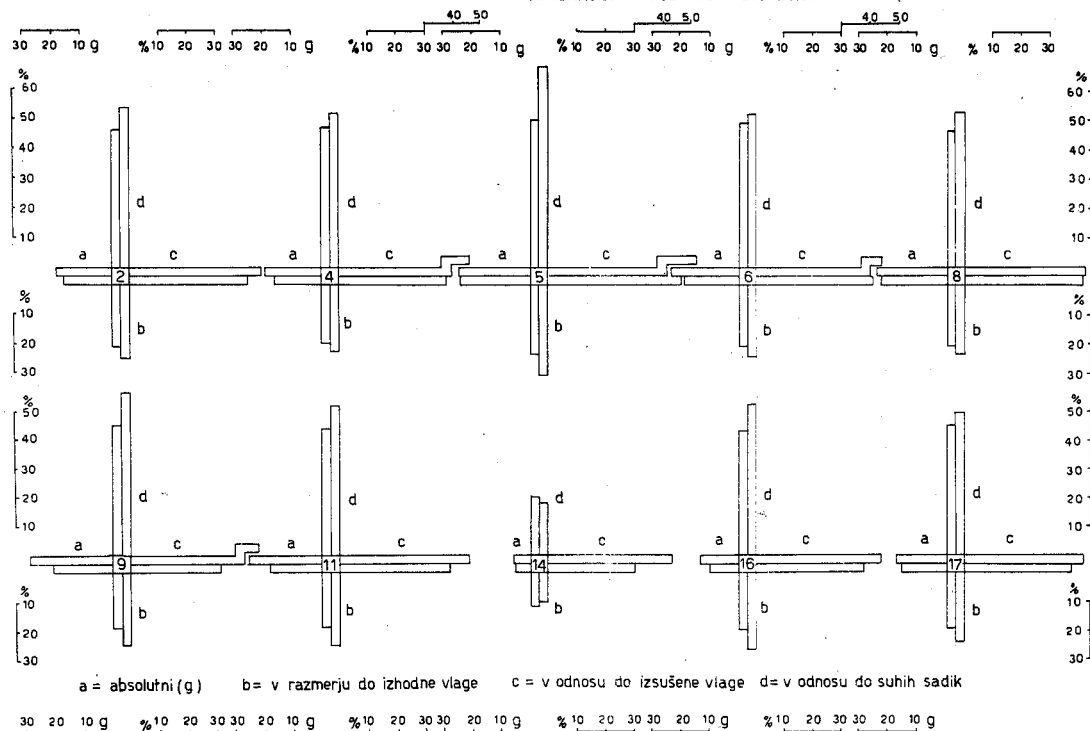
Zaporedje provenienc glede učinka "suše" je po 3-dnevni dehidraciji skoraj enako
tistemu po 4-dnevni. Največjo količino izgubljene vode si delita provenienci 8-Rog
in 5-Krim, najmanjšo pa populaciji 14-Papuk in 16-Goč. Med domačimi provenien-
cami je z dehidracijo najmanj prizadeta bočka.

Osemletne jelke so po 4-dnevni dehidraciji izgubile poprečno po sadiki 11,571 g
vode ali v odnosu do prvotne vode 51,6%.

Devetletne jelke so po 3-dnevni dehidraciji izgubile 13,0 g vode, v primerjavi z
vodo, ki so jo vsebovale pred tem, znaša ta izguba 40,5%. Absolutna teža odda-
ne vode je po pričakovanju večja kot pri mlajših jelkah, vendar pa je relativni
delež manjši, saj je v enem letu upadel za ok. 1/5. S starostjo torej absolutna
količina zaradi "suše" izgubljene vode narašča, vendar pa njen delež v odnosu do
količine začetne vode upada. Zato bi mogli domnevati, da je relativna fiziološka
prizadetost, povzročena s sušo, tem manjša, čim starejše so bile obravnavane
jelke.

2.8. Absolutni končni deficit vode kot posledica dehidracije, izražen s težo vode,
ki je 5-letna sadika ni nadoknadila, vključ temu, da ji je bila po dehidraciji 3
dni na razpolago neomejena količina vode, v primeru 3-dnevne suše variira od
0,975 do 2,270 g in mu pripada popreček 1,796 g. Razpon je torej pomembno šir-
ši (72,1%) od intervala, v katerem se gibljejo vrednosti neposredne izgube vode
zaradi "suše" (65,5%). Iz tega je mogoče sklepati, da obravnavane provenience
bolj neenotno resorbirajo vodo, kot jo oddajajo pri dehidraciji. Po enako trajajo-
či resorpciji, ki je sledila 4-dnevni "suši", je poprečni končni deficit vode dose-
gel 2,165 g z razponom od 1,340 do 2,830 g, ki je relativno ožji od intervala po

DEFICIT VODE PO 3-IN 4-DNEVNI DEHIDRACIJI IN POZNEJŠI RESORBCIJI



3-dnevni dehidraciji, hkrati pa relativno enak intervalu neposredno zaradi suše izgubljene vode. Iz tega je mogoče sklepati, da 4-dnevna "suša" jelove sadike tako zelo prizadene, da jim močno oslabi možnost učinkovitega uveljavljanja resorpcijske sposobnosti.

Poprečni končni absolutni deficit vode za domače 5-letne provenience v primeru krajše suše pomembno presega ustrezní popreček vzhodnih provenienc (za 21,2%), v primeru 4-dnevne dehidracije pa se ta razlika zelo zmanjša (na 4%). Pojav, da podaljšana "suša" zoži diapazon ustreznih vrednosti, hkrati pa tudi ublaži razliko med poprečkoma, dopušča sklep, da s podaljšanjem dehidracije prekoračena reakcijska norma jelovih sadik ni toliko individualno kot ekotipsko pogojena, je torej bolj posledica dednih razlik kot pa pojava variabilnosti. Ne glede na trajanje dehidracije so domače provenience deficitnejše od vzhodnih, to pa pomeni, da ima suša za naše jelke poprečno neugodnejše posledice kot za vzhodnejše.

Provenienčno zaporedje glede na končni deficit vode zaradi 3-dnevne dehidracije se praviloma ujema z zaporedjem po 4-dnevni "suši". Najhujšo relativno prizadetost kažeta v obeh primerih provenienci 5-Krim in 8-Rog, najmanjšo pa populaciji 14-Papuk in 16-Goč. Med domačimi in vzhodnimi proveniencami se poprečni vrednosti za stopnjo deficitnosti le ne bistveno razlikujeta.

Med obravnavanim nakazovalcem in med reliefnimi razmerami ter geografsko dolžino ni dosledne povezave, pač pa se po 3-dnevni suši s pomembno razliko 44,9% kaže odvisnost od tal, ker so provenience z apnenca občutno huje prizadete s končno deficitnostjo vode kot tiste, ki izvirajo s tal brez apnenca. Razlike so signifikantne ob tveganju 1% za $t = 3,53$. V primeru 4-dnevne suše se ta odvisnost od pedogenetskega značaja tal še zoži, ker razlika doseže vrednost 45,6%, signifikantnost pa je še trdnejša, ker velja celo za tveganje 0,5% za $t = 4,94$.

2.9. Analogno testiranje osemletnih jelk z uporabo 4-dnevnega dehidriranja, ki mu je sledilo 8-dnevno obdobje z neomejeno razpoložljivo resorpcijsko vodo, je pokazalo končni deficit 5,651 g vode po sadiki. V primerjavi z vodnim deficitom, nastalim neposredno zaradi suše, znaša ta izguba 45,5%.

Potek resorpcije, ki je sledila dehidraciji, je predločen v preglednici s podatki o teži v določenem dnevu resorbirane vode.

Po dehidraciji	1. dan	2. dan	3. dan	4.-6dan	7. dan
Resorpcija (g)	8,862	1,954	0,798	0,070	-0,092

Vkljub neomejeno razpoložljivi vodi se je torej resorpcija po 6. dnevu popolnoma ustavila, čeprav tedaj skoraj pol zaradi suše izgubljene vode še ni bilo restituirane.

Eno leto starejše, tj. devetletne jelke so poprečno že četrti dan po dehidraciji prenehale z resorpcijo vode, zato je znašal absolutni deficit vode po sadiki 14,0 g ali v razmerju z začetno vodo 41,6%. Iz primerjave izsledkov navedenih dveh testov bi mogli sklepati, da se resorpcijska zmožnost jelk s starostjo časovno skrajšuje, hkrati pa njen učinek - tako absolutni kot relativni - narašča. Čim starejša je torej jelka, tem boljša je torej v mejah testnih razmer normalizacija vodne bilance, ogrožene s sušo.

Resorbcija 5-letnih jelk po 3-dnevni dehidraciji je bila testirana 3 dni. V tem času je bilo poprečno restituirano 61,3% vode, izgubljene zaradi "suše". Analogne meritve po 4-dnevni dehidraciji so pokazale, da je v tem primeru restitucija znašala 55,6% vode, izgubljene zaradi "suše". Ker je bila absolutna teža resorbirane vode v obeh primerih skoraj enaka (2,610 in 2,640 g po sadiki), torej ni vplivala na neenakost relativnega učinka resorbcije. Neenakost je torej izključno le posledica razlike med količinama zaradi suše izgubljene vode. Iz te ugotovitve izvira spoznanje, da intenzivnost resorbcije ni tako zelo odvisna od trajanja poprejšnje suše kot od količine z dehidracijo odvzete vode. Zato smo v primerjalno analizo vključili še t.i. resorpcijski koeficient, ki izraža stopnjo resorbcije v razmerju do količine s sušo odvzete vode.

Med primerjanimi proveniencami zavzema 14-Papuk najboljše mesto. Prva za njo je tudi z vzhodnih nahajališč, in sicer 16-Goč. Najslabši plasman pa sta dosegli domači provenienci 5-Krim in 4-Boč. Zato ne preseneča ugotovitev, da poprečna relativna resorpcijska aktivnost vzhodnih provenienc po 3-dnevni dehidraciji za 10,6% prekaša popreček, ki velja za domače jelove populacije.

Resorpcijski koeficient ni dosledno povezan z reliefnimi in talnimi razmerami izhodnih rastišč. Glede prisotnosti apnenca v tleh se sicer kaže določena afiniteta med njimi in med večjim resorpcijskim koeficientom, vendar pa razlike niso sig-nifikantne.

Uveljavlja se sicer šibka, vendar zelo pomembna korelacija med resorpcijskim koeficientom in med geografsko dolžino izhodnega rastišča, ki se kaže s koeficientom $r_{xy} = 0,34$. Čim dalje proti vzhodu leži provenienčno izhodišče, tem večji je obravnavani nakazovalec, tj. tem večja je relativna resorpcijska zmožnost obravnavanih jelk. Glede na cilj našega raziskovanja je to spoznanje zelo pomembno.

3. VPLIV SVETLOBNE REDUKCIJE

3.1. Testiranje se je nanašalo na različno stare jelke, ki jim je bil pred eksperimentom različno dolgo alternativno omejevan dostop naravne svetlobe skladno s 1.93. točko metodike.

Za primerjalno vrednotenje vpliva zastrtosti oziroma reducirane svetlobe na globalno produktivnost jelovih sadik je bila kot v točkah 2.11. do 2.14. tudi v tem primeru uporabljena kot najprimernejša nakazovalka teža celotne biomase.

3.11. Testiranje 9-letnih jelovih sadik je omogočilo primerjavo teže suhe biomase med jelkami, ki so bile v teku vsega svojega razvoja deležne neomejene svetlobe ("90"), ter med zasenčenimi, in sicer takšnimi, ki so le zadnje leto rasle zastrte (9P1), takšnimi, ki so bile zadnja 4 leta v senci (9P4), in takšnimi, ki so bile zadnjih 8 let zastrte (9P8). Ugotovljeni so bili medsebojni težinski odnosi, ki so po sadiki (v g) prikazani v razpredelnici.

Starost in svetlobni režim	90	9P1	9P4	9P8
Teža sadike (g)	20,96	22,28	23,10	18,90
Koeficient variab. (%)	38,9	36,6	38,4	32,3
Razlika	9P1-90	9P4-90	9P8-90	
Presežek (%)	6,3	10,0	-9,8	

Redukcija svetlobe torej pospešuje tvorbo celotne biomase. Učinek se stopnjuje z daljšim trajanjem zastrtosti, vendar pa z omejitvijo, da z dolgotrajnejšo redukcijo svetlobe ta učinek ne le preneha, ampak deluje celo zaviralno na produkcijo biomase. Meja med pospeševalnim in zaviralnim vplivom leži nekje med 4- in 8-letnim trajanjem porsence. Zaradi zasenčenosti se je variabilnost populacije glede obravnavanega parametra zoževala.

3.12. Ko so bile sadike istih populacij eno leto mlajše, torej osemletne, je bila izvršena primerjava med jelkami, ki so bile vedno nezastrote (80), ter med zasenčenimi, in sicer takšnimi, ki so zadnja 3 leta rasle pod zastorom (8P3) in takšnimi, ki so bile zastrote zadnjih 7 let (8P7). Za zaporedje 80 : 8P3 : 8P7 so bile ugotovljene naslednje težinske vrednosti 19,95 : 15,37 : 11,95, koeficienti variabilnosti 23,48 : 30,74 : 27,18. Razlika 8P3-80 je znašala 18,45%, razlika 8P7-80 pa 8,45%.

Zaradi reducirane svetlobe je bila povečana produkcija celotne biomase, vendar pa ne dosledno proporcionalno s trajanjem porsence. Zasenčenje je vplivalo na variabilnost obravnavanega parametra analogno kot v primeru pod 3.11.

3.13. S podobnim testiranjem so bile obravnavane tudi 5-letne jelčice, od katerih je imela polovica na razpolago neomejeno svetlobo (50), druga polovica pa je bila zadnja 4 leta pod zastorom (5P4). Končno so bile tako raziskane tudi 4-letne sadike, trajno osvetlene in tri leta zastirane (40 in 4P3). Pripadajoči parametri so zbrani v skupni preglednici.

Starost in svetlobni režim	50	5P4	40	4P3
Teža sadike (g)	4,241	5,470	1,525	1,692
Koeficient variab. (%)	26,48	35,02	35,60	36,60
Razlika	5P4-50		4P3-40	
Presežek (%)		28,9		10,9

V obeh primerjavah je omejitev svetlobe povzročila pospešeno produkcijo biomase, in sicer ne glede na razvojni stadij jelčic. Razvoj pod zastorom je dosledno širil variabilnost obravnavane značilnosti in opozarja, da zasenčenje pospešuje morfološko diferenciacijo.

3.14. Primerjalno vrednotenje rezultatov testiranja iz točk 3.11. do 3.13. omogoča spoznanje, da redukcija svetlobe, ki jo povzroča 50% zastrtost, pospešuje v mejah uporabljenih okolnosti produkcijo celotne biomase ne glede na starost jelčic. Proporcionalni pospeševalni vpliv se uveljavlja najmanj do vključno 4-letne zastrtosti ter preneha najpozneje s 7-letno, nakar učinek porsence absolutno in relativno upada. Presežki biomase, nastali v porsenci, se z absolutnimi vrednostmi stopnjujejo hkrati s starostjo, vendar le toliko, da pri tem relativno upadajo. Omejitev svetlobe širi z enako časovno mejo 4 do 7 let, ki velja za pospeševanje

produkcije - variabilnost obravnavanega parametra in tako prispeva k morfološki diferenciaciji jelovih sadik.

3.15. Obravnavane jelove provenience so s svojo produkcijo biomase zelo različno reagirale na redukcijo svetlobe. Večina (62,5%) jo je sicer povečala, vendar pa so jo nekatere od upoštevanih populacij pod zastorom zmanjšale (37,5%). Prve so dosegle poprečni presežek 59%, druge pa poprečni primanjkljaj 30%. Tri provenience z največjo pozitivno razliko so od domačih, in sicer 2-Pohorje, 4-Boč in 8-Rog. Najbolj deficitna pa sodi med vzhodne, tj. provenienca 9-Velebit.

Primerjava poprečij za obravnavani nakazovalec med domačimi in vzhodnimi proveniencami je pokazala, da je prvim zaseččenju za 70,4% izdatneje povečalo produkcijo biomase kot drugim. Iz tega pojava moremo sklepati, da je na področju vrednotenja ekološke amplitude obravnavanih jelovih provenienc potrebno upoštevati spoznanje, da so - sodeč po produktivnosti - domače provenience praviloma ombrofilnejše od vzhodnih, čeprav so tudi z območja Slovenije med njimi takšne, ki so na zasenčenje reagirale z zmanjšano produkcijo biomase, npr. 5-Krim in 6-Snežnik. Pomembno je, da obe ti naši izjemni provenienci izvirata z Dinarskega gorstva, kjer leži tudi 9-Velebit, ki prednjači glede negativne reakcije na redukcijo svetlobe. Verjetno sodijo med takšne heliofilne jelke tudi tiste, ki je za njih Pintarić ugotovil, da so med 5. in 9. letom starosti nezastrite dosegle za 70% večje višine kot tiste v senci (16).

Stopnja in predznak obravnavane reakcijske norme ni dosledno odvisna od reliefnih razmer izhodnega rastišča, prav tako tudi ne od njegove geografske lege. Toda nakazuje se blaga odvisnost od prisotnosti apnenca v tleh, kajti zdi se, da na tleh brez njega redukcija svetlobe bolj povečuje produkcijo biomase kot na tleh z apnencem. Vendar pa razlike niso signifikantne in more biti zato tak odnos le posledica vzorčenja.

Tudi koeficient variabilnosti se razlikuje glede na pedogenetski značaj izhodnih tal ter je za izvorni apnenčasti substrat dosledno večji kot za provenience s tal brez apnenca. Jelove populacije z apnenca so torej pod vplivom polsence podvržene občutnejši morfološko-prirastni diferenciaciji kot tiste s tal brez apnenca.

3.2. Eksperimentalno testiranje je pokazalo, da se relativni težinski delež pod vplivom polsence spreminja, kot je razvidno iz razpredelnice s podatki za 9 oziroma 8 let stare jelke, ki so se razvijale v različnih svetlobnih razmerah.

Starost in svetlobni režim	90	9P1	9P4	9P8	80	8P3	8P7
Tež. delež iglic (%)	35,3	36,3	39,7	45,2	36,0	36,3	36,9

Ne glede na starost obravnavanih sadik se torej s podaljšanjem zasenčenja stopnjuje ne le absolutni, ampak celo relativni delež asimilacijske gmote v teži celotne biomase. Ustrezna primerjava mlajših, tj. 4-letnih jelčic, kaže delež asimilacijske gmote z razmerjem $40 : 4P3 = 35,6\% : 36,6\%$, ki potrjuje te ugotovitve.

3.21. Koeficient produktivnosti iglic Q_i , ugotovljen po 1.922. točki metode, se je zaradi zasenčenja povečal in se je s trajanjem polsenčnega stanja stopnjeval, vendar tudi tokrat (kot v točki 3.11.) za sadike, stare 9 let, z omejitvijo

do 4 let, nakar upada in za 8 let zasenčene sadike zdrkne pod vrednost, ki pripada nezasenčeni populaciji. V preglednici so navedeni ustrezni podatki, ugotovljeni s testiranjem 9- in 4-letnih jelk.

Starost in svetlobni režim	90	9P1	9P4	9P8	40	4P3
Koeficient Q_i	0,94	0,98	1,73	0,80	1,30	2,01
Razlika		9P1-90	9P4-90			4P3-40
Presežek (%)			-14,9		54,6	
		4,3	84,0			

Primerjava ustreznih vrednosti za starejše sadike s tistimi za mlajše, prikazana v razpredelnici, potrjuje pravilnost prejšnje ugotovitve, hkrati pa opozarja, da starost sadik ni pomembna za velikost presežkov, pač pa trajanje zastiranja.

3.3. Redukcija svetlobe je pospeševala letni prirastek v teku devetletnega razvoja jelovih sadik. Rezultati testiranja za 9- in 8-letne jelke so zbrani v razpredelnici. Nanašajo se na suho težo letno prirasle biomase, izraženo z absolutno in relativno vrednostjo.

Starost in svetlobni režim	90	9P1	9P4	9P8	80	8P3	8P7
Prirastek (g)	7,50	8,50	11,90	10,40	5,44	7,80	8,12
Relat. prirastek (%)	42,2	43,6	51,1	50,5	44,3	49,5	66,7

Redukcija svetlobe torej pospešuje prirastek. Ta vpliv se stopnjuje s trajanjem porsence, in sicer ne glede na starost sadik. Tudi v tem primeru se pojavlja časovna omejitev, do katere velja ta odvisnost. Vendar tokrat meja leži nad 7-letnim zasenčenjem.

3.4. Porsenca je vplivala povečevalno na absolutno kapaciteto jelovih sadik za vodo, kot je razvidno iz testnih podatkov, zbranih v razpredelnici, ki kažejo poprečno vrednost po sadiki.

Starost in svetlobni režim	90	9P1	9P4	9P8	80	8P5	8P7
Abs. kapac. za vodo (g)	32,1	35,0	36,2	30,9	22,4	26,2	21,5
Razlika		9P1-90	9P4-90	9P8-90	8P5-80	8P7-80	
Presežek (%)		9,0	12,1	-3,7	17,1	-4,0	

Tako za 9-letne kot tudi za 8-letne sadike torej velja pravilo, da redukcija svetlobe povečuje kapaciteto za vodo, in sicer tem bolj, čim dalj traja zasenčenje. Vendar se tudi v tem primeru uveljavlja omejitev, ležeča med 5- in 7-letnim trajanjem porsence.

Testiranje mlajših sadik je potrdilo takšno odvisnost, ker je pri petletnih jelčicah učinek zasenčenja izražen z odnosom $50 : 5P4 = 13,06 : 18,09$ g in s presežkom 45,4%, pri štiriletnih pa z $2,38 : 2,75$ g in s presežkom 15,6%.

Zasenčenje sicer praviloma razširja variabilnost absolutne kapacitete za vodo, čeprav se ta vpliv ne uveljavlja dosledno, zlasti ne pri dalj časa zastiranih sadikah. Redukcija svetlobe torej pospešuje diferenciacijo tistih morfološko-fizioloških značilnosti, ki uravnavajo kapaciteto jelke za vodo.

V zaporedju ugotovljenih vrednosti je zasenčenje najbolj povečalo vodno kapaciteto provenienci 13-Kozara, nekoliko manj pa domačim populacijam 6-Snežnik in 4-Boč. Med vsemi proveniencami pa je zmanjšala kapaciteto le eni, tj. populaciji 9-Velebit. Poprečno se je zaradi polsence kapaciteta za vodo pri vzhodnih proveniencah relativno občutneje povečala kot poprečno pri domačih. Razlika med poprečnom znaša 20,5%.

Ni bilo mogoče zaslediti dosledne povezave obravnavanega parametra z reliefnimi značilnostmi izhodnega rastišča ali pa z njegovo geografsko lego, pač pa se je pokazala odvisnost te reakcije od prisotnosti apnenca v izvirnih tleh. Provenience s tal brez apnenca so namreč v polsenci za 15,9% bolj povečale kapaciteto za vodo kot tiste z apnenca. Račun sicer ni potrdil signifikance, vendar pa je ugotovitev vkljub temu pomembna. Provenienkam z apnenih tal je zasenčenje izdatneje razširilo variabilnost absolutne kapacitete za vodo kot drugim. Jelove populacije z apnenca torej uveljavljajo intenzivnejšo diferenciacijo tistih morfološko-fizioloških značilnosti, ki uravnavajo njihovo kapaciteto za vodo.

3.4. Specifična kapaciteta za vodo je sicer s svojimi relativnimi vrednostmi pomembnejši nakazovalec od absolutne, hkrati pa daje bolj izenačene podatke od nje. Reduciranje svetlobe zato ta parameter sicer povečuje, vendar - kar je glede na omenjeni značaj tega nakazovalca razumljivo - blaže kot absolutno kapaciteto. Vrednosti in njihovi odnosi za različno stare jelčice so prikazani v preglednici.

Starost in svetlobni režim	90	9P1	9P4	9P8	80	8P7	40	4P3
Specif. kapacit. za vodo	153,9	157,8	156,5	164,9	171,9	171,7	157,3	164,3
Razlika	9P1-90	9P4-90	9P8-90	8P7-80			4P3-40	
Presežek	2,5	1,7	7,2	2,4			4,4	

S primerjalnim vrednotenjem teh testnih izidov moremo ugotoviti, da starost sadik ne odloča pomembno o vplivu polsence na povečanje specifične kapacitete za vodo, pač pa je očitna njena odvisnost od trajanja zasenčenja. Ta odnos sicer ni dosledno proporcionalen, vendar pa se izrazito uveljavlja v poprečnem trendu.

Primerjava pripadajočih koeficientov variabilnosti opozarja na pomemben pojav, da se njihova vrednost s stopnjevanjem trajanja zasenčenja povečuje, in to popolnoma dosledno za vse razvojne stadije sadik. Za 9-letne jelke velja odnos 8,86 : 9,96 : 11,21 : 15,64%, za 8-letne 9,53 : 13,59 : 13,64%, za petletne 4,86 : 38,97% in za štiriletne 8,20 : 11,30%. Redukcija svetlobe torej dosledno pospešuje diferenciacijo tistih, morfološko pogojenih fizioloških značilnosti jelke, ki uravnavajo specifično kapaciteto jelke za vodo.

Med vsemi, v tem primeru obravnavanimi jelovimi proveniencami vpliva polsenca na specifično kapaciteto za vodo najbolj pri populaciji 9-Velebit, tj. prav pri tisti, ki ji pripada najmanjša absolutna kapaciteta za vodo. Obe drugi mesti zasedata domači provenienci, tj. 5-Krim in 6-Snežnik. Med vsemi je najblaže reagirala na polsenco provenienca 8-Rog.

Poprečni reakciji za skupini domačih in vzhodnih provenienc se razlikujeta za 35%, tako da vzhodne provenience relativno močnejše reagirajo na polsenco kot domače.

Relief in geografska lega izhodnega rastišča nista povezana z obravnavanim parametrom, pač pa je le-ta zopet odvisen od vsebnosti apnenca v tleh, tako da prisotnost te kamnine v izvirnih tleh pospešuje vpliv plesence na povečanje specifične kapacitete za vodo (za razliko od ugotovitve v točkah 3.15. in 3.4. o zaviralni vlogi apnenca). Ta odvisnost se izrazito uveljavlja, ker razlika znaša 117,4%, čeprav je signifikantna le pri tveganju 17% za $t = 1,42$.

Tudi v tem primeru je diferenciacija obravnavanega parametra širša za skupino provenienc z apnenca kot za tisto s tal brez apnenca. Zato je iz tega pojava izvirajoči sklep analogen tistemu v prejšnjih dveh točkah.

3.42. Tudi specifična kapaciteta iglic za vodo se v plesenci povečuje. Odnos za 4-letne jelčice je namreč $40 : 4P3 = 148,9\% : 154,9\%$. Pri tem je razlika le nekoliko manjša kot za specifično kapaciteto za vodo celih sadik.

3.5. Pri vrednotenju transpiracijske aktivnosti zastrtih jelčic v primerjavi z nezastrtimi je potrebno upoštevati okolnost, da je testiranje potekalo pri normalni, tj. nereducirani dnevni svetlobi. Sadike "P" so bile torej obravnavane v drugačnih svetlobnih razmerah, kot so se dotlej razvijale. Izidi njihovega primerjalnega testiranja torej ne kažejo le vpliva razvoja v plesenci, ampak se v njih verjetno uveljavljajo tudi posledice spremenjenih svetlobnih razmer, tj. osvetlitve. Zato je v tem primeru odvisnost transpiracije od svetlobnih razmer posebno skrbno raziskana, da bi bilo mogoče čim zanesljiveje presoditi, kolikšen delež ugotovljene razlike odpada na adaptiranost sadik za plesenco, kolikšen pa na reakcijsko normo.

Transpiracijska aktivnost jelovih sadik, testirana analogno po postopku v točki 2.5., je reagirala na redukcijo svetlobe tako, da se je absolutno in relativno povečala. Stopnja absolutnega vpliva plesence je razvidna iz primerjave v preglednici, nanašajoče se na 9- in 4-letne jelčice.

Razlika	9P1-90	9P4-90	9P8-90	4P3-40
Presežek (%)	17,1	22,0	2,4	5,8

S trajanjem zastrtosti se torej stopnjuje pospeševalni vpliv plesence na absolutno transpiracijo. Vendar to pravilo velja z (že znano) 5- do 8-letno omejitvijo, ko začne s svetlobno redukcijo inducirani pospeševalni vpliv pojemati. Koefficient variabilnosti se za različno stare sadike in za različno trajanje plesence spreminja nesistematično in ne nudi osnove za sklepanje o poteku diferenciacije.

3.51. Vpliv plesence na specifično transpiracijo, ki je bila ugotovljena analogno postopku v točki 2.51., se je uveljavljal, kot kažejo podatki za 9-letne jelke, zbrani v razpredelnici.

Iz preglednice je razvidno, da s stopnjevanjem časa zastrtosti specifična transpiracija praviloma narašča, tako absolutno kot tudi relativno. Njeni presežki, povzročeni z zasenčenjem, so bolj ali manj sistematični, hkrati pa večji od tistih, ki jih kaže absolutna transpiracija (v točki 3.5.).

Starost in svetlobni režim	90	9P1	9P5	9P8
Specifična transpiracija	0,197	0,228	0,243	0,240
Razlika	9P1-90	9P5-90	9P8-90	
Presežek (%)	15,7	23,3	21,8	

Tudi v tem primeru je opazna časovna omejitev pri polsenci, ki traja dalj od 5 let, vendar je upadanje nato le blago, še zlasti ob primerjavi s strmim padcem absolutne transpiracije jelčic s starostjo upada (tokča 2.51.) in iz ugotovitve, da s podaljšanim trajanjem polsence narašča, se ponuja razlaga, da polsenca povzroča pri sadikah modifikacijo v smeri juvenilnosti.

Koeficient variabilnosti se s stopnjevanjem trajanja polsence sicer nedosledno spreminja, vkljub temu pa uveljavlja poprečni trend upadanja. Ta pojav zoževanja diferenciacije z daljšim časom trajajočo polsenco potrjuje razlaga, da gre pri tem za modifikacijo z znaki juvenilnega razvojnega stadija.

3.52. Specifična transpiracijska aktivnost asimilacijske mase, ugotovljena analogno kot v točki 2.52., je svojevrstno reagirala na polsenco, ker se je zaradi redukcije svetlobe zmanjšala.

Starost in svetlobni režim	90	9P1	9P5	9P8
Transpiracija 1 g iglic	2,779	2,686	2,742	2,049
Razlika	9P1-90	9P5-90	9P8-90	
Presežek (%)	-3,3	-1,3	-26,3	

Transpiracijska aktivnost torej s stopnjevanjem trajanja polsence sprva blaže, pozneje pa strmo upada.

3.6. Tudi kvocient transporacije Q_t , ki izraža proizvodnost 1 grama transpirirane vode, z razvojem jelk v polsenci narašča, kot je razvidno iz podatkov v preglednici.

Starost in svetlobni režim	90	9P1	9P5	9P8	40	4P3
Q_t	0,631	2,552	3,452	2,226	0,227	0,377
Razlika	9P1-90	9P5-90	9P8-90		4P3-40	
Presežek (%)	344,4	447,1	262,3		66,1	

Ta odvisnost je proporcionalna le do (že znane) omejitve med 5. in 8. letom trajanja svetlobne redukcije, nakar se pospeševalni vpliv ublaži, vendar pa ostane presežek še nadalje zelo velik. V tem primeru sicer ne moremo trditi, da starost sadik ne vpliva na naraščanje kvocienta proizvodnosti transpiracije, vendar pa je njen vpliv očitno blažji kot so posledice polsence.

3.7. Učinek dehidracije sadik, opravljene analogno s točko 2.7., se je v odvisnosti od svetlobnega režima uveljavljal, kot to kažejo podatki v preglednici, nanašajoči se na 3-dnevno "sušo" 9- in 8-letnih jelovih sadik.

Starost in svetlobni

režim	90	9P1	9P5	9P8	80	8P5	8P7
Spec. dehidrac. (%)	40,42	39,55	39,16	40,39	51,61	50,87	48,63
Razlika	9P1-90	9P5-90	9P8-90	8P5-80	8P7-80		
Presežek (%)	-2,2	-3,1	-0,1	-1,4	-5,8		

Polsenca, v kateri so se razvijale jelove sadike, je zmanjšala specifično količino vode, ki je bila izgubljena zaradi dehidracije. Učinek redukcije svetlobe je proporcionalen s trajanjem polsenca, vendar le do 7- oziroma 8-letne redukcije, nakar njegov vpliv naglo in pomembno upada. Primerjava teh ugotovitev s testnim izidom za 5-letne sadike kaže, da obstajajo navedeni odnosi tudi pri mlajših jelčicah, kajti zasenčene sadike spremlja za 18,2% manjša specifična dehidracija kot nezasirte.

Med domačimi proveniencami je 60% iz skupine z močnim vplivom polsenca na ublažitev vodne izgube, vendar pa vodilno mesto z poudarjeno prednostjo pripada vzhodni provenienci 9-Velebit. Najmanjša ublažitev vodne izgube zaradi polsenca spremlja provenienco 16-Goč, druga v zaporedju pa je populacija 4-Boč.

Redukcija svetlobe je vzhodnim proveniencam za 40,6% bolj zmanjšala absolutno dehidrirano vodo kot domačim. Glede vpliva polsenca na specifično dehidracijo - tj. odnosa izgubljene vode do prvotne - je zaporedje provenienc nekoliko spremenjeno. Poudarjeno največja vrednost sicer še vedno pripada provenienci 9-Velebit, toda najmanjša sodi k domačim populacijam, tj. provenienci 6-Snežnik. Vendar pa v tem primeru poprečno zmanjševanje specifične dehidracije za vzhodne provenience presega tistega za domače, in sicer za 28,5%.

Medtem ko vpliv zasenčenja na količino zaradi suše izgubljene vode ne kaže dosledne povezanosti z reliefnimi razmerami in z geografsko lego izhodnega rastišča, pa se vendar uveljavlja odvisnost tega parametra od pedogenetske značilnosti izvirnih tal, pri čemer jelove provenience z apnenca močneje reagirajo na polsenco kot tiste s tal brez apnenca. Razlika je pomembna, saj znaša za specifično dehidracijo 25,7%, za absolutno izgubo vode pa celo 647%. Razlike so signifikantne pri tveganju 8% za $t = 2,06$.

3.8. Absolutni končni deficit vode, nastal zaradi dehidracije (toč. 1.928. in 2.8.) pod vplivom polsenca absolutno upada.

Starost in svetl. rež.	90	9P1	9P5	9P8	80	8P5	8P7	50	5P4
Končni deficit (g)	14,00	12,26	13,94	10,74	5,65	6,91	5,47	2,07	1,33
Spec. deficit (%)	64,82	59,96	65,86	53,56	30,53	32,99	32,31	32,34	23,81

Tudi specifični deficit vode, ki kaže končni primanjkljaj vode v devetletni sadiki, nastal zaradi "suše", v razmerju do celotne suhe biomase, pod vplivom polsenca upada. Ta odvisnost sicer ni dosledno proporcionalna s trajanjem svetlobne redukcije, vendar pa uveljavlja očiten trend, tako da je 8-letna polsenca ublažila absolutni deficit vode za 23,3%, specifični pa za 17,4%.

Testiranje osemletnih jelčic pa je pokazalo drugačne odnose: medtem ko absolutni deficit vode ni sistematično odvisen od trajanja porsence, se specifični končni deficit zaradi reducirane svetlobe povečuje. Razlago za to "nenormalnost" bi mogli iskati v spremenjenih klimatičnih razmerah v letu tega testiranja (1972) (6).

Izid testa petletnih jelčic je potrdil odvisnost, ugotovljeno za 9-letne sadike, tj. zmanjševalni vpliv porsence na specifični deficit vode.

V zaporedju učinkov porsence na absolutni vodni deficit pripada vodilno mesto provenienci 9-Velebit, drugo mesto pa domači populaciji 5-Krim, najblažje pa sta reagirali provenienci 13-Kozara in 17-Maočica. Tudi glede specifičnega deficita sta prvi dve mesti enako zasedeni, prav tako tudi zadnje, medtem ko je predzadnja provenienca 4-Boč.

Regionalna primerjava ne pokaže bistvene razlike za poprečno ublažitev absolutnega deficita vode zaradi porsence med domačimi in vzhodnimi proveniencami. Tudi poprečna razlika med reakcijama specifičnega deficita vode je le majhna.

Med stopnjo zmanjšanja deficita vode in reliefnimi razmerami ali geografsko lego izhodnega rastišča ni dosledne povezave, pač pa je prva odvisna od prisotnosti apnenca v tleh, s katerih izvira provenienca. Vodni deficit tistih jelk, ki so bile prinešene z apnenca, izdatno močnejše reagira na blažilni vpliv porsence kot pri jelkah z brezapnenih tal. Glede reakcije specifičnega deficita vode znaša ta razlika za poprečje 137,9%, glede zmanjšanja absolutnega vodnega deficita pa celo 743%. Razlike so signifikantne pri tveganju 4% za $t = 2,586$.

3.9. Vpliv reducirane svetlobe na resorpcijsko zmožnost 8-letnih jelk je prikazan v preglednici s podatki o količini dnevno resorbirane vode (v g).

Po dehidraciji	1. dan	2. dan	3. dan	4.-6. dan	7. dan
80	8,862	1,954	0,798	0,070	-0,092
8P5	9,417	2,489	0,911	0,089	-0,045
8P7	9,567	2,093	0,433	0,100	0,073

Ustrezna primerjava vrednosti iz razpredelnice omogoča naslednje ugotovitve: Redukcija svetlobe stopnjuje resorpcijo jelovih sadik. Ta pojav se ujema s spoznanjem o upadanju absolutnega deficita vode (točka 3.8.). Ta vpliv je sprva proporcionalen s trajanjem porsence, pozneje pa razlika upada. Tako se sproščene in 7 let zastirane jelke prvi dan razidejo za 7,9%, drugi dan ostane razlika nespremenjena, tretji dan pa se izgubi, pač pa se dosledno uveljavlja med sproščenimi in 5 let zasenčenimi jelkami in znaša prvi dan 6,3%, drugi dan 27,4%, tretji dan pa 14,2%. Četrty dan je v obeh primerih razlika le še neznatna, nato pa resorpcija preneha.

Razvrstitev provenienc glede na stopnjo, s katero njihova resorpcija reagira na redukcijo svetlobe, se v zaporednih dneh zelo spreminja, zato je ni mogoče primerjalno vrednotiti. Celotna resorpcija pa dopolnjuje absolutni vodni deficit do kapacitete sadike za vodo in je kot takšna že posredno obravnavana v točki 3.8.

4. IGLICE KOT NAKAZOVALKE JELKINEGA ODNOSA DO VODE

Po postopku iz 1.941. točke metodike smo raziskali iglice različno starih sadik vseh 20 obravnavanih jelovih provenienc. Zaradi boljše primerljivosti so bile pri tem upoštevane vedno le prejšnjeletne, torej 1 leto stare iglice.

4.1. Ugotovili smo, da število rež s staranjem jelovih sadik upada. Ta odvisnost v različnih razvojnih stadijih precej variira, vključno temu pa je dosledno izražena in razlika med 2-letnimi in 5-letnimi jelčicami znaša poprečno 15,5%, v naslednjih dveh letih pa se zmanjša na 4,5%. Pripadajoče vrednosti so zbrane v preglednici.

Starost	Število rež			Število prog		
	popreč.	interval	variab.	popreč.	interval	variab.
2 leti	165	118-202	50,7	14,4	12-17	37,5
5 let	140	110-162	37,1	14,0	12-15	21,5
7 let	157	137-178	25,8	14,6	13-16	19,8

Trend upadanja števila rež s staranjem kažejo tudi intervali, zlasti njihove odločilne zgornje meje. S staranjem tudi variabilnost števila rež upada, in sicer zelo naglo: med 2. in 5. letom za 26,8%, v naslednjih dveh letih pa za nadaljnjih 30,5%. Staranje torej ne pospešuje obravnavane morfološke diferenciacije jelke, ampak jo zožuje.

Število stomatskih prog sprva s staranjem upada, pozneje pa narašča. Zmanjšanje med 2. in 5. letom znaša 9,7%, povečanje med 5. in 7. pa 12,3%. To je tudi pglavitni vzrok za razmeroma veliko specifično število rež v 7. letu. Vendar pa se tudi variabilnost števila režnih prog s staranjem naglo zmanjšuje, in to vključno poznejšemu povečanju njihovega števila.

Ob upoštevanju teh dognanj in ugotovitev iz točk 2.52. in 2.6., da specifična transpiracijska aktivnost iglic s staranjem jelk upada, da pa pri tem proizvodnost transpiracije (Q_t) narašča, je mogoč sklep, da je spričo redukcije specifičnega števila rež in zmanjšane specifične transpiracijske aktivnosti večja proizvodnost transpiracije le tedaj mogoča, če postaja vloga oddane vode v procesu metabolizma s staranjem sadike učinkovitejša. To pa posredno vodi do spoznanja, da postaja s staranjem jelke voda vse odločilnejši pogoj za njeno rast, v zvezi s tem pa tudi za njeno vitalnost. Ob tem pa so potrjene naše svoječasne ugotovitve (3) in opažanja drugih avtorjev (19), da intenzivnost transpiracije ni proporcionalna s specifičnim številom rež. Dodati pa moramo še novo spoznanje, da tudi produktivnost jelkine transpiracije ni sorazmerna z gostoto stom.

V preglednici je za posamezne provenience prikazano število rež na 1 dolžinskem mm iglice, ki je bilo ugotovljeno kot poprečje 3 meritev.

provenienca	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Specif. števi-	139	170	164	169	169	156	156	145	148	145
lo rež	143	163	156	164	163	159	151	145	136	138

Variabilnost specifičnega števila rež je zelo različna glede na starost obravnavanih jelčic. Za 2-letne je znašala 50,7%, za 5-letne 37,1%, za 7-letne pa le 25,8%. S starostjo je torej upadala. To zoževanje začetne diferencije je mogoče razložiti s postopno adaptacijo provenienc na nove, skupne rastiščne razmere, ki se bolj ali manj razlikujejo od izhodnih. Očitno je torej, da je gostota in razporejenost rež ena od morfoloških značilnosti, ki spremlja ostale razlike primerjanih provenienc. Tudi variabilnost števila stomatskih prog se je s staranjem sadik relativno enako intenzivno zoževala, tj. od 37,5% prek 21,5% do 19,8%. Pojav je torej sistematičen.

V zaporedju vseh meritev je glede števila rež na čelu provenienca 3-Pohorje, pri prvih dveh meritvah pa razen tega še 5-Krim in 6-Snežnik. Poprečno se je najnižje razporedila provenienca 18-Pelister, le nekoliko pred njo je populacija 1-Peca. Skupina domačih provenienc poprečno za 4,1% prekaša vzhodne provenienc. Med številom rež in reliefnimi razmerami ali geografsko dolžino ni dosledne povezave, pač pa je obravnavana morfološka značilnost odvisna od vrste izhodnih tal, ker imajo jelke s tal brez apnenca za 5,7% več rež kot druge.

4.2. Redukcija svetlobe je vplivala na število in razporejenost rež na jelovih iglicah in je na tistih, ki so se razvijale v polsenci, specifično število stom manjše kot na nezastrtih. Ta pojav se ujema s splošnimi tovrstnimi ugotovitvami drugih avtorjev (17), ki pa so senčnim iglicam pripisali tudi skromnejšo transpiracijo ter realno in aparentno fotosintezo (20). Vendar pa so naši poskusi pokazali, da trditve o polsenčni ublažitvi absolutne transpiracije za jelko ne velja (točka 3.5.), prav tako tudi ne glede specifične transpiracije (3.51.). Zato je trditev glede upadanja fotosinteze nekoliko dvomljiva. Pač pa je naše raziskovanje potrdilo navedbo o manjši transpiraciji, vendar le ob upoštevanju specifične transpiracijske aktivnosti (točke 3.52.), tj. glede količine vode, ki jo odda 1 g iglic.

V polsenci je upadlo tudi število režnih prog. Oba vpliva pa sta odvisna od starosti sadik in z njenim stopnjevanjem absolutno in relativno upadata. Medtem ko pri 2-letnih sadikah razlika med številom rež znaša poprečno 10,7% in med številom prog 11,0%, je le-ta pri 7-letnih le še 5,5% in 2,9%. Nekateri avtorji so ugotovili tudi za druge drevesne vrste, da senca zmanjšuje število rež (22, 17).

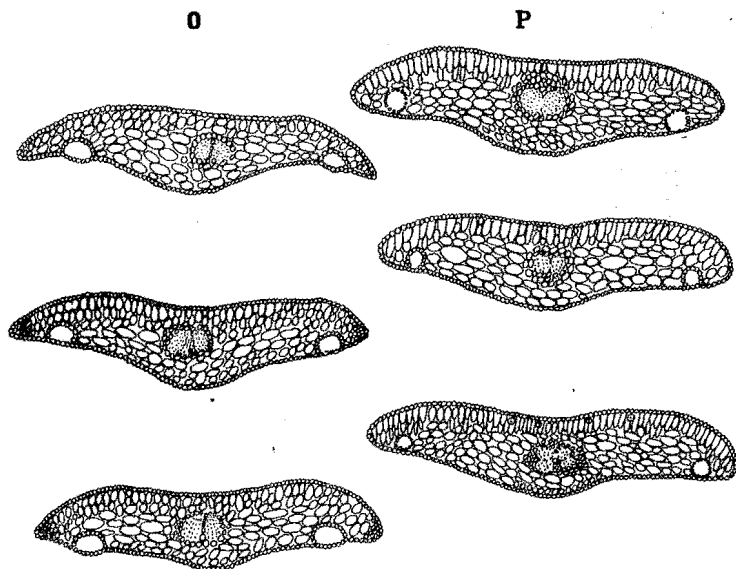
Variabilnost števila rež se je pri mlajših iglicah povečala za 17,8%, pri starejših pa za 25,7%. Polsenca torej pospešuje razhajanje jelk glede specifičnega števila rež, in to tem bolj, čim starejše so sadike. Analogna primerjava glede števila stomatskih prog pokaže, da se pod vplivom polsence tudi variabilnost njihovega števila poveča, in sicer pri mlajših jelčicah za 49,7%, pri starejših pa le za 3%. Analogen pojav, da polsenca širi variabilnost, je bil že ugotovljen za absolutno kapaciteto za vodo (točki 3.4. in 3.4.1.) in smo ga pojasnili z razlago, da redukcija svetlobe pospešuje diferencijo tistih morfološko-fizioloških značilnosti, ki uravnavajo kapaciteto za vodo. To razlago moremo torej še zanesljiveje ustrezno uporabiti za primer razširjanja variabilnosti števila rež zaradi zasenčenja. Odnos, da

manjše vrednosti (zmanjšano število rež in njihovih prog v polsenci) dosledno spremlja širša variabilnost, je nenavaden, zato pa je iz njega speljan sklep še tem trdnejši.

4.3. Mikroskopski pregledi notranje zgradbe jelovih iglic, opravljeni po 1.934. točki metodike, so sicer pokazali na določene razlike med upoštevanimi 9 proveniencami, vendar pa le-te niso bile dosledne pri vseh serijah. Vzrok za to leži verjetno v okolnosti, da sezonski razvoj in starost sadike ter iglice močneje uveljavljata svoj vpliv na zgradbo iglice in v njej upoštevanih značilnosti kot pa pripadnost različnim proveniencam. Pozornost smo namreč posvetili debelini iglic, kakovosti in velikosti palisadnega ter epidermalnega staničja in prevodnih snopičev ter legi smolnih kanalov. Vendar pa smo mogli pri tem priti do izsledkov, ki potrjujejo pravilnost naših svoječasnih ugotovitev glede pomembnih razlik med zgradbo iglic ekotipa 20-Rakitna in normalne" jelke (3).

Primerjava mikroskopiranih prečnih prereзов jelovih iglic, ki so bile 3 leta v polsenci, z nezastrtimi je opozorila na določene dosledne anatomske razlike, ki se uveljavljajo zlasti s tem, da so iglice iz polsence debelejšje (za 6,5%) in širše (za 0,3%), da je dorzalna kontura manj uleknjena, da imajo širšo plast palisadnih celic, ki so hkrati tudi večje, da so pri njih prevodni snopiči bolj poudarjeni, da pa so smolni kanali manjši ter njihova lega ni tako izrazito subkutikularno poudarjena - večkrat celo do konveksnosti ventralne konture - kot je pri nezasečenih iglicah. Vse navedene značilnosti iglic iz polsence so identične s tistimi, glede katerih se

JELOVE IGLICE PROVENIENCE 2



Prečni prerezi iglic z nezastrtih (O) in zasenčenih jelčic (P)

iglice s spodnjega dela krošnje odrasle jelke razlikujejo od drugih z višjih leg na krošnji. Ta skladnost je razumljiva, saj v obravnavanem in primerjanem primeru gre za senco, ki jo zato moremo tem zanesljiveje imeti za odločilnega povzročnika opaženih razlik.

4.4. Za primerjavo, kako vpliva polsenca in njeno trajanje na odpadanje iglic, povzročeno s 3-dnevno dehidracijo, smo (leta 1972) uporabili 8-letne jelove sadike. Test je potekal - kot tudi v drugih primerih - v prirodnih razmerah, toda zaščiteno od padavin in močnejšega vetra. Absolutna količina iglic, odpadlih z nezastrtih jelčic, je bila za 3,3% večja kot s tistih, ki so se bile razvijale 3 leta v polsenici, ter za 24% večja od tistih, ki so 7 let rasle v polsenici. Razlika je torej z daljšim trajanjem polsenice naraščala. Specifična količina pri vseh testnih serijah v teku leta 1972 odpadlih iglic, izražena v odnosu do celotne biomase, je znašala za sadike 80 13,4%, za sadike 8P3 10,7% in za jelčice 8P7 11,4%. Redukcija svetlobe je torej zavirala odpadanje iglic z 8-letnih jelk.

Testiranje 9-letnih sadik pa je pripeljalo do popolnoma drugačnega izida, kajti z jelk, ki so se razvijale v polsenici, je odpadlo v teku leta 1973 več iglic kot z nezastrtih. Eno leto zastrte jelke so namreč izgubile za 9,6% več iglic kot sprosčene, za 4 leta zastirane jelke se je ta razlika povečala na 9,9%, za 8 let zastirane pa celo na 43,3%. Razlika je torej z daljšim trajanjem polsenice naraščala. Tudi primerjava specifične količine odpadlih iglic je pokazala analogno odvisnost. Med sadikami 90, 9P1 in 9P4 sicer ni razlike, ker vrednost v vseh 3 primerih znaša 6%, toda za 8 let zasenčene jelke se je specifična količina odpadlih iglic povečala za 48,3%. Iz primerjave se vidi, da so bile v letu 1973 razlike absolutnih količin odpadlih iglic kot tudi pripadajočih specifičnih vrednosti večje kot v letu 1972.

Navedena eksperimenta sta torej dala antinomne rezultate. Ni mogoče predpostaviti, da bi enoletna starostna razlika testiranih jelk mogla povzročiti tako zelo različno reagiranje sadik na sušo. Tudi testni postopek je bil v obeh primerih enak. Zato ostaja le še možnost, da je bil klimatski ambient, v katerem so potekali eksperimenti, v enem in v drugem letu različen.

Temperatura zraka se je za poprečje testnih dni v enem in v drugem letu občutno razlikovala, pri čemer znaša presežek poprečja v letu 1973 11,9%. Relativna zračna vlaga pa je bila v tem letu za 4,1% manjša. Na zelo različne interdiurne temperaturne amplitude v primerjanih dveh letih sem opozoril že v drugem prispevku (6), s tem da se je vrednost tega nakazovalca v letu 1972 v primerjavi z dolgoletnim poprečjem zelo zmanjšala, v naslednjem letu pa zelo povečala. Skratka: klimatične razmere so bile leta 1972 pri nas razmeroma ugodne za razvoj in obstanek jelke, leta 1973 pa so se izredno poslabšale. Ta razlika se je uveljavila tudi z izboljšanjem jelkine vitalnosti v letu 1972 in z njenim rapidnim izrednim poslabšanjem v naslednjem letu (6).

Povezava teh pojavov z nasprotujočimi si izidi obravnavanega testiranja vodi do spoznanja, da mlade jelke v klimatičnih razmerah, ki jim kolikor toliko ustrezajo in hkrati krepijo vitalnost odraslih jelk, z odpadanjem iglic tem manj reagirajo na sušo, čim dalj časa so se pred tem razvijale v polsenici. Nasprotno pa mlade jelke v klimatičnih razmerah, ki jim ne ustrezajo in hkrati ogrožajo obstanek

odraslih osebkov z odpadanjem iglic tem bolj reagirajo na sušo, čim dalj so se pred tem razvijale v polsenci.

Kot smo videli, so leta 1973 in leto prej jelove sadike uveljavile nasprotujoči si reakciji tudi glede končnega deficita vode po dehidraciji in nato sledeči resorpciji (točke 3.8.). Razen tega, da sta se med obravnavanima letoma absolutni in specifični končni deficit vode izredno skokovito povečala in s tem opozarjata na razliko med razmeroma ugodnimi klimatičnimi razmerami v letu 1972 in zelo poslabšanimi naslednje leto, je še posebno pomembna ugotovitev, da se v letu 1972 specifični končni deficit vode zaradi polsence povečuje, medtem ko sicer praviloma upada.

V situaciji sedanje jelkine krize, ki je nastala in še traja zaradi zelo spremenjenih klimatičnih razmer (3, 4, 5, 6), ki presegajo njeno ekološko amplitudo, je torej spričo poudarjene kontinentalnosti in z njo povezane deficitne vodne bilance, zlasti v zgodnji spomladi (6), izguba iglic, ki spremlja jelkino propadanje (3), tem hujša, čim senčnejša je bila jelkina preteklost, tj. v čim bolj sklenjenem sestoju se je razvijala. Ta pojav je skladen z našim svoječasnim dognanjem, da proces propadanja naše jelke tem intenzivneje napreduje, čim gostejši je pripadajoči sklep krošenj. Te razlike so bile utemeljene s trdno signifikantnostjo (6). V primeru takšne "normalizacije" klime, ki bi ustrezala ekološki valenci jelke, bi bila ob suši - skladno z izidom našega testiranja - huje "prizadeta" jelka, ki ji je razvoj potekal v redkejšem sklepu.

Tudi dinamika in trajanje osipanja iglic zaradi suše sta bili v obravnavanih dveh letih različni. V obeh primerih je bil najintenzivnejši osip drugi dan po prenehanju suše oziroma po začetku resorpcije. Tedaj so jelke leta 1972 odvrgle 41,5% vseh izgubljenih iglic, leta 1973 pa 43,3%. Odpadanje iglic je bilo leta 1973 skoncentrirano na 5 dni, nakar je popolnoma prenehalo, leto pozneje pa je potekal proces blažje in se je zavlekel na 6, izjemoma tudi na 7 dni.

5. SKLEPNI PREUDAREK

V okviru obravnavanja naše naloge, ki jo je zastavilo množično hiranje in propadanje naše jelke, smo mogli spoznati nekatere njene splošne zlasti pa še "vodnogospodarske" fiziološke značilnosti in njihovo odvisnost od razvojnega stadija ter ekoloških razmer.

Rastnost, ki velja za enega poglavitnih nakazovalcev biološke moči, je bila izhodišče našega testiranja. Spoznali smo, da teža suhe biomase, izražena s poprečji za provenience, zelo variira, neprimerno bolj kot srednje višine populacij. Pripadajoča variabilnost se s staranjem in razvojem jelčic dosledno stopnjuje in s tem kaže, da diferenciacija rastnosti naglo napreduje, čeprav so sadike rasle v tolikšnjem razmiku vsaksebi, da še ni nastala konkurenca za prostor niti v zraku niti v tleh.

Pojav stopnjevanja variabilnosti srednjih provenienčnih vrednosti suhe biomase s povečanjem razdalje izhodnih rastišč opozarja na možnost nastajanje krajevno pogojenih jelovih ras.

Asimilacijska gmota jelčic s starostjo ne le absolutno, ampak tudi relativno narašča, ker se njena suha teža hitreje povečuje kot teža ostale biomase. Produktivnost jelovih iglic prvih osem let narašča, nakar se ustali.

Letni prirastek lesne snovi se s staranjem ne stopnjuje le absolutno, ampak v raziskanih primerih tudi relativno do 6. leta. Ascendenca prirastka ne poteka enakomerno, ampak je podvržena nihanjem, ki se ujemajo s klimatičnimi fluktuacijami, s katerimi sovпада tudi depresija vitalnosti odraslih jelk.

Specifična kapaciteta za vodo s staranjem jelčic do 5. leta naglo narašča, pozneje pa blago upada. Pripadajoča variabilnost se s starostjo širi ter s tem opozarja, da proces diferenciacije med jelovimi proveniencami napreduje tudi glede tega nakazovalca, ki je za vodno bilanco zelo pomemben.

Absolutna kapaciteta asimilacijske gmote za vodo sicer s starostjo narašča, vendar blaže kot za ostale dele jelčic. Toda specifična kapaciteta iglic za vodo s staranjem dosledno upada, vendar pa po 5. letu blaže kot v drugih delih sadike.

Starnostno stopnjevanje absolutne transpiracije, ki je razumljivo, spremlja tudi naglo naraščanje pripadajoče variabilnosti. Ta pojav priča, da je tudi ta pomembni dejavnik na področju jelkega gospodarjenja z vodo podvržen postopni diferenciaciji jelovih provenienc, ki vsekakor prispeva k oblikovanju geografsko pogojenih ras.

Relativna transpiracija v zaporednih razvojnih stadijih upada, sprva naglo, pozneje blago, vključ temu pa se njena variabilnost širi. Imamo torej zopet opraviti s simptomom, ki opozarja, da tudi ta, za vodno bilanco pomemben nakazovalec vodi mlado jelko z njenim odraščanjem k oblikovanju razlikujočih se krajevno pogojenih jelovih biotipov.

Transpiracijska produktivnost se s starostjo stopnjuje. Ob njej pa pripadajoči koeficient variabilnosti narašča, in sicer absolutno kot tudi relativno neprimerno hitreje od srednje vrednosti. Ponovno ugotavljamo, da pomembna, dedno pogojena, hkrati pa ekološko usmerjana fiziološka značilnost s svojo trdno težnjo prispeva k divergenčnemu razvoju jelovih provenienc v smeri nastajanja geografskih ras.

Učinek dehidracije se s staranjem sadik stopnjuje, vendar pa je količina s sušo sadiki odvzete vode v odnosu do začetne vode pri tem upadla. Zato je upravičena domneva, da je fiziološka prizadetost, povzročena s sušo, tem blažja, čim starejše so jelke.

S količinsko primerjavo vode, odvzete z dehidracijo, in končnega deficita vode, ki je nastal kljub resorbciji po prekinitvi suše, pridemo do spoznanja, da daljša suša tako zelo prizadene jelove sadike, da jim oslabi možnost uveljavljanja individualno ali pa dedno pogojenega resorpcijskega potenciala. Z nadaljno analizo parametrov, ugotovljenih s testiranjem pa se je pokazalo, da z dalj trajajočo sušo prekoračena reakcijska norma jelovih sadik ni toliko individualno kot ekotipsko pogojena, torej bolj posledica dednih razlik kot pa pojava variabilnosti.

Resorpcijski potencial po prestani suši se s starostjo jelk časovno skrajšuje, hkrati pa količinsko narašča. Relativna normalizacija vodne bilance, ki je ogrožena

s sušo, je torej tem ugodnejša, čim starejša je jelka. Restitucija dehidrirane vode ni tako zelo odvisna od trajanja suše kot od količine s sušo odvzete vode.

Morfološke razlike glede velikosti in zgradbe iglic niso dovolj dosledne, da bi jih mogli imeti za zanesljive spremljevalke desjunkcije obravnavanih jelovih provenienc, kajti vpliv sezonskega razvoja in starosti prekriva morebitno provenienčno pogojeno tovrstno diferenciacijo.

Glede na to, kako so raziskovane jelove provenience z določenimi fiziološkimi značilnostmi reagirale na daljše ali krajše zastiranje, je mogoč preudarek glede stopnje prilagodljivosti njihove ekološke valence na redukcijo svetlobe, medtem ko drugovrstne spremembe okolja, povzročene z zastorom, tokrat niso bile upoštevane.

Polsenca pospešuje tvorbo jelkine biomase. Učinek se s trajanjem zastrtosti stopnjuje, vendar pa ne dosledno proporcionalno in le do določene starosti, nakar redukcija svetlobe deluje zaviralno. Variabilnost teže biomase se s trajanjem polsenice zožuje. Ta pojav je pomemben, ker nakazuje uveljavljanje juvenilnih značilnosti.

Ne glede na starost jelčic se s trajanjem svetlobne redukcije stopnjuje ne le absolutni ampak tudi relativni delež asimilacijske gmote v teži celotne biomase.

Razmerje med prirastkom jelčic in med težo iglic, ki kaže stopnjo njihove produktivnosti, pod vplivom polsenice narašča, čeprav časovno omejeno in deloma neproporcionalno, hkrati pa neodvisno od starosti jelk.

Kapaciteta jelčic za vodo se v polsenici povečuje, vendar pa je proporcionalnost s trajanjem zasenčenja časovno omejena. Ta pojav se uveljavlja absolutno kot tudi relativno, čeprav v drugem primeru blaže. Starost sadik pri tem ni toliko pomembna, kot je odločilno trajanje polsenice, ki sicer ni dosledno korelirano z učinkom, vendar se izrazito kaže v njegovem poprečnem trendu. Redukcija svetlobe dosledno povečuje variabilnost absolutne in relativne kapacitete za vodo; pri tem podaljšano trajanje polsenice proporcionalno širi amplitudo variabilnosti. Zastrtost torej pri jelki pospešuje diferenciacijo tistih, morfološko pogojenih fizioloških značilnosti jelke, ki uravnavajo absolutno kot tudi relativno kapaciteto za vodo.

Tudi asimilacijska gmota glede kapacitete za vodo podobno reagira na polsenico kot cela jelčica, čeprav nekoliko blaže. Nekateri avtorji so tudi za druge drevesne vrste dognali, da senca v listih oziroma v iglicah povečuje količino vode (15). Polsenca torej usmerja jelkine iglice k higromorfnosti. V zvezi z našo svoječasno ugotovitvijo, da ob sedanji jelkini življenjski krizi večja kapaciteta iglic za vodo spremlja hujše pešanje vitalnosti (4), moremo prej omenjeno potencialno higromorfno-ost iglic ovrednotiti kot pojav, ki zlasti v sedanji življenjski stiski slabi vitalnostni potencial jelke. To našo razlago potrjuje Malkinina ugotovitev, da se zastrte rastline usposablajo za ožji interval kot nezastrte (9).

Tudi transpiracijska aktivnost jelčic se pod vplivom polsenice povečuje, in sicer tako absolutna kot tudi relativna. Inducirani pospeševalni vpliv s trajanjem zastr-

tosti pojema, glede absolutnega učinka izdatno, glede relativnega pa le blago. Analogno reakcijo uveljavlja tudi kvocient transpiracije. Konfrontacija pojava, da specifična transpiracija jelčic s staranjem upada, z ugotovitvijo, da s trajanjem polsence narašča, pripelje do razlage, da polsenca povzroča takšno modifikacijo jelčic, ki jih glede transpiracije vrača v juvenilni stadij. Nadaljnji pojav, da s stopnjevanjem trajanja polsence koeficient variabilnosti transpiracije kaže trend upadanja, torej s podaljšano redukcijo svetlobe zožuje diferenciacijo, potrjuje našo razlago, da gre pri tem za takšen prilagoditveni proces, ki ga spremljajo znaki juvenilnega razvojnega stadija.

Količina zaradi suše izgubljene vode se pod vplivom svetlobne redukcije absolutno povečuje, vendar ne tako intenzivno, da bi se pri tem stopnjeval še njen relativni delež. Presežki izgubljene vode so sicer proporcionalni s trajanjem polsence, vendar le do določene meje, nakar upadajo. S staranjem ječic se ta vpliv nesistematično spreminja. Ker gre v tem primeru za značilnost, ki je zelo pomembna za režim jelkega gospodarjenja z vodo, in soodločilna pri razvoju in krizi te drevne vrste ob recentno poudarjeni kontinentalizaciji klime, moremo zasenčenje jelke imeti za ekološki dejavnik, ki v takšnih razmerah njeno biološko moč pomembno slabi.

Resorbcija vode po prekinutvi suše in od nje odvisni končni deficit vode v jelčicah reagirata na polsenco v odvisnosti od klimatičnih razmer zelo različno. V primeru takšnih vremenskih razmer, ki se kolikor toliko ujemajo z ekološko amplitudo jelke, se resorbcija povečuje, deficit pa upada. Toda ob klimatični situaciji, kot je sedanja, ki je z določenimi značilnostmi v odločilnem neskladju z biološkimi zahtevami jelke, pa redukcija svetlobe slabi resorpcijsko aktivnost jelke in povečuje njen končni deficit vode. V vremenskih razmerah, ki v zadnjem dvajsetletju vkljub vmesnim ublažitvenim izjemam v poprečju odločilno presegajo fiziološki potencial naše jelke, zastrtost torej potencira mnoge od tistih jelkinih fizioloških značilnosti, ki so odločilne za uravnovešenost vodne bilance in s tem usodno slabijo njeno vitalnost.

Določene morfološke, zlasti pa anatomske značilnosti jelovih iglic se pod vplivom polsence dosledno spreminjajo. Poleg tega, da se jim povečajo njihova dolžina in širina ter konturna karakteristika, uveljavljajo ob reducirani svetlobi nekatere anatomske značilnosti, tipične za higromorfnost, kakršno srečujemo tudi pri iglicah spodnjega dela odraslih jelk. Glede velikosti iglic iz polsence smo prišli do drugačnih izsledkov kot Blutel, ki trdi, da so jelove iglice, ki so se razvile na svetlobi, večje (1).

Odpadanje iglic kot posledica suše je odvisno od stopnje svetlobe, ob kateri so se dotlej razvijale sadike, in od klimatičnih razmer v dotičnem letu. V primeru, kadar slednje kolikor toliko ustrezajo jelkinim ekološkim zahtevam, je reakcija zastrtih jelk blažja kot sproščenih. V primeru, ko so klimatske zahteve in razmere neusklajene, pa izguba iglic huje prizadene jelke, ki so rasle zastrte. V sedANJI, za jelko neprimerni klimatični situaciji, je torej osipanje iglic, ki spremlja recentno propadanje jelke, intenzivnejše, kadar gre za zastrte jelke, torej za takšne iz gosteje sklenjenega sestoja, medtem ko je ta nezaželeni reakcija pri jelkah, ki se niso morale modificirati na senco, pomembno blažja. To spoznanje omogoča razlago svoječasno ugotovljenega pojava (6), da gost sestojni sklep zaostruje prizadetost

jelkine vitalnosti, ne pa redek, kot bi po površni presoji pričakovali in kot to nekateri celo trdijo.

Obravnavane jelove provenienc se med seboj bolj ali manj razlikujejo po preizkušeni fizioloških značilnostih. Nekatere med njimi se odlikujejo z dobro rastnostjo, vendar večina od njih neracionalno reagira na klimatične zaostritve, druge med njimi ne zadovoljujejo glede vodne bilance, nekaterim pa jo redukcija svetlobe zelo slabi. Določene provenienc sicer spremljajo zaželeni nakazovalci ekonomičnega gošpodarjenja z vodo, vendar pa glede drugih tovrstnih značilnosti zelo zaostajajo ali pa uveljavljajo zelo pičel prirastek, druge pa glede reakcije na polsenco kažejo ozko ekološko amplitudo. Skratka: rezultati testiranja upoštevanih provenienc so potrdili znan pojav v naravi, da so prednostim v določeno smer praviloma pridružene pomanjkljivosti glede drugih značilnosti. Zato mora biti sintetična primerjalna presoja kakovostne in količinske fiziološke valence oprta na relativno vrednotenje upoštevanih značilnosti. Za ta namen smo se odločili za uporabo zaporedja, ki kaže relativno razvrstitev vrednosti, ugotovljenih za vsako od testiranih značilnosti. Ti podatki so zbrani v razpredelnicah Zaporedje provenienc in Vpliv reducirane svetlobe.

S primerjavo relativnega položaja določene provenienc glede na neko fiziološko značilnost je mogoče okarakterizirati njene prednosti in pomanjkljivosti in nato v sintezi presoditi stopnjo njene uporabnosti, ki pa ima le relativno veljavo, ker so za končno oceno pretežno odločilne tiste značilnosti, ki zadovoljujejo kritični minimalni ekološki dejavnik. Ker naši izsledki slonijo na zgodnjih testih, more biti ta presoja le prognostična. Čeprav so naša dognanja plod večletnega testiranja jelovih sadik, starih od 2 do 9 let, si vendar ne usojamo iz teh izsledkov graditi končnih sklepov, kot je to pogumno tvegati npr. Marcet, ki so mu izidi testiranja 2-letnih jelčic že zadoščali, da se je odločil za trditev, da more jelova rasa iz Wallisa v primerjavi z drugimi rasami pri neugodnih razmerah ohraniti v sebi več vode, da po suši bolje reagira in da se njene iglice v suši pozneje posušijo, ter ji je na podlagi tega priznal trdnejšo odpornost proti suši in jo je celo opredelil v skupino "subkontinentalnih sušnih jelk" (10).

Do trdnejših dognanj bo mogoče priti šele na podlagi ugotovitev, izhajajočih iz spremljanja testnih nasadov, ki smo jih za ta namen osnovali na različnih rastiščih, na takšnem, ki po splošnih merilih jelki dobro ustreza, na takšnem, kjer bi se glede na klimatične in talne razmere jelka mogla še komaj održati, in na rastišču z razmerami vmesnega značaja. Zato so bili v jeseni leta 1972 osnovani z 8-letnimi sadikami vseh 20 obravnavanih provenienc naslednji testni nasadi jelke:

- na Malih Ruvah pod Strmcem pri Borovnici s 1280 sadikami,
- na Preski pod Rakitno ob Krimu s 1158 sadikami in
- v bivši drevesnici pod Rožnikom s 350 sadikami.

S spremljanjem razvoja jelovih provenienc v teh nasadih in z ustreznim vrednotenjem ugotovitev bo mogoče postopno ustvariti vse zanesljivejšo sodbo o značilnostih raziskovanih jelovih provenienc v različnih ekoloških razmerah, a v zvezi s težko življenjsko preizkušnjo jelke na večini njenih območij v Sloveniji.

Zaporedje provenienc

	Značilnost	Sta- sost	Provenienca																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2.1.	Višina sadike	8 let	2	7	15	17	16	13	14	18	12	19	20	11	5	4	3	8	10	6	9	1
2.11.	Teža suhe biomase	8 let	3	4	12	16	20	8	15	17	11	18	19	5	14	10	2	7	6	13	9	1
2.12.	Teža suhe biomase	5 let		3		4	8	6		10	9		7			2		1	5			
2.13.	Teža suhe biomase	4 leta		2		5		9		6	8		7			1		4	3			
2.2.	Teža suhih iglic	2/9 l.		2		6		7		8	4		9			1		5	3			
2.21.	Proizvodnost iglic	8 let	6	4	2	18	1	10	19	15	8	13	11	14	16	12	9	17	3	20	5	7
2.3.	Prirastek																					
	Depresija 1967	2/3 l.		7		8		5		3	4		1			6		2	9			
	Povečanje 1968	3/4 l.		7		6		9		5	8		3			2		4	1			
2.41.	Spec. kapaciteta sadik za vodo	8 let	1	9	14	7	8	5	15	13	12	3	19	17	10	6	16	18	11	2	4	20
2.42.	Spec. kapaciteta iglic za vodo	8 let	1	13	15	6	11	14	7	12	16	3	19	18	5	8	10	20	9	2	4	17
2.5.	Abs. transpiracija	4 leta		4		6		9		5	7		8			1		2	3			
2.51.	Spec. transpiracija	4 leta		5		7		2		4	6		8			9		3	1			
2.52.	Transpiracijska ak- tivnost iglic	4 leta		6		4		1		8	5		3			9		7	2			
2.7.	Dehidrirana voda	5 let		4		3	9	6		10	8		7			1		2	5			
2.8.	Abs. deficit vode	5 let		4		5	10	6		9	8		7			1		2	3			
2.9.	Resorbcija	5 let		5		2	1	4		3	9		7			10		8	6			

Vpliv reducirane svetlobe

	Reakcija na polsenco	Sta- rost	Provenienca									
			2	4	5	6	8	9	11	16	17	
3.15.	Povečanje teže biomase	5 let	8	7	2	3	6	1	5	-	4	
3.4.	Povečanje abs. kapac. za vodo	5 let	4	7	6	8	3	1	5	9	2	
3.44.	Poveč. specif. kapac. za vodo	5 let	3	4	8	7	1	9	2	6	5	
3.7.	Poveč. dehidr. vode	5 let	4	2	8	6	7	9	3	1	5	
3.7.	Poveč. specif. dehidr. vode	5 let	5	3	4	1	8	9	7	6	2	
3.8.	Zmanjšanje abs. def. vode	5 let	4	3	8	6	7	9	5	1	2	
3.8.	Zmanjšanje specif. deficita vode	5 let	4	2	8	5	7	9	6	3	1	

Naše raziskovanje je ob primerjavi izsledkov, ki se nanašajo na domače (z območja Slovenije) jelove provenience in na jelove populacije, izvirajoče iz vzhodnejših predelov, pokazalo, da obstajajo določene večje ali manjše razlike med poprečnimi vrednostmi za ti dve skupini, hkrati pa je opozorilo na določene odvisnosti od njihove izhodne geografske lege.

Teža semena, tudi ob upoštevanju rektificirane vrednosti, je za domače provenience večja kot za vzhodne. Tudi njegova kaljivost je bila boljša in posevki odpornejši. Glede rastnosti domače provenience prekašajo vzhodne. Razlike se kažejo ob upoštevanju doseženih višin, še zlasti pa so velike glede na težo proizvedene biomase. Ta prednost domačih provenienc se s starostjo dosledno stopnjuje. Pri presoji tega pojava je na vsak način potrebno upoštevati okolnost, da so se vzhodne provenience razvijale na rastišču, ki je neprimerno bolj oddaljeno od njihovega izvirnega nahajališča kot domače in da se je moral zato pri njih izraziteje uveljaviti znan pojav, izražen s pravilom avtohtonosti, da prenašanje gozdnih drevesnih vrst na večje razdalje praviloma zavira njihov razvoj, ker jih sili k adaptaciji v spremenjenih ekoloških razmerah, ki praviloma spremljajo spremembo geografske lege. Upravičenost takšne razlage je potrjena s spomladansko pozebo leta 1967, ki je prizadela le tuje provenience, medtem ko je vsem domačim prizanesla.

K prirastnemu razhajanju domačih in vzhodnih provenienc obilno prispeva teža asimilacijske gnote, ker so razlike, ki jih leta uveljavlja v testnem obdobju, v poprečju dvakrat večje, kot so razlike med težo ostalih delov sadike.

Produktivnost iglic na tujih proveniencah sicer sprava v poprečju prekaša tisto, ki jo uveljavljajo domače jelove populacije, vendar pa slednje že v drugem letu prevzamejo vodstvo in ga s starostjo dosledno stopnjujejo.

Na prirastna nihanja, ki so posledica spremenjenih klimatičnih razmer, reagirajo domače jelove provenience drugače kot vzhodne. Za jelko neugodne klimatične zaostritve poprečno manj prizadenejo domače provenience kot vzhodne, na "normalizacijo" klime pa prve izdatneje reagirajo s povečanim prirastkom kot druge. Odvisnost je tako trdna, da je celo proporcionalna z geografsko dolžino izhodnih provenienčnih rastišč. Korelacija se uveljavlja tako, da restitucija prirastka zanesljivo upada s stopnjevanjem geografske dolžine prvotnega nahajališča provenience.

Poprečna absolutna kapaciteta za vodo je pri domačih proveniencah večja kot pri vzhodnih. Ta odvisnost pa ni le zelo trdno pogojena, ampak se uveljavlja celo klinarno, kajti mogoče jo je izraziti z linearno enačbo, ki kaže, da je kapaciteta za vodo dosledno pogojena z geografsko dolžino izhodnega rastišča in z naraščanjem slednje upada. Ta pogojenost je izražena že pri mladih jelčicah, z njihovim odrasčanjem pa postaja vse trdnejša. Ta pojav je zelo pomemben, ker kaže obstoj rasnih razlik jelke v odvisnosti od geografske lege. Za sedaj še ni mogoče zanesljivo presoditi, ali je ta klinalna pogojenost posledica razvojne divergence, izhajajoče iz dejavnikov, ki omogočajo rasno diferenciacijo, ali pa je posledica neenakih poledenodobnih naselitvenih poti (11, 13, 18). Prav tako pomembno pa je v našem primeru še spoznanje, da so domače provenience higrofitnejše od vzhodnih in zato slabše usposobljene za kljubovanje periodičnemu vodnemu deficitu, ki spremlja sedanje klimatične nenormalnosti.

Tudi glede absolutne količine s transpiracijo oddane vode se kažejo dosledne razlike med primerjanima skupinama jelkinih provenienc. Tiste z vzhoda v poprečju blaže transpirirajo od domačih in tudi v tem primeru uveljavljajo svoj kserofitnejši značaj, zato morejo lažje utrpeti periodično pomanjkanje vode v tleh in v ozračju.

Ugotovljeni pojav, da domače provenience v teku vseh razvojnih stadijev glede na proizvodnost transpiracije v poprečju prekašajo vzhodne, je razumljiv ob upoštevanju okolnosti, da prve glede prirastka izdatneje presegajo druge kot glede absolutne transpiracije.

Končni deficit vode, tj. stanje vodne bilance po suši in njej sledeči resorbciji, je sprva za obe primerjani skupini jelovih provenienc skoraj enak, toda s staranjem se vse očitneje izraža razlika v korist vzhodnim proveniencam. Ta poprečna vodnogospodarska prednost vzhodnih populacij pred domačimi je izrazitejša po krajših kot po daljših sušah. Pomanjkanje vode v tleh pri domačih jelkah huje ogroža vodni režim kot pri vzhodnih. To odvisnost potrjuje pojav, da relativna resorbcijska zmožnost s stopnjevanjem geografske dolžine narašča in s tem še očitneje kaže prednost, ki na področju gospodarjenja z vodo pripada vzhodnim proveniencam.

Redukcija svetlobe je pri domačih jelovih proveniencah v poprečju izdatneje povečala proizvodnost kot pri vzhodnih, čeprav so nekatere populacije z območja Slovenije reagirale na polsenco z zmanjšanjem prirastka. Zato je potrebno spoznanje o poprečno poudarjeni ombrofilnosti domačih provenienc sprejeti s pridržkom, da teritorialno posplošenje v tem primeru ne more nuditi zanesljivejšie orientacije za presojo, kajti z ozemlja Slovenije izvirajo celo takšne provenience, ki so svojo modifikacijo na omejeno svetlobo uveljavile celo z zmanjšano produkcijo biomase.

Povečanje kapacitete za vodo pod vplivom plosence je pri vzhodnih proveniencah poprečno izrazitejše kot pri domačih. Ta pojav govori v prilog naši prejšnji ugotovitvi, da so vzhodne jelke poprečno heliofilnejše od domačih in zato občutneje reagirajo na pomanjkanje svetlobe kot domače, ker so le-te ombrofilnejše.

Zmanjševalni vpliv redukcije svetlobe na absolutno in na relativno količino vode, ki jo jelke zaradi suše izgubijo, v poprečju pri vzhodnih jelkah prekaša tisto pri domačih populacijah. Zopet se torej srečujemo s prednostno reakcijo vzhodnih provenienc na spremenjene ekološke razmere.

Primerjava nekaterih morfoloških značilnosti jelovih iglic tudi nakazuje določene razlike med primerjanima geografskima skupinama provenienc. Poprečno imajo domače provenience več rež na dolžinsko enoto iglic kot vzhodne. Glede na ta pojav bi torej mogli sklepati, da je s tem prvo omenjeni skupini potencialno pogojena tudi večja transpiracijska aktivnost, kot smo jo ugotovili. Vendar pa bi bila takšna razlaga tvegana. Vsekakor pa smemo trditi, da so domače provenience ne le ombrofilnejše, ampak s svojo mezofilno zgradbo iglic opozarjajo tudi na večjo higrofitnost. Podobne razlike navaja tudi Mayer (12), ki švicarskim jelkam na zahodu pripisuje bolj poudarjeno sencoljubnost kot vzhodnim.

Navedene primerjalne ugotovitve utemeljujejo sklep, da se vzhodne jelove provenience odlikujejo z boljšimi poprečnimi vrednostmi za pomembne vodnogospodarske značilnosti. Tudi nekateri drugi avtorji stojijo na stališču, da južne in vzhodne provenience bolje prenašajo sušo od alpskih (10, 13, 21). Zato moremo med našimi vzhodnimi jelkami z veliko upanja iskati provenience s široko ekološko amplitudo, torej z lastnostjo, ki je na splošno zaželen, v primeru recentne jelkine krize pa obeta uspešen izhod iz sedanje težke situacije.

Menim, da je z novjšimi dognanji vpliv klime na sušenje jelke dovolj dokazan in da le na splošni vtis in občutek oprte trditve nekaterih avtorjev, češ da je ta pojav posledica nepravilnega gozdnogojitvenega ravnanja z jelovimi sestoji, ne vzdržijo. V nasprotje s samim seboj prihaja tudi avtor, ki po eni strani izključuje možnost, da bi na sušenje jelke vplivali klimatični vzroki, po drugi strani pa hkrati priporoča rešitev v kompleksnem raziskovanju jelovih biotopov glede na odpornost pri suši in na druge lastnosti, ki so odločilne za njihov vodni režim (13).

Pri vrednotenju razlik, ki so bile ugotovljene za pomembne fiziološke lastnosti obravnavanih jelovih provenienc glede na nekatere ekološke značilnosti njihovih izhodnih rastišč, ni bilo mogoče odkriti dosledne povezave med izsledki testiranja in med nadmorsko višino, ekspozicijo in inklinacijo izvirnih rastišč, pač pa se je v več primerih pokazala odvisnost od pedogenih okoliščin, tj. od prisotnosti apnenca v tleh.

Jelove provenience, prinesene s tal z apnencem, se odlikujejo z velikim prirastkom in zato tudi z večjo biomaso. Dve- in triletni sadiki sicer še ne uveljavljajo dosledno te prednosti, toda v četrtem letu je že signifikantna. S staranjem sadik postaja ta odvisnost vse trdnejša in zanesljivejša. Povezava večje ravnosti s pri-

sotnostjo apnenca v izhodnem rastišču se še posebno močno izraža na asimilacijski gmoti, zato je razumljivo, da tak odnos vpliva zmanjševalno na specifično produktivnost iglic, čeprav ne signifikantno.

Produktivno prednost provenienc z apnenca pa spremlja slaba stran, tj. globlja prirastna depresija ob prehodnih klimatičnih fluktuacijah, ki so zaostreno neuskla-jene z biološkimi zahtevami jelke.

Pojav povečane transpiracijske aktivnosti, ki je značilen za jelove provenienc z apnenca, moremo sicer imeti za pomanjkljivost, vendar pa dognanje, da pri tem njihova proizvodnost transpiracije občutno presega tisto, ki jo poprečno uveljavlja-jo jelke z brezapnenih tal, vkljub temu uvršča prve med superiorne nad drugimi, ki jih obremenjuje večja neproduktivna transpiracija. Te razlike se sicer do 4. leta še ne izražajo, zato pa se pozneje vse trdneje uveljavljajo.

Navedene prednosti "apnenčastih" jelovih provenienc vendarle spremlja pomembna pomanjkljivost na področju gospodarjenja z vodo, ki se kaže s tem, da suša tej skupini jelk povzroča večji končni deficit vode kot jelkam s tal brez apnenca. Vendar pa razlika ni posledica slabše resorpcije, ampak večje izgube vode zara-di dehidracije. Vendar pa se v polsenci ti odnosi spremenijo, tako da prizadene jelke z apnenca manjša izguba vode zaradi suše in tudi končni vodni deficit je blaž-ji kot pri populacijah z neapnenih tal. Torej se pomanjkljivost, ki se kaže za sproščene jelke, v polsenci sprevrže v njihovo prednost. V zvezi s tem pojavom bi mogli "apnenčastim" jelkam prisoditi ombrofilnejši značaj kot drugim.

Redukcija svetlobe tudi glede nekaterih drugih značilnosti precej drugače vpliva na apnenčaste provenienc kot na druge. Medtem ko se v polsenci drugim jelkam kapaciteta za vodo občutno povečuje, je ta pojav pri jelkah z apnenca veliko blaži, pri nekaterih njihovih proveniencah pa se uveljavlja celo z zmanjšanjem tega naka-zovalca. Ta ugotovitev pa ne velja za specifično kapaciteto za vodo.

Med posebnosti, ki so značilne za jelove provenienc z apnenca, sodi tudi pojav, da se glede večine testiranih karakteristik odlikujejo s širšo variabilnostjo. Ta razlika se v režimu polsence še stopnjuje in s tem poudarja razhajanje morfološ-ko-prirastnih značilnosti jelovih provenienc z apnenca. Ta večja polimorfnost jelk z apnenca, ki se izraža v okviru posamezne provenienc, oznanja boljšo potenci-alno prilagodljivost za spremenjene razmere ambienta. Poudarjena divergenca sred-njih vrednosti za primerjane apnenčaste jelove populacije pa kaže, da je verjetnost razhajanje v krajevno pogojene geografske rase med njimi večja kot med jelovimi populacijami z neapnenčastih tal.

Končno imajo iglice na jelkah z apnenca v poprečju manj rež kot druge. Tudi ta pojav govori v prilog naši opredelitvi jelovih provenienc z apnenca za ombrofilnej-še od drugih.

Jelove provenienc, ki izhajajo s tal z apnencem, se torej odlikujejo pred drugi-mi ne le s prirastnimi in vodnogospodarskimi prednostmi, ampak uveljavljajo še druge svojstvene razlikovalne značilnosti, ki jih zanesljivo opredeljujejo in jim določajo visoko kakovostno raven.

Opravljen alternacijska primerjava je opredelila odločujočo vlogo apnenca v tleh, s katerih izvirajo jelove provenience, in to glede pomembnih fizioloških značilnosti in reakcij, med njimi tudi takšnih, ki neposredno ali posredno uravnavajo vodno bilanco ter s tem odločajo o razvoju in obstanku jelke, zlasti v sedanji situaciji njene življenjske krize.

Vergleichstest von 20 Tannenprovenienzen aus dem Gebiete Jugoslawiens hinsichtlich einiger physiologischer Charakteristiken in Verbindung mit dem Tannensterben

Zusammenfassung

Das Studium des Massensterbens der Tanne im nordwestlichen Teil Jugoslawiens führte zur Erkenntnis, dass diese Erscheinung von Wasserbilanzabnormitäten begleitet wird. Deshalb wurde im Jahre 1964 mit Forschungen begonnen, durch welche einige allgemeine physiologische Eigenschaften dieser Baumart besser beleuchtet, dazu aber auch ihre Wasserversorgung und ihr Wasserverbrauch sowie die Reaktion auf Dürre geklärt werden sollten. Zugleich wurde auch der Einfluss der Beschattung auf diese Eigenschaften überprüft.

Die experimentelle Forschung stützte sich auf komplexes Testieren der Tannenpflanzen im Laufe ihrer 9-jährigen Entwicklung, und zwar in Form eines Vergleiches von 20 verschiedenen Tannenprovenienzen aus dem Gebiete Jugoslawiens. Diese Provenienzen wurden in den bedeutenderen Tannenarealen aufgesucht, wobei das Intervall der Ausgangsfundorte von 14°24' bis 21°08' östlicher Länge und von 41°03' bis 46°30' nördlicher Breite reichte. Der Test wurde mit 95 Serien durchgeführt, war grösstenteils gleichmässig während der Vegetationsperioden verteilt und umfasste 6650 2 - 9 Jahre alte Tannenpflanzen.

Zum Zwecke der Testierung wurde die gravimetrische Methode angewendet, womit Feststellungen des Trockengewichtes der Biomasse, und des Nadelgewichtes, ihres gegenseitigen Verhältnisses, des jährlichen Zuwachses, der Nadelproduktivität, der Wasserkapazität, der Transpiration, der wegen verschieden langer Dürre verlorenen Wassermenge, des Verlaufes der Wasseraufnahme und finalen Wasserdefizites nach der vorangegangenen Dürre und der ihr folgenden Wasseraufnahme ermöglicht wurden. Gleichzeitig wurde vergleichsmässig die Reaktion dieser Charakteristiken auf Beschattung festgestellt, welcher die Pflanzen 1 - 8 Jahre lang ausgesetzt waren.

Festgestellt wurden absolute und relative Werte der erwähnten physiologischen Charakteristiken, ihr gegenseitiges Verhältnis und die Abhängigkeit von der geographischen Lage, der Relief- und Bodeneigenschaften der Provenienzstandorte.

Für die Mehrzahl der betrachteten Charakteristiken wurden bedeutsame Unterschiede festgestellt, deren Mittelwerte in der Regel für die behandelten Provenienzen grösser waren als die Variabilität innerhalb des Kollektivs eines einzelnen Musters.

Unter Anwendung der Reihenfolge, die die relative Position einer jeden der behandelten Provenienzen in bezug auf die betrachteten Charakteristiken aufzeigt, ist die Möglichkeit ihrer Vorteilhaftigkeit oder Nachträglichkeit und schliesslich auch hinsichtlich ihrer relativen Eignung für erfolgreichen Wuchs und Entwicklung in der klimatischen Situation, welche in Verbindung mit einer verschärften Kontinentalität den Fortbestand der Tannen in Slowenien gefährdet, gegeben.

Die Erscheinung der Divergenz einiger morphologisch - physiologischer Eigenschaften machte auf die örtlich bedingte Differenzierung der behandelten Tannenprovenienzen und deren rassische Differenzierung aufmerksam.

Der Vergleich der slowenischen Provenienzgruppe mit der östliche Tannenpopulationen zeigte, dass die beiden Gruppen sich hinsichtlich zahlreicher in Betracht genommenen Charakteristiken stark unterscheiden, wobei in mehreren Fällen sogar eine klinale Abhängigkeit von der geographischen Länge der Ausgangsstandorte aufgedeckt wurde. Eine besonders feste Abhängigkeit besteht hinsichtlich des Gewichtes der trockenen Biomasse, wobei den heimischen Provenienzen ein empfindlicher Vorrang zukommt vorwiegend als Folge der höheren spezifischen Nadelproduktivität, die mit dem Alter steigt. Die heimischen Provenienzen reagieren anders auch auf Zuwachsschwankungen als Folge der jeweiligen Klimafluktuation. Durch ungünstige klimatische Verschärfungen werden sie weniger betroffen, andererseits jedoch bleiben sie in klimatisch günstigeren Jahren mit ihrer Zuwachsrestitution hinter den östlichen Provenienzen zurück. Diese Erscheinung macht sich geltend in enger klinarer Abhängigkeit von der geographischen Länge des Ausgangsstandortes und ist mit ihr sogar proportional.

Desgleichen übertrafen die heimischen Provenienzen die östliche auch hinsichtlich der Wasserkapazität, indem die Abhängigkeit dieses Parameters von der geographischen Länge klinal ist, so dass sowohl die absolute als auch die relative Wasserkapazität mit dem Ansteigen der geographischen Länge fast regelmässig linear abnimmt. Der Vergleich der Wasserkapazität der Nadeln bestätigte nicht nur dieses Verhältnis, sondern zeigte sogar eine feste Abhängigkeit mit entsprechender klinaler Abnahme bei gleichzeitiger Vergrösserung der geographischen Länge. Auf Grund dieser Erscheinungen wird den heimischen Provenienzen ein ausgesprochenerer hygrophytischer Charakter beigemessen als den östlichen.

Bezüglich der transpiratorischen Aktivität kam es auch zu Unterschieden, die auf den ausgeprägteren xerophytischen Charakter der östlichen Tannenprovenienzen hinweisen. Diese Einschätzung wird dadurch bestätigt, dass die heimischen Provenienzen wegen Dürre stärker leiden, weil bei ihnen das Enddefizit an Wasser grösser ist, zugleich aber ist auch ihr Resorptionspotential nach erlittener Dürre schwächer als bei den östlichen Provenienzen.

Die Lichtreduktion vergrösserte die Produktivität bei den heimischen Provenienzen im Durchschnitt ausgiebiger als bei den östlichen; zugleich beeinflusste sie bei ihnen die Wasserkapazität weniger, während dadurch die wegen Dürre verlorene Wassermenge weniger reduziert wurde. Auf Grund entsprechender Vergleichswertung gelangte der Autor zur Erkenntnis, dass die östlichen Proveni-

enzen manche Vorzüge haben, die diesen Tannen eine rationellere Wasserbilanz ermöglichen, zugleich aber auch andeuten, dass die Gruppe der Tannenprovenienzen in der Regel im Vergleich zu den ombrophileren Populationen aus dem östlichen Slowenien heliophiler ist.

In bezug auf die Art und Intensität der Reaktion der behandelten Tannenprovenienzen auf die Lichtreduktion wurde die ehemalige Feststellung des Autors bestätigt und geklärt, dass die Tannen im westlichen Teil Jugoslawiens, wo sie mit der gegenwärtigen Lebenskrise kämpfen, um so rascher verfallen, je dichter der Bestandesschluss ist. Damit wird erneut die unbegründete Ansicht einiger Autoren zurückgewiesen (13, 14), dass das typische Tannensterben auf unsachgemässe Bewirtschaftung und übertriebenes Schlägern zurückgeht, wobei der Bestandesschluss schütter wird.

Der Autor hofft, dass auf Grund der mannigfaltigen festgestellten Vorzüge der Tannenprovenienzen aus dem östlichen Jugoslawien das Auffinden solcher Rasen möglich sein wird, die mit ihrem rationellen Wasserregime versprechen, dem gegenwärtigen saisonmässigen Wassermangel erfolgreich zu widerstehen und zugleich mit Hilfe ihrer breiten ökologischen Amplitude den Widerspruch zwischen den biologischen Ansprüchen der Tanne und der gegenwärtigen klimatischen Verschärfung zu überbrücken.

Während durch die Testierung ein etwaige Verbindung der behandelten physiologischen Charakteristiken mit der Meereshöhe und anderen Charakteristiken der Ausgangsstandorte nicht bestätigt wurde, ergab sich eine enge Abhängigkeit vom pedogenetischen Charakter der dortigen Böden. Die Tannenprovenienzen der Kalkböden zeigten einen signifikanten Vorrang hinsichtlich des Zuwachses, des Gewichtes der Gesamtmasse, der Nadelmenge, der Produktivität, der Transpiration, des mildernden Einflusses des Halbschattens auf die Wasserkapazität und die infolge der Dürre verlorengegangenen Wassermenge und schliesslich hinsichtlich des verminderten Einflusses des Halbschattens auf das finale Wasserdefizit.

Nichtsdestoweniger sind den Tannenprovenienzen der Kalkböden auch einige negative Züge eigen, z. B. eine intensivere Zuwachsdepression in ungünstigen Klimaverhältnissen, höhere Transpirationsaktivität, höhere Wasserkapazität und höheres finales Wasserdefizit bei unbeschränkter Zufuhr von natürlichen Licht.

Bezüglich des Zuwachses und der Morphologie sowie der Mehrzahl der betrachteten physiologischen Charakteristiken und Reaktionen zeigten die Tannen der Kalkböden eine grössere durchschnittliche Variabilität als die Populationen der Nichtkarbonatböden. Diese Erscheinung steigert sich im Halbschatten.

Es wurden auch einige morphologische Charakteristiken der Nadeln von Tannen der Kalkböden festgestellt, welche auf eine ausgesprochenere ombrophile morphologische und physiologische Form hindeuten.

Der Vergleichstest bestimmte also die Tannenprovenienzen der Kalkböden mit Rücksicht auf bedeutende morphologische Eigenschaften und physiologische Reaktionen, unter anderem auch diejenigen, welche die Wasserbilanz der Tanne rationell regeln und damit über den Erfolg der Entwicklung und des Fortbestandes der Tanne entscheiden, insbesondere noch in der gegenwärtigen kritischen Situation als Folge ihres klimatisch bedingten defizitären Wasserhaushaltes.

LITERATURA

1. BLUTEL, Y.: Le sapin pectine, essence d'ombre ou souffre-doleurs. Revue forest. francaise, 1968
2. BRAUN, H.: Eine Methode für die Untersuchung des Wasserverbrauches der Holzpflanzen, Forstwiss. Ctbl., 1970
3. BRINAR, M.: Življenjska kriza jelke na slovenskem ozemlju v zvezi s klimatičnimi fluktuacijami, Gozdarski vestnik, 1964
4. BRINAR, M.: O sušenju jelke in nekaterih pojavih, ki ga spremljajo, Zbornik Inštituta za gozd. in les. gospod., 8, 1970
5. BRINAR, M.: Ein mehrseitig nützlicher Tannenmutant, XIV IUFRO-Kongress, III., München, 1967
6. BRINAR, M.: Propadanje jelke v zadnjem desetletju s posebnim ozirom na ekološke razmere in fluktuacijo klime, Gozdarski vestnik, 1974
7. EIDMANN, F., SCHWENKE, H.: Beiträge zur Stoffproduktion, Transpiration und Wurzelatmung einiger wichtigen Baumarten, Berlin, 1967
8. GÜRTH, P.: Forstpflanzen und Kulturerfolg - eine Literatur-Übersicht, Alg. Forst. u. Jagdz., 1970
9. LÖFTING, E.: Aedelgranforekomsten i Normandiet, Dansk Skovforings Tidskr., 1955
10. MALKINA, I.: Svetovje krivje fotosinteza drevesnega porosta, Svetovoi režim, fotosintez i produktivnost lesa, Moskva, 1967
11. MARCET, H.: Versuche zur Dürrenresistenz inneralpiner Trockentannen, Schweiz. Z. f. Forstwesen, 1971
12. Mayer, H.: Tannenreiche Wälder am Südbfall der mittlern Ostalpen, München, 1969
13. MAYER, H.: Zur waldbaulich-genetischen Beurteilung der Tanne, Bericht über den Tannen-Symposium der Arbeitsgruppe Gebirgswaldbau, IUFRO-Sektion 23
14. MLINŠEK, D.: Walduntersuchungen am Stammkern von erwachsenen Tannen in dinarischen Tannen-Buchen-Wald, Forstwiss. Centrblt, 1964
15. NESTOROV, N.: Očerki po lesovedeniju, Moskva, 1933
16. PINTARIĆ, K.: Uzgoj sadnica u šumskim rasadnicima, Narodni šumar, 1968
17. RUDOLF, W.: Entwicklungsphysiologische Grundlagen der Pflanzenzüchtung, Handbuch der Pflanzenzüchtung, Hamburg, 1958
18. SAMEK, V.: O šíršení jedle bíle v době poledové na území střední Evropy, Les. čas., 1967
19. TAUBERT, F.: Beiträge zur äusseren und inneren Morphologie der Licht- und Schattennadeln bei der Gattung Abies, Mitteil. d. Deutsch. Dendrologischen Gesellschaft, II., 1962
20. VAN MIEGROET, M.: Kunstbeleuchtung und Gasaustausch - Mittel zur Erforschung der Baumart, XIV IUFRO-Kongress, IV., München, 1967
21. VINCENT, G., KANTOR, J.: Das frühzeitige Tannensterben, seine Ursachen und Vorbeugung, Centralblt. f. d. ges. Forstwesen, 1971
22. WALTER, H.: Grundlagen der Pflanzenverbreitung, III., Stuttgart, 1949

