

## VPLIV SVETLOBE NA RAZVOJ BUKOVEGA MLADJA

Ing. Miran Brinar\*

Dosedanja raziskovanja so me pripeljala do nekaterih spoznanj o pomembnosti svetlobe za uveljavljanje določenih morfoloških in bioloških lastnosti bukve. Moje do sedaj objavljene ugotovitve so se nanašale na bukev v doraščajoči oziroma odrasli razvojni stopnji (7) ali pa na bukovo mladovje, obravnavano glede na dedno zasnovane *divergence* (6).

V tem primeru pa sem svojo pozornost posvetil proučevanju vprašanja, kako vpliva svetloba na razvoj bukovega mladja in kakšne so določene fiziološke, fenološke, morfološke in anatomsko-tehnološke ter prirastne reakcije mladih bukvic na spremenjene svetlobne razmere. Pri tem sem skušal svoj eksperiment tako zasnovati in usmerjati, da bi se čim bolj približal okoliščinam, v katerih se je doslej razvijala večina našega bukovega mladja v odvisnosti od dosedanjih načinov gospodarjenja z našimi bukovimi gozdovi, zlasti pa od njihovega pomlajevanja.

Zastavil sem si nalogo eksperimentalno raziskati kakovostni in količinski razvoj bukovega mladja v odvisnosti od svetlobnih razmer v daljši dobi, vsaj tolikšni, kolikor je pri sedanjih načinih pomlajevanja bukovih gozdov mladje deležno naravnega zasenčenja pod semenjaki. K izbiri in opredelitvi problema so me napotila moja poprejšnja opažanja, ki jih v nekaterih pogledih ni bilo mogoče uskladiti z izsledki in pojasniti z razlagami v strokovnem slovstvu, domnevno zaradi razlik med okolnostmi tujih raziskovanj in med našimi razmerami, zlasti pa zaradi kratkotrajnosti tujih raziskovanj, ki zato niso mogla pripeljati k dokončno zanesljivim ugotovitvam. Le Englerjeva opazovanja (31) so se nanašala na daljšo dobo, vendar pa so bila omejena le na nekatere morfološke značilnosti, pa tudi za njih je avtor svoje ugotovitve oprl le na »nekater« osebke.

### 1. Eksperimentalne okoliščine in splošna metodika

11. Za bukov poskusni nasad je bilo izbrano zemljišče v inštitutski drevesnici v Ljubljani pod Rožnikom. Ker so bila tla več let prej obdelovana, jih lahko za vso uporabljeno površino, ki znaša 32,313 m<sup>2</sup>, imamo kot enolična. To so potrdili tudi praktično enaki podatki pedoloških analiz. Poprečne značilnosti zgornje 50-centimetrskes talne plasti so naslednje: vsebnost humusa 1,42 %, kalcija 0,125 %, kalija 0,423 %, pH = 5,05. Oligotrofna rjava tla so nastala na silikatnih skrjav-

\* Delo je bilo sprejeto kot teza za pridobitev doktorata gozdarskih ved na Biotehniški fakulteti v Ljubljani.

cih in so težka, slabo zračna ter srednje globoka. Uporabljeno zemljišče pred poskusom in med njegovim potekom ni bilo gnojeno, čeprav so pri podobnih raziskovanih bukovega mladja drugje uporabljali mineralna gnojila (88). Za takšno ravnanje sem se odločil z namenom, da bi se izognil nekontroliranemu vplivu dodanih snovi, ki jih pogrešamo v prirodnih razmerah, kakršnim sem se skušal v poskusu približati.

12. Za opredelitev klimatičnih razmer poskusnega rastišča so bile opravljene ustrezne meritve v vremenski hišici in na lastni svetlomerni postaji neposredno poleg nasada. Ugotovljene so bile naslednje vrednosti klimatičnih nakazovalcev, izražene s poprečji za eksperimentalno obdobje 1956—1967 in s pripadajočimi skrajnostmi: letni popreček temperature zraka  $9,5^{\circ}\text{C}$  (od  $8,5^{\circ}\text{C}$  do  $10,4^{\circ}\text{C}$ ), poprečna temperatura zraka za 6-mesečno vegetacijsko obdobje  $16,3^{\circ}\text{C}$  (od  $14,4^{\circ}\text{C}$  do  $16,8^{\circ}\text{C}$ ), absolutni temperaturni maksimum  $34,7^{\circ}\text{C}$ , absolutni temperaturni minimum  $-22,2^{\circ}\text{C}$ . Poprečne letne padavine so znašale 1512 mm (od 1301 do 1887), od tega v vegetacijskem obdobju 812 (od 624 do 1046 mm). Letni popreček relativne zračne vlage je bil 83, za vegetacijsko obdobje pa 79. Trajanje sončnega obsevanja je bilo merjeno s heliografom *Campbell-Stokes* ter je bilo ugotovljeno letno poprečje s 1471 urami (od 1350 do 1637), poprečje za vegetacijsko dobo pa s 1125 urami (od 1054 do 1297). V primerjavi s 30-letnim poprečjem za meteorološko postajo Ljubljana-Bežigrad je naš letni temperaturni popreček skoraj enak, v vegetacijskem obdobju je za  $0,3^{\circ}\text{C}$  višji, letne padavine so za 92 mm večje, v vegetacijskem obdobju pa jih presegajo za 44 mm. V letih, ko je potekal naš poskus, so bile torej upoštevane klimatične razmere zelo blizu 30-letnega poprečja, glede na padavine pa so bile za razvoj bukovja nekoliko ugodnejše.

V opazovalnem obdobju so bile tri pomembnejše spomladanske pozebe, ki so prizadele že deloma ozeleneli poskusni bukov nasad, in sicer 8.—9. maja 1957, ko je bila v vremenski hišici registrirana temperatura  $-3,5^{\circ}\text{C}$ , 25.—26. aprila in 30. 4.—1. 5. 1960, ko je bila ugotovljena temperatura  $-2,3$  oziroma  $-2,6^{\circ}$  ter končno še 1.—2. maja 1962, ko je bila izmerjena temperatura  $-2,9^{\circ}\text{C}$ .

13. V jeseni 1955. leta je bil na opisanem zemljišču osnovan poskusni nasad bukve, in sicer s setvijo 1800 bukovic v vrste z razmikom 16 cm. Bukovo seme pred uporabo ni bilo razkuženo, ker smo se hoteli izogniti morebitnemu vplivu razkužila na čim naravnejši razvoj bukovega mladja. Z gostejšo setvijo pa smo hoteli zagotoviti zadostno število mladic, upoštevajoč možnost, da jih bo določeno število zaradi fitoftore propadlo. Čeprav sem s setvijo tvegala, da bodo pri kalitvi bukvic kakor tudi pri poznejšem razvoju mladic v nasadu morebiti nastale vrzeli in da razporeditev poskusnih bukvic zato ne bo enakomerna, sem vendar raje uporabil setev namesto sajenja prej vzgojenih sadik. Za takšno ravnanje sem se odločil iz naslednjih razlogov: 1. Z našim postopkom sem se bolj približal prirodnemu načinu pomladitve bukovih sestojev, kjer se razvojni potek bodočega naraščaja začne z nasemenitvijo ne pa s sadnjo. 2. Neenakomerna razporeditev bukvic z morebitnimi vrzeli je podobnejša zgradbi naravnega bukovega naraščaja kot strogo sistematična, geometrično dosledna porazdelitev presajenk. 3. Tako sem se skušal ogniti nasilnemu vplivu na mladovje, ki ga povzroča presaditev. Za opisani postopek sem se opredelil vključno temu, da so bile pri večini dosedanjih tujih raziskovanj o vplivu svetlobe na razvoj bukovega mladja uporabljane za osnivanje poskusnih nasadov sadike, ne pa seme. Razen presaditvenega šoka, ki se kaže z zelo zmanjšanim priraščanjem in z oslavitvijo drugih fizioloških funkcij,

povzročča še tako skrbna presaditev tudi redukcijo koreninskega spleta, njegovo deformacijo in neprirodno razporeditev v tleh. Razen tega pa je bil dognan tudi pojav poznejše koreninske reakcije bukovih presajenk, ki se uveljavlja šele 2. leto po presaditvi. Bukvice namreč tudi še tedaj zmanjšujejo razvejanost koreninja in skrajšujejo dolžino stranskih korenin, in sicer v primerjavi s stanjem v prvem letu po presaditvi za več kot 20 % (28). Splošno razširjeno mnenje, da »šok« pri zadene sadiko le 1. leto po presaditvi (53), torej ni utemeljeno. Nenormalnosti koreninskega spleta pa se kažejo na razvoju nadtalnega dela rastline in zato občutno vplivajo na rast nasada ter tako slabijo neoporečnost podatkov in sklepov, ki jim je eksperiment namenjen.

14. Za setev je bilo uporabljeno bukovo seme, nabrano v jeseni 1955 pod krošnjami v bukovem sestoju, in torej predstavlja naključni izrez prirodne populacije. Ekološke značilnosti provenienčnega rastišča so naslednje: pogorje Karaorman v SR Makedoniji; geografske ordinat: E 20° 42', N 41° 20'; nadmorska višina ok. 1300 m, ekspozicija zahodna, inklinacija 15°—20°. Na geološki podlagi silikatnih skrilavcev karbonske starosti so se razvila srednje globoka, sveže humozna, blago podzolasta, zmerno kisla skeletoidna tla. Orientacijski nakazovalci klimatičnih razmer so naslednji: srednja letna temperatura je 8,7° C, temperatura v vegetacijskem obdobju 18,7° C in letne padavine 1000 mm. Prizadeti sestoj je nastal prirodno in pripada združbi »brdske bukove šume« (E m, 1955), t. j. asociaciji *A c e r e t o - F a g e t u m* z migaličnim šašom. V bukovem semenovcu so primešani posamezni topokrpi javori.

Čeprav se morfološke in fiziološke značilnosti obravnavane bukove provenience zaradi svoje oddaljenosti od slovenskega bukovega areala zelo verjetno močno razlikujejo od tovrstnih karakteristik bukovih populacij pri nas, sem se vendar odločil, da z njo osnujem svoje poskuse, ker bukev pri nas do tedaj že od leta 1951 ni semenila in bi nadaljnje čakanje semenskega leta lahko povzročilo ponovno prelaganje in s tem bistveno poslabšanje potrebnih materialnih osnov, predvidenih z mojo metodiko in delovnim programom. Ker se pričujoča obravnava torej nanaša na bukev, ki po svojem zgodovinskem razvoju in izvoru zelo verjetno ne more biti primerljiva z našimi bukovji, so pri aplikaciji ugotovitev te razprave na naše razmere potrebni določeni pridržki, posplošitev izsledkov pa bi bila upravičena šele na osnovi dopolnilnega primerjalnega proučevanja.

15. Glede na zemljepisno lego izhodiščnega rastišča bi bilo verjetno, da populacija uporabljenega semena ne pripada evropski bukvi (*Fagus silvatica* L.) ampak mezijski oziroma balkanski bukvi (*Fagus moesiaca* Maly Czecht). Toda primerjalna analiza listov z odraslih dreves kot tudi z 12-letnega mladja za sedaj ni potrdila takšne domneve, kajti med obravnavano bukovo populacijo in evropsko bukvijo ni bilo mogoče ugotoviti morfoloških razlik glede števila žil in oblike listov, ki naj bi bili značilni za balkansko bukev (50). Iz slike št. 31 je razvidno, da imajo listi obravnavane bukve navadno le po 8 parov žil, nikoli pa več kot 9, in da senčni listi nimajo »klinaste« oblike, ki naj bi bila značilna za mezijsko bukev. Morfološka primerjava ženskih cvetov in plodov pa doslej še ni bila mogoča.

16. Poskusni nasad je bil razdeljen na 6 parcelic. Na treh so se razvijale bukove mladice pri popolni naravni svetlobi (v nadaljnjem obravnavanju jih označujemo z »O«), na treh pa pri reducirani (v nadaljnjem obravnavanju jih označujemo s »P«). Ene in druge parcelice so bile medsebojno razporejene kot črna bela polja na šahovnici. Na drugo omenjenih treh parcelicah je bila omejena prirodna

svetloba z lesami, ki so bile položene na oporne količe tako, da so bile vedno za ok. 10 cm višje od najvišjih bukvic. Razen tega pa so bile postavljene lese tudi navpično ob mejah vsake tretirane parcelice, da bi bila tako v enaki meri reducirana tudi stranska svetloba.

17. Kot že rečeno, sem si postavil za cilj obravnavani poskus kar se da približati okolnostim, ki spremljajo pomlajevanje naših bukovih gozdov v praksi, ali pa ga vsaj kritično primerjati z njimi. Zato so bile za omenjeno zastiranje uporabljene lese, ki glede na širino letvic in medprostore med njimi prepuščajo ok. 50 % svetlobe. Pripadajoči les ni bil skobljan in je bil na površini siv, zato je bila močno zmanjšana možnost odsevanja, ki bi moglo ob različnih višinah sonca dovajati nasadu različne količine odbojne svetlobe, ki igra pri razvoju gozdnega drevja zelo pomembno vlogo (37).

Pri odločanju o stopnji zasenčenja sem upošteval naslednja dejstva: V gosto sklenjenem golem bukovem gozdu se količina svetlobe zmanjša na 26 % (115); v bukov gozd prodre v odvisnosti od njegove sklenjenosti 26—66 % popolne svetlobe (39, 90); v začetku maja so tla v bukovem gozdu deležna 33 % popolne svetlobe (57); pod bukovim sklepom 0,45 je bilo izmerjeno 16 do 21 % popolne svetlobe (17); pod bukove krošnje dobro sklenjenega sestoja prodre v maju 6 % popolne svetlobe, v začetku junija 3 %, od sredine junija dalje pa le še 1,5 % (59); za odpiranje bukovih popkov je sprva potrebno najmanj 25 % popolne svetlobe (81); v odvisnosti od ekoloških razmer se naša bukev lahko pomlaja pod sklepom, ki ni gostejši od 0,4 do 0,6 (7).

Za kontrolo svetlobe na zasenčenih parcelicah sem uporabil Langov fotometer, sestavljen iz selenske svetlobne celice in mikroampermetra, ki velja za najustreznejšo tovrstno pripravo, zlasti kadar gre za ugotavljanje relativnih svetlobnih vrednosti (107). Z njim je mogoče zajeti ves tisti del spektra, ki je pomemben za fotosintezo, t. j. od 330 do 700 milimikronov, in je najobčutljivejši za območje zelene svetlobe (14, 16). Pri meritvah sem naletel na enake težave, kot so jih ugotovili tudi drugi strokovni pisci (33, 84). Svetloba se namreč pod senčnicami — kakor tudi v gozdu (89) — časovno in prostorno zelo spreminja ter je svetlobna podoba pisan mozaik bolj ali manj osvetljenih lis. Le malo drugačen položaj svetlomera je dajal zato zelo različne vrednosti. Glede na izkušnje z drugimi svetlomeri in meritvenimi postopki (22, 68, 72, 117) se tudi od njihove uporabe ne bi mogli nadejati zanesljivejših podatkov. Ob upoštevanju izračunane poprečja velikega števila meritev je torej znašala svetloba na naših zastrtih parcelicah ob vedrem dnevu 53 % popolne svetlobe, ob vremenu s koprenasto oblačnostjo pa 46 %, pri sklenjenih kopastih oblakih pa 40 %. Glede na dejstvo, da je rastlinstvo bolj navezano na difuzno svetlobo kot na neposredno (91), da nadalje pri vedrem dnevu odpade nanjo le 12—33 %, pri oblačnem vremenu pa 80—100 % — pač glede na vrsto in debelino oblakov (57) — in da je prirastek po oblačnem dnevu večji kot po sončnem (116), lahko vzamemo, da so bile zasenčene bukove mladice deležne poprečno ok. 50 % koristnega globalnega sončnega sevanja.

Domneva, da so bile z našim zasenčenjem spremenjene ne le svetlobne, ampak tudi hkrati druge mikroklimatske razmere v toliki meri, da so bistveno vplivale na razvoj bukovih mladice, ni utemeljena, kajti meritve zračne temperature so pokazale, da so bile temperaturne razlike med zasenčenimi in nezastrtimi parcelicami le prav majhne in niso presegale 1° C, razen tega pa so imele pogosto celo

različen predznak, zato se dnevne temperaturne amplitude niso razlikovale niti za  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Te naše ugotovitve se ujemajo z dognanji drugih avtorjev, ki so opisali podobne poskuse z bukovim mladjem (16), in menijo, da tako malenkostne temperaturne razlike ne morejo pomembno vplivati na razvoj mladice (92). Isto velja tudi za temperaturo tal (14). V podobnih primerih je bilo že ugotovljeno (14, 16), da so tla pod takšnim zastorom deležna sicer nekoliko manjše vlage od neposrednih padavin, toda da se ta razlika kompenzira z ublaženo evaporizacijo in so zato tla celo nekoliko vlažnejša. Zato ugotavljanju vlage nismo posvetili posebne pozornosti. Sicer pa je dognano, da manjše razlike v talni vlazi le prav neznatno vplivajo na asimilacijo in na razvoj rastlin (20). Dopustna je torej ugotovitev, da so bukve mladice rasle v tako zelo podobnih mikroklimatičnih razmerah — izvzemši svetlobo — da manjše razlike niso mogle pomembneje delovati na biološko aktivnost poskusnih nasadov in da je vpliv vseh neenakosti okolja na razvoj bukovega mladja zaostajal daleč za delovanjem svetlobne redukcije.

18. Polovica poskusnega polja, t. j. 3 parcelice, so bile na opisani način zasenčene naslednjo pomlad po setvi, t. j. 7. maja 1956 in so bile pod zastorom do jeseni, t. j. do konca novembra. Naslednja 3 leta je bil ta postopek ponavljan, s tem da sem z zasenčenjem začel vedno tedaj, ko je približno 50 % vseh bukvic deloma ozelenelo, t. j., ko so se listi razgrinjali in je njihov razvoj ustrezal 3. stopnji Markusove lestvice (67). Jeseni 1959 sem dokončno prenehal z zastiranjem. Bukove mladice na 3 parcelicah so bile torej izpostavljene za 50 % zmanjšani svetlobi štiri zapovrstna vegetacijska obdobja, t. j. od skalitve semena pa dokler bukovo mladje ni doseglo starosti 4 let. Po preteku te dobe pa so bukvice na teh 3 parcelicah uživale popolno prirodno svetlobo, kakršne je bilo deležno tudi mladje na ostalih 3 parcelicah skozi vso preizkusno dobo.

Za 4-letno zasenčenje sem se odločil zato, ker je to v splošni gozdnogojitveni praksi najkrajši čas, v katerem navadno bukovo mladje uživa zaščito semenjakov. Če ne upoštevamo vrednostnega prirastka semenjakov, nadaljnje vzdrževanje zastora ni utemeljeno — čeprav se to v praksi pogosto dogaja — kajti mladice celo na slabih tleh, kot smo jih uporabili v našem primeru, dosežejo že takšno višino (glej sliko 15!), ki more še komaj utrpeti poškodbe pri sečnji in spravilu semenjakov.

19. Poskusni nasadi so bili vzdrževani le z najpreprostejšimi ukrepi. Sprva so bili po trikrat na leto opleti, pozneje pa le po dvakrat, dokler se krošnjice niso toliko sklenile, da se plevel ni mogel več uveljavljati. Dosledno že pojasnjenemu stališču, herbicidi niso bili uporabljeni. Zaradi omenjene razmeroma goste setve se je med bukvicami, ko so dosegle starost 7 let, borba za prostor že tako zelo zaostрила, da sem se moral odločiti za rahljanje bukovega mladja. Pri izbiri osebkov za odstranitev sem se držal načela, naj bodo bukvice čim enakomerneje razporejene. Hkrati pa so bili posekani tudi primerki, ki so v rasti tako zelo zaostali za sosednjimi, da bi se v naslednjih dveh letih morali neogibno posušiti. Enak ukrep za rahljanje bukovega mladja je bil nato v poskusnem obdobju še dvakrat ponovljen. Razlika med številom bukvic na primerjalnih zastrtih in nezastrih parcelicah, ki je od setve do šestletne starosti narasla od 0 do 10 % v korist nezasenčenega nasada, se je v 7. letu povečala na 14,5 %. Z rahljanjem pa je bilo doseženo, da se je število po 7. letu izravnalo in takšno ostalo do konca poskusa.

Eksperiment je potekal oziroma meritve in opazovanja sem opravljal od 1956. do vključno 1967. leta, t. j. 12 let. Ugotovitve, ki se nanašajo na začetek ozelenitve, obsegajo 11-letno obdobje 1957—1967, vse primerjave glede trajanja olistovanja in prirastka med zasenčenimi in nezastrtimi bukvicami pa zajemajo 10-letno obdobje 1958—1967, ker podatki za leto 1957 zaradi močnega vpliva omenjene spomladanske pozebe niso zanesljivi. Slana je namreč zelo hudo prizadela poskusne bukove nasade sredi olistovanja, t. j., ko je bilo na nezastrtih parcelicah 23,3 %, na zasenčenih pa 50 % bukovih mladice že ozelenelih. Zaradi pozebljih listov v 3. razvojni stopnji in nabebljih v prvih dveh stopnjah je bil nadaljnji potek frondescence v tem letu zelo nenormalen.

## 2. Fenološka opažanja v zvezi s klimatičnimi razmerami

21. Upoštevač poprejšnje ugotovitve glede pomembnosti različnih sezonskih fenofaz (5), sem prvenstveno pozornost posvetil spomladanski ozelenitvi bukovega mladja. Ker je bilo razen tega po 7-letnem opazovanju dognano, da med zastrtimi in nezasenčenimi bukvicami ni sistematičnih razlik glede porumenitve in odpadanja listja, sem se nato omejil le na registriranje frondescence poskusnih bukovih mladice in bom v tej razpravi obravnaval le to fenofazo, čeprav ona ne kaže pravega sezonskega začetka rastne aktivnosti, kajti delitev celic se začne že pred ozelenitvijo (43).

Avtorji, ki so proučevali spomladansko brstenje bukve, so doslej upoštevali različne lestvice za registriranje tega pojava, in sicer s tremi ali pa s petimi stopnjami. Za ugotavljanje poprečja, po katerem sem uravnaval začetek zastiranja (točka 18.), sem upošteval tretjo stopnjo *Markusove* klasifikacije (67), drugače pa sem opažanja registriral glede na razvojno stopnjo olistovanja, ki je po *Leibundgutu* (61) tretja, po *Markusu* in po *Hengstu* (45) pa peta. Za upoštevanje te zadnje stopnje olistovalnega razvoja sem se odločil zlasti zato, ker najbolje ustreza inicialni aktivnosti kambija pri bukvi. Tvorba prvih lesnih celic v novi sezoni rastne aktivnosti bukve namreč sovпада s popolnim razvitjem listja, ne pa morebiti z začetkom tega pojava (83). Ker bukev ne ozeleni hkrati enakomerno po vsej krošnji, ampak ta pojav postopno napreduje od spodnjega dela krošnje k zgornjemu in od notranjega k zunanjemu, sem opredelitev spopolnil tudi glede na obseg in položaj olistanega dela krošnje. Bukovo mladico sem torej upošteval kot ozelenelo tedaj, ko je 50 % zunanjšega brstja razgrnilo pripadajoče listje.

Registriranje je bilo opravljeno praviloma vsak drugi dan, izjemoma pa se je bilo treba — zlasti zaradi prvomajskih prostih dni — sprijazniti tudi z 2- ali 3-dnevnim presledkom. Za tako pogostno opazovanje sem se odločil zato, ker so izkušnje iz prejšnjih raziskovanj pokazale, da redkejša ugotavljanja ozelenjevanja bukve ne ustreza naglemu napredovanju tega procesa. Tudi nekateri drugi avtorji so prišli do spoznanja, da 5- ali celo 7-dnevna registracija ne ustreza in priporočajo 3-dnevno.

22. Začetek frondescence je bil ugotavljan 11 let, t. j. od naslednje pomladi, ko so bukvice dosegle starost 1 leta, pa do konca našega obravnavanega poskusa. V tem opazovalnem obdobju so bukvice na nezastrtih parcelicah — v odvisnosti od klimatičnih razmer — začele zeleneti v različnem času, in sicer v intervalu od 15. do 27. aprila. Odnosi med začetkom ozelenitve in med klimatičnimi razmerami so

razvidni iz razpredelnice, kjer so vrednosti za »A«, »B«, »C« in »Č« izražene z zapovrstnim dnevom v koledarskem letu.

Leto	A. Začetek olistovanja	B. Temperaturni prag 5° C	C. Temperaturni prag 10° C	C. Odtalitev tal	Vsota dnevnihtemperaturod C do A	Vsota sončnih ur od 1. jan. do A	Vsota sončnih ur od C do A	Vsota padavin od C do A
1957	113	72	107	37	528	397	316	332
1958	112	85	110	38	323	298	242	229
1959	106	77	91	52	456	335	235	103
1960	111	81	97	45	447	254	182	280
1961	105	83	92	52	462	383	279	79
1962	114	102	108	37	329	291	250	299
1963	117	96	106	71	398	286	144	126
1964	113	80	101	58	373	250	148	185
1965	113	94	98	72	358	342	182	114
1966	108	90	96	38	513	357	290	212
1967	109	94	98	54	446	383	257	172

Datumi začetka ozelenitve padajo za opazovalno obdobje v interval 12 dni, medtem ko je razpon 5-stopinjskega temperaturnega praga 30 dni, 10-stopinjskega 17 dni in praga odtalitve tal 35 dni. Za upoštevanje obeh navedenih pragov sem se odločil zato, ker nekateri avtorji pripisujejo enemu, drugi pa drugemu značaj spodnje meje oživitve življenjske aktivnosti (25, 90, 91, 107.) Najožji interval pripada torej začetku frondescence bukvic, njemu najbližji pa je razpon 10-stopinjskega temperaturnega praga.

221. S statistično-variacijsko analizo sem izračunal korelacijo med začetkom olistovanja in upoštevanimi klimatičnimi nakazovalci. Najtrdnejšo odvisnost sem ugotovil za 10-stopinjski temperaturni prag in je izražena s koeficientom 0,805. Njej po velikosti sledi korelacija začetka ozelenitve bukvic z vsoto poprečnih dnevnihtemperatur od odtalitve tal do ozelenitve in znaša 0,498, vendar pa gre pri tem za antagonistični odnos, ker so višje temperaturne vsote navezane na zapozneli začetek olistovanja. Zato temu nakazovalcu ne gre pripisovati uporabnosti in sem ga v tej kakor tudi v naslednjih primerjavah opustil. Ohlapnejši od 10-stopinjske odvisnosti je odnos med začetkom olistovanja bukvic in 5-stopinjskim temperaturnim pragom in mu pripada koeficient 0,354. Najmanjšo odvisnost pa sem dognal med odtalitvijo tal in začetkom frondescence bukovega mladja (0,246).

Glede na temperaturne nakazovalce je torej začetek ozelenitve bukvic v najtesnejšem odnosu z 10-stopinjskim pragom, medtem ko je odvisnost od 5-stopinjskega temperaturnega praga veliko ohlapnejša. Ta ugotovitev torej ne potrjuje trditve, da se vegetacijska aktivnost bukve najbolj ujema s temperaturnim pragom 5° C (90). Pač pa naši izsledki dopuščajo takšno vlogo 10-stopinjskemu temperaturnemu pragu, zlasti kadar gre za bukovo mladje obravnavane provenience v opisanih rastiščnih razmerah.

222. Vsota ur sončnega obsevanja za dobo od odtalitve tal do začetka ozelenitve bukvic je v precej trdnem odnosu z obravnavanim pojavom ter je izražena

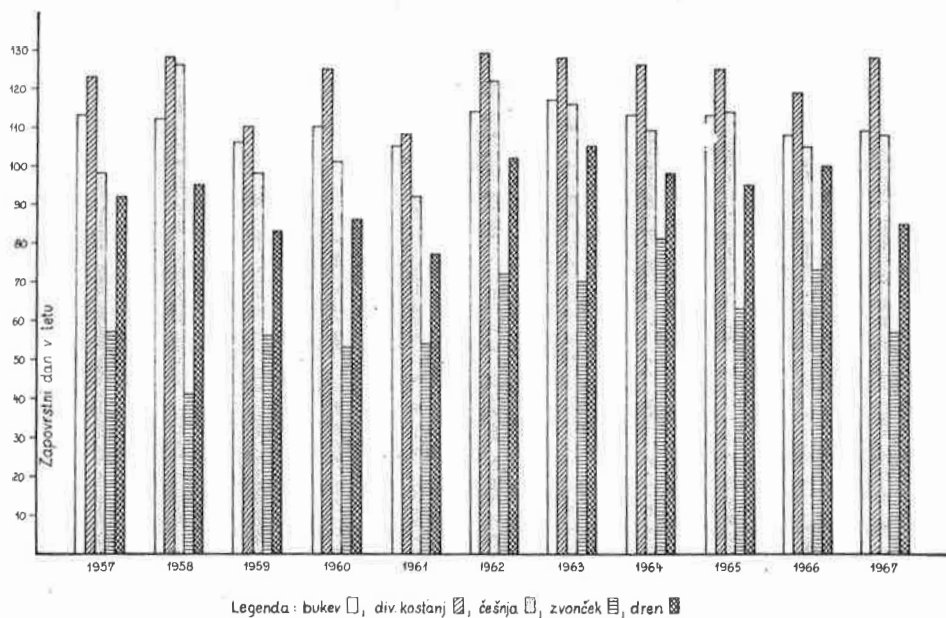
s korelacijskim koeficientom 0,516. Pri tem pa gre za regresijsko odvisnost, pri kateri se linearna redukcija sončnega sevanja za 8 ur in 12 minut uveljavlja z enodnevno pospešitvijo začetka olistovanja ( $y = 229,64 - 8,212/x-x/$ ). Korelacija obravnavane bukve fenofaze s svetlobnimi razmerami, upoštevanimi od začetka kalendarkega leta, je ohlapnejša (0,498). Primerjava teh dveh koeficientov opravičuje sklep, da sončno obsevanje po odtalitvi tal močnejše vpliva na začetek olistovanja bukovega mladja od sončnega obsevanja v obdobju januar—februar, čeprav tudi le-to ni bilo nepomembno za obravnavano fenofazo. Te ugotovitve opozarjajo, da svetlobni režim pomembno vpliva na začetek olistovanja bukovega mladja; zlasti to velja za trajanje sončnega obsevanja po odtalitvi tal.

223. Primerjava vsakoletnih padavinskih razmer z začetkom ozelenitve bukovega mladja je pokazala, da gre za blago odvisnost, občutno ohlapnejšo, kot velja za temperaturo zraka, zlasti pa še za sončno obsevanje, saj znaša koeficient korelacije za opazovalno obdobje le 0,341. Toda pri tem je potrebno posebno poudariti, da se ta odnos izraža antagonistično, t. j., da večje padavine v obdobju po odtalitvi tal delujejo zaviralno na začetek olistovanja bukovega mladja. Tudi ob upoštevanju časovne razporeditve padavin v obdobju pred ozelenitvijo smo prišli do podobnega spoznanja, kajti najpoznejši začetek frondescence (leta 1963) je sledil obdobju s pogostnimi padavinami, najzgodnejši (leta 1961 in 1959) pa obdobju s pičlim in redkim dežjem v aprilu. Tudi splošno razširjeno mišljenje, da dež neposredno pospeši olistovanje, ni bilo potrjeno z našimi raziskovanji glede bukovega mladja, ker je izid opažanj pokazal ravno nasprotno. V treh letih, ki so se odlikovala z ekstremno zgodnjim časovnim položajem obravnavane fenofaze (1959, 1961, 1967), je bil dan pred začetkom olistovanja brez padavin. V treh letih s skrajno poznim začetkom frondescence (1963, 1964, 1965) pa je bil pred začetkom olistovanja najmanj po en dan deževen. Če bi nas pomislek, da opazovalno obdobje ni bilo zadosti dolgo, odvrčal od sklepa, da padavine v dobi neposredno pred začetkom olistovanja zadržujejo razvoj te fenofaze, smo vendar na osnovi naših raziskovanj upravičeni postaviti trditev, da je ne pospešujejo. Delno razlago za takšen odnos med začetkom ozelenjavanja bukovega mladja in padavinskimi razmerami neposredno pred razvojem listja bi mogel opreti na okolnost, da spomladanski dež navadno spremljajo ohladitve zraka, ki delujejo zaviralno na nastanek obravnavane fenofaze.

224. Časovni položaj začetka frondescence nezastrtih bukvic v vsakoletnem fenospektru sem primerjal s fenofazami nekaterih drugih rastlinskih vrst, ki so časovno najbližje obravnavanemu pojavu, in sicer: s splošnim cvetenjem dreva (*Cornus mas* L.), z začetkom cvetenja divjega kostanja (*Aesculus hippocastanum* L.), z začetkom cvetenja zvončka (*Galanthus nivalis* L.) in s splošnim cvetenjem češnje (*Cerasus avium* Moench.). Fenospekter za vsa leta opazovalnega obdobja je predočen v diagramu št. 1.

Od primerjanih fenofaz je cvetenje divjega kostanja najdosledneje spremljalo začetek olistovanja bukovega mladja, in sicer s korelacijo 0,84. Nekoliko ohlapnejša sta odnosa frondescence bukve do splošnega cvetenja češnje (0,80) in do cvetenja dreva (0,77), medtem ko je začetek cvetenja zvončka najšibkeje koreliran z obravnavanim pojavom (0,18). Tudi interval med vrednostmi za posamezna leta opazovalnega obdobja je za divji kostanj najožji in znaša 16 dni ter je zelo blizu





Slika 1.

razponu za bukev (12 dni), medtem ko so intervali za ostale upoštevane vrste 20, 25 in 43 dni.

V primerjavi z odraslim bukovim drevjem iz 1. biološkega razreda v gozdu neposredno poleg bukovih poskusnih parcelic je bukovo mladje začelo zeleneti do 9 dni pozneje. Poprečna razlika za opazovalno obdobje je znašala 3 dni. Te ugotovitve je mogoče razložiti z dejstvom, da je poskusni material predstavljal juvenilne forme, ki v primerjavi z odraslimi osebki začnejo pozneje brsteti, kot je to bilo ugotovljeno ne le za bukev, ampak tudi za veliki jesen (94).

23. Proces olistovanja bukovega nezastritega mladja je trajal v posameznih letih različno dolgo, in sicer od 16 do 23 dni; poprečno za vso opazovalno dobo 19 dni. V nekaterih letih je bila dolgo trajajoča zelenitev navezana na zgodnji začetek frondescence, vendar pa ta odnos — upoštevajoč celo opazovalno obdobje — statistično ni utemeljen. Glede na vsakoletne temperaturne razmere v dobi olistovanja sem dognal naslednje korelacije. Povprečni dnevni temperaturi zraka pripada zelo šibek koeficient 0,126, ki opozarja, da temperature, izražene z dnevnimi srednjimi vrednostmi, niso v pomembnejšem odnosu s trajanjem olistovanja. Ta ugotovitev ne potrjuje stališča, da more hladno vreme trajanje olistovanja bukve podaljšati za 110 % (46). Nasprotno pa smemo trditi, da temperaturne razmere zelo malo vplivajo na trajanje frondescence bukve (45), dopolniti s pripombo, da ta ugotovitev velja le tedaj, kadar temperaturo zraka presojamo po dnevnih povprečnih oziroma srednjih vrednostih. Naše ugotovitve v zadnjem odstavku te točke utemeljujejo to naše stališče.

Glede na ta naša dognanja in v zvezi z dejstvom, da so mnogi življenjski procesi rastlin bolj odvisni od ekstremov temperature kot pa od njenega poprečja (107), sem preizkusil še stopnjo odvisnosti trajanja procesa olistovanja od ekstremnih temperatur in od interdiurne temperaturne amplitude v dobi zelenitve. Čas, ki je bil potreben, da je vse nezastrito bukovo mladje ozelenelo, je blago koreliran s poprečnim temperaturnim maksimumom  $T_x$  (0,247). Pri tem pa gre za regresivno korelacijo, t. j. za pojav, da povečani maksimumi delujejo podaljševalno na obravnavani proces olistovanja bukovega mladja. Zavisnost med poprečnimi dnevnimi minimalnimi temperaturami  $T_n$  in trajanjem olistovanja je statistično le blago utemeljena. Tak izid analize me ni presenetil, saj so v nekaterih letih kratkotrajnim olistovanjem pripadala nizka poprečja minimalnih temperatur. Te ugotovitve dopuščajo sklep, da splošno razširjeno mišljenje, ki pripisuje hladnim nočem poglavitni vzrok za zaviranje razvoja vegetacije, v primeru trajanja olistovanja bukovega mladja ni utemeljeno.

S statistično analizo odvisnosti trajanja olistovanja nezastrtih bukvic od poprečne interdiurne temperaturne amplitude smo izračunali koeficient 0,491, ki nam kaže, da je potek frondescence veliko bolj odvisen od tega klimatičnega nakažovalca kot pa od poprečnih maksimalnih temperatur, kajti stopnja njene korelativnosti je za 100 % večja, hkrati pa gre pri tem za regresivno korelacijo, t. j. za pojav, da večje temperaturne amplitude podaljšujejo trajanje olistovanja. Očitno je torej, da smemo na področju temperaturnega režima ozkim interdiurnim temperaturnim amplitudam pripisovati najodločilnejši vpliv na pospeševanje olistovalnega procesa. To spoznanje opozarja na atlantski značaj bukve (57), ki mu ne prija kontinentalnost, izražena v našem primeru z velikimi interdiurnimi temperaturnimi amplitudami, ki jih praviloma spremlja manjša zračna vlaga, kot sem to že svoj čas dognal.

### 3. Razlike glede olistovanja

31. Ob upoštevanju prejšnjih lastnih dognanj (5, 6) in tujih ugotovitev (61, 93) je bilo pričakovati, da bodo neenake svetlobne razmere, v katerih je raslo bukovo mladje na parcelicah s popolno prirodno svetlobo in na tistih, kjer je bila reducirana za 50 %, povzročale različne potek fizioloških procesov. Hkrati pa sem na podlagi posebnih prejšnjih opazovanj predpostavil, da se spremenjena periodičnost bukvic in z njo povezanih drugih fizioloških ter morfoloških lastnosti ne bo uveljavljala le 2 leti po izenačenih svetlobnih razmerah, kot sta to dognala Leibundgut (61) in Kleinschmit (54), ampak da bo trajala dlje časa.

32. Kot začetek olistovanja bukovega mladja sem upošteval fenofazo, izraženo s tretjo stopnjo po Markusovi lestvici (67), dopolnjeno glede na obseg obravnavanja pojava, kot sem to že razložil v točki 21. Vsa opazovalna leta so bukove mladice na parcelicah, kjer je bila prva 4 leta reducirana svetloba (»P«), dosledno prej začele zeleneti. To prehitevanje v primerjavi z začetkom olistovanja trajno popolnoma osvetljenih bukvic (»O«) je v raznih letih variiralo 1 do 4 dni, v poprečju za vso 11-letno opazovalno dobo pa je razlika znašala 2,4 dni.

33. Trajanje procesa olistovanja bukovega mladja na parcelicah z reducirano svetlobo je bilo v posameznih letih različno, in sicer od 19 do 27 dni, poprečno za vso opazovalno dobo pa 22 dni. Upoštevajoč hkrati ugotovitve v točki 23., se trajanje frondescence bukvic »O« in »P« v poprečju za vse opazovalno ob-

dobje razlikuje za 2,4 dni, največ pa do 4 dni, s tem da je obravnavani fenološki razvoj bukovega mladja, ki je bilo prva 4 leta deležno za 50 % reducirane svetlobe, potekal počasneje kot razvoj nezastrih bukvic. Glede na to spoznanje in v zvezi z ugotovitvijo v točki 32. je dopusten sklep, da je povečanje dobe olistovanja bukovega mladja »P« posledica zgodnejšega začetka tega procesa, ne pa tudi morebiti njegovega poznejšega zaključka, ki je bil v vsem opazovalnem obdobju ugotovljen le za 2 leti in njegova korelacija s trajanjem olistovanja statistično ni utemeljena.

331. Razlike med bukovim mladjem na parcelicah P in na parcelicah O glede trajanja olistovanja ne kažejo nikakršnega, morebitno pričakovanega upadanja, čeprav so se bukvice P zadnjih 8 let razvijale v enakih svetlobnih razmerah kot bukove mladice O. Pri tem sta zlasti ilustrativni naslednji dve dejstvi: Obravnavana razlika za zadnji dve leti opazovalnega obdobja (1966 in 1967) je bila prav tolikšna, kot so bile poprečne razlike za začetno dobo, ko so bile bukvice P še zastirane. Največja, t. j. 4-dnevna razlika je bila ugotovljena za 3 leta, med njimi tudi za osmo leto po izenačenju svetlobnih razmer.

Primerjava trajanja frondescence bukovega mladja je torej pokazala, da je časovni posip populacije, ki ji je bila začetna 4 leta reducirana prirodna svetloba za okrog 50 %, še osem let po ukinitvi redukcije širši, kot je bil za primerjalno mladje. Ker pa je razširjeni interval trajanja olistovanja značilen za bukovo listje, ki se je razvilo iz senčnih popkov (61), je upravičen sklep, da so v našem poskusu listni popki bukovega mladja P ne le v obdobju reducirane svetlobe, ampak še osem let po uvedbi v razmere s popolno prirodno svetlobo uveljavljali glede trajanja frondescence izrazito senčni značaj.

34. Ker je poskusni material predstavljal, kot je pojasnjeno v točki 14, izrez iz prirodne bukove populacije, ki je bil podvržen sicer neugotovljeni, toda verjetno široki, genetsko pogojeni variabilnosti, sem primerjavo fenofaze olistovanja bukovega mladja P in O razširil tudi na upoštevanje sredin ozelenitvenega razvoja, ki sta v posameznih letih pripadali bukvicam obeh primerjalnih skupin. Te vrednosti sem izrazil kot težišča ozelenitve in sem jih izračunal na enak način kot v svojem prispevku iz leta 1963 (5). Od upoštevanja in primerjave teh nakazovalcev sem upravičeno pričakoval ugotovitve, ki jim smemo metodološko pripisati neprijetno večjo tehtnost kot vrednotenju začetka ali pa trajanja frondescence, kajti ti dve merili sta vsekakor odvisni od ekstremnega, dedno pogojenega fenološkega obnašanja osebkov, ki ne morajo biti tipični za obravnavano populacijo, zlasti pa ne za njeno poprečno večinsko značilnost. Za ta namen sem uporabil metodo ponderiranja ozelenitve glede na vsakoletni skupni izhodiščni datum po obrazcu  $\bar{y} = (t_1 \cdot \bar{s}_1 + t_2 \cdot \bar{s}_2 + \dots + t_x \cdot \bar{s}_x) : (\bar{s}_1 + \bar{s}_2 + \dots + \bar{s}_x)$ , kjer  $t_1, t_2 \dots t_x$  pomenijo števila dni od izhodiščnega datuma do dneva olistenja,  $\bar{s}_1, \bar{s}_2 \dots \bar{s}_x$  pa število bukvic, ki so ozelenele v določenem dnevu. Tako sem za vsako poskusnih parcelic izračunal vsakoletno časovno težišče olistenja bukovega mladja.

341. Statistična analiza med časovnim položajem ozelenitvenega težišča in med upoštevanimi temperaturnimi nakazovalci je pokazala za bukovo mladje O naslednje korelacije: Odvisnost ozelenitvenega težišča od 10-stopinjskega temperaturnega praga je izražena s koeficientom 0,851, od vsote poprečnih dnevnihtemperatur po odtalitvi tal s koeficientom 0,833, od 5-stopinjskega temperaturnega praga s koeficientom 0,403. Primerjava teh vrednosti z adekvatnimi ugotovitvami za začetek olistovanja (točka 221) kaže, da so upoštevani temperaturni nakazo-

valci v trdnejši korelaciji s težiščem kot pa z začetkom frondescence, le koeficient odvisnosti glede na odtalitev tal je v obeh primerih enak. Ta ugotovitev potrjuje pravilnost mojega stališča, da težišče ozelenitve zanesljiveje karakterizira obravnavano fenofazo kot pa začetek frondescence.

342. Primerjava vsakoletnega trajanja sončnega obsevanja s časovnim težiščem olistovanja bukovega mladja O je po statističnem vrednotenju pripeljala do naslednjih medsebojnih odnosov: vsota sončnih ur od začetka koledarskega leta do ozelenitvenega težišča je s časovnim položajem tega težišča v korelaciji, izraženi s koeficientom 0,276. Časovni položaj težišča olistovanja je odvisen od vsote sončnih ur po odtalitvi tal 36,8 %. Te ugotovitve dopuščajo sklep, da je časovni položaj ozelenitvenega težišča bolj odvisen od sončnega obsevanja po odtalitvi tal kot pred njo. Ker pa sta stopnji odvisnosti začetka olistovanja (točka 222) trdnejši od sedaj dognane korelativnosti, moremo iz tega sklepati, da je vpliv svetlobe na časovni položaj ozelenitvenega težišča in s tem tudi na potek olistovanja krepkejši pred začetkom frondescence kot med njenim razvojem.

343. Količina padavin v obdobju olistovanja nezastrtga bukovega mladja le zelo blago, razen tega pa nedosledno ( $V = 14,2\%$ ) vpliva na razvoj in trajanje ozelenjevanja obravnavane populacije. Odnos statistično ni utemeljen. Zato padavinskim razmeram v obdobju olistovanja ne moremo pripisovati pomembnejše vloge glede uravnavanja poteka in trajanja obravnavane fenofaze bukovega mladja.

344. Časovni položaj težišča ozelenitve nezastrtih bukvic v vsakoletnem fenospektru je utemeljen z naslednjimi koeficienti korelacije, upoštevajoč iste primerjalne rastline kot v točki 224. Odnos med obravnavano fenofazo bukovega mladja O in med začetkom cvetenja divjega kostanja je dokaj ozek (0,776), vendar pa je ohlapnejši od tistega, ki smo ga bili dognali (v točki 224) za začetek olistovanja bukvic. Razliko moremo razložiti z upoštevanjem temperaturnega vpliva, ki je v teku olistovanja deloval bistveno drugače kot pred njegovim začetkom, kakor smo to pokazali v točki 23. Najtinesnejši je bil odnos težišča ozelenitve bukvic do popolnega cvetenja češnje (0,824), bil je ožji kot pri primerjavi z začetkom frondescence. Ta pojav moremo pripisati maritimnemu značaju obravnavane češnje in s tem tudi njeni afiniteti do klimatičnih razmer, ki ustrezajo hkrati tudi atlantsko uglašeni bukvi, ki ji pripisujejo ostanke »tropskega« izvora (80). Odnos med popolnim cvetenjem dreva in obravnavano fenofazo je statistično trdno utemeljen (0,616), vendar pa je ohlapnejši od tistega, ki smo ga dognali za začetek frondescence. Tudi korelacijski koeficient za cvetenje zvončka je manjši, kot velja za začetno ozelenitev bukve. Razvoj cvetov teh dveh rastlinskih vrst je torej verjetno odvisen od optimalnega kompleksa klimatičnih činiteljev, ki je bistveno drugačen od tistega, ki ustreza uspešnemu razvoju bukovega listnega brstja.

35. V zvezi z navedenimi ugotovitvami, da je neenaka osvetlitev v prvih 4 letih povzročila časovno različni začetek in trajanje olistovanja primerjalnega bukovega mladja, sem statistično vrednotil tudi vsakoletna težišča obravnavanega pojava, in sicer posebno za bukvice O in posebno za bukove mladice P. Izračunani parametri so predloženi v razpredelnici.

351. Primerjalna analiza navedenih parametrov nam pokaže, da je bil položaj časovnih težišč olistovanja bukvic P v povprečju za obravnavano razdobje pospešen za 8,96 % olistovalnega časa bukovega mladja O. Ta pospešitev se je gibala v posameznih letih v razponu od 1,76 do 21,12 %. V obdobju, ko je bukovo

Leto		$\bar{x}$	s	$\overline{sx}$	V %	H %
1958	O	2,92	2,57	0,167	88,01	15,56
	P	2,00	2,00	0,139	100,00	20,00
1959	O	14,67	5,03	0,344	34,29	7,95
	P	11,75	6,28	0,454	53,45	6,37
1960	O	14,18	6,39	0,455	45,06	6,26
	P	9,31	7,57	0,559	81,31	5,28
1961	O	17,98	5,63	0,398	31,31	7,10
	P	15,99	5,58	0,410	34,90	7,17
1962	O	11,38	3,45	0,236	30,32	11,59
	P	10,46	3,31	0,249	31,64	12,08
1963	O	14,75	4,00	0,303	27,12	10,00
	P	12,95	5,19	0,384	40,08	7,70
1964	O	15,34	4,07	0,321	26,53	9,82
	P	14,37	4,67	0,366	32,50	8,56
1965	O	14,00	4,79	0,381	34,21	8,35
	P	12,78	4,95	0,390	38,73	8,08
1966	O	13,29	3,92	0,313	29,50	10,20
	P	12,99	4,23	0,331	32,56	9,45
1967	O	15,45	3,39	0,332	21,94	11,80
	P	14,05	4,34	0,411	30,87	9,22

mladje P uživalo le reducirano svetlobo, se je ta pospešitev ozelenitve iz leta v leto stopnjevala in je za 4-letne mladice znašala 13,3 %, vendar pa pada maksimalna vrednost šele na naslednje leto (1960), ko je bil svetlobni režim na primerjalnih parcelicah že izravnal. To je razumljivo, saj so listni popki za leto 1960 nastali že v prejšnjem letu, ko so bile bukvice P deležne le 50 % prirodne osvetlitve. Tudi v zadnjih 7 letih so bila ozelenitvena težišča bukovega mladja P dosledno in pomembno pred težišči bukvic O, in to kljub temu, da so bile od konca 1959. leta dalje vse primerjalne parcelice deležne enakega, t. j. neomejenega naravnega sončnega sevanja. V nekaterih letih so bile časovne razlike sicer majhne, vendar so se pozneje zopet povečale, tako da ne obstaja trend izenačenja, ki bi ga v zvezi s stališči nekaterih piscev mogli pričakovati (54, 61, 99). Razlika v zadnjem letu (1967) je bila npr. večja kot v prejšnjih 3 letih in je skoraj enaka tisti iz leta 1961.

352. Vsakoletna signifikantnost razlik med parcelicami z bukovim mladjem O in P glede časovnega položaja ozelenitvenega težišča, ovrednotena s testom »t«, je prikazana v naslednji razpredelnici, kjer P pomeni odstotek tveganja.

Leto	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
P	5	2	5	10	5	50	10	50	10
t	3,38	3,83	3,12	2,24	3,70	1,11	2,69	0,92	2,59

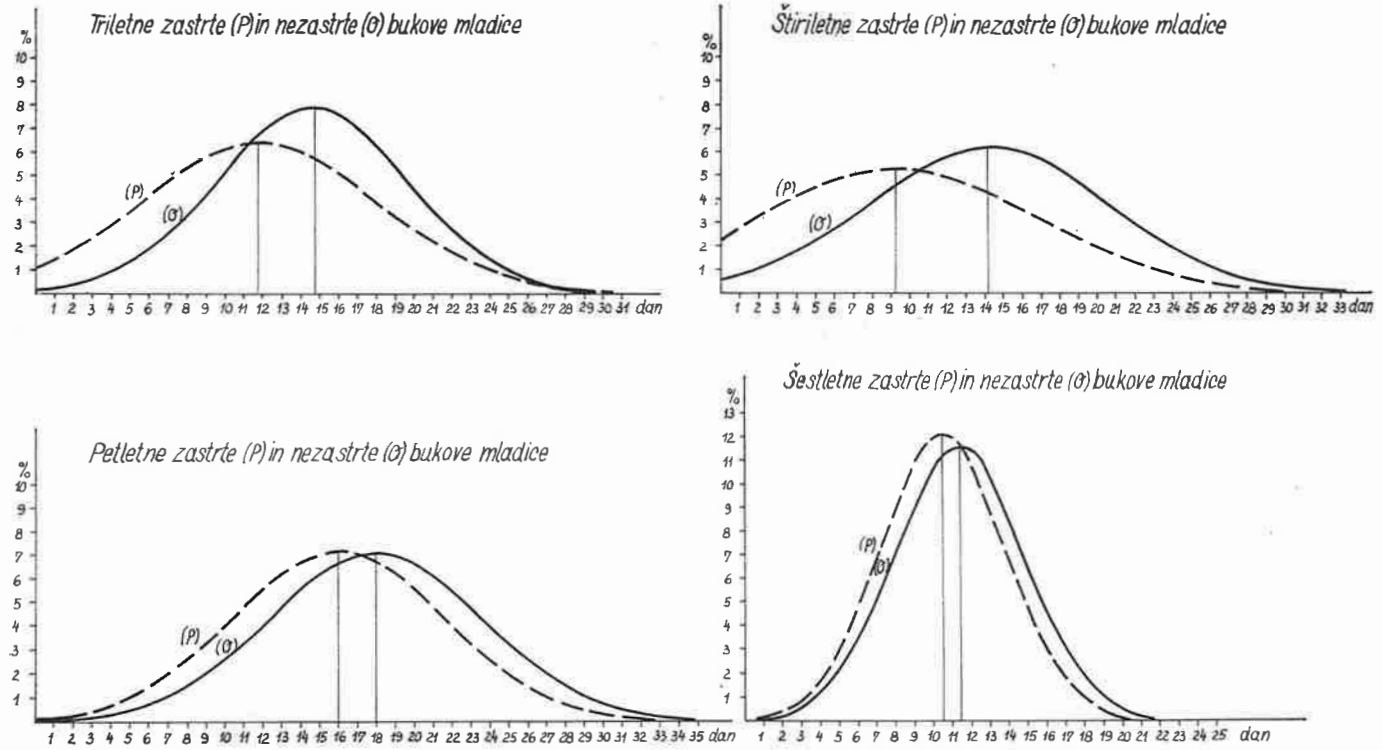
Tudi ob statističnem vrednotenju podatkov za posamezne parcelice je razlika najtrdneje utemeljena za leto 1960, t. j. za prvo leto po izenačenju svetlobnih razmer. Za leti 1964 in 1966 razlike niso več signifikantne, vendar pa so pri tveganju 10 % še vedno utemeljene za leta 1962, 1965 in 1967, medtem ko so v letu 1963, t. j. tretje leto po izenačenju svetlobnih razmer ob tveganju 5 % celo zanesljiveje utemeljene, kot so bile leta 1959, t. j. tedaj, ko so bile bukvice P še pod zastorom.

Razlike torej v opazovalni dobi fluktuirajo brez doslednega trenda upadanja. Tega nihanja pa ni mogoče razložiti z odvisnostjo od nobenega klimatičnih činiteljev, ki smo jih upoštevali. Verjetno gre torej za njihovo kompleksno delovanje v prizadetem letu ali pa tudi v tistem obdobju poprejšnjega leta, ko so se oblikovali listni popki.

Navedene ugotovitve dopuščajo sklep, da redukcija svetlobe povzroča pospešeno olistovanje bukovega mladja ne le v naslednjem letu, ampak najmanj še 8 let potem, ko so bile bukvice sproščene in deležne popolne prirodne svetlobe. To spoznanje o vplivu svetlobe na periodičnost frondescence omogoča pojasnilo, zakaj med dominantnimi bukvami v sestoji praviloma ne nahajamo osebkov, ki zgodaj ozelenijo, pač pa jih je v polnilnem delu sestoja, ki uživa reducirano svetlobo, zelo veliko (60, 67, 86, 118). Hkrati pa naša razlaga obravnavane ekološke modifikacije bukve zavrača trditve, ki zgodnejše olistovanje polnilnega sloja pripisujejo domnevi, da so popki podraslih bukev manj zahtevni za toploto in zato prej reagirajo na otoplitev kot popki na dominantnem drevju (41) oziroma, da jih, ker so v zavetju, ves dan obdaja toplejši zrak kot popke na vladajočih bukvah, in zato prej ozelenijo (118). Na podlagi naših navedenih izsledkov tudi ni mogoče sprejeti pojasnila, da popki na bukvah v polnilnem delu sestoja spomladi prej dobijo potrebne ascendentne sokove in zato prej ozelenijo, ter da so pripadajoče korenine v višji, torej spomladi prej ogreti talni plasti in zato prej oživijo (49). V našem eksperimentu smo imeli opraviti — vsaj v prvih letih poskusnega obdobja — z bukovimi mladnicami, ki se v poprečju za primerjalne parcelice glede na svojo višino in na globino korenin prav gotovo niso mogle toliko razlikovati, da bi to moglo povzročati neenako dotekanje sokov v njihove krošnjice. Na podlagi izsledkov teh raziskovanj moram prav tako tudi starost izločiti iz vzrokov za obravnavani pojav, čeprav ji pripisujejo takšno vlogo (67). Kajti v našem primeru smo imeli opraviti z bukovo populacijo, sestavljeno iz osebkov enake starosti. Na šibkih nogah stoji tudi razlaga, ki ima spomladanske slane za vzrok, da se polnilni sloj prej olisti, češ da zgodnje bukve zaradi ponovnih pozeb zaostajajo v rasti in jih zato pozne prerasejo ter spodrinejo v polnilni sloj (86). Če bi bila prostorna diferenciacija osebkov v bukovem gozdu res pogojena s pozebami, potem bi morale rane bukve v nekaj generacijah izginiti, kajti semenitev nižjih bioloških razredov je v primerjavi z višjimi malenkostna in bi ta selekcijska prednost nadraslih bukev, ki se v veliki večini pozno olistajo, sčasoma morala pripeljati do njihove absolutne in izključne udeležbe v bukovih populacijah. Toda dognano je, da nahajamo zgodnje bukve v vseh naših bukovih gozdovih (6). Omenjeni razlagi torej ne moremo pritegniti.

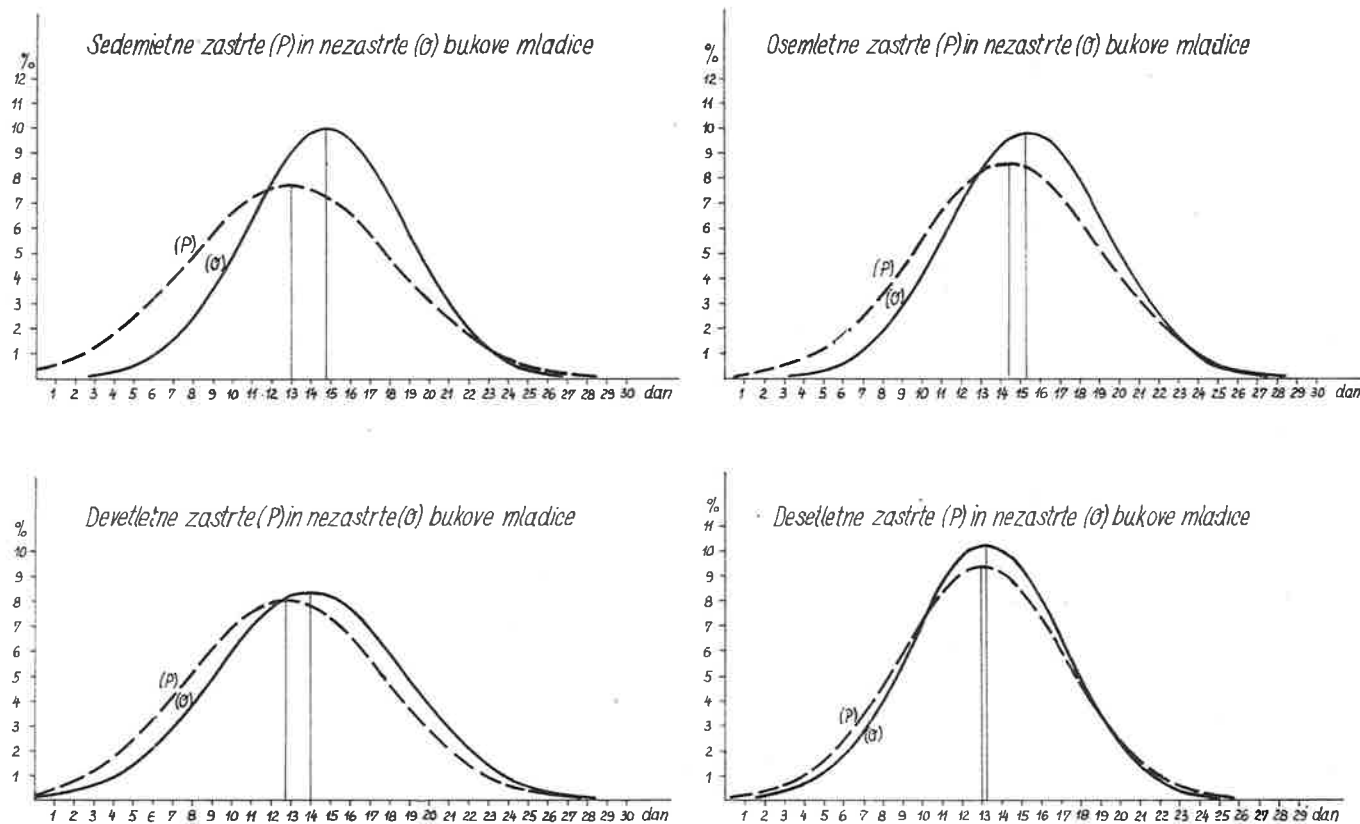
353. S primerjavo v točki 35 navedenih statističnih parametrov sem nadalje dognal, da je časovni posip ozelenitvenega težišča bukovega mladja P občutno večji kot pri primerjalnih bukvicah O. Razlika standardnih odklonov za raziskovalno obdobje znaša npr. 11 %, poprečna variacijska koeficienta pa se razlikujeta celo za 29 % in tudi poprečni modus za opazovalno razdobje za 5 %. Ta ugotov-

Frekvenčna porazdelitev ozelenitvenih časov



Slike 2—5.

## Frekvenčna porazdelitev ozelenitvenih časov



Slike 6—9.

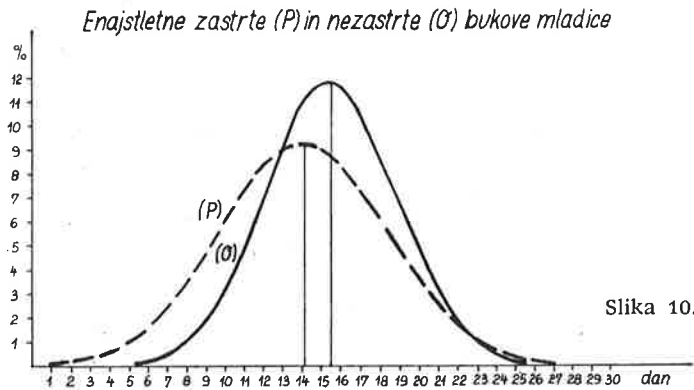


vitev o večji modifikacijski variabilnosti olistovanja bukovega mladja, ki se je prva 4 leta razvijalo ob 50% svetlobi, se ujema z dognanjem v točki 33.

354. Diagrami od št. 2 do 10 kažejo krivulje frekvenčne porazdelitve ozelenitvenih časov za 3- do 11-letna bukova mladja, ločeno za bukvice O in za bukove mladice P. Krivulje so bolj ali manj simetrične. V primerjavi z normalno porazdelitvijo so različno ekscesivne. V razpredelnici so predočene vsakoletne ekscesivnosti frekvenčnih krivulj ozelenitvene časovne porazdelitve.

Leto	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	
E	O	+0,19	-0,63	+0,03	+0,94	+0,05	+0,39	+0,77	+0,83	+3,44
	P	-1,07	-1,54	-0,25	+1,86	-1,02	+0,22	-0,22	+0,10	+0,93

Ekscesivnost ozelenitvenih frekvenčnih krivulj za trajno nezastrito bukovo mladje je praviloma pozitivna, medtem ko je za bukove s 4 leta reducirano svetlobo pretežno negativna. V prvem primeru je opazen očiten trend stopnjevanja presežkov, v drugem primeru pa je izraženo nepravilno nihanje. Poprečni vrednosti ekscesivnosti primerjalnega bukovega mladja za 9-letno obdobje sta si v razmerju 7,7 : -1,3. Ti parametri kažejo, da je ozelenitev bukovih mladice, ki jim je bila prva 4 leta reducirana razpoložljiva svetloba, potekala veliko neenotneje kot pri nezastriem bukovi. Medtem ko se pri drugem obravnavana fenofaza za vso populacijo s starostjo vedno bolj homogenizira, je pri prvem njena disperzija zelo spremenljiva, verjetno v odvisnosti od kompleksnega delovanja klimatičnih činiteljev, ki so iz leta v leto zelo variirali.



36. Ugotovljeni vpliv svetlobe na periodičnost frondescence bukovega mladja mora neogibno spremeniti tudi druge interakcijske odnose z ekološkimi okolnostmi. Če med njimi za sedaj upoštevamo le odnos do spomladanske slane, pridemo do zaključka, da je bukovo mladje, ki mu je bila prva štiri leta reducirana svetloba, zaradi pospešenega začetka in podaljšanega trajanja olistovanja bolj izpostavljeno nevarnosti pred spomladansko pozebo in s

tem tudi neposrednim in posrednim posledicam, ki iz nje izvirajo. Ta ugotovitev pa nasprotuje dosedanji, trdno ustaljeni praksi in tudi načelnim stališčem glede pomlajevanja bukovih gozdov. Pri vseh oblikah oplodne ali postopne pa deloma tudi skupinske in prebiralne sečnje je bila doslej uveljavljana poglavitna zahteva: »zaščita pomladka pod zastorom starega drevja«. To stališče nahajamo v večini dosegljivih gozdnogojitvenih učbenikov in v številnih tehničnih razpravah, in sicer ne le v starejših (19, 31, 33, 81, 105, 106, 114), ampak tudi v sodobnih (16, 51, 57, 58, 62, 89). V strokovni literaturi se torej srečujemo z neke vrste aksiomom, ki ga številni pisci tako rekoč dogmatično priznavajo. Razlikujejo se le v stopnji njegovega upoštevanja v intervalu med priporočilom, da je »treba v bukovem gozdu izbrati dolgo pomladitveno obdobje, ki omogoča, da ostanejo mlade bukvice čim dlje pod zastorom starega drevja« (58), da je »le pod ugodnimi razmerami zastora bukovega mladju zagotovljen največji uspeh«, da »bukov naraščaj in mladje zahtevata zaščito pred pozebo, sončno pripeko in plevelom« (99), pa do najblažjih trditev, da »so mlade bukvice v nezastrih goščah bolj izpostavljene pozebi kot v zastrih« (58) ali pa, da je »za uspešen razvoj potrebno bukovega mladju postopno dovajati svetlobo« (57).

Le redki strokovnjaki so doslej izrazili pomisleke nad »zaščito« bukovega mladja pod krošnjami semenjakov. Takšno stališče je izraženo z opozorilom, da oplodna sečnja lahko škodljivo deluje na bukovo mladje (12). Odločno pa se je sprotijel z nekritičnim priporočanjem zastiranja bukovega mladja Š a f a r, ki se je uspešno poglobil v njegovo fiziološko-ekološko bistvo in ga je nedvoumno opredelil z ugotovitvijo, da se »mlad bukov naraščaj bioekološko bolje razvija v vrzelih med sklepom krošenj kot pod zastorom nadraslih dreves« (101) in da »bukovega mladovju na Dinaridih ni potrebna zaščita pod sklepom odraslega drevja ter da je ona odveč in je lahko celo škodljiva« (100).

Dosedanjo prevladujočo prakso in načelna stališča glede pomlajanja bukovih gozdov bo torej potrebno podvreči kritični reviziji ob primernem upoštevanju dognanega zastiralnega vpliva bukovih semenjakov nad naraščajem in mladjem, ki mu s svojimi krošnjami povzročajo takšno spremembo periodičnosti njegovega olistovanja, da je povečana nevarnost pred spomladansko pozebo. Varovalni vpliv deloma še golih krošenj semenjakov na že ozelenelo bukovo mladje ne more biti učinkovit in tolikšen, da bi kompenziral svojo škodljivost zaradi pospešenega olistovanja, kajti vpliv takšnega odraslega bukovega gozda na temperaturne razlike je le neznamenit in nepomemben (57). Bukovi semenjaki morejo uveljaviti svojo varovalno vlogo šele po svoji ozelenitvi. Še posebno pa morejo spomladanske slane prizadevati bukovo mladje po opravljeni (pospravilni) sečnji semenjakov, ko bukov naraščaj zaradi svoje pospešene ozelenitve, inducirane od dotedanjšega zasenčenja, bolj trpi ob pomladanskih slanih, medtem ko neozelenelem bukovju, t. j. tistemu, ki dotlej ni bilo zasenčeno, pozebe ne morejo toliko škoditi, razen če niso izredno pozne.

361. Spomladanske slane so v naših klimatičnih razmerah zelo pogost pojav. V 12-letnem opazovalnem obdobju le 2 leti med olistovanjem bukovega mladja temperature niso bile pod ničlo (merjene 5 cm na tlemi), medtem so razhladitve 4 leta dosegle interval med  $-1^{\circ}$  in  $-2^{\circ}$ , tri leta med  $-2^{\circ}$  in  $-3^{\circ}$ , tri leta pa so se spustile celo pod  $-3^{\circ}$  C. Trikrat so bile slane radiacijskega značaja, sedemkrat pa advektivnega in so torej na široko zajele slovensko ozemlje. Iz podatkov v točki 12 sledi, da so spomladanske pozebe v opazovalni dobi trikrat občutno pri-

zadele naše bukovo mladje. Ponavljale so se torej poprečno vsako četrto leto. Njihova škodljivost ni bila odvisna le od ohladike zraka, ampak tudi od vremenskih razmer, ki so sledile kritičnim nočem, zlasti pa od stopnje olistovalnega razvoja. Kljub temu da so bile bukvice P pod zastorom, so leta 1957 prav toliko trpele zaradi pozebe kot nezastrite bukvice O, ker je bil razvoj olistovanja prvih do tedaj bolj napredoval. Poškodovani poganjki so zaostali v rasti ter so pozneje oblikovali po dva ali več adventivnih poganjkov, zaradi katerih so v nadaljnjem razvoju nastale različne nenormalnosti in deformacije debelc ter vej.

\*

Med bukovima mladjema z omejeno in s popolno osvetlitvijo sta se začetek in trajanje olistovanja pomembno razlikovala, in sicer ne le v dobi z neenakimi svetlobnimi razmerami, ampak tudi še 8 let po njihovem izenačenju. Tudi pozneje te razlike ne kažejo nikakršnega trenda upadanja. Zlasti sta se razhajala časovna položaja težišč ozelenitvenega časa za primerjalni bukovji, in sicer v odvisnosti od temperaturnega praga pa tudi od vsote sončnih dni po odtalitvi tal, medtem ko padavinske razmere niso vplivale. Reducirana svetloba je dosledno in trajno pospeševala olistovanje bukovega mladja, hkrati pa je povzročala časovno podaljšanje tega procesa. Vpliv zasenčenja na periodičnost frondescence mladega bukovja izpostavlja le-to povčani nevarnosti pred pozebo in njenimi škodljivimi posledicami, zato gozdnogojitveni postopki, pri katerih je bukovo mladje vsaj 4 leta zastrito, nezaželeno vplivajo na njegovo ciklično periodičnost, in sicer še daljšo dobo po odstranitvi zastora.

#### 4. Prirastek

Strokovno slovstvo je zelo bogato podatkov in sklepov glede vpliva zmanjšane svetlobe na prirastek drevesnega mladja. Velika večina avtorjev prisoja sciofitskim in celo hemiombrofitskim rastlinskim vrstam — k prvim prištevajo tudi bukev — sposobnost oziroma celo značilnost, da se ob zmanjšani svetlobi dobro razvijajo in celo stopnjujejo svoj prirastek.

41. Glede višinskega prirastka raznih vrst gozdnega drevja najdemo v strokovni literaturi pogostne ugotovitve, da ga primerno zasenčenje stopnjuje. Ta pojav razlagajo z upoštevanjem etioliranja. Kot izjemo navajamo le jelko (19, 106). Za bukove sadike, stare 2 leti, so npr. ugotovili, da je bil pri 50 % prirodni svetlobi (takšni, kot smo jo uporabili tudi mi) višinski prirastek nekoliko povečan (11). Predpostavili so stimulacijo višinskega prirastka bukovega mladja celo pri 25 % popolne svetlobe (10). Dognali so, da je za prirodni bukov naraščaj pod krošnjami kritična meja višinskega prirastka med 10 in 20 % popolne svetlobe (9). V območju med 25 in 50 % prirodne svetlobe so opazili povečan višinski prirastek v primerjavi z bukovim mladjem, ki je uživalo popolno svetlobo; pri 33 % svetlobi so bile enoletne bukvice celo najvišje in so bile šele pri 8 % svetlobi približno enako visoke kot primerjalne nezastrite (14). Za triletne (112) bukove presajenke so dognali, da zasenčenje z 18 do 77 % popolne svetlobe sploh ni zmanjševalo višinskega prirastka, šele intenzivnejša redukcija svetlobe je delovala nanj zaviralno (16). Enako stare bukove sadike, ki so bile deležne 77 % popolne svetlobe, so glede na višine prekašale primerjalne bukvice, ki niso bile zastrite

(104). Tudi zasenčenje zaradi plevela, ki je prerasel bukove sadike, stare 1/1 leto, ni oviralo višinskega prirastka (17). Te in podobne ugotovitve razlagajo različni avtorji s trditvami, da ima bukev od vsega gozdnega drevja razen jelke in tise najnižji svetlobni minimum (107), da je njen prirastek bolj odvisen od zračne temperature kot od svetlobe, ki deluje nanj le posredno, da je globalno svetlobno sevanje le iniciator rasti in da sta tvorba asimilatov in rast dva procesa, ki ju je potrebno ločeno obravnavati, vendar pa sta med seboj povezana. »Pri tem je tvorba asimilatov odvisna od temperature in od svetlobe, prirastek pa le od temperature« (116). Toda če upoštevamo dejstvo, da se »energija sončnega žarčenja pri absorpciji v rastlini spremeni v toplotno energijo«, navedeno pojasnilo ni posebno prepričljivo.

Le redki pisci so prišli do spoznanja, ki je vsaj deloma nasprotno. J a r o š e n - k o je ugotovil za razmere v Zakavkazju, da je bukovo mladje, ki je bilo deležno popolne svetlobe, 1,8-krat hitreje priraščalo v višino kot pod zastorom krošenj. Za 10-letne bukove mladice pa je M a l j c e v dognal, da dosežejo največji višinski prirastek pri popolni svetlobi, medtem ko je njena redukcija za 30 % zavrla rast bukvic za 6,9 % (64). R ö h r i n g je za razne vrste listavcev dognal, da so sadike, stare 1/1 leto, pri 78 % svetlobi počasneje priraščale v višino kot pri popolni prirodni osvetlitvi. Izjema je bil le lipovec (88). W a t t je nadalje dognal, da se bukovo mladje ob večji svetlobi uspešneje razvija kot pod krošnjami. V bukovem gozdu z zajčjo deteljico, kjer je bilo pod krošnjami le 2 % popolne svetlobe, so 4-letne bukove mladice priraščale v višino poprečno za 91 % manj kot pri popolni osvetlitvi. V bukovem gozdu z gozdno robido, kjer je do tal presevalo 3 % do 7 % popolne svetlobe, so 4-letne bukove mladice poprečno za 79 % zaostajale za višino popolnoma osvetljenih bukvic (4). D o w e l l je dognal, da se je višinski prirastek 3-letnih bukovih sadik, ki so rasle pri 22, 44 in 66 % svetlobi, v vsakem primeru zmanjšal (27). K u r t h sicer ugotavlja, da je bukova gošča pod krošnjami višja od enako stare na posekah (58), vendar pa pri tem ni upošteval stopnje zastrtosti v preteklosti. Če njegove podatke vrednotimo glede na to, kako dolgo po svojem nastanku je raslo bukovo mladje pod zastorom, doženemo, da pripada največji poprečni višinski prirastek bukovi gošči, ki je bila najprej sproščena. Število avtorjev, ki pišejo v prilog čim močnejši osvetlitvi bukovega mladja, je skromno in nekatera njihova opažanja ter sklepi so razen tega še manj pomembni, ker se nanašajo na intenzivno redukcijo prirodne svetlobe, ki zelo presega tisto, kot smo jo mi uporabili.

411. Začeni s starostjo 2 let pa do vključno 12-letne starosti sem za večino let v jeseni po zaključku vegetacijske aktivnosti izmeril višine vsem bukvicam na primerjalnih parcelicah. Podatki so bili statistično obdelani in je bilo dognano, da je v vsej opazovalni dobi svojčas z a s t r t o b u k o v o m l a d j e P z a o s t a j a l o z a v i š i n o n e z a s t r t e g a O.

Višinski odnosi primerjanih bukovih populacij so bili statistično analizirani ter so izraženi s parametri, ki so zbrani v naslednji razpredelnici.

S primerjalno razčlenitvijo navedenih parametrov sem dognal, da je višinski prirastek bukovega mladja O v poprečju za opazovalno dobo za 42,06 % presegal prirastek prvotno zastrtih bukvic. Relativne razlike so se gibale v posameznih letih od 11,0 do 61,6 % in so se stopnjevale ne le v obdobju, ko je uživalo bukovo mladje P le reducirano svetlobo, ampak še štiri leta nato, ko so bile svetlobne razmere obeh primerjanih bukovih populacij izenačene. Absolutne razlike med

Leto		$\bar{x}$	s	$s\bar{x}$	V %	H %
1957	O	8,67	4,14	0,261	47,81	48,31
	P	7,86	3,12	0,198	39,72	64,10
1958	O	17,16	9,06	0,593	52,79	22,07
	P	13,24	5,08	0,352	38,32	39,37
1959	O	36,10	21,05	1,456	58,33	18,99
	P	25,73	12,42	0,899	48,29	32,17
1960	O	56,45	29,08	2,022	51,52	13,75
	P	37,21	18,37	1,365	49,38	21,76
1962	O	112,20	48,49	3,450	43,22	16,50
	P	69,42	37,40	2,480	53,87	21,39
1965	O	228,60	79,66	6,400	34,85	10,04
	P	153,20	76,43	6,020	49,89	10,46
1966	O	291,92	77,79	7,250	26,65	10,29
	P	210,50	79,85	7,350	37,93	10,02
1967	O	328,40	88,36	8,583	26,91	9,06
	P	242,80	98,00	9,474	40,36	8,16

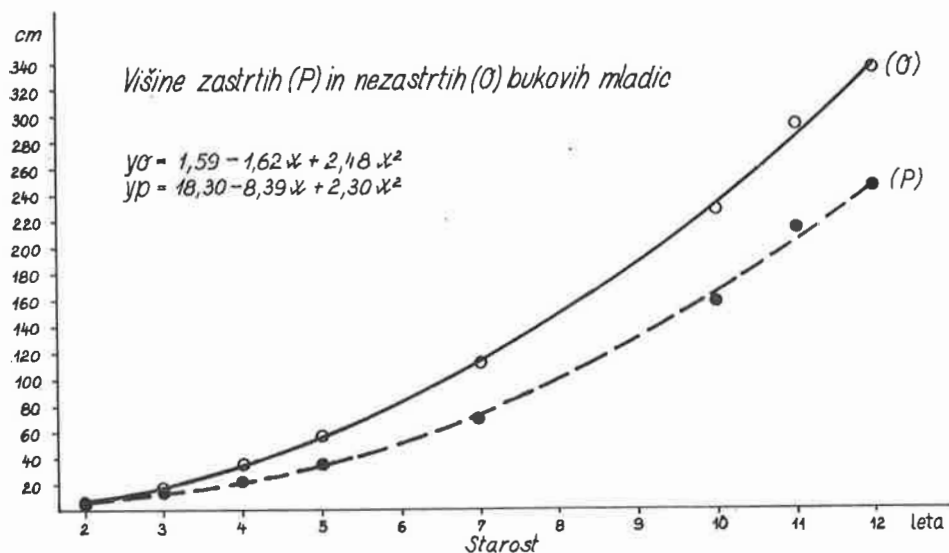
poprečnimi višinami stalno sproščene in svoječasno zastrtega bukovega mladja so se v vsej opazovalni dobi stopnjevale, in sicer od 0,81 cm v drugem letu starosti do 85, 60 cm v dvanajstem, in to kljub temu, da so bile drugo omenjene bukove mladice že 8 let deležne popolne prirodne svetlobe.

412. Stopnje vsakoletne utemeljenosti razlik med parcelicami so prikazane po posameznih letih v naslednji razpredelnici.

Leto	1957	1958	1959	1960	1962	1965	1966	1967
P	12,5	2,50	0,50	0,05	0,10	0,50	0,50	1,00
t	2,12	3,05	5,93	14,43	8,54	5,45	6,19	5,60

Za vsa upoštevana leta v opazovalni dobi so razlike med srednjimi višinami bukvic O in P na posameznih parcelicah signifikantne. Utemeljenost razlik raste od 2. do 5. leta starosti, čeprav so se bukvice zadnje leto (1960) razvijale pri izenačeni, t. j. popolni prirodni svetlobi. Po letu 1960 je opazen blag trend upadanja razlik, vendar to ne velja glede na vse opazovalno obdobje, kajti signifikantnost razlik npr. 11-letnega mladja je prav tako trdna, kot je bila za 4-letno in 12-letnega občutno trdnejša kot 3-letnega. Iz diagrama št. 11 je razvidno, da ima poprečna divergenca za vse obdobje trend naraščanja.

Preizkušana linearna regresija je za nezastrto bukovje izražena z obrazcem  $y = 135,8 + 33,5 (x - x)$  z napako  $\pm 8,58$ , za sprva zastirano mladje pa z  $y = 96,2 + 24,2 (x - x)$  z napako  $\pm 8,25$ . Razlika se za vsako leto stopnjuje za 9,3 cm. Vendar pa je višinski razvoj bolje izražen s parabolo, ki ji v prvem primeru ustreza funkcija  $y = 1,59 - 1,62 x + 2,48 x^2$  z napako  $\pm 2,35$ , v drugem primeru



Slika 11.

pa  $y = 18,30 - 8,39x + 2,30x^2$  z napako  $\pm 2,84$ . Razlika višinskega prirastka je izražena z obrazcem  $d = 16,17 - 6,77x + 0,18x^2$ . Divergenca med višinami primerjalnih mladij je do konca opazovalne dobe naraščala.

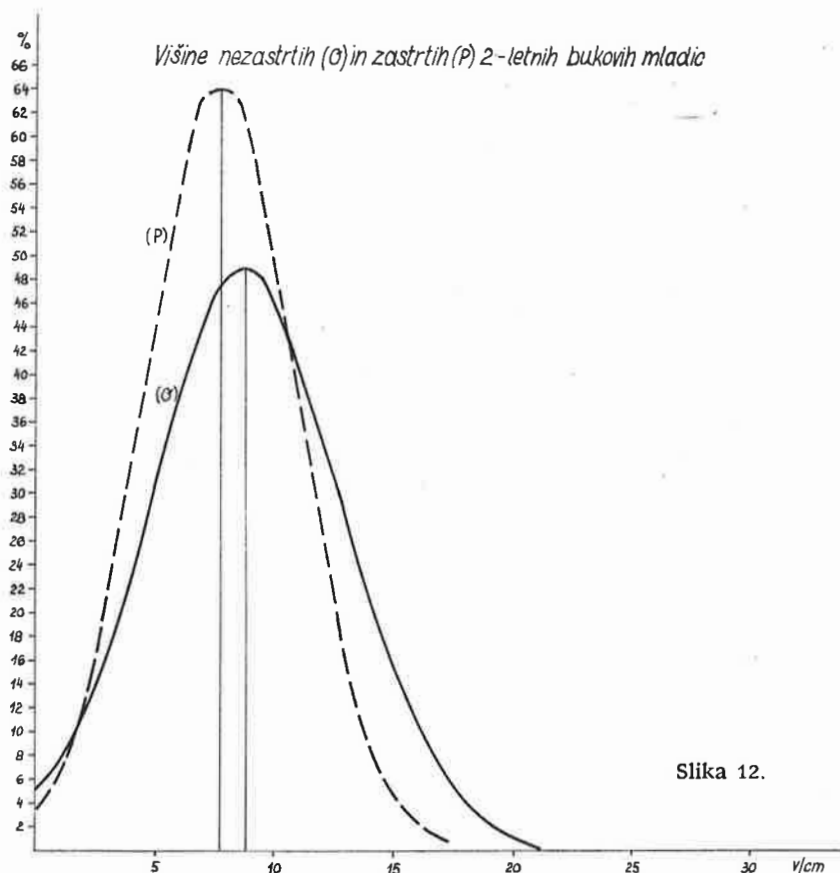
Bukovo mladje, ki je sprva raslo pri 50% reducirani svetlobi, je torej v primerjavi z nezastrtim uveljavljalo signifikantno manjši višinski prirastek. S starostjo so se razlike celo stopnjevale tudi ves čas po izenačenju svetlobnih razmer, tako da je bil trend prirastne divergenca še pri 12-letni gošči izrazit.

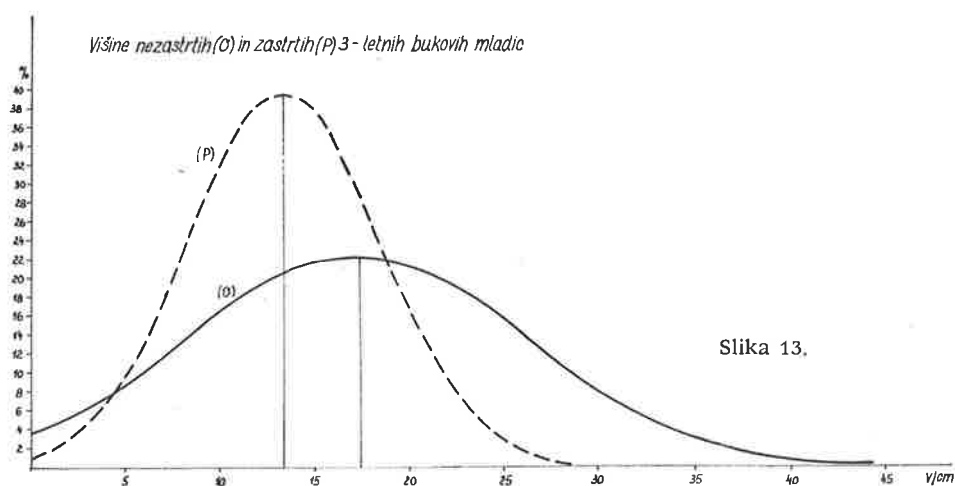
413. Potek prostornega razslojevanja je bil v primerjalnih bukovich mladjih različen. Velikost standardnih odklonov v opazovalnem obdobju nam kaže, da je višinska diferenciacija prvotno zastrtega bukovich do 10-letne starosti potekala manj intenzivno, kajti pripadajoči standardni odkloni so dosledno manjši in v tem obdobju zaostajajo poprečno za 25,2%. Na blažjo višinsko diferenciacijo nekoč zastrtega bukovega mladja opozarjajo tudi variacijski koeficienti, ki so do njegove petletne starosti dosledno manjši ter za poprečje te starosti za 19,7% zaostajajo za vrednostmi, ki pripadajo trajno nezastrtemu bukovich. Končno to potrjuje tudi primerjava modusnih ordinat, ki so za 12-letno poprečje bukovich P za 39,2% večje, za 10-letno poprečje pa celo za 45,9% večje, kot so za bukovo mladje O in s tem napovedujejo, da so višine prvo omenjenega bukovich enotnejše kot pri drugem. Skratka: bukovo mladje, ki se je prva 4 leta razvijalo ob 50% svetlobi, je zaostajalo ne le v višinskem prirastku, ampak tudi v modifikacijski variabilnosti, pogojeni s prostornim položajem v populaciji. Uveljavljanje teh razlik pa ni bilo omejeno le na tista leta, ko je bila svetloba reducirana, ampak se je kazalo vsaj še 8 let po izenačenju svetlobnih razmer.

Razslojevanje bukovega mladja in utapljanje zaostajajočih osebkov je povzročilo postopno odmiranje določenega števila bukovih mladice, torej upadanje njihove frekvence po površinski enoti. Ker pa so bili glede na namen našega raziskovanja v mladju opravljeni določeni uravnavni ukrepi, opisani v točki 19, redukcija števila bukvic ni potekala izključno le pod vplivom prirodnih okoliščin zato njena analiza ne bi dala objektivnih in uporabnih izsledkov. Zaradi tega sem se je odrekel in sem se zadovoljil z ugotovitvami, navedenimi v točki 19.

414. V diagramih št. 12 do 19 so predložene višinske frekvenčne krivulje za 2 do 12-letno bukovo mladje, ločeno za bukvice O in P. Krivulje so približno simetrične in — primerjane z normalno razdelitvijo — neenako ekscesivne, kot je to razvidno iz razpredelnice, kjer so predložene vsakoletne stopnje ekscesivnosti.

Ekscesivnost višinskih frekvenčnih krivulj za trajno nezastrto bukovo populacijo je močno pozitivna in v poprečju za opazovalno obdobje za 70,7 % večja kot tista, ki se nanaša na bukvice s prvotno reducirano svetlobo. Te ugotovitve dopolnjujejo naše dognanje iz točke 413 glede zaostajajoče višinske diferenciacije buko-





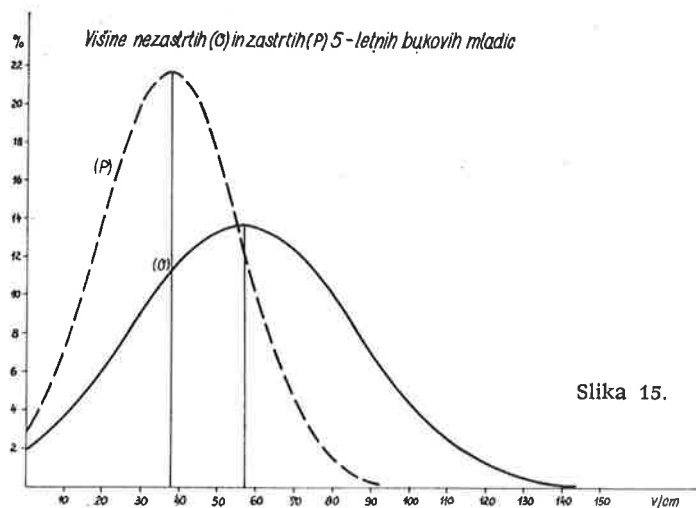
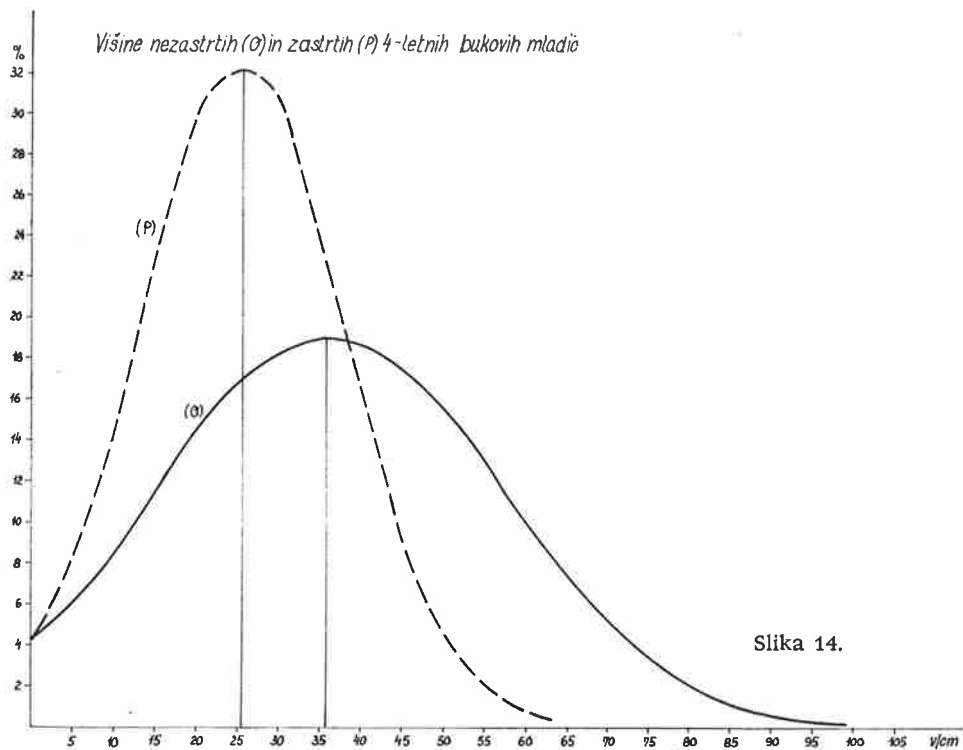
Leto		1957	1958	1959	1960	1962	1965	1966	1967
E	O	+ 6,85	+ 5,16	+ 2,98	+ 0,98	- 0,07	- 0,62	- 0,58	+ 0,41
	P	+ 3,45	+ 1,97	+ 1,38	+ 0,57	+ 0,16	- 0,03	- 0,58	- 0,84

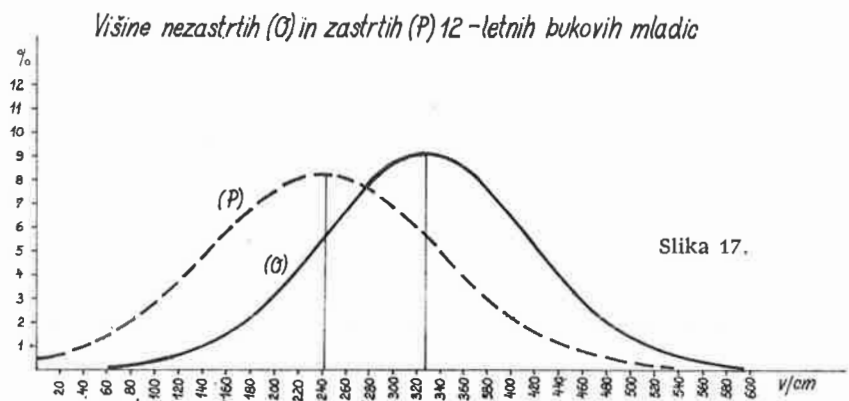
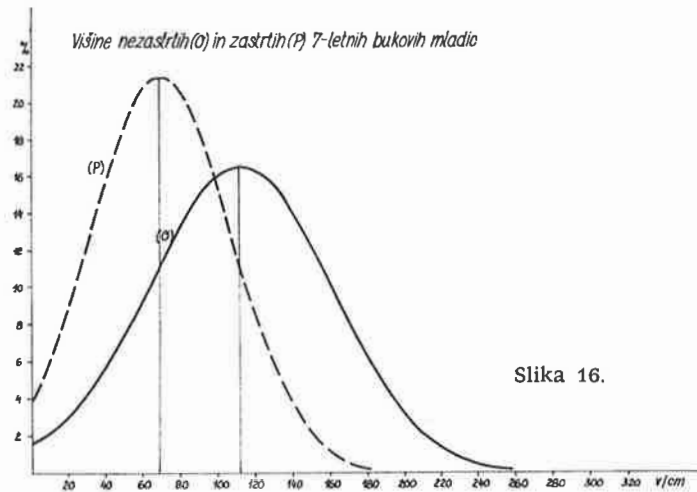
vega mladja, ki je bilo sprva zastrito. Zanimiva je tudi dosledno izražena tendenca upadanja stopnje ekscesivnosti, ki pa je pri bukovju O skoraj 4-krat izrazitejša kot pri bukovem mladju P. Ta odnos potrjuje pravilnost našega dognanja iz prejšnje točke o počasnejši višinski diferenciaciji svojčas zastrttega bukovja.

42. Podatki iz strokovne literature, ki obravnavajo vpliv svetlobe na debelinski prirastek mladja gozdnega drevja, med njimi tudi bukve, ne ustvarjajo enotne podobe. Za dveletne presajenke doba, gradna, gorskega javora in lipe so ugotovili, da jim reducirana svetloba zavira debelinski prirastek, medtem ko ga pri mladju lipovca pospešuje (90). Med bukovim mladjem, starim 2 do 7 let, ki je bilo deležno le okoli 50 % prirodne svetlobe, in takšnim, ki ni bilo zastrito, niso odkrili nikakršnih razlik glede priraščanja v debelino. Šele pod zastorom, ki je prepuščal komaj okoli 30 % svetlobe, so dognali zmanjšanje debelinskega prirastka za 25 % (8, 11). Burschel in Schmaltz sta ugotovila za dvoletne bukove presajenke, da so reagirale na reducirano svetlobo z zmanjšanim debelinskim prirastkom (16). Za triletne bukove presajenke pa sta dognala, da so bile v senci plevela za 17 % tanjše od tistih, ki so bile oplete (17). Toda vsem tem izsledkom ne moremo prisoditi posebne tehtnosti, ker se večinoma nanašajo le na zelo mlade bukvice, ki pa so bile razen tega ob snovanju poskusov presajene in zato podvržene vsaj 2-letnemu nenormalnemu razvoju, ki je moral neogibno vplivati na potek in na rezultate eksperimenta.

421. Debelinski prirastek poskusnega bukovega mladja sem ugotavljal z merjenjem premerov debelc s kljunastim merilom na trajno obeleženih mestih 20 cm od tal. Meritve so bile omejene le na zadnja tri leta opazovalnega obdobja.







Podatki so bili statistično analizirani. Rezultati so pokazali, da redukcija svetlobe občutno zavira debelinski prirastek mladega bukovja. Debelinski odnosi primerjalnih bukovi populacij so izraženi s statističnimi parametri, ki so prikazani v naslednji razpredelnici.

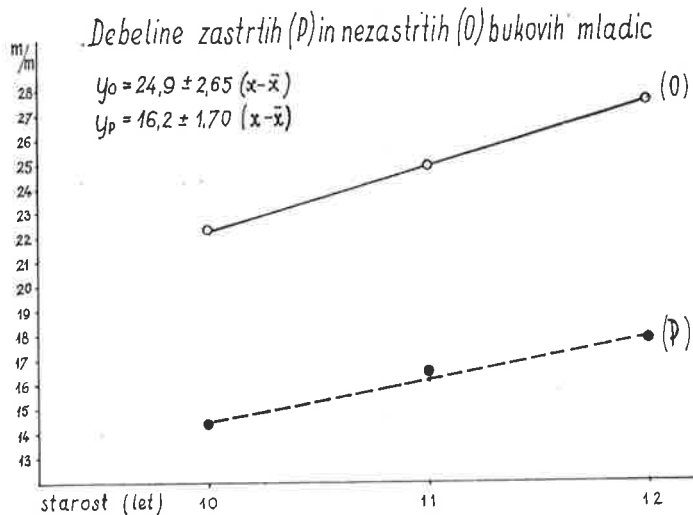
Leto		$\bar{x}$	s	s $\bar{x}$	V %	H %
1965	O	22,15	9,26	0,879	41,81	21,59
	P	14,80	6,93	0,646	46,82	28,86
1966	O	24,65	10,83	1,010	43,94	18,47
	P	17,05	7,21	0,664	42,29	27,74
1967	O	26,65	13,32	1,242	49,98	15,02
	P	17,75	8,87	0,820	49,97	22,55

Primerjava navedenih parametrov je pokazala, da je debelinski prirastek trajno nezastritega bukovega mladja v poprečju za zadnja 3 leta za 48,1 % prekašal prirastek prvotno zastrite bukove populacije. Te relativne razlike so se gibale v posameznih letih od 44,6 do 50,2 %, s tem da je največja vrednost pripadala zadnjemu letu. Torej še pri 12-letni starosti obstaja trend stopnjevanja relativnih razlik debelinskega prirastka med primerjanima bukovima populacijama, čeprav je preteklo že 8 let od izenačenja svetlobnih razmer.

Tudi absolutne razlike debelinskega prirastka so z zaporedjem opazovalnih let naraščale. Linearna regresija debelinskega prirastka, izračunana po metodi najmanjših kvadratov, je za trajno nezastrito bukovo mladje izražena z obrazcem  $y = 24,9 + 2,65 (x - \bar{x})$ , za bukvice, ki so do 5. leta uživale za 50 % reducirano svetlobo, pa z enačbo  $y = 16,2 + 1,7 (x - \bar{x})$ . Poprečna divergenca se torej vsako leto stopnjuje za 0,9 mm. Srednje vrednosti za zadnja 3 leta so predočene na diagramu št. 18, kjer je očitno razviden divergenčni trend debelinskega prirastka obeh populacij, izražen z linearno regresijo.

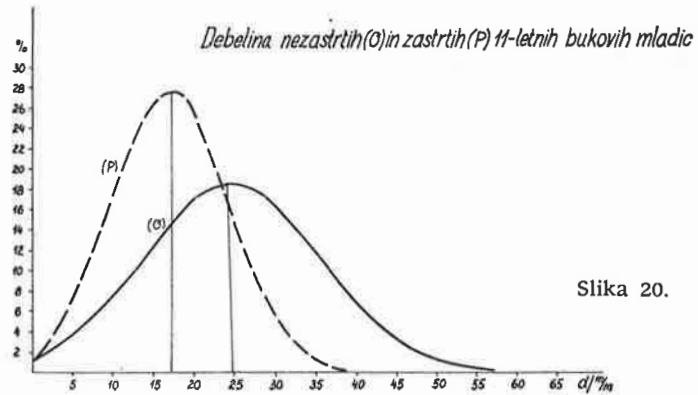
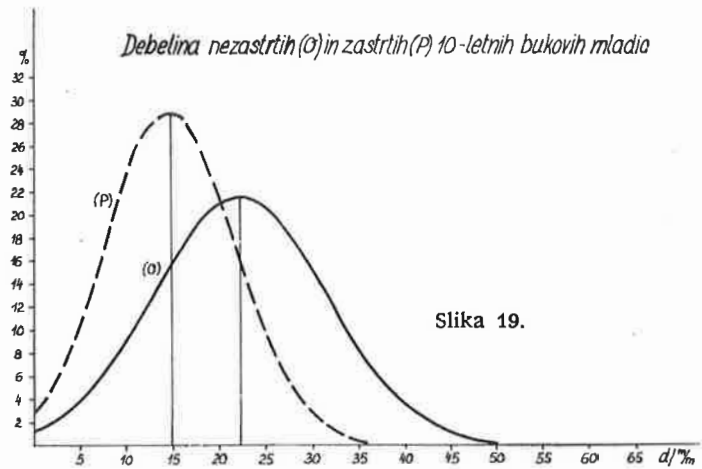
Na podlagi teh ugotovitev je utemeljen sklep, da 50 % redukcija svetlobe močno zavira debelinski prirastek bukovega mladja, in sicer ne le tedaj, ko je zastrito, ampak še najmanj 8 let po popolni sprostitvi, ko se divergenčni trend še vedno uveljavlja.

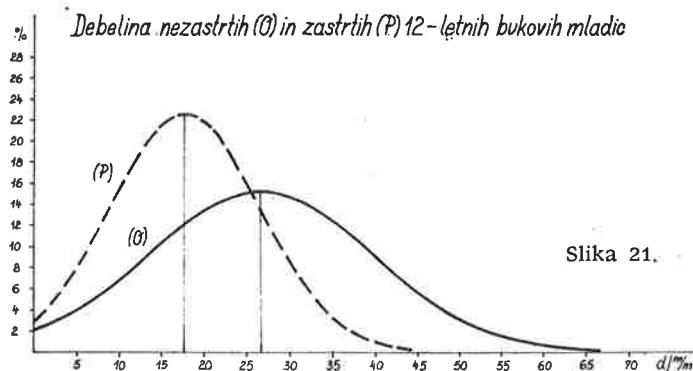
422. Razlika debelinskega prirastka med primerjalnimi parcelicami v zaporedju za upoštevana leta je pri tveganju 0,5 % signifikantna za  $t = 5,584$ , za  $t = 5,473$  in za  $t = 5,683$ . Signifikantnost je bila torej v vseh treh primerih zelo trdna. Bukovo mladje, ki je prva 4 leta raslo pri 50 % reducirani svetlobi, je torej v primerjavi z nezastrtimi bukvicami signifikantno počasneje priraščalo v debelino. S starostjo so se razlike stopnjevale — tudi po izenačenju svetlobnih razmer — ter je bil trend prirastne divergence pri 12-letni bukovih gošči še vedno izrazit.



Slika 18.

423. Debelinska diferenciacija je v opazovalnem obdobju v primerjanih bukovih mladjih različno potekala. Standardni odkloni za bukovje P so bili dosledno manjši od tistih, ki so pripadali primerjalni bukovi populaciji, hkrati pa so bile modusne ordinate dosledno večje. Na podlagi teh nakazovalcev je dopusten sklep, da se je bukovo mladje s prvotno reducirano svetlobo glede na debelinsko diferenciacijo enoličnejše razvijalo in je torej v variabilnosti debelinskega prirastka zaostajalo. Razlike obeh primerjalnih parametrov z leti ne upadajo, ampak se stopnjujejo, tako da zadnjima dvema letoma pripadajo največje vrednosti. Ugotovljene razlike debelinske diferenciacije kažejo torej še 8. leto po izenačenju trend naraščanja. Štiriletna redukcija prirodne svetlobe je torej inducirala zmanjšano modifikacijsko variabilnost debelinskega prirastka bukovega mladja ne le v času reducirane svetlobe, ampak najmanj še osem let po odstranitvi zastora.





424. Diagrami št. 19 do 21 kažejo debelinske frekvenčne krivulje za 10- do 12-letna bukovja, ločeno po načinu njihovega obravnavanja. Krivulje so približno simetrične. Njihova ekscesivnost je sicer za obe primerjalni populaciji dosledno pozitivna, vendar pa je bila pri bukovem mladju P v vseh opazovalnih letih občutno in dosledno manjša kot za primerjalno. Medtem ko je znašala ekscesivnost krivulj za nezasenčevane bukvice 1,908, 2,919 in 2,813, je bila za svoječasno zastrto bukovje le 0,100, 0,974 in 1,499. V enem in v drugem primeru imamo opraviti z zaporedjem rastočih vrednosti, ki pa se v obdobju zadnjih 3 let uveljavlja za bukvice P s 75 % bolj strmim stopnjevanjem kot za primerjalno bukovo mladje. Ta ugotovitev dopolnjuje naše dognanje v prejšnji točki s spoznanjem, da je debelinska diferenciacija svojčas zastrtega bukovja v zadnjih 3 opazovalnih letih vedno bolj zaostajala za tovrstnim pojavom pri primerjalnem bukovem mladju.

43. Za primerjavo ploščinskega prirastka sem iz podatkov o izmerjenih debelinah izračunal za zadnja 3 leta temeljnice, njihove srednje vrednosti za parcelice in poprečji za primerjalni bukovi populaciji. Dognal sem, da vrednosti, ki pripadajo bukovemu mladju P, dosledno zaostajajo za temeljnicami primerjalnega nezastrtega bukovja, in sicer pri 10-letnih za 143,7 %, pri 11-letnih za 133,3 % in pri 12-letnih za 125,0 %. Relativne razlike sicer upadajo, toda absolute se za zadnja 3 leta stopnjujejo v razmerju 1 : 1,22 : 1,74. To pomeni, da se je pri bukovem mladju P — v primerjavi z nezastrtim — še najmanj 8 let potem, ko je bilo stalno izpostavljeno popolni naravni svetlobi, uveljavljal dosledni trend zaostajanja ploščinskega prirastka.

431. Temeljnične razlike med primerjanima bukovima mladjema so bile — ob upoštevanju srednjih vrednosti za parcelice — za zapovrstna zadnja 3 leta signifikantne za  $t = 3,284$ , za  $t = 4,554$  in za  $t = 6,997$ , vse pri tveganju 1 %. Vsako leto so torej razlike trdno utemeljene in se signifikantnost iz leta v leto stopnjuje. Ploščinski prirastek bukovega mladja, ki je prva 4 leta rastlo ob reducirani svetlobi, je torej v primerjavi z nezastrtimi bukvicami signifikantno zaostajal. S starostjo so se razlike stopnjevale tudi po izenačenju svetlobnih razmer in se je divergenčni trend pri 12-letnem bukovju še vedno uveljavljal.

432. Upoštevajoč površino eksperimentalnih parcelic in njim pripadajoče temeljnice, sem izračunal razlike med temeljnicami bukovega mladja O in P na 1 ha

za zadnji dve leti. Medtem ko bi 1 hektaru trajno nezastrtega 11-letnega bukovega mladja pripadala temeljnica  $34,15 \text{ m}^2$ , bi imelo enako staro bukovje, ki mu je bila prva 4 leta reducirana svetloba, na 1 ha  $15,67 \text{ m}^2$  temeljnice. Pri 12-letnem mladju pa je to razhajanje še očitnejše, ker imamo v prvem primeru opraviti z vrednostjo  $46,25 \text{ m}^2$ , v drugem pa le z  $21,65 \text{ m}^2$ . Razlika, ki znaša v predzadnjem raziskovalnem letu  $18,48 \text{ m}^2/\text{ha}$ , se v zadnjem letu poveča na  $24,60 \text{ m}^2/\text{ha}$ . Izguba na ploščinskem prirastku, povzročena s 4-letnim zasenčenjem bukovja v njegovi najzgodnejši mladosti, se torej uveljavlja še pri 12-letnem mladju, in to s stopnjevanimi absolutnimi vrednostmi, ki pomenijo občutno gospodarsko škodo.

44. Za določanje volumna proizvedene lesne gmote bi moral s sekcioniranjem ugotoviti oblikovna števila srednjih bukovic oziroma s ksilometriranjem dognati njihovo telesnino. Toda glede na to, da je šlo v našem primeru za droben material in pa zaradi zelo neenake razraščенosti krošenj, bi bili takšni podatki nezanesljivi. Zato sem predpostavil, da se srednje parcelne mladice glede na polnolesnost bistveno ne razlikujejo. Tako sem dognal, da sta si gmoti proizvedenega lesa v primerjalnih bukovih mladjih v razmerju 1 : 2,96, t. j., da je 12-letno bukovje P zgradilo skoraj trikrat manj lesa. Za 11-letno bukovo mladje je to razmerje skoraj prav tolikšno.

45. Glede vpliva svetlobe na prirastek bukovega mladja, izražen s težo proizvedene suhe lesne snovi, vsebuje strokovno slovstvo različne podatke, ki si v nekaterih primerih celo nasprotujejo. S stopnjevanim zasenčenjem bukovega mladja v dolini Wesere so ugotovili pri 17 % svetlobi največjo suho težo nadtalnega dela mladice, ki je za okoli 4 % presegala vrednosti, nanašajoče se na nezastrto bukovje (14). S primerjavo suhe teže bukovic, ki so rasle pri popolni naravni svetlobi, in bukovic, ki so bile deležne le 50 % svetlobe, so dognali, da so zasenčene prekašale prve za 11 %. Šele redukcija svetlobe za 75 % je vplivala zaviralno na tvorbo suhe snovi (3). Triletne bukvice iz naravnega mladja na apnenčastih tleh pri 77 % svetlobi še niso reagirale z zmanjšano tvorbo suhe snovi (16). V zvezi s takšno presojo je razumljivo stališče, ki priporoča »za zagotovitev bukovega mladja pod starim drevjem zadostne proizvodnje snovi vsaj 20 % svetlobo« (56).

Druga skupina strokovnjakov pa se je prepričala o nasprotnem, t. j., da teža bukovic s stopnjevanim zasenčenjem upada. Dowell je to dognal glede vseh organov in tudi glede suhe teže nadtalnega dela bukovic mladice (27). Do podobnih ugotovitev je prišel tudi Brown (9, 10). Burschel in Schmaltz pa sta dokazala, da je naravno 2-letno bukovje, ki je bilo zasenčeno s plevelom, proizvedlo za 35 % manj suhe snovi kot primerjalno, ki ni bilo zastrto (17).

451. V zvezi z našimi izsledki glede vpliva svetlobnih razmer na višinski, debelinski in volumni prirastek bukovega mladja in spričo prikazane neenakosti stališč o odnosu teže suhe lesne gmote v nadtalnem delu bukovic do razpoložljive svetlobe sem pri svojem raziskovanju posvetil posebno pozornost temu vprašanju.

V obeh primerjalnih bukovih populacijah sem sredi septembra 1967, t. j. še v času vegetacijske aktivnosti, toda preden je listje začelo rumeneti, tik nad tlemi požagal 18 % bukovic, ki sem jih izbral tako, da so za vsako parcelico predstavljale osebke s srednjo temeljnico in s poprečno višino. Ugotovil sem njihovo težo v svežem in v popolnoma suhem stanju. Vzorčne bukvice, t. j. njihova debelca skupaj s krošnjicami brez listja sem posušil v termostatu do popolne ustalitve vrednosti dveh zapovrstnih tehtanj in takoj nato ugotovil njihovo težo.

S primerjavo skupnih vrednosti za vse vzorce sem dognal, da za svež material razlika v teži med bukvicami O in P znaša 207 ‰. Torej so 12-letne dendrometrijsko srednje bukvice, ki so trajno uživale popolno svetlobo, proizvedle za več kot dvakrat večjo težo suhe lesne snovi kot svoječasnno 4 leta zastrte. Podoben odnos je bil dognan tudi s primerjavo teže popolnoma suhih vzorcev.

Neskladnost teh izsledkov z ugotovitvami v točki 44. glede razlik v volumnu izvira iz: 1. neenake specifične teže lesa primerjanih bukvic P in O (kot je to dognano v točki 63), 2. različne oblikovitosti in vejnatosti izbranih reprezentančnih bukvic (kot je to ugotovljeno v točkah 511, 512 in 513) ter 3. naključnih individualnih morfološko-tehnoloških posebnosti vzorčnih osebkov.

Štiriletno zasenčenje bukovega mladja v najzgodnejši mladosti vpliva torej še pri 12-letnem bukovju tako zelo zaviralno na proizvodnjo suhe snovi, da ne dosega niti 1/3 (32,5 ‰) tistega učinka kot bukovo mladje, ki je bilo stalno deležno popolne naravne svetlobe.

452. Razlike proizvedene suhe snovi med posameznimi primerjalnimi parcelicami so — upoštevajoč suh les — pri tveganju 0,1 ‰ za  $t = 7,577$  signifikantno utemeljene, tudi ob upoštevanju teže svežega lesa pri enakem tveganju za  $t = 7,948$  je signifikantnost enako zanesljiva. Gre torej za izredno trden korelacijski odnos, ki potrjuje pravilnost dognanj v prejšnji točki.

453. Upoštevajoč omenjene dendrometrijske vrednosti, površino parcelic in število bukvic na njih ter težo reprezentančnih srednjih osebkov, sem izračunal težo hektarskih donosov, ki je v 11-letnem obdobju za bukovje O 33 t, 806 kg, za prvotno zastrto bukovo mladje pa le 11 t in 358 kg. Gre torej za razliko 22,448 kg suhe lesne snovi. Pri 12-letnem bukovju nam takšno vrednotenje pokaže, da je trajno nezastrto bukovo mladje proizvedlo 52 t in 689 kg suhe snovi na 1 ha, svoječasnno zasenčeno mladje pa le 18 t in 47 kg. Omenjena razlika se je v zadnjem letu stopnjevala na 34,642 kg/ha, torej za 54,2 ‰.

Medtem ko je suha teža lesnega prirastka svojčas zastrtih bukvic znašala v 12. letu 6 t in 694 kg, je bila pri trajno sproščenem bukovju 18 t in 883 kg/ha, torej za 182 ‰ več. Proizvodnja v začetku zastrtega bukovega mladja je torej v enem letu zaostala za produkcijo primerjalnega bukovja za 12 t in 189 kg suhe snovi na hektar. Zastiranje bukovega mladja krajšo dobo po njegovem nastanku torej gospodarsko ni utemeljeno, ker povzroča zelo občutno zmanjšanje proizvodnje lesne snovi ne le v obdobju zastirane svetlobe, ampak še najmanj 8 let pozneje, seveda pri tem ni upoštevan svetlobni prirastek zastirajočih semenjakov.

Zastiranje bukovega mladja vpliva zaviralno na njegov višinski prirastek, pomembno in stopnjevalno tudi potem, ko so mladice že dalj časa deležne popolne svetlobe. Razen tega sprva zasenčevano bukovje tudi signifikantno zaostaja v prostornem razslojevanju. Redukcija svetlobe pomembno zavira debelinski prirastek, stopnjevano tudi po sprostitvi mladja. Sprva zastirano bukovje dosledno zaostaja v modifikacijski variabilnosti debelinskega prirastka. Mladje, ki se je prva 4 leta razvijalo v polsenci, je v poskusnem obdobju proizvedlo 3-krat manj lesa po volumnu in 2-krat manjšo težo suhe lesne snovi. Izguba na lesnem prirastku se s starostjo stopnjuje, tako da je nekoč zasenčevano bukovje v zadnjem opazovalnem letu zgradilo komaj tretjino lesa, kot bi ga proizvedlo, če bi bilo traj-

no deležno popolne svetlobe. Za kompenzacijo zmanjšane enoletne donosnosti 12-letnega mladja bi morali semenjaki, ki bi ga prva 4 leta zastirali, uveljaviti letni prirastek ok. 11 m<sup>3</sup>/ha.

### 5. Kakovostne razlike mladice

Na podlagi splošnih opažanj, ki so bila pozneje potrjena z raziskovanji, je bilo dognano, da svetlobne razmere poleg drugega vplivajo tudi na oblikovitost rastlinskega debelca in na njegovo razvejanost. Učbeniki iz gojenja gozdov za primer takšnega delovanja svetlobe pogosto uporabljajo ravno bukove mladice in opozarjajo na morfološke razlike bukvic, ki so rasle v senci, od tistih, ki so se razvijale prosto. Vendar pa je presoja gozdnogojitvenih prednosti enih in drugih kakor tudi gospodarsko vrednotenje kakovostnih razlik, ki izvirajo iz morfološke adaptacije, povzročene z reducirano svetlobo, v strokovnem slovstvu zelo neenotna. Med novejšimi deli najdemo npr. takšna, ki pripisujejo neomejeni osvetlitvi kvaren vpliv na oblikovitost in kakovost mladih bukvic, češ da imajo le-te v gosti senci najlepše oblike (11), da so bukove mladice v nezastrih goščah tršate in da se nagibljejo h grmasti rasti, medtem ko so zastrte vitke, tankovejne in redkovejne (58), da razen tega čezmerno uživanje svetlobe povzroča nagnjenost k vilanju bukovic debel in da je zato v blago zastrti gošči manj razsohljih osebkov kot v nezasečeni (58). Kresnim (poznim) poganjkom gozdnega mladja, zlasti pa bukovega, se prisojajo precejšnja inicialna pomembnost za oblikovni razvoj prizadetih mladice, češ da tovrstne tvorbe navadno v jeseni ne olesenijo pravočasno ter jih zato zimski ali jesenski mraz poškodujeta, nastale okvare pa povzročajo raznovrstne deformacije in nenormalnosti pri poznejšem oblikovanju debela (8, 10, 74). Na podlagi ugotovitve, da so našli v nezastri bukovi gošči 8-krat več kresnih poganjkov kot pod zastorom starega drevja, je bil napravljen sklep, da je v drugem primeru kakovost bukovic boljše (11, 58, 59).

Redkejši pa so strokovni pisci, ki glede kakovosti bukovic mladice dajejo prednost neomejeni svetlobi. Pri tem gre za novejša dela, od katerih bi mogli nekatera glede na raziskovalno območje brez ekološkega nasilja aplicirati na naša proučevanja. K u r t h (58) je kljub splošnemu priporočanju zastiranja mladega bukovic vendarle prišel do spoznanja, da je v gosto zasečenem mladem bukovicu kolenčavost debelca pogostnejša kot v nezastrem in da se ta pojav stopnjuje s povečano senco. Š a f a r (101) je obravnavano vprašanje odločno in jasno opredelil z ugotovitvijo, da »bukev, čeprav je skiofit, vendar v difuzni svetlobi močno deformira svojo krošnjo in deblo«. Nadalje s poudarkom ugotavlja, da so »raziskovanja na Dinaridih pokazala, da je poprečna kakovost bukovic v gošči, ki je nastala v luknjah v gozdu, boljše od tistih pod sklepom krošenj« (100). Ta njegova ugotovitev se nanaša tako na ravnost debelca, kot tudi na obliko krošenj in na potek razslojevanja; glede deleža razsohljivosti pa ni našel razlik.

Pri presoji tehtnosti navedenih stališč, ki pripisujejo nezastremu bukovicu mladju slabšo kakovost, je potrebno primerno vrednotiti dejstvo, da so se avtorji večinoma opirali le na svetlobne razmere v času opazovanja oziroma poskusa, niso pa upoštevali stopenj zastrtosti, v katerih se je bukovic mladje razvijalo v najzgodnejši mladosti (58, 8, 10, 11). Iz podatkov, ki jih navajajo, je mogoče v nekaterih primerih sklepati, v drugih pa je očitno, da je bukovic, ki ga obravnavajo kot nezastremo, sprva raslo pod krošnjami starega drevja. Iz mojih dosedanjih ugo-



tovitvev in iz tistih v naslednjih poglavjih pa izvira jasno spoznanje, da se inducirane spremembe, povzročene z redukcijo svetlobe v prvi mladosti, neoslabljeno in celo potencirano uveljavljajo še dolga leta po uvedbi režima neomejene svetlobe.

51. Presojajo kakovosti obravnavanega bukovega mladja sem oprl na neposredne meritve vseh osebkov v obeh primerjanih bukovih populacijah, in sicer glede zakrivljenosti debelc, njihove razsohlosti in kolenčavosti ter glede insercijskih kotov vej prve stopnje. Vsako od prvih treh značilnosti sem ovrednotil z opredelitvijo v 4 razrede, vejni kot pa sem izrazil z ločnimi stopinjami. Pri »redovanju« zakrivljenosti sem upošteval relativno velikost ločne tetive, izraženo v razmerju z debelino debelca, njeno višinsko lego in enosmernost ali dvosmernost tega pojava. Stopnjo kolenčavosti debela sem ovrednotil glede na odnos velikosti deviacije do debeline debelca na prizadetem mestu. Razsohlost pa sem opredeljeval glede na debelinsko razmerje med obema debelnima panogama, upoštevajoč tako stopnjo pričakovane možnosti za poznejšo regeneracijo, s tem da bo šibkejša panoga sčasoma še bolj zaostala v rasti in odmrila ter da bo potencialni razvoj omogočil končno oblikovanje samo enega debela, in sicer tem laže, čim večja je že sedaj razlika med debelinama obeh panog. Pri tem sem na enak način vrednotil tudi ponovitev enakega pojava na istem osebku. Tudi pri oceni tega nakazovalca sem upošteval njegov višinski položaj. Insercijski koti vej prvega razreda so bili merjeni s kotomerom po naši že preizkušeni metodi (7), in sicer v sredini krošnje, na vsakem osebku za 4 do 6 primarnih vej.

511. S primerjavo srednjih vrednosti, ugotovljenih po opisanem enotnem kriteriju, sem dognal, da je kakovost glede na zakrivljenost bukovih debelc v populaciji, ki je bila prva štiri leta zastirana, za 35 % slabša od primerjane nezasenčene populacije. O boljši kakovosti obravnavanega nakazovalca pričam tudi delež popolnoma ravnih osebkov, ki je v trajno nezastirtem bukovju za 128 % večji kot v populaciji P. Tudi primerjava števila najbolj zakrivljenih bukvic potrjuje, da je bukovje s svojčas reducirano svetlobo slabše kakovosti, saj je omenjenih osebkov v njem za 126 % več kot v nezastiranem mladju.

Ob upoštevanju srednjih parceličnih vrednosti je bila razlika med numerično izraženo zakrivljenostjo primerjalnih bukovih populacij ob 5 % tveganju za  $t = 3,04$  signifikantna. Imamo torej opraviti s srednje trdno utemeljenostjo. Ti izsledki torej zanesljivo kažejo, da so bukove mladice 12-letnega mladja, ki je bilo 4 leta po svojem nastanku zastirto, glede na zakrivljenost debelc slabše oblikovane od tistih, ki so se ves čas razvijale ob popolni svetlobi.

512. Primerjava razsohlosti bukovih debelc, izražene s številčnimi vrednostmi, nam pokaže, da je ta pojav v bukovem mladju P za 33 % izrazitejši kot v primerjalni populaciji. Da je v tem pogledu trajno nezastirto bukovje boljše kakovosti, nam dokazuje tudi delež osebkov brez te nezaželene deformacije, ki je v omenjenem bukovem mladju za 2 % večji kot v svojčas zastirtem bukovju, medtem ko so bukvice z najizrazitejšo razsohlostjo v bukovju P za 12 % številnejše kot v primerjalni populaciji.

S statistično analizo številčnih vrednosti za razsohlost po parcelicah sem dognal, da so razlike v prid trajno nezastirtega bukovja blago signifikantne. Upoštevajoč navedeno močno izraženo razliko poprečkov, moremo šibko doslednost razlik pripisati bodisi naključju, bodisi nekim činiteljem okolja, ki jih nismo upoštevali.

Navedeni izsledki torej dopuščajo sklep, da je štiriletna zastrtost škodljivo vplivala na kakovost 12-letnega bukovega mladja, ker je pospeševalna razsohllost, t. j. pojav, ki je gozdnogojitveno in gospodarsko nezaželen.

513. Kolenčavost bukovich debelc sem vrednotil na način, opisan v točki 51. ter sem s primerjavo srednjih vrednosti za obe bukovi populaciji dognal, da je ta pojav v svoječasnno zastrtem bukovju za 35 % izrazitejši kot v primerjanem. Poprečna višina položaja te napake je v prvo omenjenem mladju 54, v drugem pa 47 cm. Torej je tudi glede tega nakazovalca bukova gošča P na slabšem. Delež mladice, ki je glede na kolenčavost dobil najslabšo oceno, je v bukovju P za 59 % večji od tistega v mladju O. Nasprotno pa je bilo v trajno sproščenem mladju za 45 % več neoporečnih osebkov kot v bukovju P.

Statistično dognana signifikantnost razlik glede obravnavane napake, upoštevajoč srednje vrednosti za parcelice, je le šibko utemeljena. Vzrok za to je verjetno isti, kot je bil predpostavljen v točki 512. Oprti na izsledke v prejšnjem odstavku, smo vendar upravičeni glede na primerjavo celotnih populacij postavili sklep, da je bukovo mladje, ki je bilo v zgodnji mladosti zastrto, bolj podvrženo kolenčanju stebelc, torej napaki, ki je gozdnogojitveno, zlasti pa tehnološko nezaželena.

52. Glede vejnih kotov bukovega mladja so bili strokovni pisci doslej enotnega mnenja, da bukvice, ki so pod zastorom deležne pretežno le difuzne svetlobe, oblikujejo svoje krošnje plagiotropično, torej z večjim vejnim kotom (58. 43). Brown (11) navaja, da veje bukvic, zraslih pri popolni svetlobi, zaklepajo z debelcem kote, ki so v intervalu med 37 in 48°, medtem ko je ta razpon za zastrte bukove mladice od 60 do 70°. Kurtz (58) je za prve določil srednjo vrednost insercije 54,39°, za druge pa z 61,98°.

Z merjenjem vseh osebkov v obeh 12-letnih poskusnih bukovich primerjalnih populacijah smo ugotovili vejne kote, kot je navedeno v točki 51. Primerjava obeh poprečij je omogočila izsledke, ki so v nasprotju z navedenimi podatki drugih avtorjev. Ugotovil sem namreč, da večja insercija ne pripada prej zasenčenim bukvicam, ampak — nasprotno — bukovemu mladju, ki je bilo trajno deležno popolne prirodne osvetlitve. Za poprečje vseh meritev razlika sicer ni velika in znaša le 5,1 %, vendar pa je za parcelične poprečke dosledna in pri tveganju 10 % za  $t = 2,04$  signifikantna.

Vzrok, da se naši izsledki ne ujemajo z dosedanjimi ugotovitvami iz literature, bi mogli iskati tudi v genetsko pogojenih posebnostih provenience s Karaormana, ki je bila uporabljena v našem poskusu, in pa v naših rastiščnih značilnostih, ker prva in druge niso identične z materialom in ekološkimi razmerami, ki so bile podlaga drugačnim dognanjem navedenih avtorjev.

S primerjavo kotnih vrednosti za istovrstne veje glede na njihovo višinsko razporeditev sem prišel do pomembnih spoznanj. Razlike vejnih kotov med bukvicami O in P v zaporedju od najnižjih do najvišjih upoštevanih vej (t. j. v sredini krošenj) znašajo: — 2,6 %, 5,3 %, 6,3 %, 8,1 % in 9,2 %. Gre torej za stopnjevanje, pri katerem so insercijski koti najnižjih upoštevanih vej pri bukvicah P večji od tistih pri mladiceh O, pri višjih vejah pa se odnos spremeni v korist trajno sproščenega bukovja in z višinsko lego vej dosledno raste. Ta zakonitost je pogojena z dejstvom, da se pri bukvicah O vejni koti s stopnjevanjem višine povečujejo, medtem ko pri bukovju P variirajo in kažejo celo blago tendenco upadanja.

V zvezi s temi ugotovitvami ob upoštevanju navedenih podatkov drugih avtorjev o plagiotropni rasti zasenčenih bukovih mladric moremo sklepati, da je plagiotropna rast bukvic, ki jo povzroča zmanjšana osvetlitev, reverzibilen pojav in da se inducirana reakcija postopno izgubi, tako da se krošnje preoblikujejo ne le v normalno ortotropno rast, ampak celo v takšno, pri kateri so koti višjih vej manjši kot na trajno nezasenčenem bukovju.

Svojčas sem dognal, da so morfološke razlike glede zgradbe bukovih krošenj pomembne za stojno trdnost bukovih sestojev kakor tudi za tehnološke lastnosti bukovine (6, 7). Pri tem sem bil opozoril, da ležijo pomanjkljivosti bukovega fenotipa z »metlasto krošnjo«, ki jo gradijo veje z majhnimi vrstnimi koti, zlasti na področju stojne trdnosti drevesa in kakovosti debla. Vejni kot igra torej pri bukvi pomembno vlogo. Čim večji je, tem ugodnejše so omenjene kakovostne značilnosti. Upoštevajoč torej velikost vejnega kota kot kakovostnega nakazovalca, moremo na podlagi navedenih izsledkov priti do sklepa, da bukovje, ki je bilo v zgodnji mladosti zasenčeno, v poznejšem razvoju, t. j. v dobi gošče, oblikuje krošnje slabše kakovosti od primerjanega, trajno nezastritega bukovega mladja.

53. Debelina vej ni bila posebno merjena, ker so primerjalna opažanja potrdila znane ugotovitve, da bukovo mladje v senci oblikuje tanjše veje kot na svetlobi. To je pokazala tudi primerjava teže vejic, obravnavana v 3. odstavku 71. točke, kjer so navedeni tovrstni izsledki. Pod predpostavko, da pomenijo tanke veje kakovostno prednost, pripada torej bukovemu mladju v senci prednost pred tistim v popolni svetlobi.

54. Kresnim poganjkom na bukovem mladju se pripisuje precejšnja pomembnost za kakovost debelc, kot je to opisano v točki 5. Zato je bil v obravnavanem obdobju 4 leta (1960, 1962, 1965 in 1966) opazovan in registriran tudi pojav in razvoj kresnih poganjkov. Toda na osnovi ugotovljenih podatkov ni bilo mogoče dognati zanesljivih razlik med primerjalnima nasadoma, in sicer niti glede števila prizadetih osebkov, niti glede števila kresnih poganjkov poprečno na eno bukvico, pač pa se je obseg obravnavanega pojava iz leta v leto zelo spreminjal. To nihanje je bilo verjetno pogojeno z ekološkimi razmerami, in sicer z njihovim kompleksnim delovanjem, kajti primerjava s posameznimi upoštevanimi klimatičnimi nakazovalci ni odkrila nikakršne korelacije, torej tudi ne odvisnosti. Eden od ekoloških dejavnikov, ki je zelo verjetno povzročal nastanek kresnih poganjkov, je bila spomladanska pozeba; kajti število osebkov s takšnimi poganjki je bilo v letih 1960 in 1962, ko je slana bukove nasade močno prizadela, za 75 oziroma za 84 % večje kot poprečno v ostalih 2 opazovalnih letih. Ta ugotovitev pa še posebno velja glede števila kresnih poganjkov na prizadetih mladica. Tovrstno poprečje je bilo v letih s pozebo za 98 % oziroma za 116 % večje kot v primerjih, ko slana ni prizadela bukovih listov oziroma odpirajočih se popkov.

Nadalje sem dognal, da je bil obravnavani pojav v zadnjih 2 opazovalnih letih v večini primerov (67 %) navezan na iste osebkke. Zelo verjetno gre torej v veliki meri za individualno, dedno pogojeno reakcijsko normo osebkov v bukovi populaciji, ki se je ob »nenormalnih« ekoloških razmerah v prizadetem letu na obravnavani način izrazito uveljavila.

Te ugotovitve torej ne potrjujejo trditve, da je bukovo mladje, ki se je razvijalo pri reducirani svetlobi, manj podvrženo tvorbi kresnih poganjkov. Ta pojav moremo pripisati le posebnim klimatičnim razmeram v posa-

meznem letu in individualni, dedno pogojeni predispoziciji osebkov v heterozigotni bukovi populaciji.

55. V zvezi z dognanji nekaterih strokovnih piscev (navedenih v točki 5), da kresni poganjki bukovega mladja v jeseni ne olesenijo pravočasno in da jih zato mraz poškoduje ter da v zvezi z okvarami pozneje nastanejo različne nezaželene deformacije, sem opazoval nadaljnji razvoj kresnih poganjkov ter sem ugotovil, da je bilo 11 % do 22 % ali povprečno 19 % kresnih poganjkov poškodovanih v zimah, ki so sledile njihovem nastanku. Bukvice P in O so bile skoraj enako prizadete in razlike niso statistično utemeljene. V 66 % primerih zmrzlih kresnih poganjkov so nastale deformacije debelc, in sicer v veliki večini razsohlost, ki pa se je pozneje — v odvisnosti od neenakega razvoja obeh debelnih panog — v največ primerih sprevrgla v kolenčavost. Primerjalnim bukvicam P in O je pripadal skoraj enak delež tako deformiranih debelc in razlike niso signifikantne, ne glede na leta, kakor tudi ne za parcelična poprečja.

Slabše kakovosti debelc bukovega mladja P, ki sem jo dognal glede razsohlosti (točka 512), glede zakrivljenosti (točka 511) in glede kolenčavosti (točka 513), torej ne moremo pripisati okvaram, ki so jim podvrženi kresni poganjki, ampak so nastale verjetno kot posledice številnih činiteljev, med katerimi igrajo svetlobne razmere neposredno ali posredno pomembno vlogo.

\*

Prvotno štiriletno zasenčevanje mladja je delovalo kvarno na kakovost bukovih mladric, in sicer glede na ravnost debelc ter glede števila in izrazitosti razsohlih osebkov. Reducirana svetloba je nadalje inducirala formiranje ožjih vejnih kotov in s tem ustvarila potencialne možnosti za posledice tako oblikovanih krošenj, ki se morejo uveljavljati zlasti z zmanjšano stojno trdnostjo dreves in s poslabšano kakovostjo debel. Zasenčeno bukovje je razvilo tanjše veje kot nezastrto. Nastanek kresnih poganjkov ni bil odvisen od prvotnih svetlobnih razmer. Pozebe teh poganjkov pa so imele v večini primerov za posledico deformacije debelc, ki pa so se v teku poznejšega razvoja večinoma postopno izgubile.

Z gozdnogojitvenega stališča zaslužijo ugotovljene spremembe, povzročene z začetnim zasenčenjem, v različni meri pozornost: Neravnost debelc pomeni sicer napako, vendar pa ji ni mogoče prisojati večje tehtnosti, ker se more njen vpliv s poznejšim razvojem zelo ublažiti in izgubiti. Razsohlost lahko trajno zmanjšuje tehnično vrednost bukovih debel. Pod predpostavko, da tanke veje pomenijo kakovostno prednost, je prvotna zastrtost vplivala ugodno na kvaliteto bukvic. Vpliv zasenčenja na zgradbo krošnje pa more povzročiti, če se ta pojav izkaže kot ireverzibilen, predispozicijo za oblikovanje debel slabše kakovosti, in za ošibitev plastičnosti bukove gošče in pozneje drogovnjaka ter za poslabšanje stojne trdnosti doraščajočih bukev.

## 6. Kakovost lesa

Odgovori na vprašanje, kako vplivajo svetlobne razmere na kakovostno zgradbo bukovega lesa, so v strokovni literaturi zelo različni in si v nekaterih primerih nasprotujejo. Starejši avtorji so ugotavljali, da proizvaja bukev, ki je bila deležna več svetlobe ali pa po močnejši osvetlitvi, težji les (56). Za bukovo mladje, ki je uživalo popolno prirodno svetlobo, so dognali, da imajo traheje

v njihovem lesu večje premere kot osebki, ki so rasli pri omejeni svetlobi. Te razlike so bile v zgodnjem lesu izrazitejše kot v poznem (104). Za les, ki se je gradil pri popolni osvetlitvi bukev, so ugotovili, da vsebuje za 6 % manj vlaken in za 5 % več tkiva strženovih trakov ter vzdolžnega parenhima kot les iz bukev, ki so rasle v delni senci (96). Nasprotno pa so Kolzenburgova (56) raziskovanja pokazala, da svetlobne razmere niso vplivale na specifično težo suhega lesa, čeprav so bili v lesu bukvic, ki so rasle pri popolni svetlobi, premeri trahej signifikantno večji. Povečana svetloba pa je povzročila obilnejši delež vlaken in manjšo udeležbo trahej, če je bukovje raslo na apnenih tleh.

61. Glede na tako neenotna mnenja o vplivu svetlobe na kakovost bukovine sem v programu raziskovanj predvidel tudi proučitev nekaterih posrednih značilnosti lesa in njihovo primerjavo med bukovim mladjem, ki je bilo trajno deležno popolne svetlobe, in bukvicami, ki so bile prva 4 leta zastirane. Naša obravnava se nanaša na naslednje posredne nakazovalce, ki v primeru pomembnejših razlik omogočajo sklepanje o neenaki zgradbi lesa:

- a) specifična teža svežega lesa,
- b) specifična teža popolnoma suhega lesa z lubjem in brez njega,
- c) količina vlage v svežem lesu,
- č) specifična teža zračno suhega lesa z lubjem in brez njega in
- d) kapaciteta lesa za vodo.

62. Lesni vzorci so bili pripravljani dvakrat, prvič v času vegetacijske aktivnosti, drugič pa v dobi zimskega počitka.

a) Iz bukvic, izbranih, kot je opisano v točki 451, so bili 20 cm nad tlemi odžagani po 20 cm dolgi skuski za ugotavljanje nekaterih, v prejšnji točki navedenih nakazovalcev. Z vzorcev je bilo odstranjeno lubje in po hidrostatičnem postopku določen njihov volumen ter teža pri različni vsebnosti vlage. Sušenje je bilo opravljeno v termostatu do ustalitve teže.

b) Isto leto je bilo po zaključku vegetacijske aktivnosti po načelu naključja izbranih in tik nad tlemi požaganih 78 bukvic, ki so bile stehtane cele in pa še posebno skuski, pripravljani enako kot pod a). Volumen jim je bil ugotovljen tako, da je bilo na vsakem izmerjenih po 14 značilnih dimenzij. Sušenje je bilo opravljeno kot pod a).

63. Specifična teža svežega lesa v lubju, izražena s poprečji za parcelice z bukovjem O, se je gibala med 1,07 in 1,13 g/cm<sup>3</sup>, za bukovjo mladje P pa med 1,05 in 1,16 g/cm<sup>3</sup>. Srednja specifična teža svežega lesa za vse prvo omenjeno bukovje je znašala 1,096 g/cm<sup>3</sup>, za drugo pa 1,122 g/cm<sup>3</sup>. Svež les sprva zasenčenega mladja je bil torej za 2,3 % težji od lesa bukovih mladic, ki so stalno uživale popolno svetlobo. Ta ugotovitev se sklada in pojasnjuje razliko, ki je bila dognana med primerjalnima razmerjema za volumen lesne gmote in za težo proizvedenega lesa v točkah 44 in 451.

Ugotovljena razlika glede specifične teže svežega lesa pa velja le za poprečje populacije, kajti odnosi med parcelicami niso dosledni in razlika statistično ni utemeljena. Pomembno pa je nadalje spoznanje, da je variabilnostni razpon poprečnih specifičnih tež za parcelice bukovja P še enkrat širši od ustreznega za mladovje O. Vzrok za to sem odkril z analizo specifične teže glede na debelino skuskov. Dognal sem namreč, da nizke vrednosti pripadajo tankim vzorcem, visoke pa izvirajo iz nenormalno oblikovanih delov debelca oziroma iz bližine deformacij (kolenčavost, krivost, razsohlost). Prvo omenjeno odvisnost moremo raz-

ložiti z dejstvom, da relativni delež lubja na celotni masi s stopnjevanjem upada. Ker pa je specifična teža lubja občutno manjša od teže lesa, je torej volumna enota tankih neolupljenih skuskov lažja. Tvorba tenzijskega lesa, ki je težji od normalnega, ob debelnih deformacijah pa nam pojasnjuje večjo težo skuskov ob deformacijah ali z njimi. Ta razlaga je v skladu z našimi ugotovitvami (v točkah 511, 512 in 513) o slabši kakovosti debelc, ki pripadajo bukovju P. Tako bi torej mogli razložiti omenjeni pojav večje variabilnosti poprečnih specifičnih tež za parcelice bukovja P.

64. Specifična teža absolutno suhega lesa z lubjem, izražena s srednjo vrednostjo za bukovje O, je znašala  $0,602 \text{ g/cm}^3$ , za bukovjo mladje P pa  $0,643 \text{ g/cm}^3$ . Suh les sprva zasenčenega bukovja je torej za  $6,8 \%$  težji od lesa bukovih mladice, ki so trajno uživale popolno svetlobo. Toda razlika velja le za poprečje populacij, ker odnosi med parcelicami niso dosledni in je signifikantnost zelo blaga.

65. Poprečna specifična teža popolnoma suhega lesa brez lubja znaša za bukovje O  $0,67 \text{ g/cm}^3$ , za bukovjo mladje P pa  $0,70 \text{ g/cm}^3$ . V prvem primeru variirajo srednje vrednosti za parcelice v razponu od  $0,65$  do  $0,69$ , v drugem pa med  $0,65$  in  $0,76$ . Suh les brez lubja, ki pripada svojčas zastrtemu bukovemu mladju, je torej za  $7,5 \%$  težji kot takšen les bukvic, ki so trajno rasle v popolni svetlobi. Razlika je torej večja kot pri suhi bukovini z lubjem v prejšnji točki, ker v prvem primeru ni upoštevano lubje, ki je pač lažje od lesne snovi. Večjo variabilnost srednjih vrednosti za parcelice P je mogoče razložiti na enak način, kot sem to poskušal v točki 63.

Obe srednji vrednosti primerjanih bukovih mladij sta večji, kot sta bili dognani v točki 64, ker je lubje delovalo zmanjševalno na težo. Razlika pa je pri bukovju P večja kot pri bukvicah O. Razlaga za to leži v neenakem relativnem deležu lubja v zvezi z različno debelino mladice, kot je to pojasnjeno v drugem odstavku točke 63.

66. Vlaga v svežem lesu svojčas zastrtih bukvic — izražena v razmerju s težo surovega lesa — se je gibala za vzorce iz dobe vegetacijske aktivnosti med  $43,7$  in  $49,1 \%$  s srednjo vrednostjo  $45,9 \%$ . Za primerjano bukovje pa so bile ustrezne vrednosti med  $44,7$  in  $46,8 \%$ , poprečje pa je znašalo  $46,1 \%$ . Vlaga lesa v istih vzorcih — izražena v razmerju s težo absolutno suhega lesa — se je gibala pri bukvicah P med  $77,7$  in  $96,5 \%$  s poprečjem  $85,4 \%$ , pri bukvicah O pa med  $81,1$  in  $87,0 \%$  s poprečjem  $85,8 \%$ . Vzrok za širši razpon pri prvotno zastrtem bukovju je verjetno isti, kot smo ga določili v točki 63. Razlika poprečkov je zelo majhna in znaša komaj  $0,4 \%$ . Odnosi med primerjanimi parcelicami niso dosledni in statistično niso utemeljeni.

Vlaga v lesu iz zimske sečnje se je gibala — izražena v razmerju s težo surovega lesa — za bukvice P med  $38,9$  in  $43,9 \%$  s poprečjem  $41,9 \%$ , za bukvice O pa od  $41,1$  do  $44,5 \%$  s poprečjem  $42,7 \%$ . Vlaga teh vzorcev — izražena v odnosu do teže absolutno suhega lesa — je za bukvice P padala v interval med  $63,7 \%$  in  $78,5 \%$  s poprečjem  $72,6 \%$ , za bukvice O pa med  $70,0$  in  $80,2 \%$  s srednjo vrednostjo  $74,8 \%$ . Tudi v tem primeru pripada bukovju P širši razpon. Razlika poprečkov je bila občutnejša in je znašala v prvem primeru  $0,8 \%$ , v drugem pa  $2,2 \%$ . Odnosi med primerjanimi parcelicami niso dosledni in razlike niso statistično signifikantne.

Glede na sezonski razvoj je vlaga v lesu raziskovanega bukovja variirala, tako da so bile razlike njenih relativnih vrednosti med stadijem vegetacijske aktivnosti in stadijem zimskega mirovanja večje kot med poprečki bukvic P in O v določenem stadiju. V odnosu do teže surovega lesa je znašala za bukvice P razlika 4,0 %, za bukvice O pa 3,4 %. V razmerju s težo absolutno suhega lesa pa je bila poprečna sezonska razlika vlage v prvo omenjenih bukvicah 12,4 %, v nezastrtih pa 11,0 %. Količina vlage v svežem lesu, ki je bila v obeh primerih v času vegetacijske aktivnosti večja, je v sezonskem razvoju pri bukovju, ki je bilo svojčas zastrto, bolj variirala kot pri primerjalnih bukvicah.

67. Specifična teža zračno suhega lesa za bukovje O je znašala 0,673 g/cm<sup>3</sup>, za bukovje P pa 0,699 g/cm<sup>3</sup>. Zračno suh les sprva zasenčenih bukovih mladice je torej za 3,9 % težji od enakega lesa primerjalnih bukvic. Odnos srednjih parceličnih vrednosti ni dosleden in statistično ni signifikanten.

68. Specifična kapaciteta za vodo lesa bukovega mladja P znaša 0,225 g/cm<sup>3</sup>, primerjalnih bukvic pa 0,258 g/cm<sup>3</sup>. Bukovju O pripada torej za 13,3 % večja poprečna kapaciteta. Srednje parcelne vrednosti za prvo omenjeni les se gibljejo v intervalu od 0,216 do 0,242, za drugi pa od 0,253 do 0,266. Razlike med njimi so ob 5 % tveganju za  $t = 3,29$  signifikantne. Torej gre za srednje trdno utemeljenost.

69. Primerjava obravnavanih posrednih nakazovalcev dopušča domnevo, da se v odvisnosti od svetlobnih razmer pojavljajo razlike v zgradbi bukovega lesa, ki glede na večjo težo absolutno suhega, zračno suhega in surovega lesa, pripadajočega sprva zastrtim bukvicam, glede na njegovo manjšo vlažnost v surovem stanju, ki je zlasti poudarjena v času zimskega počitka, ter v zvezi z manjšo kapaciteto za vodo, te razlike izvirajo iz večjega deleža vlaken in manjšega deleža trahej ter parenhimskega staničja, ali pa so njihovi lumeni manjši oziroma stene debelejšje kot v lesu bukovja, ki je imelo trajno na razpolago popolno prirodno svetlobo.

Širši razponi obravnavanih nakazovalcev, ki dosledno spremljajo les prvotno zastrtih bukvic, opozarjajo, da se neenakost zgradbe njihovega lesa močneje uveljavlja kot v primeru bukovja, ki je raslo ob popolni prirodni svetlobi. Iz testa signifikantnosti, ki za večino nakazovalcev ne potrjuje utemeljenosti medparceličnih razlik, moremo sklepati, da tehnološko-anatomske lastnosti bukove gošče, zlasti pa takšne, ki v zgodnji mladosti ni bila deležna popolne svetlobe, zelo variirajo. Hkrati pa nam to spoznanje pojasnjuje, zakaj so tuja podobna raziskovanja pripeljala do med seboj različnih ugotovitev.

\*

Bukvice, ki so sprva rasle v polsenci, nato pa 8 let pri popolni svetlobi, so zgradile les, ki se glede na nekatere tehnološke nakazovalce razlikuje od lastnosti bukovine primerjalnih mladice: težji je v surovem, zračno suhem in popolnoma suhem stanju, vlaga v njem je manjša, zlasti v lesu iz zimske sečnje, razen tega pa je tudi njegova specifična kapaciteta za vlago manjša. Vsi obravnavani nakazovalci se pri tem lesu razporejajo v širši razpon variabilnosti in s tem opozarjajo na poudarjeno heterogeničnost njegove kakovosti. Tako ugotovljeni vpliv prvotno omejenih svetlobnih razmer na upoštevane tehnološke lastnosti bukovine dopušča sklep o doslej ireverzibilno induciranih spremembah v gradnji lesa, ki jih je mo-

goče razložiti z različnim deležem vlaken, trahej in parenhimskega staničja ali pa z njihovo neenako zgradbo.

## 7. Morfološko-anatomske značilnosti in razlike

V našem raziskovanju sem nadalje posebno pozornost posvetil morfološkim in deloma tudi anatomskim značilnostim bukovih vejic, popkov in listov ter sem jih primerjal glede njihovih medsebojnih odnosov kakor tudi glede njihove odvisnosti od obravnavanih fiziološko-prirastnih procesov.

Vse meritve se nanašajo na 11-letno bukovo mladje iz naših eksperimentalnih nasadov. Položaj upoštevanih organov na krošnji sem opredelil relativno, t. j. glede na pripadnost trem delom krošnje: spodnji, srednji in vršnji tretjini.

71. Na 18 % v nasadu naključno izbranih osebkov so bile obravnavane po 3 vejice 1. reda s pripadajočimi vejicami nižjega reda in je bilo ugotovljeno, da:

1. poprečna teža 1 dolžinskega metra vejic od spodnjega dela krošnje proti njenemu vrhu dosledno narašča, tako da razlika med osnovo in vrhom krošnje znaša poprečno 36,3 %;

2. stopnjevanje teže vejic prvega reda v primerjanih dveh bukovih populacijah ni enako, ampak je v bukovju P močnejše ter znaša 37,3 %, medtem ko je v bukovem mladju O le 35,3 %;

3. enako dolge vejice trajno sproščene bukova so za 25,8 % težje kot pri mladcih P. Razlike so dosledne in pri 2 % tveganja za  $t = 7,793$  signifikantne;

4. težinske razlike vejic med primerjanima mladjema rastejo od osnove proti vrhu krošnje, in to ne le absolutno, ampak celo relativno od 25,6 % do 26,3 %.

Ta dognanja se po eni strani ujemajo z našim spoznanjem, da omejitev svetlobe zavira prirastek bukovega mladja, po drugi strani pa kažejo, da je zgradba krošenj primerjanih bukovih mladij različna, s tem da je ta neenakost v navpični smeri posebno poudarjena pri mladju, ki je bilo sprva zastrto.

72. Z enako gostim vzorčenjem kot v prejšnji točki so bili analizirani: število, razporeditev, dolžina, teža in zgradba popkov v istem poskusnem nasadu 11-letnih bukvic v času zimskega mirovanja med 1966. in 1967. letom.

721. Poprečno število popkov na 1 dolžinskem metru vejice je znašalo 4,7, vendar pa ta nakazovalec ni enak za obe primerjani bukovji, ampak pri mladju P za 10,2 % zaostaja za bukvicami O. Razlike so dosledne in pri 2 % tveganju za  $t = 9,369$  signifikantne. Brsti na bukvicah niso enakomerno razporejeni, ampak jih je v srednji tretjini krošnje največ, najmanj pa na spodnji tretjini. Relativni deleži števila popkov po tretjinah od osnove k vrhu krošnje so 30 % : 36 % : 34 %. Primerjava števila popkov med bukovima mladjema P in O pokaže dosledno absolutno zaostajanje prvega za drugim po vzpenjajočih se tretjinah krošnje, ki pa se uveljavlja tudi pri relativnem vrednotenju z razmerjem 16,2 % : 10,7 % : 9,3 %. S stopnjevanjem upoštevane višinske lege popkov v krošnji torej upadajo med primerjalnima bukovjema razlike glede števila popkov na dolžinsko enoto vejice.

Glede na ugotovitve v točki 71. sem preizkusil stopnjo negativne korelativnosti med relativnim številom popkov in težo 1 m vejice ob stopnjevanju položaja v krošnji in sem dognal, da je za bukovje O ta odnos utemeljen pri tveganju 0,2 %



za  $t = 8,27$ . Signifikantnost zavisnosti za bukovje P je skoraj prav takšna pri enakem tveganju za  $t = 7,99$ .

Redukcija svetlobe torej povzroča upadanje števila popkov na bukovem mladju, in sicer ne le sproti, ampak še najmanj 7 let po uvedbi normalnih svetlobnih razmer. Relativni delež popkov na posamezni bukovi pa ni bil odvisen samo od svetlobnih razmer, ampak tudi od notranje pogojenih fizioloških lastnosti, zlasti tistih, ki uravnavajo prirastek.

722. Glede vpliva svetlobe na dolžino bukovih popkov so stališča v strokovni literaturi zelo splošna, vendar pa enotna, t. j. intenzivnejši svetlobi pripisujejo daljše brstje. Bunuševac ugotavlja, da so bukovski popki v senci manjši kot na svetlobi (12). Tudi Tschermak (105) je prišel do spoznanja, da so popki na svetlobi daljši kot v senci. Dengler (25) in Engler (31) sta dognala, da so bukovski senčni popki manjši. Vajda (106) zastopa enako stališče glede vseh drevesnih vrst. Burschel, Huss in Kalbhenn (15) so to ugotovili posebno za bukovo mladje in razen tega daljšemu brstju pripisujejo večjo vitalnost. Schmalz in soavtor (17) pa sta dognala, da so bili terminalni popki na bukovih presajenkah, starih 1—2 leti, ki so rasle v gozdnem plevelu, krajši kot na enako starih mladnicah, ki jih plevel ni zastiral.

Naše meritve so bile opravljene z enakim vzorčenjem kot v točki 71. Dolžina enega listnega popka se je gibala od 11,68 do 15,75 mm. Njena poprečja za tretjine krošnje od osnove proti vrhu so znašala 11,76, 14,06 in 15,08 mm in so bila torej v razmerju 1 : 1,19 : 1,28. Srednja dolžina popkov za primerjani bukovji je bila za 5,7 % različna v korist nezastritega bukovega mladja. Toda razlike pri tem niso dosledne in tudi ne significantne, kajti omenjeni odnos velja le za brstje v zgornjih dveh tretjinah krošnje v škodo prvotno zastritega bukovja, medtem ko je v spodnji tretjini razmerje obratno, t. j. popki na bukvicah P so daljši kot ustrezno brstje na bukovju O. Medtem ko znaša razlika v srednji tretjini 8,4 % in na vršnji 9,2 %, in sicer v obeh primerih v korist trajno nezastrih bukvic, je ona v spodnji tretjini 1,4 % v korist prva zastrih mladnic. Dolžinske razlike so v srednji tretjini krošnje dosledne in pri tveganju 2 % za  $t = 2,98$  significantne. Tudi razlike za privršnje tretjino so dosledne in pri tveganju 1 % za  $t = 3,92$  significantne. Medtem ko je odnos med dolžinami popkov glede na višinsko lego v krošnji za nezastrito bukovje izražen z razmerjem 1 : 1,25 : 1,35, je to razmerje za bukovo mladje P 1 : 1,13 : 1,21.

Iz teh ugotovitev moremo sklepati, da dolžina bukovih popkov ni odvisna le od razpoložljive svetlobe v času nastajanja brstja, ampak nanjo v veliki meri delujejo tudi svetlobne razmere v daljši preteklosti. V našem primeru sem dognal, da reducirana svetloba v 4 letih prve mladosti izraža na bukovem mladju morfološke modifikacije, povzročene s fiziološko induciranimi reakcijami, ki se še najmanj 7 let po sprostitvi uveljavljajo s tvorbo krajših popkov, torej takšnih, ki glede na svojo dolžino kažejo značaj senčnih popkov.

723. O vplivu svetlobe na težo popkov sodijo strokovni pisci kaj različno. Razen splošne trditve, da so svetlobni popki vseh drevesnih vrst težji (105), najdemo ugotovitev, da redukcija svetlobe vpliva na težo bukovih popkov šele tedaj, če je zmanjšana na 18 % popolne intenzivnosti (16). Poskusi Burschla in Hussa (14) s stopnjevanim zasenčenjem 2-letnih bukovih mladnic pa so pokazali, da je bila teža terminalnih popkov pri popolni osvetlitvi najmanjša, največja pa pri 17 % svetlobi.

Naše meritve so se nanašale na isti vzorčni material kot v točki 71. Teža enega listnega popka je bila v intervalu od 21 do 71 mg. Njeno poprečje za zaporedne tretjine krošenj od osnove proti vrhu je znašalo 24, 44 in 57 mg. Srednja teža popkov se je razlikovala za 54,6 % v korist nezastritega bukova. Hkrati so bile razlike dosledne in pri tvrganju 0,5 % za  $t = 5,88$  signifikantne. Razlike med težami brstja na primerjanih bukovicah niso bile na vsej krošnji enake. Medtem ko v spodnji tretjini znašajo 33,3 %, v srednji narastejo na 54,3 %, v vršnji pa dosežejo celo vrednost 65,1 %.

Glede na dognanje o povečavanju dolžine popkov s stopnjevanjem njihove višinske lege v krošnji in glede na to, da je obravnavano težinsko naraščanje izraženo z razmerjem 1 : 1,82 : 2,32, je dopusten sklep, da se nesorazmernost med dolžino in težo popkov z višjo lego v krošnji stopnjuje. Če predpostavimo, da sta si dolžina in teža brstja v spodnji tretjini krošnje v normalnem odnosu, potem pripada dolžinski enoti popkov v srednji tretjini poprečno za 52,9 %, v vršnji pa celo za 81,2 % večja teža.

Primerjava težinskih razlik z dolžinskimi med obema bukovjema nam pokaže, da so v poprečju za vso krošnjo prve za 48,9 % močnejše izražene kot dolžinske, glede na položaj v krošnji pa so v spodnji tretjini za 34,7 %, v srednji za 45,9 %, v vršnji pa za 55,9 % večje kot dolžinske. Težinsko razmerje popkov s stopnjevanjem višine v krošnji je za bukvice O 1 : 1,93 : 2,54, za sprva zastrite mladice pa 1 : 1,67 : 2,05.

Na podlagi teh ugotovitev je dopusten sklep, da redukcija svetlobe močnejše vpliva na volumen bukovih popkov kot na njihovo dolžino. Ta trditev je še zlasti upravičena, ker smo z orientacijskim poskusom dognali, da se specifična teža popkov razlikuje le za 1,3 do 2,0 % in razlike niso dosledne in tudi ne statistično utemeljene. Nadalje smo ugotovili, da se razmerje med volumnom bukovih popkov in pripadajočimi dolžinami s stopnjevanjem višine v krošnji vedno izraziteje razhaja. Torej debelina popkov z višino v krošnji občutno hitreje narašča kot njihova dolžina.

Reducirana svetloba deluje torej zaviralno tudi na debelino oziroma na volumen bukovega brstja, in to tem učinkoviteje, čim višji je položaj v krošnji. Posledice zmanjšane osvetljevanja so v tem pogledu zelo očitne še najmanj 7 let potem, ko je bilo bukovo mladje sproščeno zastora.

724. Viri, ki obravnavajo vpliv svetlobe na zgradbo bukovih popkov, se nanašajo zlasti na število brstnih lusk, na njihovo velikost in debelino ter na prepustnost le-teh za svetlobo. Razen splošne ugotovitve, da imajo senčni popki gozdnega drevja manj brstnih lusk in da so le-te tudi tanjše (106), se pripisujejo takšne razlike zlasti bukovim popkom. Za prav takšno presojo so se odločili tudi Tschermak (105), Engler (31) in Dengler. Poslednji dodaja še razlago, da skozi tanjše luske senčnih bukovih popkov svetloba in toplota lažje prodre in zato le-ti prej ozelenijo (25). Münch (76) pa presojnosti lusk ne prisoja odločilnega pomena ter meni, da položajna prilagojenost toplotnim (torej ne svetlobnim! op. M. B.) razmeram odloča o spomladanskem razvoju bukovega listja. Tudi Wiesner je prisodil svetlobi le omejeno vlogo pri odpiranju bukovih popkov in meni, da za uspešen začetek tega pojava zadošča vsaj 25 %, za njegov nadaljnji razvoj pa celo le 1/60 popolne svetlobe (115). Tudi Leibundgut izraža pomisleke o izključnem vplivu svetlobe na zgradbo bukovih brstičev in tudi

o tem, da prepustnost njihovih lusk za svetlobo odloča o času ozelenitve. Na podlagi svojih poskusov meni, da razen presojsnosti lusk vplivajo na ozelenitev še drugi, notranje pogojeni činitelji (61). *W a r e i n g* pa trdi, da enoletnim bukovim sadikam zadošča za prekinitev zimskega počitka že 0,7 % prirodne svetlobe, ki prodre skozi brstične luske (113).

Za analizo popkov sem uporabil iste vzorce kot v točki 71, vendar sem se iz tehničnih razlogov omejil na vzorčenje z 1,6 %. Glede na to, da je mogoče število in velikost brstičnih lusk izraziti le z enim nakazovalcem, t. j. z njihovo skupno ploščino, sem se odločil za njeno ugotavljanje. Debelini lusk so razni pisci doslej posvečati pozornost v zvezi s sklepanjem o njihovi presojsnosti. Toda takšna presoja ne more biti zanesljiva, prvič, ker debelina brstičnih lusk ni v linearnem odnosu s presojsnostjo, in drugič, ker je mogoče, da se luske med seboj ne razlikujejo samo po debelini, ampak tudi po svoji zgradbi, ki je pri enaki debelini lahko bolj ali manj prepustna za svetlobo. Zato sem se odločil za ugotavljanje takšnega nakazovalca, ki ni podvržen morebitnemu vplivu omenjenih nekontroliranih okoliščin, razen tega pa daje neposreden odgovor na namensko vprašanje. Izmeril sem *presojnost* za skupnost vseh lusk posameznega popka. Tako ugotovljene vrednosti sem delil z dognano skupno ploščino vseh lusk na popku in sem tako izračunal specifično presojsnost lusk za površinsko enoto.

Kot svetlobni vir je bila uporabljena žarnica 60 W na razdalji 28,5 cm v zatemnjenem prostoru. Merjenje pa je bilo opravljeno s selenskim luksmetrom Laes-Milano z natančnostjo čitanja na 5 luksov. Z vsakega obravnavanega popka so bile ekstimpirane vse luske, nato so bile razgrnjene ter vložene med dve stekli, ki sem ju nato zalepil. Takoj nato so bile opravljene svetlobne meritve. Ugotovljene vrednosti sem korigiral za količino svetlobne energije, ki so jo stekelca vpijala oziroma reflektirala. Za boljšo natančnost so bile opravljene meritve vseh serij po trikrat ter so bile upoštevane srednje vrednosti. Ploščine vseh lusk na posameznem popku so bile določene s planimetriranjem kontaktnih fotokopij, izdelanih iz preparatov med stekli ob enaki osvetlitvi (slika 22). Meritve so bile opravljene z natančnostjo 0,1 mm<sup>2</sup>.

725. Korigirana *presojnost* brstičnih lusk za en popek se je gibala v intervalu od 470 do 550 luksov. Njeno poprečje za bukovo mladje O je znašalo 498 luksov ali 80,0 % razpoložljive svetlobe, za bukovje P pa 510 luksov ali 85 % vse svetlobe. Poprečna prepustnost za svetlobo lusk svoječasno zastrtega bukovja je bila torej za skupnost vseh razgrnjenih lusk posameznega popka za 2,4 % večja kot za primerjalno bukovo mladje.

Presojnost brstičnih lusk pa je občutno variirala tudi glede na višinski položaj v krošnji. Najmanjša je bila v vršnji tretjini krošnje, največja pa v spodnji. Njeno poprečno upadanje od osnove proti vrhu je za bukovje O izraženo z razmerjem 100 : 92,7 : 92,4, za bukvice P pa z odnosom 100 : 95,4 : 93,2. V vseh primerih so razlike med primerjanimi mladnicami dosledne. Njihova signifikantnost je za popje v vršnji tretjini pri tveganju 5 % utemeljena za  $t = 2,24$ , v srednji tretjini pri tveganju 0,1 % pa za  $t = 5,38$ , medtem ko se v spodnji tretjini presojsnost brstičnih lusk med bukovjem P in O ne razlikuje signifikantno.

Prepustnost za svetlobo vseh razgrnjenih lusk, ki pripadajo enemu popku, predstavlja sicer le relativno vrednost, vendar navedene ugotovitve omogočajo spoznanje, da imajo luske bukovega mladja, ki je bilo prva 4 leta zastrto, najmanj še 7 let po sprostitvi značilnosti senčnih popkov in da je nji-

hova tovrstna divergenca od svetlobnih popkov najbolj poudarjena v srednji tretjini krošnje.

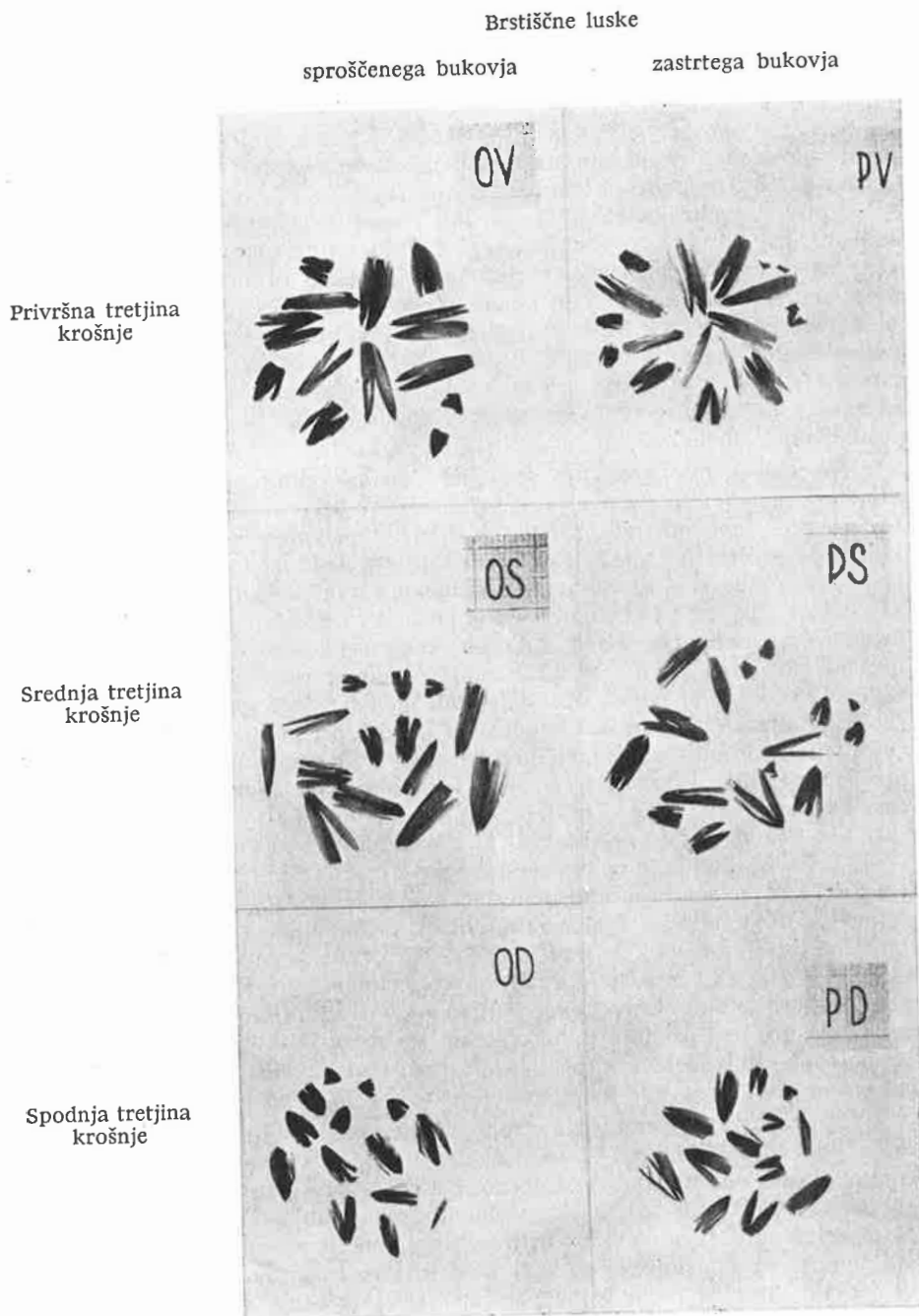
Za ugotavljanje specifične presoynosti je bila določena še ploščina razgrnjenih lusk, ki pripada posameznemu popku in sem dognal, da le-ta leži v intervalu od 2,10 do 3,99 cm<sup>2</sup>. Obravnavana ploščina se z višino v krošnji stopnjuje, in sicer za mladje O v odnosu 1 : 1,64 : 1,50, za mladice P pa v razmerju 1 : 1,29 : 1,33, torej blaže. Poprečna vrednost za bukove O za 18,1 % presega poprečno ploščino lusk 1 popka na bukovicah P. Razlike so dosledne in so za vso krošnjo pri tveganju 25 % za  $t = 0,97$  signifikantne ter znašajo v spodnji tretjini 3,4 %, v srednji 30,9 % in v vršnji 16,6 %. Tudi statistična utemeljenost razlik je glede na višinski položaj v krošnji zelo različna. Medtem ko razlike v privršnem delu niso signifikantne, so v spodnjem signifikantne pri tveganju 10 % za  $t = 2,29$ , v srednjem pa pri tveganju 1 % za  $t = 5,40$ .

Ploščinsko-specifična presoynost brstičnih lusk, t. j. prepustnost za svetlobo ene površinske enote luske, upada od dna proti vrhu krošnje, in sicer pri bukovic O v razmerju 100 : 56 : 53, pri mladju P pa v odnosu 100 : 74 : 70, torej na svojčas zastrtih mladica blaže kot na sproščenih. Poprečna razlika specifične presoynosti med primerjalnima nasadoma znaša 21,0 % in je najbolj poudarjena v privršnji tretjini krošnje, t. j. za 37,5 %, medtem ko znaša v spodnji komaj 4,1 %. Razlike so dosledne in blago signifikantne ter so opazne tudi iz kontaktnih fotokopij razgrnjenih brstičnih lusk na sliki 22.

Relativna specifična količina svetlobne energije, ki skozi brstične luske predre do popkovega meristemskega tkiva, pa ni odvisna samo od prepustnosti lusk, ampak tudi od stopnje njihovega medsebojnega prekrivanja. Iz prej navedenih podatkov sem dognal, da se luske na brstičih bukovic O gosteje prekrivajo kot na popkih bukovic P. Upoštevajoč nadalje te stopnje prekritosti, sem izračunal relativne količine prepuščene svetlobe in sem jih postavil v razmerje s površinami popkov ter tako izračunal specifično presoynost popkov, t. j. količino svetlobne energije, izraženo z relativnim deležem od celotne razpoložljive svetlobe, ki predre skozi 1 cm<sup>2</sup> brstične luske. V preglednici so prikazani osnovni podatki o poprečni relativni stopnji presoynosti za 1 popek glede na njegovo višinsko lego v krošnji in glede na pripadnost bukovic O oziroma P.

Svetlobni režim	Položaj v krošnji	Ploščina (cm <sup>2</sup> )		Prekritost %	Presoynost (%)		
		vseh lusk	popka		razg.	prekr.	na 1 cm <sup>2</sup>
O	Vrh	3,64	1,03	338,9	80,0	29,0	28,3
	Sred.	3,98	0,86	363,4	81,4	13,5	15,7
	Osnova	2,42	0,55	255,0	87,6	46,0	83,4
	Poprečje	3,35	0,81	319,1	82,9	29,5	42,5
P	Vrh	3,12	0,98	318,3	82,3	43,8	44,7
	Sred.	3,04	0,83	267,7	84,3	42,5	51,4
	Osnova	2,34	0,56	218,1	86,6	51,6	91,5
	Poprečje	2,83	0,79	268,0	84,4	35,9	62,5

Zaradi medsebojnega prekrivanja se razlika presevnosti brstičnih lusk za poprečni popek med bukovic P in O poveča od 1,5 % na 16,4 %, kajti stopnja



Slika 22.

prekritosti na popkih trajno sproščenih bukvic je za 19,0 % večja kot na bukvicah, ki jim je bila prva 4 leta reducirana svetloba. Razlike so dosledne in signifikantne. Prekritost brstičnih lusk upada od vrha proti dnu krošnje, in to pri bukvicah P intenzivneje in dosledneje kot pri bukovju O. Razlike med skrajnostima krošnje znašajo v prvem primeru 45,8 %, v drugem pa 32,9 %. Vendar pa se razlika prekritosti lusk med primerjanima mladjema najbolj uveljavlja v sredini krošnje, in sicer s 35,7 %, najblaže pa na njenem dnu (16,9 %).

Vpliv svetlobe na potek fizioloških procesov je odvisen od njene specifične količine, t. j. od tiste, ki odpade na površinsko enoto obravnavanega organa. Zato sem še ugotovil in primerjal svetlobne količine, ki prodrejo skozi prirodno prekrita brstična luska na površinsko enoto popkovega meristemskega tkiva. Te vrednosti rastejo od vrha krošnje proti njenemu dnu, in sicer pri bukovju O za 194,9 %, pri mladnicah P pa za 104,6 %. Razlika med poprečkoma za primerjalna nasada znaša 47,1 % v dobri bukvic P in je najbolj poudarjena v srednji tretjini krošnje, in sicer z 227,1 %, medtem ko znaša v spodnji le 9,7 %. Razlike so dosledne in statistično utemeljene.

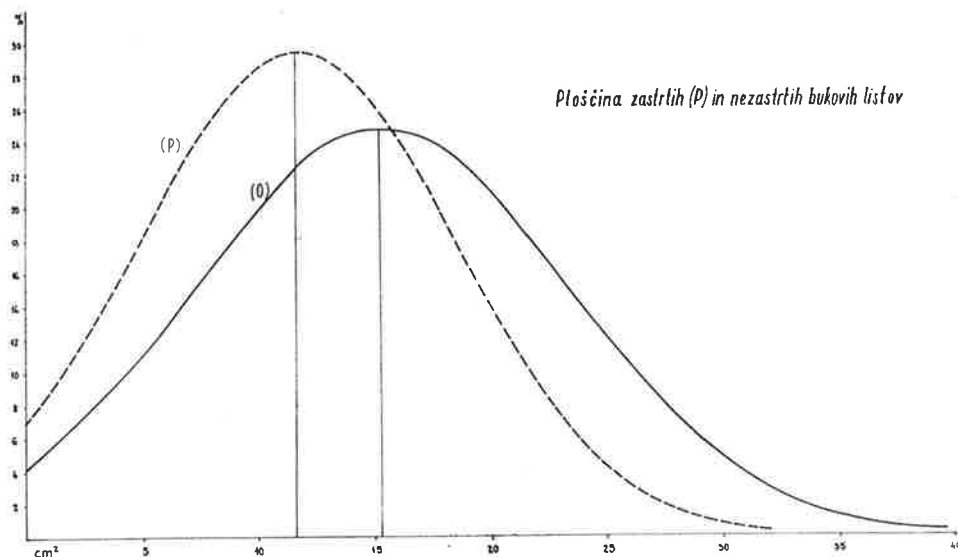
Na podlagi teh ugotovitev sem prišel do naslednjih spoznanj: Dolžina in volumen popkov se od osnove proti vrhu bukove krošnje sicer stopnjujeta, pa tudi prekrivnost brstičnih lusk v isti smeri in s tem zmanjšuje možnost presočnosti, hkrati pa proti vrhu upada tudi specifična prepustnost lusk za svetlobo. Iz tako usmerjenih medsebojnih odnosov upoštevanih morfoloških nakazovalcev rezultira zakonitost, da relativna količina svetlobe, ki predre skozi lusko na enoto brstičnega meristemskega tkiva, občutno upada z višino v krošnji. Analogne razlike, ugotovljene med senčnimi in svetlobnimi popki, obstajajo tudi med brstjem sprva zastrtih in nezasenčenih bukovih mladici in dokazujejo, da imamo pri popju bukova, ki mu je bila svojčas reducirana svetloba, še najmanj 8 let po normaliziranju svetlobnih razmer opraviti s takšnimi morfološkimi spremembami, ki so značilne za senčne popke in ki jih spremljajo s spremenjenimi svetlobnimi razmerami inducirane fiziološke reakcije.

73. Za ugotavljanje vpliva svetlobe na količino in kakovost bukovega listja sem uporabil material, nabran v poskusnih nasadih 11-letnih oziroma 12-letnih bukvic: 1. pozno spomladi, ko so bili listi že popolnoma razviti [a) 27. V. in b) 14. VI.], 2. sredi poletja, 3. v jeseni pred zaključkom vegetacijske aktivnosti (18. IX.) in 4. neposredno pred porumenitvijo (17. X.). V prvem in drugem primeru je bilo obravnavano listje z vršne tretjine krošnje za oba primerjalna nasada. V tretjem primeru je bil obdelan ves material z vzorčnih bukvic, izbranih po postopku, navedenem v točki 451. Zadnja raziskovalna serija pa se je nanašala na primerjalni skupini le po 40 vršnih listov.

731. Podatki, ki jih navaja strokovna literatura o vplivu svetlobe na velikost bukovih listov, so sicer precej obilni, vendar pa si nekateri nasprotujejo in zato niso v zanesljivo oporo. Na eni strani avtorji zastopajo stališče, da so pri vseh listavcih senčni listi večji od svetlobnih (66, 77, 90) ter še posebej za bukev trdijo, da se velikost listov s stopnjevanjem sence povečuje (11, 12, 14). Najdemo pa tudi ugotovitev, da bukovi listi ne reagirajo na blažje zasenčenje z doslednim povečevanjem listne ploščine (16). Na drugi strani pa je Watt (4) dognal, da so bili listi 4-letnega bukovega mladja v gozdu z 1/60 prirodne svetlobe za 43,4 % krajši in za 27,2 % ožji kot na prostem.

Pri našem proučevanju so bile izmerjene ploščine obravnavanega bukovega listja s polarnim planimetrom na dorzalni strani, in sicer tako, da so bili listi pri tem prekriti s tankim steklom in je bila tako njihova površina izravnana. Meritve so bile opravljene z natančnostjo 1 mm<sup>2</sup>.

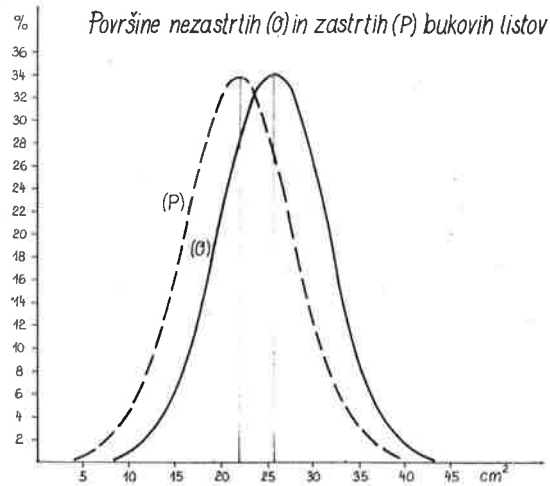
Za svež material iz 3. serije sem ugotovil, da znaša poprečna ploščina vršnega lista z bukova P 11,57 cm<sup>2</sup>, z mladice O pa 15,99 cm<sup>2</sup>. Razlika je torej pomembna, saj znaša v dobro nezastretega mladja 38,2 % in je dosledna s 83,4 % ter za srednje parcelične vrednosti pri 10 % tveganju za  $t = 2,44$  signifikantna. Nadalje sem dognal, da se primerjani bukovi razlikujeta tudi glede variabilnosti obravnavane ploščine, kajti za mladje O znaša le-ta 52,8 %, medtem ko je za bukvice P 58,2 %. Modifikacijska variabilnost velikosti listja svojčas zastretega bukova je torej večja od primerjanega. Pripadajoči frekvenčni krivulji listnih ploščin sta prikazani na sliki 23.



Slika 23.

Iz navedenih ugotovitev moremo sklepati, da sta absolutna velikost in stopnja modifikacije obravnavane morfološke značilnosti odvisni od svetlobnih razmer.

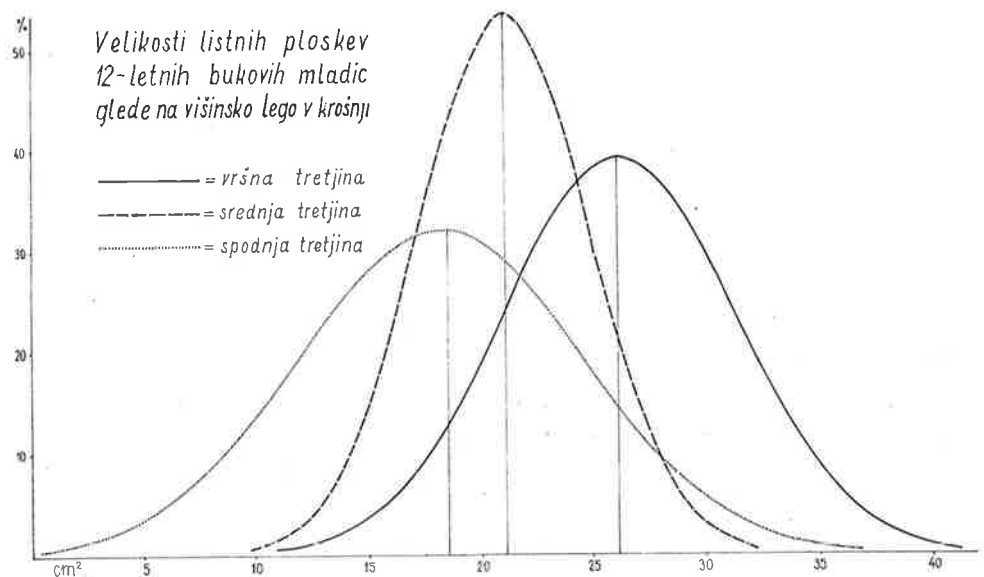
Meritve in analize podatkov za bukovo listje iz 4. serije, t. j. neposredno pred jesensko porumenitvijo, so sicer potrdile dognanja iz prejšnjega odstavka, vendar pa je bila razlika med srednjima ploščinama listov iz primerjalnih bukovih nasadov le 17,4 % v dobro nezastretega bukova in je 63,4 % dosledna ter pri tveganju 2,5 % za  $t = 2,48$  signifikantna. Hkrati je tudi variabilnost manjša kot pri listju iz 3. serije, in za mladje O znaša 22,8 %, za bukvice P pa 26,9 %. Ker je tudi modusna vrednost prvo omenjenega mladja večja kot pri drugem in ker je tudi standardni odklon zanj manjši kot za bukove P, moremo sklepati, da je svoječasna redukcija svetlobe povzročila večjo modifikacijsko variabilnost velikosti bukovega



Slika 24.

listja. Frekvenčna porazdelitev obravnavanega morfološkega nakazovalca je za primerjani bukovi mladji prikazana z diagramoma na sliki 24.

Primerjava listnih ploščin iz serije 1 a glede na višinsko lego v krošnji je pokazala, da ta morfološki nakazovalec variira glede na upoštevano okolnost.



Slika 25.



Poprečna velikost listne ploskve v privršnji tretjini krošnje namreč znaša 26,2 cm<sup>2</sup>, v srednji 20,9 cm<sup>2</sup>, v spodnji pa le 18,1 cm<sup>2</sup>. S stopnjevanjem višine v krošnji velikost listov torej narašča, in sicer od osnove proti vrhu v razmerju 100 : 115,4 : 144,6. Na podlagi te ugotovitve torej ni mogoče pritegniti stališčem avtorjev, omenjenih v začetku te točke, razen W a t t u (4). Frekvenčna porazdelitev listnih ploščin je prikazana za vsako tretjino krošnje v diagramih na sliki 25. V razporednici so zbrani osnovni parametri vrednotene velikosti listov glede na njihovo višinsko razporeditev v krošnji.

Položaj v krošnji	x	s	$\overline{sx}$	V %	H %
Vrh	26,15	5,092	0,5090	19,47	39,28
Sredina	21,10	3,747	0,3747	17,76	53,38
Osnova	18,25	6,226	0,0623	34,12	32,12

S primerjavo vrednosti za relativno variabilnost spoznamo, da je spremenljivost obravnavanega morfološkega nakazovalca največja v spodnji tretjini krošnje. To potrjujejo tudi standardni odkloni, od katerih je za spodnji del krošnje največji, hkrati pa je zanj modusna ordinata najkrajša. Ti parametri pa kažejo tudi, da je variabilnost velikosti listnih ploskev najmanjša v srednji tretjini krošnje. Ob upoštevanju teh ugotovitev smemo trditi, da je modifikacija velikosti listnih ploskev bukovega mladja, ki je bilo prva 4 leta zastrto, posredna ali neposredna posledica reducirane svetlobe — analogno kot tudi senčno listje na nezastrtem bukovju glede na svoj višinski položaj — ter da svoječasno zasenčeno bukovo mladje še najmanj 8 let po sprostitvi enako reagira z z m a n j š a n j e m l i s t n i h p l o s k e v, ki je značilno za listje sproščenih osebkov v spodnjem delu krošnje.

Ceprav sem poskusni material v seriji 1 a nabral po načelu naključja, t. j. z mladci različnih višin in debelin, v seriji 3 pa s srednjih parceličnih reprezentantov, sem vendar posvetil pozornost tudi pomisleku, da bi mogle določene rastne okolnosti reprezentativnih osebkov vplivati na izid naših dognanj. Zato sem preizkusil morebitno odvisnost srednje ploščine listov od višine mladice in sem ugotovil, da je listje tem večje, čim višja je prizadeta mladica. Ta odvisnost je dokaj trdna, kajti ob tveganju 0,1 % in za  $t = 5,23$  je statistično utemeljena. Nadalje sem preizkusil odvisnost velikosti listov od njihovega števila na prizadeti bukvi in sem ugotovil, da je poprečni list na mladici h o t e m v e č j i, č i m m a n j j e l i s t j a n a p r i z a d e t e m o s e b k u. Tudi ta korelacija je trdna, kajti pri tveganju 0,1 % in za  $t = 4,92$  je statistično utemeljena.

Ta dodatna spoznanja o sistematičnem vplivu ravnosti bukvic na poprečno velikost listne ploskve opozarjajo, da od primerjave velikosti listov smemo pričakovati zanesljive ugotovitve le ob ustreznem upoštevanju individualno izražene ravnosti obravnavanih osebkov. V raziskovanju sem tako ravnal v primeru vrednotenja listov iz 3. serije.

732. Podatki iz strokovne literature, ki obravnavajo vpliv svetlobe na težo bukovega listja, so skopi, hkrati pa si nasprotujejo. Na eni strani nahajamo trditve, da so listi zasenčenih bukvic lažji (9, 11), na drugi pa so B u r s c h e l, H u s s i n S c h m a l t z (14, 16, 17) dognali, da se teža bukovega listja stopnjuje s pove-

čanim zasenčenjem. Zadnja omenjena avtorja sta z merjenjem listja z bukovega mladja dognala, da je bilo najtežje pri 17 % svetlobi, najlažje pa pri 100 %.

Z meritvami materiala iz serije 1 a sem ugotovil, da poprečna teža svežega bukovega lista v privrtni tretjini krošnje bukvic O znaša 423 mg, v srednji 210 mg, v spodnji pa le 185 mg. Ta medsebojni odnos je izražen z razmerjem 100 : 49 : 43. Očitno je torej, da poprečna teža enega bukovega lista s stopnjevano senčnostjo upada, in sicer od vrha krošnje do njene osnove poprečno za 128,9 %.

Poprečna teža enega deloma zračno suhega bukovega lista za bukovje O iz serije 3 je znašala 171 mg, za bukovje P pa le 103 mg. Bukov list svojčas zastrtega mladja je bil torej lažji poprečno za 65,7 %. Ta velika razlika je s 83,4 % dosledna in je pri tveganju 0,2 % za  $t = 4,21$  signifikanta.

Z analognim raziskovanjem popolnoma svežega listja iz serije 1 b, t. j. pozno spomladi, sem ugotovil, da poprečna teža lista za bukovo mladje O znaša 466 mg, za bukvice P pa le 309 mg. Bukov list prvotno zasenčenega bukovja je bil torej lažji za 50,5 %. Razlika je tudi v tem primeru velika, čeprav ne dosega tiste iz 3. serije. Vzrok za neskladnost razlik, zlasti pa za neenake poprečne teže leži v različni vlagi listov, obravnavanih v primerjanih serijah. Količina vode v listju se je razlikovala, ker material ni mogel biti idealno enako svež in ker je vlažnost variirala v zvezi s sezonskim razvojem listja.

Vplivnost omenjenih dveh činiteljev potrjuje tudi dejstvo, da sem za zračno suho listje iz 4. serije dognal pri bukovju O poprečno težo 1 lista za 234 mg, pri bukovju P pa le 130 mg. Torej gre za razliko 74,2 %.

Iz primerjave absolutnih in relativnih vrednosti, dognanih z navedenimi tremi poskusnimi serijami, je razvidno, da se poprečne teže listov in njihove razlike za primerjani bukovi sicer gibljejo v precej širokem razponu, vendar pa so v doslednem medsebojnem odnosu. Zaradi vpliva neenake vsebnosti vode in zaradi nezanesljivosti določanja njenega deleža sem primerjavo v 3. seriji oprl še na težo absolutno suhega listja. Dognal sem, da poprečna teža popolnoma suhega lista z bukovja O znaša 65,1 mg, z bukvic P pa 35,8 mg. Razlika je torej 81,8 % v dobro trajno sproščene mladja in je dosledna s 83,3 % ter pri tveganju 0,2 % za  $t = 4,42$  signifikantna. Medtem ko je pri bukovju O potrebno za 1 g suhe listne snovi 15,4 listov, jih mora biti pri bukovju P 27,9.

Primerjava naših izsledkov s podatki K a u s c h a in H a a s a (52) nam pokaže zadovoljivo skladnost. Omenjena avtorja sta sicer ugotovila za suho listje večjo težo, t. j. za svetlobne liste 188 mg, za senčne pa 110 mg in razlika med njimi ne dosega naše, vendar pa to neujemanje lahko razložimo z okolnostjo, da se je njuno raziskovanje nanašalo na listje 80-letne bukve, naše pa na 12-letno mladje; znano pa je, da teža bukovega listja s starostjo drevja raste (29).

Iz teh naših ugotovitev sledi, da 4-letna redukcija svetlobe v prvi mladosti bukovega mladja inducira fiziološke reakcije, izražene z morfološkim modifikacijami, ki se najmanj še 7 let po normalizaciji svetlobnih razmer uveljavljajo z lažji mi listi, torej s takšnimi, ki glede na svojo težo kažejo značilnost senčnih listov.

733. Dalje sem primerjal odnos med velikostjo in težo svežega bukovega listja ter sem dognal, da pri bukovju O odpade na 1 g svežega lista poprečno 93 cm<sup>2</sup> ploščine, pri mladica P pa 113 cm<sup>2</sup>. Razlika med primerjanimi bukvicami je pomembna in znaša 20,1 %, hkrati je tudi dosledna in pri tveganju 1 % za  $t = 3,23$  signifikantna. Te vrednosti so deloma večje od tistih, kot jih je

ugotovil Müller (74), ki je za sveže svetlobne liste dognal, da je za 1 g potrebno 50 cm<sup>2</sup>, za senčne 130 cm<sup>2</sup>, torej več kot v našem primeru. V primerjavi s podatki istega avtorja (75) za listje 80-letne bukve pa so naše vrednosti v obeh primerih večje, ker on navaja, da 1 g svetlobnih listov ustreza 64 cm<sup>2</sup>, enaki teži senčnih pa 100 cm<sup>2</sup>. Od naših izsledkov pa se manj razlikujejo navedbe Polsterja (82), da 1 g svežih svetlobnih listov 8-letnega bukova meri 77,5 cm<sup>2</sup>.

Naše meritve so pokazale, da 1 dm<sup>2</sup> svežega listja z bukvic O tehta poprečno 1,078 g, enaka ploščina z bukvic P pa le 0,889 g. Ta ugotovitev potrjuje naše dognanje v točkah 731 in 732 in hkrati pojasnjuje spoznanje, zakaj so težinske razlike med primerjanima bukvojema večje od ploščinskih.

Dognanje iz prejšnje točke moramo torej dopolniti s spoznanjem, da manjša teža svežega bukovega lista, povzročena s svoječasnno redukcijo svetlobe, ni pogojena samo z zmanjšano ploščino lista, ampak je hkrati tudi posledica njegove manjše ploščinsko specifične teže.

Specifična teža svežega lista (teža 1 cm<sup>2</sup>) z bukvic O znaša 10,7 mg, z mladici P pa 8,9 mg. V primerjavi s podatki Burschela in Hussa (14) so naše vrednosti približno dvakrat večje, kajti omenjena avtorja sta za bukove, ki je raslo pri popolni svetlobi dognala specifično težo 5,2 mg, za mladje s 67 % svetlobe 4,5 mg, s 33 % svetlobe pa le 3,8 mg. Razlika izvira bržkone iz okolnosti, da sta omenjena pisca najbrž upoštevala suho listje (tovrstnega pojasnila ne navajata), kajti naša analiza suhega listja je dala specifično težo za listje z bukvic O 6,1 mg, z mladja P pa 5,6 mg. Razen tega pa se je vesersko raziskovanje nanašalo na 1-letne bukvice, naše pa na 12-letne; znano pa je, da bukovo listje s starostjo postaja težje (29).

734. Glede vpliva svetlobe na vlago bukovih listov najdemo v strokovni literaturi splošne ugotovitve, da je delež vode v senčnih listih gozdnega drevja večji kot v sončnih (12). Lamerler (77) je za bukev v prvem primeru dognal 63 % delež vode, v drugem pa 53 %.

Za listje iz 3. poskusne serije sem ugotovil, da vsebuje pri bukvicah O poprečno po 97 mg vode, pri mladicih P pa le po 65 mg po enem kosu. Poprečna razlika za 1 list med primerjanima bukvojema znaša torej 49,2 % v dobro nezastritega mladja. Toda za presojo morfološko-anatomskega značilnosti oziroma razlik je pomembnejša relativna vsebnost vode, t. j. vlaga, izražena v razmerju s težo svežega lista. Ob upoštevanju le-te sem prišel do ugotovitev, ki kažejo bistveno drugačen odnos, kajti vlažnost listja z bukvic O znaša 61,4 %, z mladici P pa 65,0 %.

V listju sprva zastritega bukova je bilo torej relativno več vode. Razlika vlažnosti, ki sem jo ugotovil med našima bukovima mladjema, je torej manjša, kot jo navaja Lamerler (77) za svetlobno in senčno listje, kolikor so zaradi različnih okolnosti podatki sploh primerljivi. V našem primeru so razlike dosledne in pri tveganju 5 % za  $t = 2,56$  signifikantne.

Napravljena je bila tudi analiza vlažnosti bukovega listja glede na ploščinsko enoto in sem dognal, da pri bukovic O v 1 dm<sup>2</sup> listja poprečno 606 mg vode, pri bukvicah P pa 561 mg. Razlika znaša le 7,9 %, je pa med parceličnimi poprečki dosledna in pri tveganju 0,1 % za  $t = 9,99$  signifikantno utemeljena, toda zaradi neenake ploščinsko specifične teže listja primerjanih bukovij ne omogoča prave orientacije o morfološko-anatomskega značilnostih bukovega listja in o njihovih razlikah kot posledice svetlobnih razmer.

Delež vode v svežem listju iz serije 1 a je bil glede na višinsko lego v krošnji največji v spodnjem delu krošnje, najmanjši pa v vršnem delu. Odnos relativne vlage med tretjinami krošnje od osnove proti vrhu je izražen z razmerjem 100 : 96,2 : 89,9. Ta ugotovitev se zadovoljivo ujema s podatki Müllerja (74), ki je v svežem senčnem bukovem listju izmeril 60—70 % vlage, v svetlobnem pa le 47—60 %. Ti naši izsledki omogočajo spoznanje, da vsebujejo listi bukovega mladja, ki mu je bila sprva reducirana svetloba, relativno več vode kot listi primerjalnega mladja — čeprav je vode absolutno manj — in da tudi glede na ta nakazovalec uveljavljajo značaj senčnih listov, in sicer še najmanj 8 let po normalizaciji svetlobnih razmer.

Glede sezonsko pogojene vsebnosti vode v listju obravnavanega bukovja se moramo omejiti le na ugotovitev, da le-ta zelo variira in ni odvisna le od sezonskega razvojnega stadija in od starosti mladice, ampak tudi od prejšnjih in tedanjih klimatskih razmer ter od dnevnega časa, ko so bili vzorci odvzeti, od takratne vlažnosti tal in od temperature in vlažnosti zraka pri opravljanju gravimetrijskega postopka. Ker je razen tega za ustrezno ravnanje z vzorci potrebna posebno skrbno prirejena tehnika dela in ker obdelava vprašanja sezonskih razlik presega okvir našega programa, se tovrstnega vprašanja nisem posebej lotil.

735. Stališča strokovnih piscev glede vpliva svetlobe na debelino bukovega listja so precej enotna. Müller (74) sicer ugotavlja, da listje v bukovih krošnjah ni enako debelo, vendar ta pojav povezuje s pripadnostjo listov dolgim ali kratkim poganjkom. Ker pa so dolgi poganjki, ki jim on prisojajo debelejšje liste, praviloma le v vršnem delu krošnje, redkeje v srednjem in nikoli v spodnjem, bi mogli navedeno razlago ustrezno dopolniti s sklepom, da so debelejši listi razporejeni v vršnem delu krošnje, deloma tudi v srednjem, kjer nahajamo tudi tanke, ki pa praviloma pripadajo spodnjemu delu krošnje. Čitašvili (23) je dognal, da odraslo bukovno drevo reagira na redčenje oziroma na svetljenje s povečanjem debeline svojega listja za 1,5- do 2-krat, hkrati pa ima bukev najdebelejšje liste na vrhu krošnje, tanjše v sredini na periferiji, najtanjše pa v notranjosti krošnje. Ugotovil je tudi, da s stopnjevanjem bioloških razredov debelina listov upada in najdebelejšje pripada I. biološkemu razredu. Brown (11) je dognal, da so imele zasenčene bukvice tanjše listje, Burschel in Schmalz (16) pa sta s poskusom dokazala, da se je s stopnjevanjem sence listje 4-letnega bukovega mladja tanjšalo, in sicer pri 18 % svetlobi za 31,4 %, pri 1 % svetlobi pa za 45,3 %, medtem ko na listju 2- in 3-letnih bukvic omejitev svetlobe ni povzročila nobenih morfoloških sprememb. Ker pa na debelino listov vpliva tudi sezonski razvoj, zaslужijo našo pozornost tudi podatki Van Miegroeta (110), ki je ugotovil naslednje naraščanje in poznejše upadanje debeline bukovih listov za zaporedne mesece od junija do septembra: 124, 137, 153 in 142 mikronov. Avgustovski maksimum pa ni značilen le za bukev, ampak za večino naših listavcev.

Za določanje debeline bukovih listov sem uporabil mikrometer Milimes C. Mahr z natančnostjo čitanja na 1 mikron. Obravnavano je bilo na pol sveže listje iz 4. serije (300 kosov) z obeh primerjanih nasadov, upoštevajoč hkrati višinsko lego v krošnji.

Ugotovljeno je bilo, da poprečna debelina listov z bukovja P znaša 65,1 mikrona, z bukovja O pa 87,1 mikrona. Poprečna razlika je bila torej 22 mikronov ali 33,7 %. Nadalje sem dognal, da debelina listja glede na višinsko razporeditev v krošnji zelo variira. Največja je na vršnem delu krošnje, najmanjša pa na spod-

njem. Za bukovje O znaša poprečna debelina listov pri vrhu krošnje 109,8, v sredini 93,8, spodaj pa 57,7 mikrona. Za bukvice P pa smo izmerili naslednje ustrezajoče srednje vrednosti: 88,9, 59,2 in 47,2 mikrona. Obravnavani nakazovalec upada v prvem primeru z zmanjševanjem višinc v krošnji v razmerju 100 : 85 : 52, v drugem pa v odnosu 100 : 66 : 53.

Parametri, izračunani s statistično analizo podatkov o debelini listov za različne lege, so zbrani v razpredelnici. Frekvenčna porazdelitev za vsako tretjino krošnje je predočena z diagrami na slikah 26 a in 26 b.

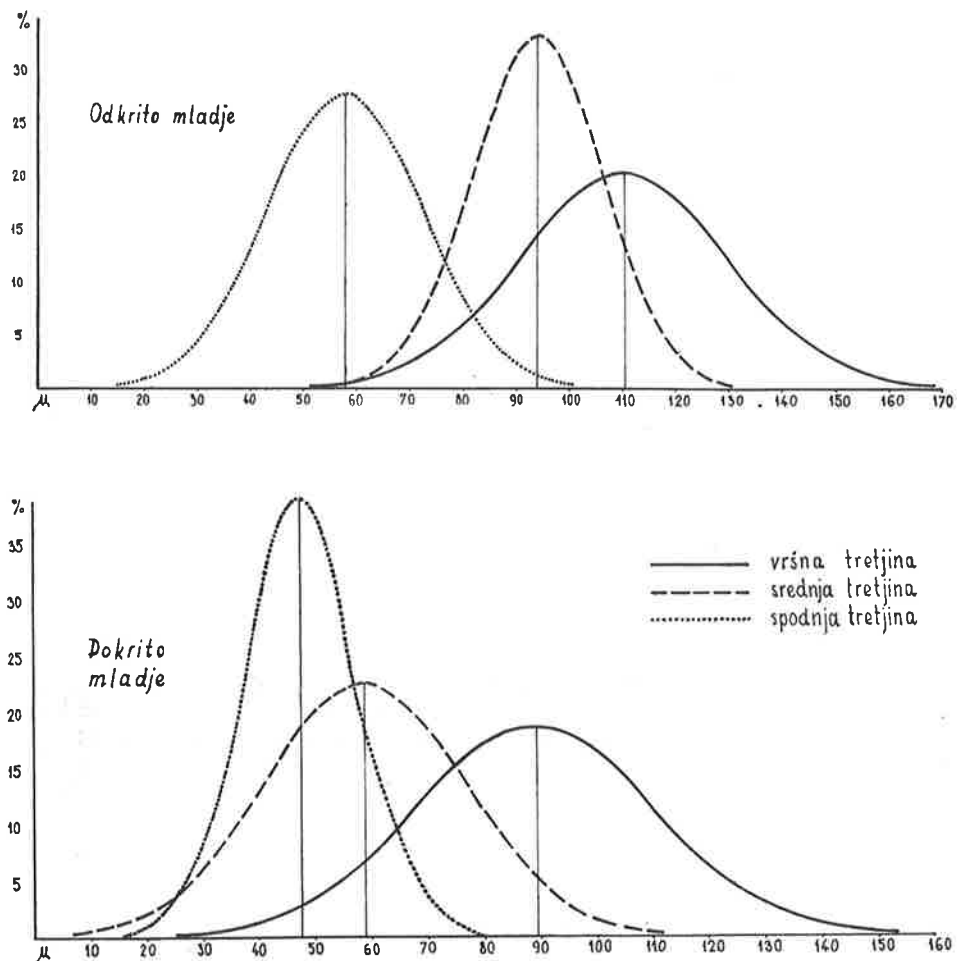
Svetlobni režim	Legi v krošnji	$\bar{x}$	s	$s\bar{x}$	V %	H %
O	Vrh	110,3	19,48	1,590	17,67	20,53
	Sredina	93,3	12,11	0,987	12,89	33,03
	Osnova	57,8	14,35	1,170	11,70	27,87
P	Vrh	89,4	31,31	1,738	23,82	18,77
	Sredina	58,9	17,62	1,437	29,90	22,70
	Osnova	47,6	10,22	0,834	21,48	39,12

Primerjava parametrov nam pokaže, da je pri obeh bukovih mladjih variabilnost obravnavanega nakazovalca najmanjša v spodnjem delu krošnje, največja pa pri bukovju P v srednjem, pri bukovju O pa v zgornjem delu. Poprečna vrednost obravnavanega morfološkega nakazovalca se med primerjanima bukovjema najbolj razlikuje v sredini krošnje (za 34,4 mikrona), manj pri vrhu (20,9 mikrona) in najmanj v spodnjem delu krošnje (10,5 mikrona). Razlike srednjih vrednosti parcelic med bukvicami O in P so dosledne in pri tveganju 0,1 % za  $t = 10,98$  signifikantne.

Glede na navedene izsledke moremo sklepati, da je modifikacija debeline listov bukovega mladja, ki je bilo prva 4 leta zastrto, posredno ali neposredno pogojena s svetlobno redukcijo — analogno kot tudi senčno listje v nižjih delih krošnje — ter da svojčas zasenčeno bukovje še najmanj 8 let po sprostitvi enako reagira s tanjšanjem listov kot listje v spodnjih delih krošnje sproščenih osebkov. Pri tem se reakcija najbolj uveljavlja v srednjem delu krošnje.

Preizkusil sem tudi stopnjo morebitne odvisnosti debeline bukovega listja od njegove velikosti in sem dognal, da je le-ta statistično utemeljena pri tveganju 2 % za  $t = 4,19$ . Bukovo listje, ki je večje, je torej hkrati tudi debelejšo.

736. Strokovno slovo je bogato splošnih stališč o vplivu svetlobe na anatomsko zgradbo listja, pa tudi podatki, dognani s podrobnimi raziskovanji za bukev, so izčrpni. Walter (107) meni, da se pri vseh drevesnih vrstah svetlobni listi značilno in očitno razlikujejo od senčnih. Na splošno se prisojajo senčnemu listju slabše razvite palisadne celice, večji delež gobastega parenhima in tanjšo epidermo (12, 99, 106, 16, 23, 24), pri tem pa nekateri avtorji domnevajo, da razlike glede zgradbe med svetlobnimi in senčnimi listi nastanejo že pri tvorbi popkov. Marcet (66) pa gre pri ugotavljanju svetlobnega vpliva na zgradbo listov na splošno še dalje in trdi, da lahko neenaka osvetljenost posameznega lista povzroči, da ima le-ta na raznih delih različno strukturo. Listna baza, ki je navadno deležna manjše svetlobe kot listni vršiček, ima zgradbo senčnega tipa, vršiček



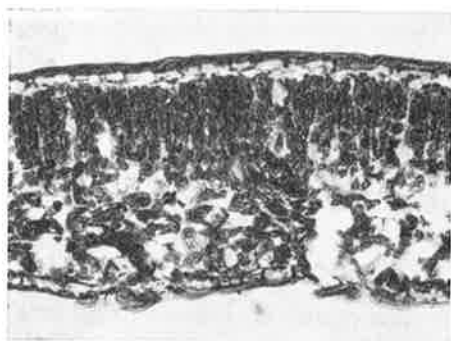
Slika 26.

pa svetlobnega. Čitašvili (23) pa je konkretno za bukev raziskal, kako vplivajo redčenja oziroma svetlenja odraščajočega sestoja na anatomsko zgradbo listov. Delež palisadnih celic je največji v vršnih listih, manjši je v listih s srednjega dela krošnje in najmanjši v listih s spodnjega dela in iz notranjosti krošnje. Najdebelejša plast teh celic pripada I. biološkemu razredu. Isto velja tudi za plast gobastega tkiva in za debelino epiderme s kutikulo. Zaradi boljše osvetlitve bukovih krošenj po redčenju se odebeli plast palisadnih celic v bukovih listih, in sicer v srednjem delu krošenj bolj kot pri vrhu, plast gobastega tkiva se v listju z nižjih bioloških razredov in v nekaterih primerih tudi na vršnem delu krošnje višjih razredov stanjša, toda epiderma se skupaj s kutikulo odebeli, zlasti na osebkih iz II. biološkega razreda. Burschel in Schmalz (16) nista za

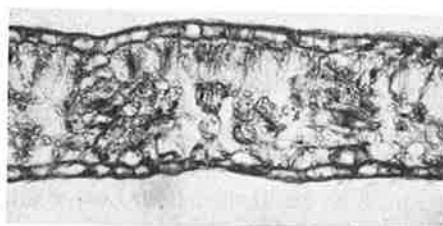
**Mikroskopski posnetki prečnih prerezov primerjanih listov**

Sproščeno bukovje

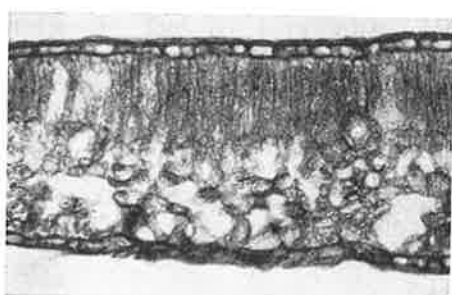
Zastrto bukovje



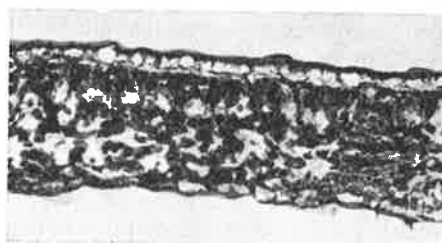
Privršnji del krošnje



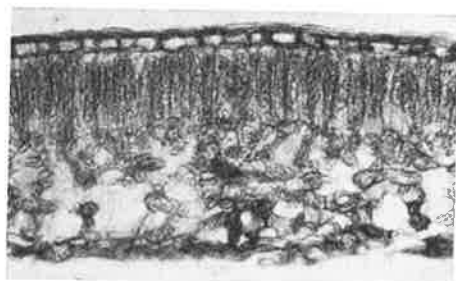
Privršnji del krošnje



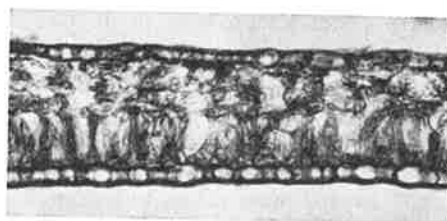
Srednji del krošnje



Srednji del krošnje



Spodnji del krošnje



Spodnji del krošnje

Slika 27.

bukovo mladje, staro poldrugo leto, mogla odkriti nikakršnih sprememb v zgradbi listov zaradi neenakih svetlobnih razmer, pač pa sta za bukovo listje s 3 in pol leta starih mladici dognala, da je imelo svetlobno listje debelejšo palisadno plast in tudi plast gobastega parenhima, medtem ko niti dorzalna niti ventralna epiderma glede na svojo debelino ni reagirala na svetlobne razmere.

Raziskovanje anatomske zgradbe listja z našega poskusnega bukovega mladja se nanaša na del materiala, nabranega z 12-letnih bukovich mladici v 4. seriji (glej 73. točko!). Mikroskopski prerezi so bili napravljeni v sredini listov, da bi se tako izognili morebitnim razlikam, na katere je opozoril Marcet (66). Trajni, obarvani preparati so bili fotografirani pri 300-kratni povečavi. Nekateri od teh posnetkov so v istem merilu reproducirani na 27. sliki, in sicer za vsako od obeh primerjanih bukovich mladici in za različne višinske lege v krošnji. Na posnetkih so dobro razvidne razlike listne zgradbe med sprva zastrtim bukovjem in med trajno sproščenim ter med različnimi deli krošnje glede velikosti palisadnih in gobastih celic ter glede debeline njihovih plasti kakor tudi glede debeline epiderme s kutikulo, zlasti dorzalne. Listi z vrha in s sredine nezastrtih krošenj imajo izrazito kseromorfno zgradbo, deloma tudi listi z vrha svojčas zasenčenih krošenj, medtem ko so listi z nižjih delov krošnje obeh primerjanih bukovich nasadov grajeni mezomorfno. Te naše ugotovitve se ujemajo z dognanji Haasa in Kauscha (42), ki sta razen tega listom s svetlobe prisodila tudi večjo stopnjo lignifikacije.

Očitno je torej, da je zgradba bukovich listov odvisna od svetlobnih razmer, in sicer ne le v prizadeti sezoni, ampak najmanj še 8 let pred njo. Negre torej le za neposredni vpliv svetlobe, ampak tudi za posredni, dolgotrajno inducirani, ki deluje spreminjevalno na zgradbo bukovich listov, ne da bi se pri tem predrugačila dedna osnova. Medtem ko je posredni vpliv vrjetno pogojen s kompleksnimi fiziološkimi reakcijami, je neposredni posledica uživanja večje količine svetlobe, ki povzroča pospešeno transpiracijo in v zvezi s tem tudi težjo preskrbo z vodo, le-to pa spremlja kseromorfna zgradba listov. Takšno razlago potrjujejo tudi ugotovitve Walterja (107), ki kseromorfnost asimilacijskih organov povezuje tudi z večjo osmotsko vrednostjo.

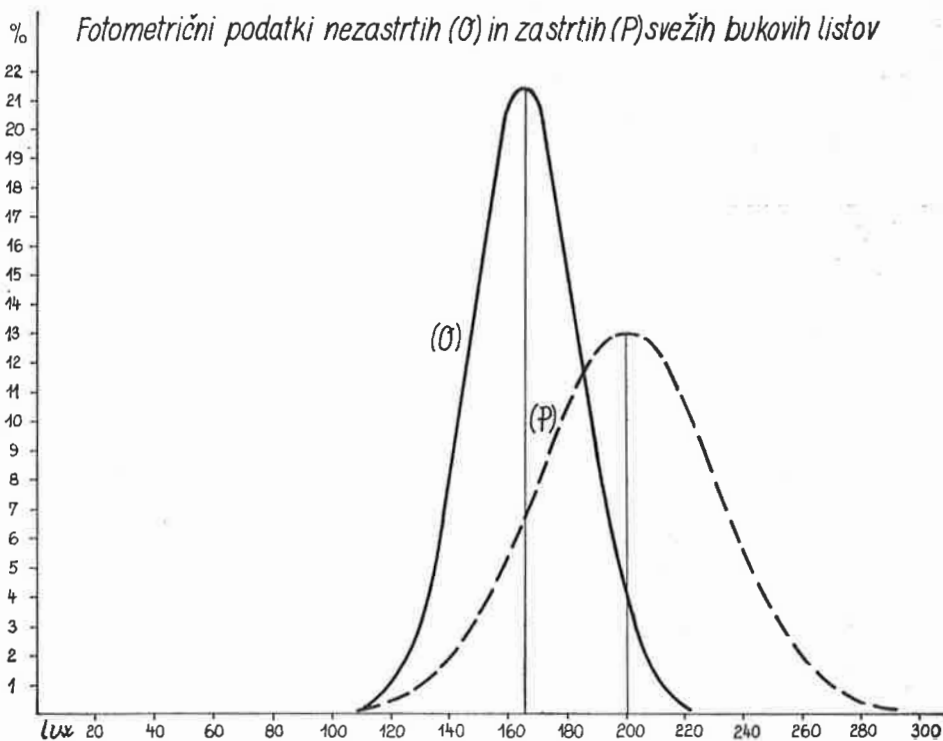
737. Odnos gozdnega drevja do svetlobe je opredeljen tudi s stopnjo presojsnosti listja oziroma s količino transgresijske svetlobe (12, 55, 91, 95, 110), hkrati pa ta nakazovalec omogoča določena sklepanja o anatomske značilnostih oziroma razlikah asimilacijskih organov pa tudi o njihovi fiziološki aktivnosti. Schreiber (95) pripisuje senčnim listom na splošno večjo presojsnost kot svetlobnim in spomladanskim večjo kot jesenskim. Van Miegroet (110) pa je razvrstil gozdne listavce glede na stopnjo presojsnosti med senčne in svetlobne vrste. Razen tega je dognal, da obstaja med presojsnostjo in pripadajočo debelino listov negativna regresijska korelacija. Odkril je tudi, da se presojsnost s sezonskim razvojem spreminja, in sicer v zvezi s stopnjevanjem debeline listov, kot sem ga že obravnaval.

Presojsnost listja pa ni odvisna samo od njegove debeline, ampak tudi od količine vsebovane vlage, kot so to pokazala naša, v nadaljnjem izvajanju prikazana raziskovanja. Končno pa tudi količina klorofila v listju vpliva na množino absorbirane svetlobe in s tem tudi na presojsnost. Hkrati pa se vsebnost klorofila spreminja s svetlobnimi razmerami in po Denglerju (25) s stopnjevanjem senco sprva narašča, pozneje pa upada (91). Ker pa vršni listi absorbirajo skoraj vsi



kratkovalovno svetlobo (95), so je nižje razporejeni listi deležni le prav malo, zato nimajo specifičnih svetlobnih pogojev za uveljavljanje večje debeline. Kratkovalovno svetlobno sevanje je namreč po Van der Veen u in Meijerju (108) iniciator za nastanek debelejših listov. Za junijski razvojni stadij bukovega listja je Van Miegroet (110) dognal, da najmočneje prepušča svetlobo iz zelenega dela spektra, nekoliko manj iz rdečega, še manj iz rumenega in nato belega, najmanj pa iz modrega. Do enakih ugotovitev je prišel tudi Schreiber (95). V senci, ki jo ustvarja listje, prevladuje svetloba, ki ji Walter (107) prisoja dva izrazita maksima, ki ustrezata zelenemu in rdečemu delu spektra. Toda Knuchel (55) pripisuje bukovemu listju največjo prepustnost za rumeni in zeleni del spektra, za rdeči in modri pa le šibko. Ker pa bukovo listje najbolj odbija rdečo svetlobo (110), je deležno — upoštevajoč navedeno — nižje razporejeno listje iz presojnosti višjega le zelo malo svetlobe tistih delov spektra, ki so odločilni za fotosintezo, t. j. rdečega in modrega (57, 105, 107).

Pri našem raziskovanju je bila merjena presojnost bukovega listja podobno, kot so bile tretirane brstične luske v točki 724, toda uporabljen je bil močnejši svetlobni vir, hkrati pa zaslonka. Obravnavano je bilo listje s primerjanih bukovih mladij 1. b in 4. serije. Razen svežega je bil uporabljen tudi na pol suh material, da bi dognal, koliko vlaga v listju vpliva na njegovo presojnost.



Slika 28.

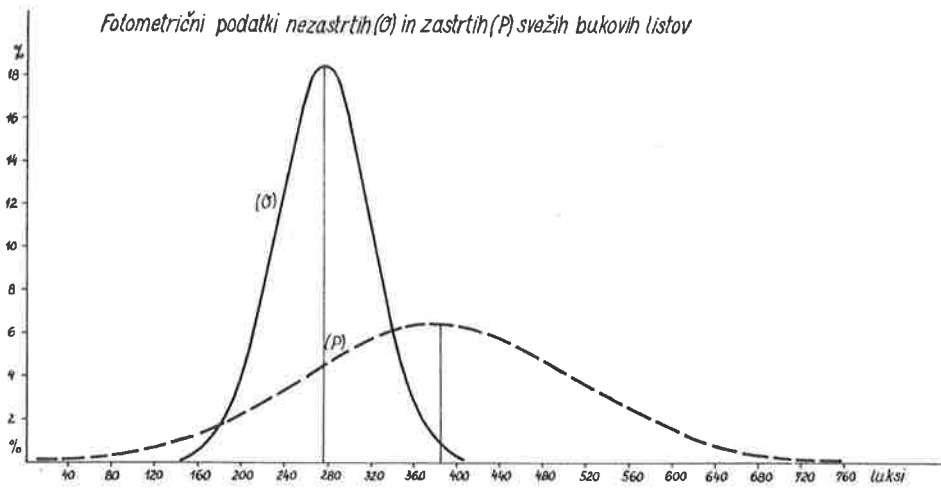
Presojnost listja, nabranega pozno spomladi (serija 1 b) s svojčas zastrtega bukovja je bila poprečno za 20,9 % večja od ustreznih vrednosti za primerjalni nasad O. Razlike so bile popolnoma dosledne in pri tveganju 5 % za  $t = 6,12$  signifikantne. Frekvenčna porazdelitev obravnavanega nakazovalca za bukvice O in P je razvidna iz diagramov na sliki št. 28, poglobilni parametri pa so zbrani v razpredelnici. Primerjava relativnih variabilnosti, standardnih odklonov in modusnih ordinat omogoča spoznanje, da je spremenljivost presojnosti listov na sprva zastrtih bukvicah večja kot na primerjanih, kajti variacijski koeficient je pri prvih za 4,1 % večji, standardni odklon za 64,3 % širši in modus za 64,2 % manjši kot pri drugo omenjenih.

Sveže jesensko listje (4. serija) prvotno zastrtega bukovja je prepuščalo poprečno za 38,7 % več svetlobe kot listje primerjalnega mladja iz iste serije. Razlike so s 85,2 % dosledne in pri tveganju 5 % za  $t = 4,18$  statistično utemeljene. Frekvenčna porazdelitev presojnosti za bukvice O in P je prikazana v diagramih na sliki 29, poglobilni parametri pa so zbrani v razpredelnici. Ker je za listje z bukovja P variacijski koeficient za 16,7 % večji, standardni odklon za 186,2 % širši in modus za 185,7 % manjši, sledi, da je spremenljivost presojnosti sprva zastrtega bukovega mladja večja kot primerjanega.

Polsuho jesensko listje (4. serija) svojčas zastrtega bukovja je prepuščalo za 153,4 % več svetlobe kot listje primerjalnega mladja iste serije. Razlike so dosledne in pri tveganju 5 % za  $t = 12,52$  statistično utemeljene. Frekvenčna porazdelitev prepustnosti za svetlobo za bukvice O in P je prikazana v diagramih na 30. sliki, poglobilni parametri pa so zbrani v razpredelnici. Polsuhemu jesenskem listju z bukovja P pripada za 2,58 % večji koeficient variacije, za 206,2 % širša standardna deviacija in za 160,8 % krajša modusna ordinata. Iz tega sledi, da je variabilnost presojnosti listov z bukvic P večja kot s primerjanih mladice.

Razvojni stadij in stanje listja	Svetlobni režim	$\bar{x}$	s	$\overline{s_x}$	V %	H %
Spomladan.	O	166,2	18,70	2,41	11,25	21,38
— sveže —	P	200,3	30,73	3,97	15,34	13,02
Jesensko	O	276,0	43,47	8,37	15,75	18,41
— sveže —	P	383,4	124,43	23,95	32,45	6,44
Jesensko	O	113,3	14,04	4,05	12,39	24,33
— polsuho —	P	286,2	42,93	12,40	14,97	9,33

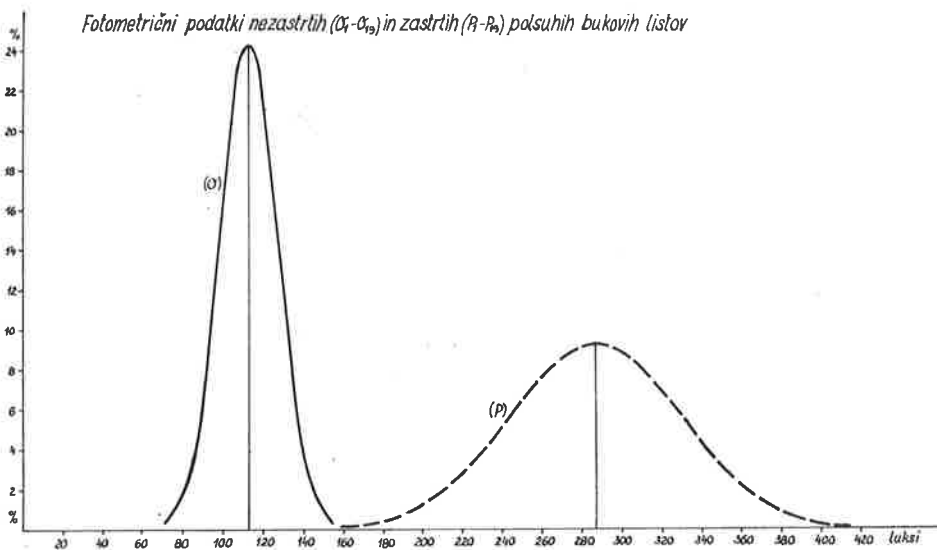
Analiza odnosa med poprečno vlago v listju in njegovo presojnostjo je izražena s popolno odvisnostjo ter je pri 5 % tveganju za  $t = 2,56$  signifikantna. Iz primerjave ustreznih parametrov v prejšnji tabeli in diagramov na slikah 29 in 30 sledi, da so bukovi listi z določeno vsebnostjo vode presojnejši od na pol suhih. Toda ta vloga vlage se v svetlobnih in v senčnih listih uveljavlja absolutno in relativno različno. Medtem ko je vlaga v našem primeru povečala poprečno presojnost listov z bukvic O za 163 luksov oziroma za 43,6 %, znaša ta razlika za mladice P le 97 luksov oziroma 33,9 %. Zato se je z osušitvijo listja razlika srednjih vrednosti med primerjalnima bukovjema povečala od 107 luksov na 173 luksov oziroma



Slika 29.

ma za 61,7 %. Vlažnost listja torej občutno ublažuje razlike presojsnosti med primerjanima bukovima mladjema.

Iz primerjave diagramov na slikah 28, 29 in 30 je razvidno odločno sezonsko razhajanje krivulj za primerjani bukovji, hkrati pa je očitna močno poudarjena divergenca, nastala zaradi delne osušitve listja. Absolutna presojsnost svežega je-



Slika 30.

senskega listja pri bukovju O je za 66,1 % večja od ustreznih vrednosti spomladi. Razlike za parcelične poprečke so popolnoma dosledne. Pri mladiah P pa dosega to sezonsko stopnjevanje celo razliko 91,4 %. Te naše ugotovitve ne potrjujejo stališč nekaterih avtorjev, navedenih v uvodu te točke, glede sezonskega poje-manja presojnosti.

Primerjani bukovi se torej razlikujeta glede presojnosti svojega listja. Večja prepustnost za svetlobo prvotno zastrtega mladja se ujema z našimi prejšnjimi ugotovitvami o njegovi mezomorfni zgradbi in torej tudi o senčnem značaju njegovega listja. Glede na ugotovljene razlike se njegova relativna senčnost s sezonskim razvojem stopnjuje, in to kljub istočasnem naraščanju debeline listja. Vseбина vode v listju deluje pospeševalno na njegovo presojnost, pri tem pa je ta vpliv v svetlobnem listju izrazitejši kot v senčnem. Zato pa stopnjevana vlaga v listju ublažuje razliko med presojnostjo svetlobnega in senčnega listja. Torej morajo biti vsakršni sklepi, četudi so le primerjalni, ki se opirajo na presojnost listov, zasnovani na vzporednih meritvah in podatkih, nanašajočih se enkrat na listje z večjo vsebino vode, drugič pa na identični material z manj vlage. Od postopka, ki bi slonel na enaki, natančno dognani in med meritvami konstantni vlagi, bi mogli pričakovati zanesljivih ugotovitev, če bi bila takšna metoda izvedljiva, toda, žal, takšna za sedaj še ni znana. Na podlagi teh naših spoznanj zaslužijo torej ugotovitve raznih avtorjev, navedene v uvodnem odstavku te točke, upoštevanje le s pridržkom in jih zato ne bom primerjal.

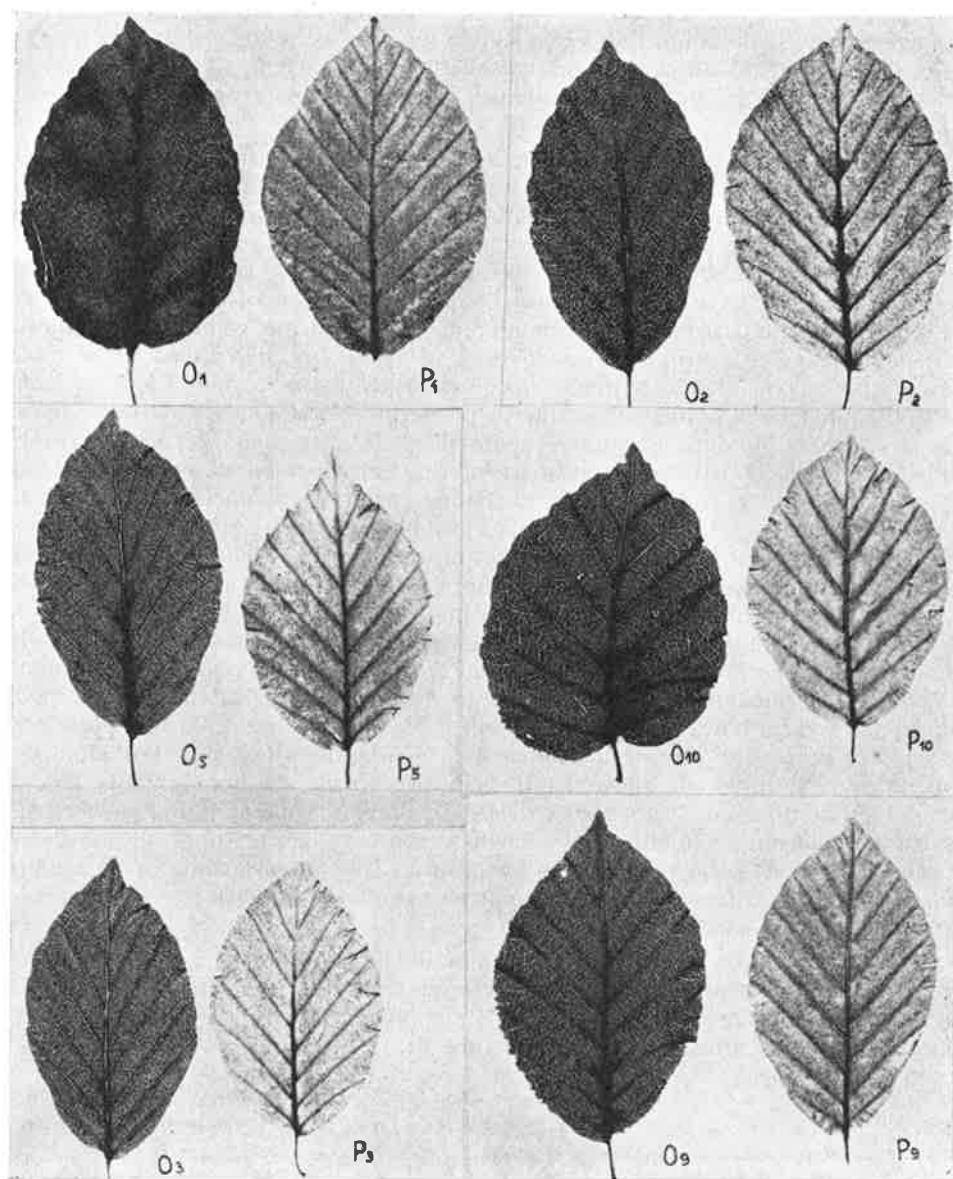
Na 31. sliki se očitno razlikuje stopnja prepustnosti za svetlobo med listi s trajno sproščenih bukvic in svojčas zastrtih, hkrati pa je lahko opazno tudi stopnjevanje presojnosti od vrha krošnje proti njenemu dnu. Slika je izdelana s celovito reprodukcijo kontaktnih fotokopij listov pri natančno enakih osvetlitvenih okolnostih (eksponiranje pri 186 luksih in 9 sekund na film »reproprint-n« Foto-kemika).

738. Prežiljenost bukovih listov je odvisna od svetlobnih razmer. Razen splošnega mnenja, da imajo svetlobni asimilacijski organi listavcev na splošno gostejše ožilje (99), je Walter (107) posebno za bukev dognal, da specifična dolžina žil (na površinsko enoto) svetlobnega listja za 45,2 % presega ustrezne vrednosti za senčno listje.

Raziskal sem ožilje jesenskega bukovega listja (3. serija). Za meritev dolžine žil so bile uporabljene 8-kratne povečave kontaktnih fotokopij. Na vsakem listu je bil na enak način izbran po 1 cm<sup>2</sup>, in sicer sredi listne dolžine ter sredi med glavno vzdolžno žilo in periferijo. Ugotovil sem, da na 1 cm<sup>2</sup> lista z bukovja O odpade poprečno 427 mm žil, z bukvic P pa 422 mm. Razlika znaša le 1,17 % ter ni niti pretežno dosledna in tudi ne signifikantna. Zato jo lahko pripišemo naključju. Listom s prvotno zasenčenih mladiah tudi ne pripada večja variabilnost, kakršno sem ugotavljal doslej pri drugih morfoloških ter ravnih značilnostih. Medtem ko prežiljenost listja z bukvic O variira z 31,5 %, dosega variabilnost ožilja na listih z mladiah P le 26,9 %.

Toda primerjava absolutne poprečne prežiljenosti pokaže drugačno sliko, kajti na 1 list z bukvic O odpade poprečno 649 cm žil, z mladiah P pa le 458 cm. Razlika znaša 41,6 % in je pri tveganju 5 % za  $t = 2,66$  statistično utemeljena. Vendar pa je ta razlika v glavnem pogojena z neenakimi listnimi ploščinami primerjanih bukovij. Če bi izhajali iz stališča, da je senčno listje redkeje prežiljeno

od svetlobnega, bi se torej morali odločiti za sklep, da v tem pogledu listi s sprva zastrtih bukvic le zelo blago uveljavljajo svoj drugače izrazito senčen značaj, oziroma da se v tem primeru takšen sploh ne kaže.



Slika 31.

Razporeditev listnih žil je bila zelo različna. Dva ekstremna primera sta prikazana na sliki 32. Levi tip ožilja je pogostnejši pri listju z bukvic P, desni pa pri listju z mladico O.

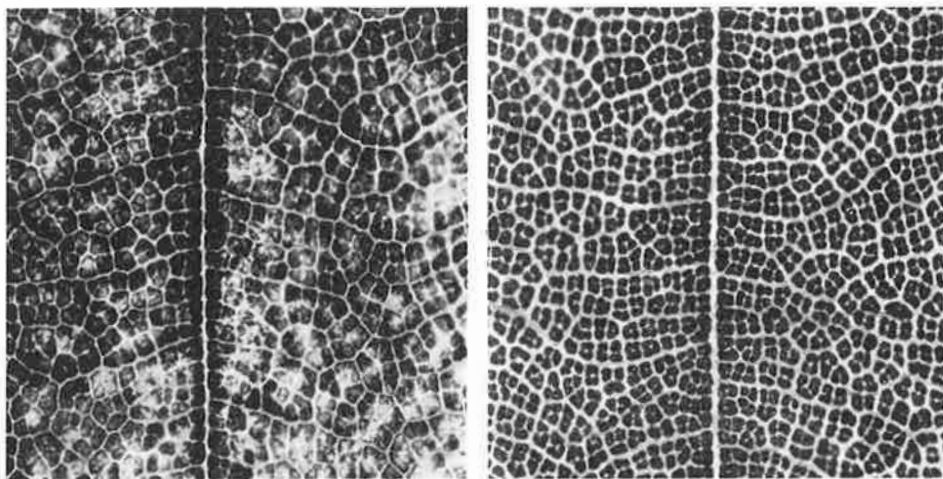
739. Količina rež ni le eden od nakazovalcev zgradbe lista, marveč opredeljuje tudi njegovo fiziološko aktivnost, ker sta fotosinteza in transpiracija odvisni poleg drugega tudi od števila stomatskih odprtih (20, 107, 78). Walter pripisuje gostejšemu ožilju tudi večje število rež. Ta ugotovitev je skladna s trditvijo, da ima senčno listje manj rež kot svetlobno (92, 99) in da prvo zato manj transpirira, hkrati pa uveljavlja skromnejšo realno in aparentno fotosintezo (42, 52, 112).

Glede na tako vrednoteno pomembnost rež sem posvetil pozornost tudi primerjavi njihovih deležev na listih obravnavanih dveh bukovic. Raziskal sem listje iz 3. serije, in sicer na istih mestih kot v točki 738. Pri tem sem preizkusil več postopkov za pripravo preparatov. Metoda infiltracije po Walterju (107) se ni obnesla, prav tako tudi ne postopek Molotkovskega (64). Zato smo se odločili za uporabo povečav kontaktnih listnih fotokopij, upoštevajoč dejstvo, da je bukovo listje hipostomatično. Vendar tudi po tem načinu nismo dobili uporabnih podatkov. Zato se moramo zadovoljiti le z ugotovitvijo, da na listih sprva zasenčenih bukvic ni bilo poprečno na površinsko enoto manj rež kot na listih primerjalnih mladice, ampak v nekaterih primerih celo več. Mezomorfnost listov sprva zastrtega bukovic, ki smo jo ugotovili glede na večino prej obravnavanih morfoloških značilnosti, torej v primeru upoštevanja gostote rež ni bila potrjena.

74. Doslej je bilo dognano, da svetlobne razmere v določeni meri vplivajo na kemično sestavo asimilacijskih organov. Za smrekove iglice ki so se razvijale pri različni svetlobi, sicer niso našli razlik glede vsebnosti kalcija, kalija, magnezija, mangana, dušika in fosfora (47), prav tako tudi ne glede fosfora v bukovih listih (16), toda Burschel in Huss (14) sta ugotovila, da se je delež dušika v bukovih listih s stopnjevanjem sence povečeval. Haas in Kausch ter Schmaltz (42, 16) pa so dognali, da s povečano senco vsebina kalcija upada, medtem ko deleža kalija in dušika raste. Razen tega sta prvo omenjena avtorja našla v senčnih bukovih listih občutno manj škroba, proteinov in surovih lipidov ter surovega lignina, toda več holoceluloze (53). Poslednje dognanje je razumljivo ob upoštevanju znanega dejstva, da pomanjkanje kalcija pospešuje lignifikacijo. Vzorednost deleža celuloze in količine kalija pa verjetno izvira iz okolnosti, da je omenjeni element vezan v kalijev pektinat, ki je vgrajen v celulozne stene. Večje vrednosti za kvocient med ligninom in celulozo v svetlobnih listih pa izpričujejo njihovo kseromorfno zgradbo v primerjavi z mezomorfno strukturo senčnih listov.

Za naše tovrstno raziskovanje sem uporabil listje iz 3. serije, ki je torej pripadalo prirastno srednjim parceličnim reprezentantkam. Vzorci so bili homogenizirani glede na višinsko lego v krošnji. V razpredelnici so (v mg) navedeni deleži upoštevanih elementov v 1 g absolutno suhe listne snovi.

Svetlobni režim	Ca	K	Ca/K	Mg	P	N	N/P
P	86,8	51,4	1,74	0,17	1,63	23,4	14,35
O	112,4	44,6	2,53	0,18	1,73	22,8	13,17



Slika 32.

V listju bukovja O je bilo za 29,4 % več kalcija kot v listju sprva zasenčenih mladíc. Razlike parceličnih poprečij so popolnoma dosledne in pri tveganju 10 % za  $t = 1,83$  signifikantne.

V bukovem listju sprva zastrtega mladja je bilo za 15,1 % več kalija kot v listju primerjalnega mladja. Razlike so popolnoma dosledne in so pri tveganju 5 % za  $t = 2,59$  statistično utemeljene.

Koeficient Ca/K se za listje primerjanega bukovja še bolj razlikuje kot vsak element zase, in sicer je v dobro nezastrtega mladja za 45,7 % večji. Razlike so dosledne in so pri tveganju 5 % za  $t = 2,23$  signifikantne.

Glede vsebine magnezija se je listje obravnavanih dveh bukovih mladij razlikovalo za 2,8 % v prid nezastrtemu bukovju. Razlike niso niti pretežno dosledne in tudi statistično niso utemeljene.

Bukovo listje nezastrtega mladja je vsebovalo za 6,1 % več fosfora, vendar pa so bile razlike parceličnih poprečkov komaj 60 % dosledne in statistično niso utemeljene.

Koeficient N/P svojčas zasenčenega bukovega mladja je za 8,9 % večji kot pri primerjalnem bukovju. Razlike parceličnih poprečkov so sicer dosledne s 83,3 %, vendar statistično niso utemeljene.

Razlike, ki so bile dognane za vsebino kalcija, kalija in dušika ter za razmerje Ca/K, dokazujejo ob upoštevanju navedenih dognanj Hassa, Kauscha, Burschela in Husa, da ima listje svojčas zastrtega bukovega mladja še 8 let po normalizaciji svetlobnih razmer senčni značaj.

\*

Redukcija svetlobe v prvi mladosti inducira bukovemu mladju fiziološke reakcije, ki se še najmanj 7 let po normalizaciji svetlobnih razmer izražajo z naslednjimi morfološkiimi modifikacijami: teža dolžinske enote vejic se zmanjša, prav

tako tudi poprečno število popkov na dolžinsko enoto vejic. Razen tega takšne bukvice še ob koncu opazovalne dobe oblikujejo popke, ki so po svoji velikosti in po svoji zgradbi močno različni od normalnih: krajši so in lažji ter manj voluminozni. Tudi primerjava brstičnih lusk opozarja, da so v zvezi s svoječasno polseno še 7 let nato spremenjeni nekateri morfološki nakazovalci in z njimi tudi stopnja presojnosti, kajti: skupna ploščina lusk na posameznem popku je zmanjšana, hkrati pa tudi njegova volumno-specifična ploščina; kot posledica obeh pa se reducira stopnja prekrivanja. Zaradi tega se poveča količina svetlobne energije, ki more predreti skozi brstične luske na površinsko enoto meristemskega tkiva.

Tudi primerjava asimilacijskih organov dokazuje pomembne spremembe glede nekaterih njihovih morfoloških in anatomskih značilnosti, glede njihovega odnosa do svetlobe in glede njihove kemične sestave. Zaradi svoječasno omejene svetlobe bukovo mladje najmanj še 7 let po izenačenju svetlobnih razmer oblikuje manjše liste z manjšo težo po ploščinski enoti. Hkrati pa so ti listi tudi tanjši in presojnejši za svetlobo. Nadalje vsebujejo tudi večjo relativno vlogo. Celotna količina žil na listu se poveča, vendar pa je ta razlika po površinski enoti le majhna. Dolgotrajna posredna posledica prvotne plosence je tudi močno spremenjen kemizem listov: vsebnost kalcija in fosfora je zmanjšana, deleža kalija in dušika pa povečana.

Od 20 preizkušenih lastnosti morfološkega, anatomskega in kemičnega značaja se na bukvicah, ki so bile sprva zasenčene, še 7 let po izenačenju svetlobnih razmer za 19 diferencialnih značilnosti izrazito uveljavljajo karakteristike, ki so tipične za senčne liste, kot so pokazala primerjalna raziskovanja glede na višinsko lego adekvatnih organov na krošnji sproščenega osebka. Bukovo mladje gradi torej pod posrednim vplivom svetlobnih razmer ne le v prizadeti sezoni, ampak tudi tistih, ki so vladale najmanj še 7 let pred njo, takšne modificirane vejice in asimilacijske organe ter njihove zametke, kakršni so tipični za režim neposredne zasenčenosti.

## 8. Proizvodnost asimilacijske gmote

V 4. poglavju je sicer obdelano vprašanje vpliva svetlobe na prirastek bukovega mladja, vendar pri tem nisem vrednotil prirastnih sposobnosti glede na proizvodno zmogljivost asimilacijske gmote. Zato bo v tem poglavju posebej obravnavan vpliv svetlobe na proizvodno učinkovitost listja 12-letnega bukovja. Raziskovanja se nanašajo na material iz 3. serije, vzorčen, ko je to opisano v točki 451.

81. Primerjava teže svežih srednjih parceličnih mladice skupno z listjem je dala poprečno razliko 203,5 % v korist nezastrih bukvic, s tem da so difference dosledne in pri tveganju 0,1 % za  $t = 7,85$  signifikantne. Ob upoštevanju mladice brez listja se je poprečna razlika povečala na 217,3 % in je bila pri tveganju 0,1 % za  $t = 7,45$  enako signifikantna kot v prvem primeru. Ob upoštevanju suhega materiala se poprečni teži primerjanih bukvic z listjem razlikujeta za 207,3 % s popolno doslednostjo in signifikantnostjo pri tveganju 0,1 % ter za  $t = 7,45$ . Suhe mladice brez listja pa se ob enaki statistični zanesljivosti razlikujejo za 207,5 %. Neenakost prirastnih vrednosti, ki sem jo ugotovil v 451. točki za primerjani 12-letni bukovji, se ob upoštevanju teže svežega pripadajočega listja torej nekoliko ublaži, toda le glede na težo svežega materiala, to pa zato, ker pri svežih nezastrih bukvicah odpade na listje 12,5 % celotne teže, pri sprva zasenčenih



pa 14 %, medtem ko je delež listja v suhem materialu v obeh primerih enak, in sicer 8,9 %.

Poprečna teža vsega svežega listja, ki pripada eni mladici v bukovju O, je 190,233 g, sprva zastrti bukvi pa 69,520 g. Razlika v dobro prvega mladja znaša 173,6 % in je dosledna ter pri tveganju 2 % za  $t = 3,06$  statistično utemeljena. S primerjavo mlajšega bukovja pri 100 % in 33 % svetlobi sta Burschel in Huss (14) dognala neprimerno manjšo razliko, in sicer le 9,3 %, podobno tudi Harley in Waid (43). Poprečna teža suhega listja na eni bukvi v mladju O znaša 73,308 g, na sprva zasenčeni mladici pa le 23,926 g. Nezastrto bukovje je torej imelo ob upoštevanju suhe teže za 205,9 % več listja kot svojčas zastrto. Razlike so dosledne in pri tveganju 0,1 % za  $t = 4,84$  signifikantne.

Bukovo mladje, ki je bilo v zgodnji mladosti zasenčeno, ima torej najmanj še 8 let po sprostitvi manjšo skupno težo listja kot nezastrto. Ta razlika se uveljavlja še občutneje ob upoštevanju suhe teže, kar se ujema z našo ugotovitvijo v 734. točki glede večje vsebnosti vode v listju svojčas zastrtega bukovja.

Pod predpostavko, da je bilo razmerje med težo svežega listja in suho težo proizvedene lesne snovi v vsej razvojni dobi enako, sem vrednotil odnos med obema nakazovalcema in sem dognal, da na 1 g svežega listja odpade pri nezasenčenem bukovju 4,470 g suhe lesne snovi, pri sprva zastrtem pa le 4,110 g. Gre torej za razliko 8,7 % v dobro prvega mladja. Ob upoštevanju dejstva, da imajo bukvice O poleg tega še več listja, je to spoznanje tem pomembnejše, čeprav so razlike le 66 % dosledne in statistično niso utemeljene. Z analognim vrednotenjem za težo suhega listja pa niso bile odkrite nikakršne razlike produktivnosti med primerjanima bukovjema.

Ob upoštevanju suhe teže lesnega prirastka samo v 12. letu je 1 g listja na mladju O proizvedel 1,761 g suhe lesne snovi, 1 g svežega listja na bukvicah P pa le 1,646 g. Produktivnost listja nezasenčenega bukovja je bila torej za 6,9 % večja od listja sprva zastrtega mladja. Razlike so s 77,2 % dosledne, toda statistično niso utemeljene. Razmerje med težo proizvedene lesne gmote in težo pripadajočega listja, ki naj bi se po Burschelu in Schmaltzu (16) pri bukvicah pomembneje uveljavilo šele pri redukciji svetlobe na 1 %, je v našem primeru zelo občutno že pri 50 % svetlobi, in to še 8 let po normalizaciji svetlobnih razmer.

82. Poprečna ploščina listja na 1 osebkju iz bukovja O je znašala 17598,7 cm<sup>2</sup>, iz mladja P pa le 7839,9 cm<sup>2</sup>. Bukvice, ki so bile sprva zastrte, so imele ob 12-letni starosti za 55,5 % manjšo ploščino listja kot primerjane. Razlika parceličnih vrednosti so dosledne in pri 0,1 % tveganju za  $t = 8,46$  signifikantne. S stopnjevanjem zasenčenja sta Burschel in Huss (14) ugotovila povečanje celotne listne ploščine, tako da je pripadala bukovju pri 100 % svetlobi poprečno za 10 % manjša ploščina kot pri svetlobi 76 % in za 26,4 % manjša kot pri svetlobi 33 %. Upoštevajoč dognanje v naši prejšnji točki, pridemo do spoznanja, da se primerjani bukovji glede na ploščino listja manj razlikujeta kot glede na njegovo težo.

Pod predpostavko, uporabljeno v prejšnji točki, sem dognal, da na 1 dm<sup>2</sup> listja z bukovja O odpade poprečno 4,800 g suhe lesne snovi, medtem ko je produktivnost enake ploščine listja z mladja P znašala le 3,720 g. Proizvodnost sprva zastrtega mladja je torej glede na ploščino listja za 29,0 % zaostajala za produktivnostjo nezasenčenega bukovja. Razlike so pri tveganju 10 % za  $t = 1,82$  stati-

stično utemeljene. Proizvodnosti listja primerjanih bukovih mladij se torej ob upoštevanju listne ploščine še veliko bolj razhaja kot ob upoštevanju listne teže.

Glede na težo v 12. letu prirastle suhe lesne snovi je 1 dm<sup>2</sup> listja na bukovju O proizvedel 1,904 g suhe lesne snovi, enaka listna ploščina na bukovju P pa le 1,460 g. Produktivnost listja nezasenčenega mladja je bila torej za 30,4 % večja kot svojčas zastrtega bukovja. Razlike so pri tveganju 5 % za  $t = 2,22$  statistično utemeljene. Natančno tolikšno zmanjšanje obravnavane produktivnosti bukovega listja kot v našem primeru sta ugotovila Burschel in Huss (14), toda za primerjavo med popolno svetlobo in med reducirano na 33 %.

83. Vpliv svetlobe na število listov, ki pripadajo bukovi mladici, pre-sojajo vsi avtorji enotno, t. j., da le-to s stopnjevanjem sence upada (4, 11, 14, 16), razen tega pa Walter (107) ugotavlja, da število listov s starostjo raste le do 15. oziroma 20. leta, nato pa se ne spreminja več. Köstler (57) pa opozarja, da bi bilo napačno iz količine pripadajočega listja sklepati o množini proizvedene lesne gmote.

Na 1 osebkju iz bukovja O sem našel povprečno 1200 listov, na mladici iz mladja P pa le 681. Sprva zastrt bukov nasad je imel torej za 43,2 % manj listov kot primerjani. Razlike so dosledne in pri tveganju 0,1 % za  $t = 5,10$  signifikantne. Razlika glede povprečnega števila listov med primerjanima mladjema je bila torej manjša kot razlika njihovih povprečnih ploščin, le-ta pa manjša kot razlika povprečnih celotnih listnih tež.

Pod predpostavko iz točke 81 sem ugotovil, da je za proizvodnjo 1 g suhe lesne snovi potrebno na sproščenih bukvicah 1,50 lista, na sprva zastrtem mladju pa 2,53 lista. Razlike so dosledne in pri tveganju 5 % za  $t = 2,29$  statistično utemeljene. Za proizvodnjo enake količine suhe lesne snovi je bilo pri sprva zasenčenem bukovju potrebno za 69,0 % več listov kot na mladju, ki je bilo trajno deležno popolne svetlobe. En list nezasenčenega bukovja je proizvedel povprečno za 69 % več suhe lesne snovi kot en list sprva zastrtega mladja. Neenaka proizvodnost primerjanih bukovij je torej ob upoštevanju števila mladici pripadajočega listja najmočneje poudarjena ter se izraziteje uveljavlja kot razlika glede na listno ploščino, zlasti pa še glede na težo listja.

Ob upoštevanju lesnega prirastka samo v 12. letu je bilo za proizvodnjo 1 g suhe lesne snovi potrebno na nezastrtem bukovju 3,58 listov, na mladju P pa 5,95 lista. Glede na povprečno število listov na osebkju se je torej produktivnost obravnavanih nasadov razlikovala za 66,1 % v dobro trajno sproščenega. Z drugimi besedami: za enako proizvodnjo suhe lesne snovi je bilo na sprva zastrtem bukovem mladju potrebno za 66 % več listov kot na nezasenčenem bukovju. Razlike so dosledne s 83 % in pri tveganju 5 % za  $t = 2,23$  signifikantne. To dognanje se ne ujema z vrednostmi, ki sta jih ugotovila Burschel in Huss (14), da je namreč za produkcijo 1 g suhe lesne snovi potrebno pri popolni svetlobi 16,7 lista, pri reducirani na 67 % 14,8 lista in pri 33 % svetlobi 12,6 lista. Absolutne razlike med našimi dognanji in podatki navedenih piscev izvirajo zelo verjetno iz okolnosti, da se je njihovo proučevanje nanašalo na veliko mlajši bukov material kot naše. Vendar pa to dejstvo ne more pojasniti diametralno izražene neskladnosti med našim in primerjanim relativnim odnosom glede odvisnosti od svetlobnih razmer, kajti iz podatkov navedenih avtorjev je mogoče izračunati, da je pri njunem raziskovanju proizvodnost bukovega listja s stopnjevanjem zasenčenjem rasla, in sicer pri 67 % svetlobi v primerjavi s popolno osvetlitvijo za 12,5 %.

pri 33 % svetlobi pa celo za 31,8 %. Takšno nasprotje med našimi in navedenimi izsledki pa ne more izvirati le iz dedno zasnovanih fizioloških razlik med našim bukovim materialom in tistim, ki je bil uporabljen v obravnavanem primeru iz doline Wesere.

84. Specifična produktivnost v letu 1967 se glede na poprečno debelino listja med primerjanima bukovjema razlikuje za 118,8 %. Gre torej za razliko, ki pomembno presega divergenco, ki sem jo dognal glede prej obravnavanih morfoloških karakteristik.

85. Primerjava produktivnosti listja v 12. letu z njegovo absorbcijo svetlobe je pokazala razlike med obema bukovjema za 181,6 % v dobro trajno sproščenega mladja. Gre torej za močno odvisnost med proizvodnostjo bukovega listja in količino absorbirane svetlobe, ki je morfološko pogojena. V zvezi s to presojo je seveda potrebno upoštevati tudi količino klorofila, ki ga je v senčnih listih manj kot v svetlobnih (18), njegov različen delež pa je eden odločilnih činiteljev za potek asimilacije in s tem tudi za bilanco metabolizma, od katere je odvisen prirastek.

86. Odvisnost proizvodnosti od upoštevanih morfoloških nakazovalcev se v zvezi z omejeno osvetlitvijo v prvi mladosti še 8 let po normalizaciji svetlobnih razmer uveljavlja z zmanjševanjem asimilacijske gmote, tako glede njene teže kakor tudi glede ploščine in števila pripadajočih listov. Posledice tega pojava se kažejo z zmanjšano produktivnostjo, ki se najmočneje izraža v zvezi z manjšim številom listov, blaže zaradi redukcije njihove asimilacijske ploščine, najmanj pa zaradi upadanja njihove teže. Toda kakovostne morfološke spremembe na listju, nastale zaradi svoječasne redukcije svetlobe, so trdneje povezane z upadanjem proizvodnosti od količinskih. Pri tem ugotovljeno stanjšanje listov igra zelo pomembno zaviralno vlogo, ki pa jo oslABLJENA absorpcijska sposobnost za svetlobo občutno prekaša in s tem potrjuje splošno spoznanje o odnosu med količino vpite svetlobe in rastlinsko produkcijo (24). Naši izsledki se ujemajo s tujimi dognanji, da rastlinska produkcija ni toliko odvisna od količine asimilacijskih organov kot od njihove stopnje potencialne fotosinteze (57, 79). B o y s e n - J e n s e n (2) je npr. dognal, da realna fotosinteza določene ploščine bukovih senčnih listov v enakem času in pri enaki temperaturi za 400 % zaostaja za istovrstnim učinkom svetlobnih listov. M ü l l e r (75) pa je ugotovil razliko 180 %. Na neenak potek metabolizma v senčnih in svetlobnih bukovih listih so opozorili tudi L y r in sodelavci, ki so dognali, da prvo omenjeno listje more doseči kompenzacijsko točko pri 0,3 %, drugo pa šele pri 1 % dnevne svetlobe (63).

Pri bukovju, ki je bilo sprva zasenčeno, gre torej še 8 let po normalizaciji svetlobnih razmer za zmanjšano aparentno asimilacijo, kot jo poznamo pri listih, ki so neposredno deležni zmanjšane svetlobe, t. j. pri t. i. senčnih listih (62), ki imajo sicer nižjo kompenzacijsko točko od svetlobnih (107), vendar kljub temu pogosto uveljavljajo negativno bilanco metabolizma (99), zlasti kadar gre za nižjo ali notranjo lego v krošnji (74), kot je bilo za bukev še posebej dognano (12).

\*

Proizvodna učinkovitost asimilacijskih organov na bukovem mladju, ki je raslo prva 4 leta v polsenci, je najmanj še 7 let po izenačenju svetlobnih razmer občutno zmanjšana. Čeprav imajo takšne bukvice znatno manj listja, so vendar razlike ob upoštevanju celotne teže sveže asimilacijske gmote pomembne, še po-

sebnost pa so izrazite ob upoštevanju skupne ploščine pripadajočega listja. Najmočnejše pa je poudarjeno zaostajanje proizvodne učinkovitosti listja ob upoštevanju njegovega števila. Primerjava stopnje produktivnosti glede na debelino listov je pokazala, da so proizvodni učinki zmanjšani za več kot polovico. Tudi oslABLJENA absorbcija svetlobe igra pomembno vlogo pri redukciji aparentne in realne fotosinteze. Kakovostne spremembe asimilacijskih organov, ki so posledica svoječasne omejitve svetlobe, pomembneje zavirajo proizvodno učinkovitost bukovega listja od količinskih, čeprav se tudi te izrazito in dosledno uveljavljajo.

### 9. Povzetek in sklepna presoja

Eksperiment in spremljajoče meritve so pokazale, da svetlobne razmere, ki so analogne tistim pri obnovi bukovih gozdov pod zastorom, pomembno in večinoma negativno vplivajo na razvoj bukovega mladja.

#### FronDESCENCA

Glede na pomembnost začetka in poteka olistovanja bukve so bila v 12-letnem poskusnem obdobju opravljena fenološka opažanja in registracije ustrežajočih fenospektrov za časovno primerjavo razvojnih stadijev več rastlinskih vrst. Hkrati so bili spremljani poglavitni krajevni klimatični nakazovalci in so bile glede na njih vrednotene fenološke ugotovitve. Od upoštevanih klimatičnih indikatorjev je bil odkrit najtesnejši odnos frondescence bukovega mladja z 10-stopenjskim toplotnim pragom. Nadalje je bila dognana ozka povezava med svetlobnimi razmerami in olistovanjem bukovja. Ta ugotovitev potrjuje prejšnja lastna spoznanja o vplivu svetlobe na razvoj bukve, hkrati pa podpira sodobna stališča, ki poudarjajo pomembnost svetlobe za vse procese ontogenetskega razvoja gozdnega drevja ob ustreznem vrednotenju ekološkega kompleksa in jo postavljajo na prvo mesto pred vsemi biogenimi energetskimi oblikami (34), pred temperaturo in celo pred vodo in hranilnimi snovmi. Poprejšnjim in tačasnim padavinam ni bilo mogoče pripisati vpliva na začetek in potek frondescence. Tudi dnevni temperaturni poprečki in toplotni minimumi so le v ohlapnem odnosu s trajanjem olistovanja, pač pa so ga poudarjeni maksimumi občutno podaljševali, prav tako tudi širše interdiurne temperaturne amplitude.

Iz teh ugotovitev in iz položaja olistovanja bukve v fenospektrom je mogoče bukvi določiti podrobnejšo ekološko karakteristiko z opredelitvijo njenega značaja kot atlantskega. Časovna nihanja med posameznimi leti pa niso bila odvisna le od kompleksnega vpliva klimatičnih činiteljev v prizadetem letu, ampak tudi v tistem obdobju prejšnjega leta, ko so se popki formirali.

Zasenčenje, s katerim je bila bukovega mladja prva 4 leta reducirana svetloba na 50 %, je povzročilo prejšnji začetek olistovanja, s tem pa se je podaljšalo njegovo trajanje. Takšen vpliv se je nezmanjšano uveljavljal še najmanj 8 let po odstranitvi zastora. Te ugotovitve dopuščajo sklep, da gre pri tem za posredno reakcijo zaradi dolgotrajno induciranih fizioloških sprememb, povzročeno s svoječasno omejitvijo svetlobe. Primerjalna analiza težišč ozelenitvenega obdobja je potrdila to spoznanje.

### Pozebljivost

Ker pospešitev frondescence, ki jo je povzročila prvotna polsenca, stopnjuje nevarnost pred spomladansko pozebo, je potrebno dosedanja stališča, ki priporočajo zaščito bukovega mladja z zastorom odraslega drevja, podvreči kritični presoji. Varovalna vloga pred pozebo in pred premočno insolacijo, ki se na splošno prisoja bukovim semenjakom (13, 50, 57, 58, 64, 81, 91), more torej biti dvomljiva, ker se z zasenčenjem bukovega mladja pospešuje začetek olistovanja in podaljšuje njegovo trajanje še dolgo po odstranitvi zastora ter se ga s tem izpostavlja hujši nevarnosti pred pozebo, zlasti še po sečnji semenjakov, ki so ga zastirali. Spomladanske pozebe pa so v naših razmerah zelo pogostne in praviloma sovpadajo z začetkom olistovanja bukve. Zato so na prvi pogled malenkostne pospešitve frondescence lahko pomembne ne le za prirastek bukve v prizadetem letu, ampak tudi za njen bodoči razvoj.

Vprašanje pa, ali je potrebno bukovu mladje varovati pred preintenzivno svetlobo in kakšne so dalekosežne posledice zasenčenja, je pojasnjeno v nadaljevanju te razprave.

### Rastnost

Posledice sprva reducirane svetlobe se uveljavljajo z znatnim in stopnjevanim zaostajanjem višinske rasti tudi še dalj časa po normalizaciji svetlobnih razmer. Svojčas zasenčeno bukovje dosledno zaostaja za normalno sproščenim mladjem tudi glede svoje prostorne diferenciacije. Ta ugotovitev opozarja, da je prvotna polsenca povzročila interakcijo, ki pomeni zožitev optimalne ekološke valence in očitno poslabšanje njene ustreznosti.

Tudi debelinski prirastek sprva zasenčenega bukovja močno upada. To zaostajanje pa ni omejeno le na prva leta po normalizaciji svetlobnih razmer, ampak se uveljavlja v nezmanjšani meri še pozneje in svoj vrhunec dosega celo v zadnjem letu opažanja ob izrazitem trendu stopnjevanja. Oslabljena tovrstna modifikacijska variabilnost prvotno zastrtega bukovega mladja priča o negativni razvojni interakciji, povzročeni s svoječasnim zasenčenjem.

Analogne izsledke omogoča tudi primerjalna analiza temeljničnega prirastka, ki je zaradi začetne redukcije svetlobe zaostajal do konca opazovalne dobe. Deficitnost temeljnične bilance se z leti celo stopnjuje kljub izenačenim svetlobnim razmeram.

Primerjava volumnih prirastkov in teže zgrajene lesne snovi pa je še posebno očitno pokazala, kako zelo reagira bukovu mladje na rano zasenčenje s tem, da zgradi v 12 letih komaj 1/3 toliko lesa, kolikor bi ga ustvarilo, če sprva ne bi bilo prikrajšano za 1/2 svetlobe. Ob upoštevanju teže lesne gmote se stopnja deficitnosti nekoliko ublaži. Prvotna 4-letna polsenca torej ne zavira prirastka bukovega mladja le neposredno, ampak prek ireverzibilno induciranih, fiziološko pogojenih reakcij slabi njegovo razvojno sposobnost in povzroča izgubo, ki se uveljavlja nezmanjšano še po normalizaciji svetlobnih razmer.

### Neskladnost stališč

Navedena dognanja — primerjana z večino dosedanjih tujih izsledkov — na prvi pogled presenečajo, in sicer tako glede svoje usmerjenosti kot tudi glede pomembnosti ugotovljenih učinkov, ki jih povzroča redukcija svetlobe na rast bu-

kovega mladja. Na ustreznih mestih 4. poglavja so navedena nekatera stališča in njihovi avtorji, ki zanikajo zaviralno delovanje sence na razvoj bukovih mladice, ali pa omejeni svetlobi celo pripisujejo pospeševalni vpliv. Zato je ob naši sklepnih presoji potrebno dodati le še domnevne vzroke za omenjeno neskladnost. Pri tujih raziskovanjih je bilo v večini primerov obravnavano zelo mlado bukovoje, staro 1—3 leta, naše proučevanje pa se nanaša na 12-letno obdobje, t. j. od 1-letnih mladice pa do bukova v razvojni stopnji gošče. Nadalje so bile v nekaterih tujih primerih uporabljene presajenke in zato — iz že obravnavanih vzrokov — podatki iz meritev 1 do 2 leti po presaditvi ne zaslužijo vse tehtnosti in so upoštevni le s pridržkom. V nekaterih primerih, ko so bile obravnavane nepresajene ali starejše mladice, pa niso bile upoštevane svetlobne razmere, v katerih so se razvijale bukvice pred zastavitvijo poskusa, ampak le intenzivnost svetlobe pri samem poteku eksperimenta oziroma opazovanja. Končno pa zasluži posebni poudarek domneva, da med našim in tujim uporabljenim bukovim materialom, ki se je glede na zelo različen izvor prav gotovo pomembno razlikoval, obstajajo dedno zasnovane divergence vsaj glede tistih fizioloških značilnosti, ki v odnosu do svetlobe morejo pripeljati do bistveno različnih prirastnih učinkov. Ta možnost pa daje našim izsledkom še zlasti izviren značaj.

#### Kakovost mladice

Bukovo mladje, ki je raslo sprva v polsenci, kvalitetno zaostaja za bukovjem, ki se je razvijalo v normalnih svetlobnih razmerah. Kakovostno opredelitev sem oprl na nekatere morfološke značilnosti, ki tudi v poznejšem razvoju bukve bolj ali manj vplivajo na oblikovitost drevesa in uporabnost debela. Dognanja dopuščajo sklep, da so debelca sprva zasenčenih bukvic glede na število prizadetih osebkov in glede stopnje okvare bolj zakrivljena od primerjanega mladja. Vendar pa tej pomanjkljivosti ne gre prisojati posebnega pomena, ker se njen vpliv s poznejšim razvojem do stopnje, ko deblo doseže tehnično uporabnost, zelo verjetno močno ublaži ali pa izgubi. Nadalje pripada pretežno število in največja stopnja nenormalnosti zaradi razsohlosti debelc sprva zastrtemu bukovemu mladju. Tudi večinski delež kakovostnih okvar zaradi kolenčavosti debelc je bil ugotovljen na parcelicah s takšnimi bukvicami. V zvezi s prejšnjim lastnim dognanjem, da so vejni koti potencialni nakazovalci kakovosti debela in stojne trdnosti bukev, je bila tudi tej morfološki značilnosti posvečana primerna pozornost, ki je pripeljala do spoznanja, da večji insercijski kot, ki ga spremlja kakovostna prednost, ni značilen za zasenčeno bukovoje — kot je to splošno stališče v literaturi — ampak da je v pretežni meri lasten mladju, ki je bilo trajno deležno popolne svetlobe. Bukovoje torej, ki je bilo v prvi mladosti zastrto, oblikuje v razvojni stopnji gošče v tem pogledu krošnje z manj obetajočo kakovostjo. Vendar pa so veje na zastrtem bukovju tanjše. Pod predpostavko, da ta lastnost pomeni prednost, se prvotno zasenčenje bukova v tem pogledu uveljavlja kot koristen činitelj. Glede kresnih poganjkov, ki se jim pripisuje vzrok za nastanek debelnih deformacij bukovega mladja, razvijajočega se pri popolni svetlobi, ni bilo mogoče odkriti nikakršne prevalence med primerjanima bukovjema, pač pa je bilo opaženo močno nihanje tega pojava iz leta v leto, domnevno kot posledica spreminjajočih se kompleksnih ekoloških dejavnikov. Pretežna navezanost tega po-

java na iste osebke pa vsiljuje domnevo, da gre za dedno pogojeno reakcijsko normo tistih primerkov v bukovi populaciji, na katerih se more uveljavljati ob nenormalnih vremenskih razmerah v dotičnem letu.

Naši izsledki so potrdili stališča tistih manjšinskih piscev, ki vsaj v nekaterih pogledih prisojajo bukoveму mladju, razvijajočemu se pri popolni svetlobi, boljšo kakovost. Glede neujemanja naših ugotovitev z drugimi avtorji, ki pripisujejo bukovju, rastočemu v senci, lepšo oblikovitost in manj napak, pa velja razlaga iz prejšnjega poglavja. Razen tega pa velik del tujih ugotovitev sloni le na opažanjih, ne pa na neposrednih meritvah, kot smo jih mi opravili; zato je takšne presoje upoštevati s primernim pridržkom.

#### Kokovost lesa

Z namenom, da bi svoje dognanje o vplivu svetlobe na količinski prirastek bukovega mladja preudaril tudi s stališča kakovosti lesne snovi, sem preizkusil nekatere tehnološke nakazovalce za bukov les. Svež les svojčas zasenčenega bukovja je bil nekoliko težji od primerjanega, za absolutno suh les se ta razlika nekoliko poveča, za zračno suh pa zopet upade. Vlaga v lesu s sezonskim razvojem bukvic močno variira in proti koncu vegetacijske aktivnosti upada. Nihanje količine vode v lesu je pri sprva zasenčenem bukoveм mladju večje kot pri primerjalnem. Glede na navedene razlike in v zvezi z večjo vlago v svežem lesu trajno sproščenih bukvic ter z njegovo večjo kapaciteto za vodo sem prišel do sklepa, da je te neenakosti mogoče z ustrezno verjetnostjo razložiti z domnevo, da vsebuje les bukovja, ki je raslo sprva v polsenci, še v razvojni stopnji gošče večji delež vlaken in manj trahej ter parenhimskega staničja ali pa da gre za njihovo neenako zgradbo.

Ker si podatki o vplivu svetlobe na zgradbo bukovine v strokovni literaturi nasprotujejo, naših izsledkov nisem primerjal z njimi, še zlasti ne, ker se tuji primeri nanašajo na bukovino doraščajočih dreves. Naše tovrstno prizadevanje z mladim materialom je zato za sedaj še osamljeno.

#### Listno brstje

Predpostavil sem, da se vpliv prvotno reducirane svetlobe na razvoj bukovega mladja na določen način dalj časa uveljavlja na količini in kakovosti ter zgradbi krošnje in asimilacijskih organov ter njihovih zametkov. Raziskovanje je res pokazalo, da prvotno zasenčenje vpliva na zgradbo krošenj in da se razlike stopnjujejo od njihove osnove proti vrhu. Na sprva zastrtih bukvicah je absolutno in relativno manj popkov, pri čemer so se razlike stopnjevale od vrha proti dnu krošnje. Hkrati so popki takega bukovja na zgornjih dveh tretjinah krošnje precej krajši, medtem ko so na spodnji tretjini daljši kot na primerjanem mladju. Tudi glede teže brstja je bilo ugotovljeno zelo pomembno zaostajanje zaradi posrednega vpliva svoječasne redukcije svetlobe, ki se z višjo lego v krošnji močneje uveljavlja. Analitična primerjava ustreznih nakazovalcev je pokazala, da reagira bukovje na svoječasno zasenčenje še najmanj 8 let po normalizaciji svetlobnih razmer, in

sicer ne toliko z redukcijo dolžine popkov kot z zmanjšanjem njihove teže, zlasti pa volumna.

Zaradi svoječasne polsence se je tudi zgradba popkov spremenila. Ploščina brstičnih lusk se je zmanjšala, in sicer najbolj v zgodnjih dveh tretjinah krošnje. Razen tega je primerjava presoynosti razgrnjenih brstičnih lusk pokazala razlike, s tem da luske z bukvic, ki jim je bila sprva reducirana svetloba, prepuščajo več svetlobe, hkrati pa je vrednost tega nakazovalca upadala z višino v krošnji. Upoštevajoč tudi stopnjo prekritosti brstičnih lusk, ki je pri zasenčenih mladnicah občutno blažja, sem dognal, da specifična količina svetlobe, ki more predreti skozi brstiščne luske na površinsko enoto meristemskega tkiva v popku sprva zastrtega mladja, skoraj za enkrat presega tisto vrednost, ki ustreza primerjalnemu bukovju.

Primerjava navedenih izsledkov z ustreznimi odnosi glede na položaj brstja v krošnji je pokazala, da svoječasna redukcija svetlobe še najmanj 7 let po normalizaciji svetlobnih razmer povzroča na popju takšne morfološke spremembe, ki so tipične za senčno brstje.

#### Asimilacijski organi

Bukvice, ki so sprva rasle v polsenci, imajo poprečno pomembno manjše listje kot primerjane, hkrati pa je njihova modifikacijska variabilnost večja. Analogen odnos vlada tudi med senčnimi in svetlobnimi listi trajno sproščene mladja. Zato je mogoče pojav redukcije listnih ploskev prisoditi vplivu svoječasnega zasenčenja. Primerjava velikosti listov z ravnostjo prizadetih mladnic je pokazala določene odvisnosti, t. j. od višine osebkov pozitivno, od števila listja pa negativno. Razen tega je poprečni list sprva zasenčenega bukovja za več kot polovico lažji od lista primerjalnega mladja. Ker pa senčni listi vsebujejo relativno več vode, se razlika pri suhem materialu skoraj podvoji. Analogni odnosi so tudi med težama enakih ploščin in tudi med debelinama srednjih listov. Razmerje med vrednostmi obravnavanih morfoloških nakazovalcev, ki sem jih ugotovil za listje na različnih višinah v krošnji, ustreza smiselno razlikam med listjem sprva zasenčenih in listjem primerjanih bukvic. Zato moremo asimilacijskim organom mladnic, ki so v začetku rasle v polsenci, pripisati značaj senčnih listov, kot ga ima listje zaradi svoje podrejene lege v krošnji na mladju, ki se je trajno razvijalo brez zastora.

Raziskovanje anatomske zgradbe bukavih listov je pokazalo, da je le-ta odvisna od svetlobnih razmer, in sicer ne le v prizadeti sezoni, ampak najmanj še 8 let pred njo. Izrazita mezomorfnost struktura listja sprva zasenčenega bukovja se ujema z znano zgradbo položajno senčnih listov tako glede velikosti celic palisadnega in gobastega tkiva ter debeline njihovih plasti, kakor tudi glede debeline epiderme s kutikulo.

Tudi za presoynost listja so bile ugotovljene pomembne razlike, s tem da listje nekoč zasenčenih bukvic prepušča več svetlobe. Razlike, dognane za sveže spomladansko listje, se pri jesenskem še stopnjujejo. Največja diferenciacija pa je bila ugotovljena za poletno listje. Vzrok za te neenakosti je bila s sezonskim ciklusom pogojena različna vlaga v listih. Večja prepustnost za svetlobo listja sprva zasenčenega bukovja je v skladu z dognanji o njegovi mezomorfnosti zgradbi in s



tem tudi o senčnem značaju, ki se s sezonskim razvojem stopnjuje. Raziskovanje je pokazalo, da je tudi prežiljenost bukovih listov odvisna od svetlobnih razmer, vendar pa so razlike v dobro zasenčenega mladja le blage.

Svetlobne razmere, ki vladajo ne le v prizadeti sezoni, ampak še najmanj 8 let pred njo, vplivajo torej na zgradbo listov. Pri tem ne gre le za neposredno reakcijo, ampak hkrati tudi za posredno, dolgotrajno inducirano, ki igra pri diferenciaciji listne zgradbe odločilno vlogo.

Analiza kemične sestave asimilacijskih organov je pokazala, da listje sprva zasenčenega bukovja vsebuje manj kalcija, magnezija in fosfora, toda več kalija in dušika kot kontrolno. Iz primerjave teh izsledkov s tujimi podatki o razlikah med senčnimi in svetlobnimi listi bukve sledi, da deleži obravnavanih elementov in nekateri njihovi nakazovalni kvocienti potrjujejo strukturne razlike med listjem svojčas zasenčenega bukovja in med asimilacijskimi organi primerjanega mladja ter izpričujejo analogno dolgotrajno inducirano divergenco med njihovo kseromorfno in mezomorfno, ki je bila dognana za svetlobno in senčno listje v odvisnosti od njegove lege v krošnji.

Na podlagi teh dognanj je torej potrebno primerno korigirati stališča, ki prisojajo bukovim listom lahko prilagodljivost na spremenjene svetlobne razmere (17, 47, 66), zlasti pa še mišljenje, da se ta sposobnost tem bolj uveljavlja, čim mlajše je bukovje (16). Naša raziskovanja pa so potrdila ugotovitve o težki prilagodljivosti bukovih asimilacijskih organov (31, 61, 99). Še več: opozorila so, da še 8 let po normalizaciji svetlobnih razmer ni sledu o kakršni koli eksperimentalno utemeljeni reakciji bukovih listov na ukinitve svoječasnega zasenčenja.

#### Proizvodna učinkovitost

Vrednotenje odnosa med celotno količino asimilacijske gmote in med proizvodnostjo pripadajočih bukovih mladice je pokazalo, da je bilanca za sprva zastrto bukovje neugodnejša, čeprav mu pripada le okoli 1/3 tiste teže listja, ki jo ima primerjano bukovje. Ob upoštevanju poprečne listne ploščine na en osebek se deficitnost prvo omenjenega mladja še stopnjuje, kljub temu, da ploščina listja na njem znaša komaj 1/2 tiste, ki pripada trajno sproščenemu mladju. Zaostajanje sprva zasenčenega bukovja pa se glede števila listov na osebek uveljavlja najizraziteje in njegova produktivnost znaša komaj dobro polovico učinkovitosti trajno normalno osvetljenega mladja. Še pomembneje od količinskih neenakosti pa pogojujejo upadanje proizvodnosti kakovostne razlike listja, t. j. njegova divergentnost glede debeline, zlasti pa glede sposobnosti za absorpcijo svetlobe, ki je pri listju svojčas zastrtih bukvic v zvezi z večjo presojsnostjo zelo zmanjšana in ima za posledico oslabitev realne fotosintetične aktivnosti in upadanje aparentne fotosinteze ter s tem poslabšanje produkcijske bilance.

#### Gozdnogojitveno vrednotenje

Obravnavana opažanja in ugotovitve, oprte na eksperiment, omogočajo naslednjo presojo o pomenu in konsekvencah teh spoznanj za gojitveno ukrepanje v naših bukovjih, zlasti pri njihovem pomlajevanju in vzgoji naraščaja:

1. Zaradi prvotne polsence spremenjeni periodični cikel, ki se uveljavlja s pospešenim začetkom in podaljšanim trajanjem olistovanja bukve, omejuje zaščitno vlogo pred pozebo, ki se pripisuje bukovim semenjakom. Predočeni poslabšani položaj občasno zastrtega bukovega mladja glede na možnost pozebe pa je še posebno potenciran po sečnji semenjakov.

2. Prvotna polsenca od zgoraj ne le občasno, ampak dolgotrajno zožuje višinsko in debelinsko modifikacijo mladice in s tem pomembno zavira razslojevanje bukovega mladja. Posledice zavrite prostorne diferenciacije se morejo škodljivo uveljavljati zlasti v vseh tistih primerih, kjer je prostorna razgibanost pogoj za uspešno kljubovanje vremenskim nenormalnostim, zlasti snegu in požledu.

3. Pri mladju, ki se trajno razvija ob popolni prirodni svetlobi, poteka razslojevanje ob primerni gostoti in ustreznih ekoloških razmerah intenzivno in dinamično. Ob tem se svetlobne razmere osebkov, ki se vedno bolj utapljuje, prej ali slej približajo tistim, ki jih ima bukovje pod zastorom semenjakov, t. j. takšnim, kot so bile umetno prirejene v obravnavanem eksperimentu. Zato so bukvice, ki postopno tonejo v polsenco, ker vedno bolj zaostajajo v tekmi s sosedami zaradi omejene svetlobe, v večji ali manjši meri deležne podobnih sprememb in njihovih posledic kot bukovo mladje, ki je bilo sprva zastrto: njihova plastičnost je tako zelo omenjena, da ob morebitno normaliziranih svetlobnih razmerah le-teh ne morejo uspešno izkoristiti s povečanim prirastkom in pospešenim razvojem. Tisti osebki v bukovem mladju, ki pri razslojevanju zaostajajo, torej izgubijo potencialno sposobnost za kompenzacijo svoje prirastne deficitnosti po sprostitvi. Do analognih izsledkov sta prišla tudi Mlinšek (70) za mladje črne jelše in Van Miegroet (111) za jesen in bi se mogla naša interpretacija aplicirati tudi na njune ugotovitve.

Ob upoštevanju teh spoznanj bi bilo potrebno vnesti v metodo Schädelinovega izbiralnega redčenja določene popravke, kajti učinek, ki se pričakuje od negativnega oziroma posrednega izbiranja, ne more biti uspešno uresničen, ker s podpiranjem zaostalih osebkov ni mogoče premostiti zaviralnega delovanja, ki izvira iz

- reducirane plastičnosti, pogojene z obravnavano modifikacijo in iz
- genetsko zasnovane inferiornosti, ki soodloča pri diferenciaciji dedno izogene populacije.

4. S prvotno redukcijo svetlobe so bile bukovemu mladju ireverzibilno inducirane fiziološke, morfološke, anatomske in prirastne adaptacije, ki se tudi po večletni normalni osvetlitvi niso ublažile, ampak se pretežno še stopnjujejo. Nekajletno zasenčenje torej bistveno zoži ekološko amplitudo bukovega mladja in mu za daljšo dobo oslabi njegovo prilagodljivost, zlasti sposobnost pozitivne reakcije na ugodnejše svetlobne razmere. Škodljive posledice tako reducirane plastičnosti se morejo uveljaviti v vseh primerih, kjer je ob spremenjenih ekoloških razmerah razvoj ali celo obstanek osebka ali populacije odvisen od dovolj široke reakcijske norme.

Primerjava takšne zgradbe bukovega mladja z bukovim naraščajem, ki je bil od svojega nastanka deležen dovolj svetlobe, opozarja na prednosti startne osnove in na boljši poznejši razvoj, pogojen z biološkim značajem bukve, ki ga podpira pomlajevanje v luknjah in »otokih«, kot je to potrdila analiza Mlinška v roškem pragozdu, kjer gre le za delno zasenčenje s strani, ne pa od zgoraj kot pri našem eksperimentu (69).

5. Izguba na višinskem prirastku in na proizvodnji lesne snovi zaradi svoječasne sence je zelo občutna in ni le občasna, ampak se stopnjevano uveljavlja še dalj časa po sprostitvi mladja.

6. Zastirajoči semenjaki s svojim povečanim svetlobnim prirastkom ne morejo kompenzirati izgube na količinskem prirastku bukovega mladja, ki se uveljavlja še dalj časa po odstranitvi zastora.

7. Zaradi prvotne plosce spremenjena kakovost bukovih mladice se kaže zlasti:

- z večjo ukrivljenostjo in številnejšo kolenčavostjo debelc — toda te pomankljivosti se v nadaljnjem razvoju ublažita in izgineta;
- s povečanim številom razsohljivih osebkov in s potencirano stopnjo tega pojava, ki more v veliki meri spremljati nadaljnji razvoj prizadetih osebkov;
- manjši vejni kot oblikuje krošnje, ki potencialno slabijo stojno trdnost in posredno degradirajo kakovost debel;
- tanjše veje omogočajo boljše čiščenje debela in zato predstavljajo prednost.

#### Opredelitve glede odnosa do svetlobe

V zvezi z našim spoznanjem, da mlado bukovje ne le prenaša, ampak celo potrebuje popolno sončno sevanje, se v naših razmerah in za obravnavano provenienco ne morem pridružiti stališču, ki tej drevesni vrsti prisojajo značaj sencoljubne, definiran z »vrsta, ki se lahko v gosti senci dobro razvija« (12) in ki jo botaniki opredeljujejo med sciofite ali ombrofite (99). Sicer pa razdelitev gozdnega drevja med »svetloboljubno« in »sencoljubno« ne izvira toliko od botanikov kot od gozdarjev, ki so za razločevanje enih od drugih uporabljali različne kriterije, oprte bodisi na anatomsko zgradbo asimilacijskih organov (12), bodisi na njihovo količino (81) ali na upadanje teže zaradi zasenčenja (24), na t. i. relativno uživanje svetlobe (115), na razmerje med potekom asimilacijskih krivulj svetlobnih in senčnih listov (3, 65), na stopnjo prepuščanja svetlobe skozi krošnjo (91), na presojsnost listov (55), na njihovo debelino (110), na stopnjo prirodnega redčenja (103) ali pa na brzino rasti in na odpornost proti požehi (62).

Glede na takšne načine opredeljevanja gozdnega drevja med »svetloboljubno« (lichtbedürftig) oziroma »svetlobno« (Lichtbaumart, Light demander, essence héliophile, essence lumière, Lystre, drevina svetlosti) in »sencoljubno« oziroma »senčno« (Schattenbaumart, Shade beaver, essence sciophite, essence d'ombre, Skyggetre, drevina stinna) (1), je večina strokovnih piscev uvrstila bukev v drugo skupino, in sicer nekateri kar pavšalno (37, 40, 48, 55, 101, 106, 114), nekateri so ji določili tretje mesto po stopnji senčnosti (19, 24, 57, 81, 95, 99), drugi pa celo vodilno ali pa vsaj drugo mesto (62, 63, 81, 115). Še pred kratkim je bila objavljena trditev, da je bukev občutljiva za sončno svetlobo (62) in stališče, da preintenzivna osvetlitev bukvi tako zelo škodi, da je njena zgornja meja v Alpah, ki poteka okoli 1500 m nad morjem, odrejena ravno z močno svetlobo v višinskih legah (21). L y r in sopisci prisojajo bukvi ne le značaj senčne vrste, ampak celo »za svetlobo občutljivega fotolabilnega tipa« (63). Tudi Č i t a š v i l i (23) opredeljuje (vzhodno) bukev kot tipično senčno vrsto, čeprav v istem prispevku navaja podatke, iz katerih moremo sklepati, da bukov svetlobni listi za produkcijo enake količine asimilatov potrebujejo v sklepu 0,4 za 39<sup>0</sup>/<sub>10</sub> manj svetlobe kot v popol-

nem sklepu. Ta navedba pač ne opravičuje uvrstitev bukve med senčne vrste, prav tako tudi ne podatki istega avtorja, da bukovi svetlobni listi stopnjujejo svojo fotosintetično dejavnost s povečanjem svetlobe do 60.000 luksov. Tudi dognanje istega pisca, da leži maksimum fotosinteze za bukev pri 60.000 luksih, t. j. pri svetlobi, ki je v primerjavi z navodbami drugih avtorjev dvojna, priča o tem, da je za razvoj bukve optimalna popolna prirodna svetloba.

Le redki gozdarski strokovnjaki niso bukve brez pridržkov uvrstili v skupino senčnih oziroma sencoljubnih drevesnih vrst. R a n d u š k a (85) ji npr. prisoja polsenčni značaj, Š a f a r (101) pa opozarja, da bukev v difuzni svetlobi deformira svojo krošnjo in deblo. M a l j c e v (64) je nadalje ugotovil, da bukovo mladje, ki je starejše od 10 do 20 let, ne moremo uvrščati med senčne vrste. M o l o t k o v je spoznal, da bukovje na Karpatih v svoji zgodnji mladosti potrebuje popolno svetlobo, J a r o š e n k o pa se je prepričal, da 3- do 5-letno bukovo mladje popolno osvetlitev ne le prenaša, ampak jo celo potrebuje. C e l n i k e r (18) in B o y s e n - J e n s e n (3) sta po začetnem naklonskem kotu asimilacijske krivulje senčnega in svetlobnega lista uvrstila evropsko bukev v isto svetlobnostno skupino kot rdeči bor, cemprin in himalajski bor ter sta ji prisodila sposobnost uspešnejšega reagiranja na povečano svetlobo kot npr. javoru ali celo zelenemu boru.

Neskladnost navedenih stališč verjetno izvira iz različnih ekoloških, zlasti pa svetlobnih razmer, v katerih so potekala opažanja, iz katerih so bili napravljeni sklepi. Nadmorska višina in geografska širina, kot je na splošno ugotovljeno, v zvezi s pripadajočo različno intenzivnostjo in trajanjem insolacije namreč pomembno vplivata na ekološke razmere, zlasti na svetlobne, ki na njih bukev značilno in izrazito reagira, kot je bilo to dognano v enem mojih prejšnjih prispevkov (7). Razen tega pa je potrebno pri presoji odnosa bukve do svetlobe upoštevati tudi kakovost in sestavo tal, ki igrata s svetlobo zelo poudarjeno substitucijsko vlogo. Pomemben vzrok za razhajanje stališč je prav gotovo tudi različna, dedno zasnovana biološka kakovost in njej lastna neenaka ekološko pogojena reakcijska norma bukovega materiala, na katerega so se nanašala razna proučevnja, ki so bila podlaga različnim vrednotenjem bukve glede njenega odnosa do svetlobe. Končno pa pridemo ob podrobnejši presoji stališč o sencoljubnem značaju bukve do spoznanja, da so se mnogi avtorji, kadar se niso oprli na lastna solidna raziskovanja, odločili za takšno opredelitev brez zadostne kritičnosti in so tuje navedbe neutemeljeno posplošili in posvojili kot splošno veljavno dogmo.

#### Disjunkcija pojmov

Hkrati s predloženo korekturo oziroma dopolnilom splošno razširjene »sencoljubne« ali »senčne« karakteristike bukve je potrebno ustrezno popraviti tudi močno zakoreninjeno klasifikacijo gozdnega drevja na svetlobo ali svetloboljubno, polsenčno in sencoljubno ali senčno in se pri tem opreti na precizno in nedvoumno definicijo teh pojmov.

Predvsem moramo strogo ločiti tolerantnost oziroma netolerantnost od opredelitve glede na stopnjo svetlobe, ki v določenih ekoloških okolnostih omogoča gozdnemu drevju optimalni količinski in kakovostni razvoj. Pri vrednotenju gozdnega drevja glede na odnos do svetlobe je treba

ločeno upoštevati dva kriterija: minimum svetlobne ekološke amplitude po eni strani ter optimalno stopnjo svetlobne energije po drugi strani. Dosedanje neprecizno razvrščanje gozdnega drevja med svetlobno, polsenčno in senčno je v gozdarstvu zelo zakoreninjeno. Le tu in tam se mu posamezniki niso dali zapeljati in so skušali to vprašanje samostojno presoditi. Pri tem so spoznali vso kompleksnost problema. Nesterov (77) je na primer opozoril, da pomeni odločanje o odnosu raznih vrst gozdnega drevja do svetlobe zelo zapleteno vprašanje, »ki še sedaj — po 150 letih — ni zadovoljivo rešeno«.

Prvotna opredelitev gozdnega drevja glede na svetlobnost oziroma senčnost je bila sicer previdno postavljena, toda njena poznejša uporaba jo je z neupravičenim posplošenjem izmaličila. Heyer namreč, ki je prvi uvedel obravnavano klasifikacijo, je glede pomladitve ločil drevesne vrste med takšne, ki »potrebujejo veliko svetlobe«, in med druge, ki »prenašajo senco«. Toda iz Heyerjevih kategorij so kmalu napravili preprosto »svetlobne« in »senčne« vrste na splošno. Toda Borggreve in Fricke (36, 25) sta uvidela, da neutemeljeno posploševanje Heyerjeve opredelitve, ki se je na splošno razpaslo, pomeni škodljivo zablodo. Prvi je zlasti odločno oporekal stališču, da senčne vrste ne potrebujejo izdatne svetlobe, drugi pa je šel še dalje in je trdil, da morejo vse drevesne vrste razviti svetlobne in senčne forme. Njuna napredna kritična razlaga je močno omajala splošno razširjeno izmaličeno uporabo Heyerjevih postavk. Vendar pa je Cieslar (19) s primerjavo stopnjevanja prirastka, še bolj pa s svojo avtoriteto utrdil staro miselnost, ki se marsikje še dandanes trdoživo uveljavlja in zavaja k napačni presoji. Vendar pa nekateri kritični svobodomiselniki posredno opozarjajo na neutemeljenost »klasične« opredelitve. Tako je npr. to spoznal Fabricius (32, 33) in je zato predložil zóžitev le na uporabo pojma »prenašanja sence« (schattenfest). Tudi Dengler (25) je uvidel, da stara klasifikacija ne ustreza in je opozoril, da izraz »senčne vrste« ni srečno izbran, ker pelje v zablodo, da se senčne vrste izogibajo svetlobi. Morozov pa poudarja, naj se potreba po svetlobi ločuje od prenašanja sence. Neustreznost obravnavane klasifikacije je spoznal tudi Tschermak (105), ki meni, da ni drevesnih vrst, potrebnih sence, ampak so le takšne, ki jo prenašajo. Posebno pozornost zasluži še Malkinina (65) pogojna opredelitev rastlin med svetlobne in senčne ter njeno stališče, da se »nezastrte rastline osposablajo za širok diapazon spremenjenih svetlobnih razmer, rastline, ki so zasenčene, pa za ozek«.

Tudi najnovejša Bonnemannova (1) oficielna definicija svetlobnosti oziroma senčnosti, aplicirana na ugotovljeni odnos našega bukovja do svetlobe, ne ureja omenjene zakoreninjene nepreciznosti pojmov, ker omogoča uvrstitev bukve med svetlobne in hkrati tudi med senčne vrste, kajti omenjeni avtor prve opredeljuje kot »vrste z relativno veliko potrebo po svetlobi«, druge pa kot »vrste, ki prenašajo relativno močno senco«.

Ureditev obravnavane neadekvatnosti sodi tudi na terminološko področje, kjer naj bi z ustrezno natančno opredelitvijo vsaj v slovenščini napravili konec dosedanjemu nepreciznemu izražanju, ki ima za posledico vnašanje zmede in napačnega vrednotenja rastlin glede njihove svetlobnostne valence. Ker sta se izraza »svetlobna« in »senčna« vrsta že udomačila, bi bilo primerno njuno rabo ohraniti, vendar pa njun pomen omejiti izključno le na opredeljevanje pojma zahtevnosti za svetlobo, potrebno za optimalni razvoj, medtem ko naj bi se za poimenovanje stopnje tolerantnosti za senco uvedel drug izraz, npr.: večja ali manjša

senčljivost. Bukovo mladje je torej po ugotovitvah te razprave sicer senčljivo, vendar pa je svetlobno, medtem ko je tisovo ne le senčljivo, ampak tudi senčno, borovo pa je svetlobno, toda manj senčljivo.

V zvezi s to primerjalno presojo in z našimi dognanji glede bukovega mladja pridemo namreč do spoznanja, da je potrebno pri svetlobnem vrednotenju gozdnega drevja enakovredno upoštevati hkrati dva kriterija: tolerantnost za zmanjšano svetlobo in optimalno stopnjo svetlobe, ki omogoča najboljši razvoj. Pretežna večina dosedanjih proučevanj se je doslej nanašala na prvo omenjeni kriterij. Ponovna raziskovanja so pokazala, da je svetlobni minimum bukve zelo nizek (55, 59, 69, 79, 96), celo najmanjši med vsem gozdnim drevjem (63, 107). Velika tolerantnost te drevesne vrste za senco je zlasti izražena v mladosti (12, 66, 69, 71, 86, 95). Kako lahko zapelje gojitelja izključno upoštevanje le tolerantnosti za svetlobo, nam pokaže primer, ko avtor potrebe bukve po svetlobi določa z 80 % tiste, ki jo prisoja gabru, in to razmerje prikazuje v istem diagramu, kjer primerjalno ugotavlja gospodarsko starost gozdnega drevja (62).

O drugo omenjenem kriteriju pa je pričujoča študija pokazala, da je za optimalni razvoj obravnavanega bukova — tudi do vključno razvojne stopnje gošče — potrebna popolna prirodna svetloba.

Ti dve ugotovitvi se kljub navideznemu antagonizmu ne izključujeta, ampak sta le dialektična enotnost nasprotij. Njuna sinteza pa bo le tedaj pravilna, če bo pri njej upoštevana vzročna odvisnost, ki se kaže s tem, da bukovo mladje, ki je bilo v zgodnji mladosti pod zastorom, ohrani še dolga leta po svoji sprostitvi vse značilnosti senčnega tipa, gozdnogojitveno v mnogih ozirih nezaželenega in tehnološko pretežno manj vrednega. Ob upoštevanju teh spoznanj naj bi se gojitelji pri svojih ukrepanjih in načrtovanjih za obnovo in nego bukovih gozdov izogibali pomlajevanju bukova pod zastorom semenjakov.

#### DER EINFLUSS DES LICHTES AUF DIE ENTWICKLUNG DES BUCHENJUNGWUCHSES (Zusammenfassung)

In der Abhandlung wird der Einfluss des reduzierten natürlichen Lichtes auf die Entwicklung des 2—12 Jahre alten Buchenjungwuchses besprochen. Die Resultate basieren auf einem Experimente im Gelände, mit welchem wir im Jahre 1955 begannen unter Einhaltung von Umweltverhältnissen, in welchen gewöhnlich die Verjüngung der Buchenwälder in Slowenien und die Entwicklung des Buchenjungwuchses verlaufen. Der Versuchsanpflanzung der Buche wurde während der ersten 4 Jahre die natürliche Belichtung systematisch um 50 % vermindert, nachher wurde die Beschattung behoben und die Anpflanzung genoss das volle natürliche Licht gleich der entsprechenden Buchenpopulation auf den Kontrollparzellen. Durch die gesamte 12-jährige Dauer des Experimentes wurden in der Versuchsanpflanzung alljährlich Messungen und Registrierungen ausgeführt, in deren nächster Nähe aber wurden kontinuierlich die klimatischen Anzeiger und phänologischen Vergleichsdaten aufgenommen.

Auf Grund der gegenseitigen Verteilung der Parzellen mit behandelten und Kontrollbuchensämlingen kann angenommen werden, dass sie alle in ausgeglichenen ökologischen Verhältnissen sich entwickelt haben, da auch hinsichtlich der mikroklimatischen Faktoren — mit Ausnahme des Lichtes — keine auffälligen Unterschiede zu finden waren. Die im Experiment verwendeten Jungbuchen wurden nicht verpflanzt, sondern durch unmittelbare Saat auf den Versuchspartellen erzogen.

Das Samengut stammt vom Gebirge Karaorman mit geographischen Koordinaten N 41° 20', E 20° 42'. Diese Herkunft lässt vermuten, dass es sich um die moesische bzw. balkanische Buche handelt (*Fagus moesiaca* Maly. Czeczott), was jedoch durch den Vergleich der bekannten morphologischen Charakteristiken nicht bestätigt werden konnte. Nichtsdestoweniger ist der Autor der Ansicht, dass eine Verallgemeinerung aller Feststellungen seiner Abhandlung auf andere Buchenprovenienzen nur mit Vorbehalt möglich wäre.

Phänologische Beobachtungen umfassten den Beginn der Frühjahrsbelaubung, auf deren Andauer und die Zeit deren Schwerpunktes. Der Anfang der Frondeszenz wird mit der Lage der Temperaturschwelle 5° und 10° C sowie mit der Bodentau, der Temperatursumme, der interdiurnen Temperaturamplitude, der Besonnungsdauer und den Niederschlagsverhältnissen verglichen. Die relativen Belaubungstermine des Buchenjungwuchses wurden alljährlich mittels der Phänospektren einiger Pflanzenarten bestimmt, welche zeitlich der Buchenbelaubung am nächsten stehen. Es wurde festgestellt, dass sich der ursprünglich beschattete Buchenjungwuchs hinsichtlich des Beginnes, der Dauer und des Schwerpunktes der Frühjahrsbelaubung konsequent von dem Kontrolljungwuchs unterscheidet. Die statistische Auswertung zeigte, dass die Unterschiede signifikant sind. Aus der Feststellung, dass die ehemalige Lichtreduktion konsequent und dauernd die Frondeszenz der Buchen beschleunigte, folgt die Erkenntnis, dass die ursprüngliche Beschattung des Buchenjungwuchses indirekt die Gefährdung seitens der Spätfröste verschärft, welche in jugoslawischen Verhältnissen — wie mit Daten belegt wird — sehr häufig auftreten.

Die dauernde Beobachtung des Wachstums der Versuchsanpflanzungen ermöglichte es, konsequente Unterschiede zwischen den Höhen-, Stärke- und Volumzuwachs der verglichenen Buchensämlinge festzustellen, wobei dem Jungwuchs, welcher dauernd das uneingeschränkte Naturlicht genoss, ein stark ausgeprägter und statistisch signifikanter Vorrang zufällt, welcher auch mehrere Jahre nach dem Ausgleich der Lichtverhältnisse noch keine Tendenz zum Nachlassen zeigt. Zudem machte sich bei der Buchenpopulation, welche sich während der ersten 4 Jahre im reduzierten Lichte entwickelt hatte, ausser der bedeutenden Wuchshemmung eine Verengung der Modifikationsvariabilität der betreffenden Höhen- und Stärkemassen der betreffenden Individuen geltend, was die Tatsache einer inhibitorischen Einwirkung der Lichtreduktion auf ihre Entwicklung noch verstärkt. Mit Rücksicht darauf, dass sich die erwähnte Divergenz noch 8 Jahre nach Zufuhr des vollen natürlichen Lichtes bemerkbar macht, kann der Schluss gezogen werden, dass es sich um eine endogene Veränderung handelt, welche den Charakter einer dauernden oder zumindest langwährenden, innerhalb der beobachteten Zeitspanne irreversiblen Modifikation hat.

Der Vergleich des Gewichtes der produzierten Trockensubstanz brachte den ausgeprägten Vorrang des vollbelichteten Buchenjungwuchses gegenüber dem seinerzeit beschatteten noch schärfer zum Ausdruck. Es wird auf den wirtschaftlichen Verlust aufmerksam gemacht, welcher durch die Beschattung des Buchenjungwuchses in seiner frühen Jugend entsteht, und zugleich auf die Nachteiligkeit der verbreiteten Meinung, dass die stehengebliebene Samenbäume den Buchenjungwuchs wohlthuend beeinflussen.

Es wurde weiterhin die Analyse der Qualität der Sämlinge in der Versuchsanpflanzung durchgeführt, die ermittelten Messungsdaten aber hinsichtlich der Krümmung, Zwieseligkeit und Gabelung der Stämmchen ausgewertet. Die Resultate führten zur Erkenntnis, dass die angeführten Qualitätsanzeiger die konsequente und signifikant ausgeprägte Schädlichkeit einer Lichtreduktion bestätigen. Bei Einschluss der Astwinkel kann ausserdem in Zukunft eine schlechtere Qualität der Kronen bei dem ehemals beschatteten Buchenjungwuchs erwartet werden.

Der Vergleich des Holzes in bezug auf Gewicht, Feuchtegehalt und auf Wasserkapazität machte die Vermutung möglich, dass in Abhängigkeit von den Lichtverhältnissen Unterschiede im Aufbau des Buchenholzes auftreten, die von einem grösseren Faseranteil und einem kleineren Anteil der Trachäen und Parenchymgewebe bzw. von den kleineren Lumina und dickeren Zellwänden des Buchenjungwuchses herrühren, welcher ursprünglich reduziertes Licht zugeführt bekam.

Von den morphologischen Charakteren wurden in erster Linie der spezifische Entwicklungsgrad der Zweige und der relative Anteil der Knospen, ihre Grösse, das Gewicht, die Verteilung und Lichtdurchlässigkeit der Knospenhüllblätter, die letztgenannte vor allem in Verbindung mit der festgestellten Abhängigkeit der Frondeszenz von den Lichtverhältnissen in Betracht genommen. Aus den Messungen erhellt, dass die Grösse der

Buchenknospen nicht nur von den Lichtverhältnissen während der Zeit ihrer Formierung abhängig ist, sondern in hohem Masse auch von der Exponierung der Buchenjungepflanzen dem Lichte in der längeren Vergangenheit. Es ist der Schluss möglich, dass es hierbei um physiologisch induzierte Modifikationen geht, welche eine irreversible Geltung hinsichtlich der Länge, Dicke und des Volums der Buchenknospen haben. Ausser der Feststellung, dass die relative Lichtmenge, welche die Knospenhüllblätter je Einheit des Meristemgewebes zu durchdringen imstande ist, sichtlich nachlässt in Abhängigkeit von der Höhenlage innerhalb der Krone, wurde auch die Erkenntnis ermöglicht, dass die Knospen von den ursprünglich beschatteten Buchen noch durch zahlreiche nachfolgende Vegetationsperioden nach dem erfolgtem Lichtausgleich hinsichtlich der Lichtdurchlässigkeit ihrer Knospenhüllblätter einen Schattencharakter behalten.

Aus dem Vergleiche der Menge und Qualität der Assimilationsorgane wird geschlossen, dass der einst beschattete Buchenjungewuchs noch jahrelang nach der Freilegung mit einer Verminderung der Blattflächen reagiert, wobei zugleich das Verhältnis zwischen der Blattgrösse und Blätterzahl sowie der Zweigdicke ermittelt wurde. Auch ein fest begründeter Unterschied des Blattgewichtes je nach Höhenlage innerhalb der Krone wurde festgestellt, zugleich wurde für die Blätter des seinerzeit beschatteten Buchenjungewachses ein derartiges absolutes und spezifisches Gewicht gefunden, wie es für die Schattenblätter charakteristisch ist. Desgleichen konnte bei dem Feuchtegehalt der Blätter der beschatteten Buchen die Annahme bestätigt werden, dass sie noch eine Reie von Jahren nach der Freilegung Assimilationsorgane des Schattentypus besitzen. Weiterhin wurde die Blattdicke untersucht sowie der anatomische Aufbau der Blätter und auf Grund dessen festgestellt, dass sie von den Lichtverhältnissen nicht nur der laufenden Saison, sondern auch mehrerer Vegetationsperioden vorher abhängig sind. Gleichzeitig wurde auch die Korrelation zwischen der Blattgrösse und Blattdicke bestimmt. Als spezifischer Anzeiger des Aufbaues und der Assimilationsaktivität der Buchenblätter wurde auch ihre Lichtdurchlässigkeit bestimmt und in Betracht gezogen, welche zwar von der Saisonsentwicklung und dem Feuchtegehalt abhängt, jedoch offensichtlich den mesomorphen Aufbau der Assimilationsorgane der ehemals beschatteten Buchen und damit ihren induzierten Schattencharakter bestätigt. Die hinsichtlich der angeführten morphologischen Eigenschaften der Blätter berechtigten zum Schlusse, dass die ungleichen Lichtverhältnisse eine dauernde Modifikation der Buchenblätter verursachen und dass diese sehr wahrscheinlich irreversibel ist.

Besondere Aufmerksamkeit wurde der chemischen Zusammensetzung der Assimilationsorgane des behandelten Buchenjungewachses gewidmet, wobei hinsichtlich des relativen Gehaltes der für die Divergenz zwischen Xeromorphismus und Mesomorphismus als charakteristisch geltenden Elemente ein typisches Verhältnis festgestellt wurde, welches die Blätter nicht nur in bezug auf die jetzige Lage innerhalb der Krone charakterisiert, sondern zugleich auch davon Zeugnis ablegt, dass die Blätter der anfangs beschatteten Buchen nach der Freilegung noch durch eine Reie von Vegetationsperioden hindurch ihren mesomorphen Charakter beibehalten haben.

Die Wertung, welche sich auf das Produktionspotential der Assimilationsmasse bezieht, zeigte endlich, dass die Grösse der durchschnittlichen spezifischen Blattoberfläche der ursprünglich beschatteten Buchen im Vergleich zu den Kontrolljungpflanzen in ihrer Produktionsbilanz signifikant defizitär ist, sehr wahrscheinlich wegen der Abschwächung der realen photosynthetischen Aktivität, verlässlich aber wegen Herabsetzung der apparenten Photosynthese.

Durch die vier Jahre dauernde Halbbeschattung in der frühen Jugend wurden dem Buchenjungewuchs irreversible physiologische, morphologische, anatomische und Wuchsadaptationen induziert, welche auch nach mehrjähriger normaler Belichtung nicht weniger deutlich wurden. Diese Veränderungen wirken hemmend auf die Schichtung des Buchenjungewachses ein und schwächen seine Stabilität sowie Widerstandsfähigkeit gegenüber den Wetterextremen ab.

Die Erscheinung, dass sich die Folgen des ursprünglich reduzierten Lichtes unvermindert auch nach der Normalisierung der Lichtverhältnisse geltend machen und dass solche Buchen auf verstärktes Licht nicht reagieren, macht darauf aufmerksam, dass die natürliche Plastizität der Buchendickung dauernd stark herabgesetzt wurde. Die Anwendung dieser Erkenntnis auf die Entwicklung einer normalen Buchendickung hat bestimmte Korrekturen des Prinzipes der Auslesedurchforstung zur Folge, denn die Erwartung, dass die im Dickichte erstickenden Individuen nach der durchgeführten negativen Selektion sich erholen und allmählich ihrer oberständigen Mitbewerbern gleichwertig werden, ist



angesichts der angeführten Feststellungen nicht recel. Die ursprüngliche Halbbeschattung schwächte nämlich den zurückbleibenden Individuen ihre Reaktionsfähigkeit so sehr, dass das verstärkte Licht als Folge der Auflockerung bei weitem nicht zu den, von den Vertretern der Auslesedurchforstung erwarteten Zuwachseffekten führen kann.

Die angewendete Methode der Aufstellung und der Durchführung des Experimentes sowie der Auswertung der Resultate sind teilweise mit der gleichartigen Forschungstätigkeit anderer Autoren vergleichbar. Ein wesentlicher Unterschied besteht in der Dauer des Experimentes — bei uns 12 Jahre und im Ausland nur 2—3 Jahre — und im Standpunkt des Autors, dass für eine zuverlässige Antwort auf die gestellte Frage die Ermittlung des unmittelbaren Einflusses des Lichtes nicht genügt, sondern dass der Reaktionsgrad noch mehrere Vegetationsperioden hindurch geprüft werden muss, nach dem Buchenjungwuchs das uneingeschränkte natürliche Licht zugänglich gemacht worden war.

Die Resultate der Abhandlung stehen hinsichtlich vieler Feststellungen nicht im Einklang mit den Behauptungen in der zum Vergleich verwerteten Fachliteratur. In einigen Fällen liegt der Grund dafür in der verschiedenen Versuchsaufstellung und Durchführung, in anderen wird die vermutliche Grundlage der Divergenz besonders dargelegt. Die Besonderheit des Standpunktes des Autors und seiner Schlussfolgerungen besteht jedoch darin, dass er konsequent zwei Begriffe auseinanderhält: einerseits die Schattentoleranz, andererseits die optimalen Lichtverhältnisse, also zwei Begriffe, welchen seitens vieler Autoren kein wesentlicher Unterschied beigemessen wird, während sie in dieser Abhandlung getrennt gewertet werden, unter gleichzeitiger Zulassung deren dialektischer Einheitlichkeit im Laufe der Entwicklung. Gerade darin ist der Oberbau des behandelten Problems und die Grundlage der empfohlenen unmittelbaren Richtlinien zu erblicken.

#### LITERATURA

1. *Bonnemann, A.*: Waldbauliche Terminologie, Schriftenreihe der Forst. Fakult. der Univ. Göttingen, 40, 1967
2. *Boysen Jensen, P.*: Undersøgelser over Stofproductionen i yngre Bevoksninger af Ask og Bøk II., Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, 1930
3. *Boysen Jensen, P.*: Die Stoffproduktion der Pflanzen, Jena, 1932
4. *Braun-Blanquet, J.*: Pflanzensoziologie, Berlin, 1928
5. *Brinar, M.*: O razvojnem ritmu različnih bukovih provenienc oziroma ekotipov, Gozdarski vestnik, 1963
6. *Brinar, M.*: Bukove rase in diferenciacija različkov glede nekaterih fizioloških in tehnoloških lastnosti, Gozdarski vestnik, 1965
7. *Brinar, M.*: Nekateri morfološke značilnosti bukve in njihova odvisnost od reliefa in genetske divergence, Zbornik Inštituta za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije, 5, 1967
8. *Brown, J.*: Influence of shade on increment, stemform and health of beech plants in the nursery, Report of Forest Research, Forestry Comm., 1951
9. *Brown, J.*: Influence of shade on the height growth and habit of beech, Report on Forest Research, Forestry Comm., 1952
10. *Brown, J.*: Studies on British beechwoods, Forest. Comm., Bull., 1953
11. *Brown, J.*: Ecological aspects of regeneration in British beechwoods, Bulletin de l'Institut Agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux, 1960
12. *Bunuševac, T.*: Gajenje šuma, Beograd, 1951
13. *Bünning, E.*: Handbuch der Pflanzenphysiologie II, 1956
14. *Burschel, P., Huss, J.*: Die Reaktion von Buchensämlingen auf Beschattung, Forstarchiv, 1964
15. *Burschel, P., Huss, J., Kalbhenn, R.*: Die natürliche Verjüngung der Buche, Schriftenreihe d. Forst. Fak. d. Univ. Göttingen, 1964
16. *Burschel, P., Schmaltz, J.*: Die Bedeutung des Lichtes für die Entwicklung junger Buchen, Allgem. Forst- Jagdzeitung, 1965
17. *Burschel, P., Schmaltz, J.*: Untersuchungen über die Bedeutung von Unkraut- und Altholzkonkurrenz für junge Buchen, Forstwiss. Centralbl., 1965
18. *Celniker, J.*: Adaptacija lesnih raztenij k zateneniji, Botaničeskij žurnal, 1968

19. Cieslar, A.: Licht- und Schattenholzarten, Lichtgenuss und Bodenfeuchtigkeit, Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen, 1909
20. Clark, J.: Photosynthesis and respiration in with spruce and balsam fir, State Univ. Coll. of Forestry, Syracuse Univ., 1961
21. Collaer, P.: Le rôle de la lumière dans l'établissement de la limite supérieure des fôrets, Ber. Schweiz. bot. Ges., 1940
22. Czarnowski, M.: On the percolation of light through forest canopy, Ecologia polska, 1961
23. Čitašvili, S.: Ob izmenii fotosintetičeskogo aparata bukovih mladnjakov v svjazi s izreživanjem raznoj intenzivnosti, Lesnoj žurnal, 1966
24. Dadikin, V.: Zadači i mesto fiziologii drevesnih rastenii, Lesnoje hozjajstvo, 1964
25. Dengler, A.: Waldbau auf ökologischer Grundlage, Berlin, 1944
26. Dietrichs, H., Schaich, E.: Flavonol in den Knospen der Rotbuche, Naturwissenschaften, 1963
27. Dowell, H.: The influence of shade on certain tree seedlings, with particular reference to the regeneration of beech, Journal Oxford Univ. For. Soc., 1956
28. Dušek, V.: Ausnützung der Methode des Wurzelschnittes bei verschulten Pflanzen der Rotbuche (*Fagus silvatica* L.), XIV. Kongress IUFRO, IV., München, 1967
29. Ebermayer, E.: Untersuchungen über die Zahl und Grösse der Blätter- in Eichen und Buchenbeständen, Forstwiss. Centralbl., 1882
30. Engler, V.: Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse, Mitt. Schweiz. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen, 1905
31. Engler, A.: Untersuchungen über Blattaussbruch und das sonstige Verhalten von Schatten- und Lichtpflanzen der Buche, Mitt. Schweiz. Zentralanstalt für das forstl. Versuchswesen, 1913
32. Fabricius, L.: Der Einfluss des Wurzelwettbewerbs des Schirmstands auf die Entwicklung des Jungwuchses, Forstwiss. Centralbl., 1927
33. Fabricius, L.: Forstliche Versuche VII., Neue Versuche zur Feststellung des Einflusses von Wurzelwettbewerb und Lichtentzug des Schirmstandes auf den Jungwuchs, Forstwiss. Centralbl., 1929
34. Fairbairn, W.: Light intensity measurements in Bowmont forest, Scottish Forestry, 1961
35. Freist, H.: Untersuchungen über den Lichtungszuwachs der Rotbuche und seine Ausnutzung im Forstbetrieb, Forstwiss. Centralbl., Beihefte, 1962
36. Fricke, K.: Licht- und Schattholzarten, ein wissenschaftlich nicht begründetes Dogma, Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen, 1904
37. Fröhlich, J.: Urwaldpraxis, Berlin, 1954
38. Gäumann, E.: Der Stoffhaushalt der Buche im Laufe eines Jahres, Ber. Schweiz. Bot. Ges., 1935
39. Geiger, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht, Braunschweig, 1942
40. Giperboreski, B., Marković, T.: Dendrologija, Sarajevo, 1952
41. Göhre, K.: Forstliche Wetter- und Klimakunde, Berlin, 1952
42. Haas, W., Kausch, W.: Die Quotienten Calcium: Kalium und Rohlignin: Holozeluloze bei Sonnen- und Schattenblättern der Blutbuche, Naturwissenschaften, 1966
43. Harley, J., Waid, J.: The effect of light upon the roots of beech and its surface population, Plant and Soil, 1955
44. Hauch, L.: Nattefrostens Virking i ung Bogeskov, Det Forsorgsvaesens i Danmark, 1908, 1911
45. Hengst, E.: Phänologische Untersuchungen im Laubholzbestand, Forstwiss. Centralbl., 1965
46. Hengst, E.: Phänologische Beobachtungen und Zuwachsuntersuchungen an Laubbäumen, Archiv f. Forstwesen, 1966
47. Höhne, H.: Der Einfluss der soziologischen Stellung der Fichte auf das Gewicht und den Elementgehalt der Nadeln, Arch. f. Forstw., 1964
48. Horvat, I.: Biologija drveća, Šumarski priručnik I, Zagreb, 1946
49. Huber, B.: Untersuchungen über das Knospentreiben der Buche und einiger andern Gehölze, Mitt. d. Deutsch. Dendrolog. Ges., 1931
50. Jovanović, B.: Dendrologija sa osnovama fitocenologije, Beograd, 1967
51. Kauders, A.: Podizanje i gajenje šuma, Beograd, 1950

52. Kausch, W., Hass, W.: Chemische Unterschiede zwischen Sonnen- und Schattenblättern der Blutbuche (*Fagus sylvatica* L. cv. *atropunicea*), Naturwissenschaften, 1965
53. Kausch, W., Haas, W.: Ligningehalte der Zellwände bei Sonnen- und Schattenblätter der Blutbuche (*Fagus sylvatica* L. cv. *atropunicea*), Naturwissenschaften, 1966
54. Kleinschmit, R.: Anzucht von Pflöpfingen einiger Baumarten im Warmhaus unter Verwendung von Kunstlicht, Ein Beitrag zur Frage des Lichtfaktors, Forstarchiv, 1957
55. Knuchel, K.: Spektrometrische Untersuchungen im Walde, Mitt. d. Schweiz. Versuchsanstalt f. forstl. Versuchsw., 1914
56. Kolzenburg, C.: Der Einfluss von Lichtgenuss, soziologischer Stellung und des Standortes auf Holzigenschaften der Rotbuche (*Fagus sylvatica*), XIV. Kongress IUFRO, IX, München, 1967
57. Köstler, J.: Waldbau, Hamburg, 1955
58. Kurth, J.: Untersuchungen über Aufbau und Qualität von Buchendickungen, Mitt. d. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen, 1946
59. Lakon, G.: Frage der jährlichen Periodizität der Pflanzen im Lichte der neuesten Forschung, Naturwiss. Zeitschr. f. Forst- und Landw., 1915
60. Leibundgut, H.: Zur Phänologie der Laubbäume, insbesondere der Buche, Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen, 1952
61. Leibundgut, H.: Zur Phänologie der Laubbäume, insbesondere der Buche, Schweiz. Zeitschr. f. Forstw., 1954
62. Leibundgut, H.: Die Waldpflege, 1966
63. Lyr, H., Polster, H., Fiedler, H.: Gohölz-Physiologie, Jena, 1967
64. Maljcev, M.: Neke šumskouzgojne karakteristike istočne bukve u kulturama; prevod M. B., Beograd, 1966
65. Malkina, I.: Svetovje krivje fotosinteza drevesnogo podrosta, Svetovoi režim, fotosintez i produktivnost lesa, 1967
66. Marcet, E.: Licht- und Schattenblätter, Schweiz. Z. f. Forstw., Beihefte, 1958
67. Markus, L.: Ertragskundliche Beziehungen der früh- und spätreibender Buche im Hohen Bakony, Ungar. forstwiss. Rundschau, 1964
68. Mitscherlich, D., Künstele, E., Lang, W.: Ein Beitrag zur Frage der Beleuchtungsstärke in Bestände, Allgem. Forst- u. Jagdzeit., 1967
69. Mlinšek, D.: Wachstum und Reaktionsfähigkeit der Urwaldbuchen auf der Balkanhalbinsel (Bosnien), XIV. Kongress IUFRO, IV., München, 1967
70. Mlinšek, D.: Rast in gospodarska vrednost črne jelše
71. Mlinšek, D.: Verjüngung und Entwicklung der Dickungen im Tannen-Buchen Urwald »Rog« (Slowenien), XIV. Kongress IUFRO, IV., München, 1967
72. Monnet, P.: L'insolation, sa mesure, son dosage, Bull. d. l. Soc. d'Etudes des Hautes-Alpes, 1958
73. Möller, C., Müller, D., Nielsen, J.: Respiration in stem and branches of Beech, Det forstlige Forsøgsväsen i Danmark, 1954
74. Müller, D.: Die Blätter und Kurztriebe der Buche, Det forstlige Forsøgsväsen i Danmark, 1954
75. Müller, D.: Die Atmung der Buchenblätter, Det forstlige Forsøgsväsen i Danmark, 1954
76. Münch, Z.: Beobachtungen über die Laubentfaltung der Buche, Mitt. Deutsch. dendrolog. Ges., 1936
77. Nesterov, N.: Očerki po lesovedeniju, Moskva, 1933
78. Ničiporovič, A.: Fotosintez i teorija polučenija visokih urožav, prevod, Zagreb, 1959
79. Ölkens, J.: Jahrring und Licht, Zeitschr. f. Forst und Jagd, 1914, 1917, 1918
80. Pechmann, H.: Untersuchungen über Bruchschlagbarkeit des Rotbuchenholzes, Holz als Roh- und Werkstoff, 1953
81. Petračić, A.: Uzgajanje šuma, Zagreb, 1925
82. Polster, H.: Die physiologischen Grundlagen der Stofferzeugung im Walde, München, 1950
83. Popescu, O., Parascu, D.: Beiträge zur Kenntnis der Dynamik des Radialzuwachses bei der Buche im Laufe der Vegetationsperiode, Allgem. Forst. u. Jagdzeitung, 1968
84. Prignon, D.: Mesures microclimatiques en pessières âgées, Bull. d. l. Soc. Forestière de Belgique, 1960
85. Randuška, D.: Otárka premeny jedlin, Jedlá na Slovensku, Bratislava, 1960

- 86 Rodenwaldt, U.: Die spätreibende Buche, Forstwiss. Centralbl., 1949
87. Rohmeder, E.: Altersphasenentwicklung der Waldbäume und Forstpflanzenzüchtung, *Silvae genetica*, 1957
88. Röhring, E.: Wachstum junger Laubholzpflanzen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen, *Allgem. Forst- u. Jagdzeit.*, 1967
89. Roussel, L.: Chronique photologique, *Revue forest. franc.*, 1962
90. Rosenkranz, F.: Grundzüge der Phänologie, 1951
91. Rubner, K.: Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus, 1960
92. Rudolf, W.: Entwicklungsphysiologische Grundlagen der Pflanzenzüchtung, Handbuch der Pflanzenzüchtung, Hamburg, 1958
93. Schaffalitzky, M.: Experiment on Development in *Fagus* by means of Herbaceous Grafting, *Physiol. Plant.*, 1956
94. Schaffalitzky, M.: Investigations on aging of apical meristems in woody plants and its importance in silviculture, Det forstlige Forsøgsvaesen i Danmark, 1959
95. Schreiber, M.: Waldbauliche Folgerungen aus den Studien über die Variation des Blattcharakters unserer Holzarten, *Centralblt. f. d. g. Forstwes.*, 1924
96. Schulz, H.: Der Anteil der einzelnen Zellarten an dem Holz der Rotbuche, *Holz als Roh- u. Werkstoff*, 1957
97. Schuyeter, J.: Die Korrelation zwischen Blattdicke und Blattgewicht als Mittel zur Feststellung von morphologischen und physiologischen Unterschieden, XIII. Kongress IUFRO, 1961
98. Schwarze, F.: Stoffproduktion und Pflanzenzüchtung, Handbuch der Pflanzenzüchtung, Hamburg, 1958
99. Šafar, J.: Uzgajanje šuma, Zagreb, 1963
100. Šafar, J.: Kakvoća bukovog mladika u sastojinama dinarskih planina, *Šumarski list*, 1964
101. Šafar, J.: Funkcionalno oblikovanje bukovih sastojina na Dinaridima, *Šumarski list*, 1967
102. Thren, R.: Jahreszeitliche Schwankungen des osmotischen Wertes verschiedener ökologischen Typen in der Umgebung von Heidelberg, *Zeitschr. f. Bot.*, 1934
103. Tkačenko, M.: Obšee lesovodstvo, Leningrad, 1939
104. Trapp, E.: Untersuchungen über die Verteilung der Helligkeit in einem Buchenbestand, *Bioklim. Beibl.*, 1938
105. Tschermak, L.: Waldbau auf Pflanzengeographisch-ökologischer Grundlage, Wien, 1950
106. Vajda, Z.: Uzgajanje šuma, *Šumarski priručnik*, I, Zagreb, 1946
107. Walter, H.: Grundlagen der Pflanzenverbreitung, III, Stuttgart, 1949
108. Van der Veen, R., Meijer, G.: Licht und Pflanzen, Philips technische Bibliothek, Hamburg, 1958
109. Van Miegroet, M., Goosens, R.: Ein Apparat eigener Konstruktion zur Bestimmung der Qualität des durchfallenden und reflektierten Lichtes an Blättern, XIII. Kongress IUFRO, 1961
110. Van Miegroet, M.: Die Lichttransgression und die Lichtreflexion bei Blättern einiger Laubbaumarten, *Schweiz. Z. Forstw.*, 1965
111. Van Miegroet, M.: Untersuchungen über den Einfluss der waldbaulichen Behandlungen und der Umweltfaktoren auf den Aufbau und die morphologischen Eigenschaften von Eschendickungen im schweizerischen Mittelland, *Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. Versuchswesen*, 1959
112. Van Miegroet, M.: Kunstbeleuchtung und Gasaustausch — Mittel zur Erforschung der Baumart, XIV. Kongress IUFRO, IV., München, 1967
113. Wareing, P.: Growth studies in woody species, V. Photoperiodism in dormant buds of *Fagus sylvatica* L., *Physiol. Plantarum*, 1953
114. Veseli, D.: Osnovi uzgajanja šuma, Sarajevo, 1949
115. Wiesner, J.: Der Lichtgenuss der Pflanzen, Leipzig, 1907
116. Wilhelmi, F.: Ein Testversuch über die Abhängigkeit des Dickenwachstums der Bäume von der Globalstrahlung und Lufttemperatur, *Allgem. Forst- und Jagdzeitung*, 1959
117. Wilhelmi, F.: Globalstrahlung und Temperatur in einer Douglasiengruppe und die Einwirkungen auf das Radialwachstum, *Allg. Forst- u. Jagdzeitung*, 1962
118. Woelfle, M.: Walbau und Forstmeteorologie, 1939