

Dr Ostoja Stojanović,
Šumarski fakultet
Ljubiša Marković, "Šipad"
S a r a j e v o

PROJEKAT EKSPERIMENTA POŠUMLJAVANJA SADNICAMA
PROIZVEDENIM NA INDUSTRIJSKI NAČIN

1. PROBLEM - ZADATAK RADA

Preborni oblik gazdovanja (i to, po pravilu, stablimični preborni oblik) bio je gotovo jedini uzgojni oblik provodjen u šumama na području BiH u proteklom periodu.

Obnavljanje šuma se, pri provodjenju ovog oblika gazdovanja, po pravilu, prepuštalo prirodi - pružanjem mogućnosti razvoja postojećem i nicanjem novog prirodnog podmlatka.

Pri takvom uzgojnom obliku pošumljavanja (vještačka obnova šuma) svodilo se na najmanju moguću mjeru (eventualno pošumljavanje progala i većih čistina unutar sastojina).

Rezultati inventure šuma na velikim površinama (1964-1968.) pokazali su da se neki tipovi šuma obnavljaju vrlo slabo ili nikako, a u nekim tipovima šuma, iako je obnavljanje zadovoljavajuće sa stanovišta brojnosti podmlatka, kvalitet podmlatka je vrlo loš.

Zbog slabog prirodnog obnavljanja nekih tipova šuma i zbog sadašnjeg prelaska na druge načine prebornog gazdovanja (skupinasti i sl.) i druge oblike gazdovanja (čiste sječe na malim površinama), čije je uvodjenje motivisano, između ostalog, i važnim privrednim razlozima, iskrsava problem brzog i efikasnog pošumljavanja većih površina.

Dosadašnja iskustva u pošumljavanju, i naša i strana, ističu u prvi plan visoke troškove uzgoja sadnica i problem preživljavanja mladih biljaka

kako u rasadniku tako i u prvim godinama po sadnji (na terenu), tj. u krajnjem rezultatu visoke troškove pošumljavanja po jedinici površine.

Zbog svega ovoga, u zemljama s razvijenijim šumarstvom u posljednjih desetak godina pristupilo se intenzivnom istraživanju efikasnijih metoda za obnovu šuma.

Budući da je jedan od glavnih uzroka slabog uspjeha pošumljavanja sadnicama proizvedenim na klasični način (sadnice s golim korjenovim sistemom) šok koji preživljava mlada biljka od nicanja u sjemeništu, pa preko kultivisanja u rasadniku do sadnje na terenu, većina tih istraživanja su usmjerena na što prirodniji uzgoj mladih biljaka, tj. na uzgoj pri kome će biljka doživljavati što slabije "biološke šokove".

S tim u vezi istraživanja su usmjerena na proizvodnju sadnica s tzv. pokrivenim korjenovim sistemom (u busenu) u saksijama, lončićima ili, kako se obično kaže, proizvodnja u kontejnerima.

U početku je za ova istraživanja kao supstrat za punjenje lončića i saksija upotrebljavana zemlja ili iglice četinaru (smrče), a kasnije treset.

Usporedna istraživanja ovako proizvedenih sadnica s klasičnim sadnicama pokazala su:

- Sadnice smrče, bijelog bora, cmog bora i zelene duglazije proizvedene u tresetnom supstratu (u stakleniku) bile su veće za 1,3 do 5,4 puta od sadnica proizvedenih na klasičan način, odnosno sadnice proizvedene u tresetnom supstratu su za 3-4 mjeseca dostizale dimenzije dvogodišnjih sadnica iz klasičnog rasadnika;

- Broj preživjelih biljaka (tresetni supstrat u stakleniku) u prvoj godini po presadivanju na teren (istraživanje u Madjarskoj) bio je veći za 3,4 puta za bijeli bor, 1,3 puta za crni bor, 4,7 puta za smrču i 2,8 puta za arš od broja preživjelih biljaka proizvedenih na klasičan način.

Ovakva proizvodnja u staklenicima omogućava rano sijanje (produžetak vegetacione periode) i automatsko regulisanje toplote i vlage, kao i adekvatnu primjenu zaštitnih mjera.

U raznim zemljama su se razvili razni sistemi, ali, uglavnom, svi kao baza za uzgoj sadnica imaju treset.

Iako je u ovakvoj proizvodnji korišten treset kao supstrat u svim sistemima, postoje dvije varijante primjene treseta.

U jednoj grupi treset se koristi u rastresitom stanju za punjenje lončića (saksija), a u drugoj u komprimirani (presovani) treset se stavlja sjemena u prethodno izbušenu rupu.

Prvo su se pojavili sistemi koji su koristili rastresiti treset: Nisula, Jiffy pots, Paper pots, a u posljednje vrijeme presovani treset kao nosilac sjemena: Samen platen i multicomp.

Opis pojedinih sistema i njihove glavne karakteristike izložićemo sasvim kratko.

1. Sistem Nisula (Finska, 1962. godine) bazira se na kombinaciji plastične folije i treseta. Folija je dužine oko 2,5 m i širine oko 20 cm. Folija se prostre na ravnu površinu i po njoj se razastre sloj treseta debljine 2-3 cm, na koji se stavljaju jednogodišnje sadnice na rastojanju od 5 cm, odnosno oko 50 sadnica na jednu foliju. Zatim se folija smota u rolnu i zalijeva jednu sezonu. Uočiti sadnje rolne se razmotava, siječe između svake sadnice i sadi odvojeno.

Nedostaci ovog sistema su:

- Miješanje korijenja susjednih biljaka, zbog čega nakon razdvajanja dolazi do oštećivanja korjenovog sistema,

- Veliki utrošak treseta,

- Neznatna racionalizacija pri sadnji.

2. Sistem Jiffy pots (Norveška, 1965. godine) bazira se na rastresitom tresetu kojim je ispunjena saksija od presovanog treseta, celuloze ili specijalne sintetičke materije.

U takvu saksiju sije se sjeme i sadnica uzgaja jednu sezonu. Ovako uzgojena sadnica se sadi sa saksijom.

Biološki ova metoda ima velikog opravdanja, a slaba strana joj je mala mogućnost racionalizacije u procesu pošumljavanja, veliki utrošak treseta i potreban veliki prostor prilikom uzgoja sadnica.

3. Paper pots sistem (Japan, 1965. godine) bazira se na rastresitom tresetu kojim se pune saksije od specijalne hartije. Dimenzija saksija je različita za razne uslove i kreće se od 4 do 6 cm prečnika i 8 cm visine. Saksije su s donje strane otvorene, a da ne bi dolazilo do prosipanja treseta, saksije se stavljaju u plastičnu paletu.

Ovaj sistem je našao veliku primjenu u Finskoj, Švedskoj i Norveškoj. Proizvodnja sadnica je visoko automatizovana, a pošumljavanje racionalizovano.

Saksije su međusobno slijepljene i čine šaržer od 330 komada (dimenzije saksije 4 x 8 cm).

Šaržer saksija, stavljen na plastičnu paletu, puni se tresetom, zasijava sjemenom i u njemu se uzgajaju sadnice.

Prilikom zalijevanja ljepak između saksija oslabi te je prilikom pošumljavanja lako odvojiti jednu od druge.

Uzgojne sadnice se sade specijalnom sadilicom "potiputki", a moguća je i sadnja specijalnim mašinama koje vuče traktor kvikvud (Quickwood).

Tehnički i ekonomski ova metoda je pokazala dobre rezultate, dok je biološki diskutabilna s obzirom na neophodnost podsijecanja korjenovog sistema koji izadje s donje strane saksije, zbog čega se događa i djelimičan "biološki šok" koji preživljava biljka.

Ispitivanja u Švedskoj su pokazala da je razvoj ovako proizvedenih sadnica znatno usporen u prvim godinama nakon sadnje.

4. Sistem Samen platen (Švedska, 1965. godine) bazira se na presovanoj tresetnoj ploči kao nosiocu sjemena. Ploče su dimenzije 10 x 10 x 1 cm, izbušene na sredini, gdje se stavlja sjeme, uvijene u plastiku i papir da bi se obezbijedilo veće zadržavanje vlage.

Ovako proizvedena ploča direktno se postavlja na teren (nema uzgoja u rasadniku).

Ovaj sistem ima znatne biološke, tehničke i ekonomske prednosti.

Prema rezultatima ispitivanja (Švedska) procenat preživljavanja biljaka bijelog bora poslije 3 godine iznosi 98%, a visina 90 cm.

Novija iskustva pokazuju veliki nedostatak ovoga sistema usljed dještva biotskih faktora (miševi, ptice).

5. Multicomp sistem (Švedska, 1972.godine) baziran je na presovanoj tresetnoj ploči (4 x 4 x 1 cm) kao nosiocu sjemena.

Zasijane ploče se aktiviraju (zaliju) u rasadniku, uzgajaju jednu sezonu i sade na terenu pomoću specijalne sadilice.

Proizvodnja, uzgoj i sadnja sadnica proizvedenih ovom metodom je visoko mehanizovana.

Istraživanja u Švedskoj su pokazala da je ova metoda biploški, tehnički i ekonomski opravdanija od svih do sada primjenjivanih.

Razmatrajući svaku od opisanih metoda, a imajući u vidu sve loše i dobre osobine pojedinih sistema, odlučili smo se za izvođenje oglada sa:

1. sadnicama proizvedenim tzv. "multicomp" sistemom,
2. sjemenskim pločama - tresetnim pločama zasijanim sjemenom.

S obzirom na značaj pošumljavanja kod nas, ali i s obzirom na činjenicu da je naša Republika, kako je poznato, i reljefom i klimatski veoma heterogeno područje, naročito u poredjenju s područjima iz kojih su dobijene informacije o uspješnoj primjeni navedenih metoda, nužno je izvršiti naučno fundiran ogled provjere rezultata pošumljavanja navedenim metodama.

Saglasno tome, zadatak našeg rada može se ovako formulisati: ispitati primjenjivost i efikasnost (ekonomičnost) pošumljavanja novim metodama u našim uslovima i na osnovu uporedjenja novih metoda i uobičajenog ("klasičnog")

metoda pošumljavanja izvršiti izbor najefikasnijeg metoda pošumljavanja za uslove naše Republike.

2. SISTEM ISTRAŽIVAČKIH HIPOTEZA

Generalna hipoteza

Efikasnost pošumljavanja za datu vrstu drveća zavisi od izbora oblika pošumljavanja (sjetvom ili sadnjom) i troškova pošumljavanja u cjelini, tj. 1. od troškova proizvodnje ili pripreme (sahnog) materijala za pošumljavanje; 2. od troškova sjetve ili sadnje; 3. od troškova za zaštitu (za održavanje) biljaka u godinama kada im je potrebna zaštita. Ta efikasnost se iskazuje po jedinici (definitivno) pošumljene površine.

Specijalne hipoteze

1. Izbor oblika pošumljavanja (pošumljavanje sjetvom ili sadnjom i način pripreme sjemena ili sadnica) zavisi od vrste drveća i uslova sredine - stanišnih uslova (obezbjedjenost vlagom i sunčanom energijom: količina i raspored tokom godine, zakorovljenost, štete od divljači i stoke, zaštita od njih itd.).

2. Troškovi pošumljavanja (u svim fazama) izabranim oblikom zavise, takodje, od područja - sredine, regiona gdje se pošumljavanje vrši. Relevantni pokazatelji cijena sjemena ili sadnica, troškovi sjetve ili sadnje, troškovi sadnje mladih biljaka itd. veoma su zavisni od ekonomskih uslova područja (ručni ili mehanizovani rad, mogućnosti i odnosi u njihovim cijenama, problem zaštite od divljači i stoke itd.).

3. NAČIN PROVJERE HIPOTEZE (IZBOR PROJEKTA EKSPERIMENTA)

S obzirom na to da postoji problem poredjenja i izbora između više od dva tretmana (oblika pošumljavanja) provodjenih u različitim uslovima sredine - tipovima šuma, nužan je izbor takvog projekta eksperimenta koji će na što je moguće jednostavniji i efikasniji način omogućiti analizu izvora i veličine variranja i testiranje signifikantnosti razlika u rezultatima ogleada, a time i izbor najpogod-

nijeg (najefikasnijeg i najekonomičnijeg) metoda pošumljavanja za uslove naše Republike.

Statističko projektovanje eksperimenata u šumarstvu u našim uslovima (u našoj Republici), izuzev 2 ili 3 slučaja primjene u specijalnim naučnim istraživanjima, praktički je nepoznato, pogotovo kad je riječ o široj primjeni u tzv. proizvodnim ogledima.

Ekperimentalno statističko ispitivanje parcijalnih problema, iz kojih se sastoji ovaj kompleksni istraživački problem, nije izvodjen kod nas. Osim toga, ova istraživanja se izvode prvi put po tipovima šuma, čiju klasifikaciju, s obzirom na konzistentnost sistema i mogućnost jednoznačne identifikacije, treba još uvijek provjeravati daljim istraživanjima i primjenom u praksi. Navedeni razlozi onemogućili su izbor nekog kompleksnijeg i efikasnijeg projekta eksperimenta (faktorijalni eksperiment i njegove varijante, projekt po sistemu podijeljenih parcela) i ograničili našu odluku na izbor između jednostavnijih i dovoljno efikasnih projekata, u prvom redu na izbor između projekata po sistemu latinskog kvadrata i projekta po Fisherovom slučajnom blok-sistemu.

Nužnost da se projektovani ogled izvodi s više različitih vrsta drveća i na više različitih mjesta (u različitim tipovima šuma, a unutar tipova šuma na različitim lokalitetima širom Republike) pa zbog toga potreba i eventualna mogućnost kombinacija rezultata eksperimenata u jednu složenu analizu radi dobijanja rezultata opšte primjenljivosti, nametala je, takodje, izbor jednostavnijeg projekta eksperimenta.

Fischerov potpuno slučajni blok-sistem je jedan od najjednostavnijih i najpotrebljivijih tipova projekata eksperimenta (ogleda). Ovaj jednostavni tip projekta široko je primjenjivan u naučnim istraživanjima u inostranom šumarstvu. Primjenjivan je u eksperimentima za djubrenje rasadnika i kultura, u eksperimentima izvođenim radi ispitivanja djelovanja insekticida i herbicida i sl. Njegove velike prednosti, pored jednostavnosti, su prilagodljivost i efikasnost u smanjenju veličine eksperimentalne greške.

Uvažavajući izneseno i druge informacije relevantne za izvođenje eksperimenta, odlučili smo se da tip projekta eksperimenta bude Fisherov slučajni blok-sistem.

4. DEFINISANJE TRETMANA I DRUGIH FAKTORA VAŽNIH ZA PLANIRANJE I IZVODJENJE EKSPERIMENTA

4.0. Definisanje tretmana:

Prilikom konsultacija sa stručnjacima "Šipada" u toku 1973. godine, radi pripremanja projektnog zadatka za postavljanje i izvodjenje ovog oglada, definisana su sljedeća 3 tretmana:

1. Pošumljavanje sjemenom (smrče, bijelog i crnog bora) zasijanim na tresetnim pločama (sjemenske ploče);
2. Pošumljavanje sadnicama (smrče, bijelog i crnog bora) proizvedenim multicomp sistemom (multicomp sadnice);
3. Pošumljavanje odmah u prvoj godini izvodjenja oglada sadnicama (smrče, bijelog i crnog bora) proizvedenim na uobičajeni ("klasični") način^{*)}.

Precizna, nadvosmisljena definicija tretmana je jedan od osnovnih uslova za uspješno izvodjenje eksperimenata. Neprecizna definicija tretmana stvara teškoće pri izvodjenju eksperimenata, doprinosi većem variranju eksperimentalnih rezultata unutar tretmana, a time dolazi i do povećanja eksperimentalne greške.

*) Projektim zadatkom predviđeno je da se pošumljavanje sadnicama proizvedenim na uobičajeni (klasični) način izvrši odmah u prvoj godini izvodjenja oglada. Zbog teškoća (u stvari, nemogućnosti) da se obezbijedi homogen materijal za sve tretmane i zbog različite starosti biljaka ovog tretmana u odnosu na ostala dva tretmana (tretmane 1. i 2.), onemogućuje se uporedjenje taksacionih pokazatelja u prvim godinama izvodjenja oglada, a uporedjenje rezultata oglada u kasnijim godinama dovodi ozbiljno u pitanje (upoređuje se ogledni materijal nehomogen po porijeklu i nejednake starosti, a ako bi se uporedjenje i vršilo u jednakim starostima, radilo bi se o sadnicama raslim u različitim vremensko-kalendarskim periodima).

Drugu varijantu ovog metoda pošumljavanja: sjetva sjemena u rasadnicama (iz zajedničkog sjemena za sve tretmane) i sadnja na oglednim parcelama nakon 2 odnosno 4 godine da bi se obezbijedila uporedivost tretmana (sadnice iste starosti i rasle u istim vremenskim uslovima) naručilac zadatka nije usvojio.

Rezultati eksperimenata, i pored veleljepnog tipa projekta i najboljeg metoda statističke obrade podataka, mogu biti dovedeni u pitanje ako nije izvršena precizna, nedvosmislena i potpuna definicija (opis) eksperimentalnih tretmana. Pri tome treba voditi računa o svakoj relevantnoj pojedinosti. Ukazaćemo samo na dva momenta:

a) homogenost sjemena i sadnog materijala (s obzirom na porijeklo, starost, procenat klijavosti, dimenzije sjemena i sadnica, pripremu do sadnje itd.) za sve tretmane i sve lokacije za datu vrstu drveća;

b) ujednačen postupak za sve eksperimentalne parcele datog tretmana prilikom sadnje i za vrijeme trajanja ogleda.

S obzirom na značaj preciznog definisanja eksperimentalnih tretmana (metoda pošumljavanja) za uspješno izvođenje eksperimenta, u Metodici ogleda navedene su u cjelini (doslovno) definicije tretmana.

Primjena herbicida

U cilju sticanje saznanja o korovu, kao ograničavajućem faktoru za bilo koji od navedenih načina pošumljavanja, jedna polovina svake eksperimentalne parcele (svakog tretmana) biće tretirana herbicidima.

Zbog kratkoće vremena nije bilo moguće primijeniti najefikasniji postupak sa herbicidima, koji bi se sastojao u tretiranju totalnim dozama jednu sezonu, oli bar 3 mjeseca prije sadnje, a koji bi isključio u potpunosti konkurenciju korovske flore za 2 - 3 godine.

Da bi se ograničilo negativno djelovanje zeljastih (mono i dikotiledonih) korova, primjenice se granulirani herbicid Casoron G.

U cilju isključivanja negativnog djelovanja izbojaka iz panjeva i drvenastih korova, primjenice se arboricid Arbokan EA-80.

Količina mješavine po ha zavisice od gustoće panjeva ili drvenastih korova (prosječno 15-20 lit/ha).

Radi jednoobraznosti (nepristrasnosti) pri tretiranju herbicidima i da bi se spriječilo spiranje herbicida na netretirani dio (polovinu) parcele,

podjela parcele će se izvršiti linijom upravnom na izohipsu terena, a tretiraće se desna polovina parcele gledano s donje granice svake parcele.

4.1. Eksperimentalne jedinice (parcele):

Oblik i veličina parcela; broj jedinki na parcelama

Optimalna veličina eksperimentalnih jedinica (oglednih parcela) za dobijanje tražene informacije uz najmanje troškove ne može se odrediti eksplicitno i unaprijed, jer ta veličina zavisi dijelom od oglednog materijala, dijelom od praktične pogodnosti u samom eksperimentu. Govoreći općenito, međutim, treba imati na umu da povećanje veličine eksperimentalnih parcela na staništima sa znatnom zemljišnom heterogenošću smanjuje uticaj dijelova zemljišta sa ekstremnom veličinom plodnosti, ali povećava varijabilitet unutar blokova eksperimentalnih parcela. Potrebno je uravnotežiti ove dvije tendencije.

Oblik eksperimentalnih parcela zavisi u znatnoj mjeri i od generalne sheme eksperimenta, ali su pravougaone ili kvadratne parcele obično poželjnije od ostalih oblika (kružne površine, duge uske pruge, vizume linije itd.).

Broj jedinki u eksperimentalnoj jedinici je od značaja za veličinu eksperimentalne greške, ali povećanje broja jedinki korisno je samo do izvjesne granice; kada eksperimentalna jedinica postane previše velika, povećanje razlika koje se pripisuju nekontrolisanim faktorima može poništiti svaki dobitak u preciznosti postignut povećanjem obima eksperimenta (broja jedinki, i, kao posljedica toga, veličina eksperimentalne parcele).

Razumljivo je samo po sebi da su navedeni momenti (veličina ogledne parcele, broj biljaka na njoj, donekle i oblik parcele) od odlučujućeg značaja i za troškove postavljanja i izvodjenja oglada. Uvažavajući navedeno i koristeći relevantne informacije, date prilikom konsultacija u 1973. godini, Projektnim zadatkom predviđeno je sljedeće:

1. Oblik eksperimentalnih parcela: pravougaoni;
2. Veličina eksperimentalne parcele: $40 \text{ m} \times 30 \text{ m} = 1200 \text{ m}^2$;

3. Broj jedinki na parceli: 300 komada (za sve vrste drveća);

4.2. Zaštitni pojas

Problem interakcije: a) različitih tretmana i b) pojedinih tretmana i okolne vegetacije, koji je veoma uočljiv u mnogim terenskim eksperimentima, može se riješiti uzimanjem većih eksperimentalnih parcela nego što su potrebne za utvrđivanje efekta tretmana. Uvećani spoljni dijelovi parcele nazivaju se zaštitni pojasevi. Ti pojasevi tretiraju se potpuno na isti način kao i sama eksperimentalna parcela čiji su oni dio, ali se na njima ne vrši premjeravanje i evidentiranje oglednih rezultata.

S obzirom na prirodu ovog eksperimenta (rad s malim biljkama), ne dolazi u obzir interakcija između tretmana nego samo uticaj vegetacije (stabala i korovskih biljki) izvan (u susjedstvu) eksperimentalnih parcela (zasjenjivanje, uticaj na količinu padavina, isušivanje zemljišta i sprječavanje vjetrova i sl.) na biljke iz eksperimentalnih parcela. Zato i nije potreban nikakav zaštitni pojas između eksperimentalnih parcela (u bloku) nego samo između parcela i okoline šumske vegetacije, tj. pojas oko bloka parcela.

Uvažavajući relevantne faktore Projektom zadatkom predviđeno je da širina zaštitnog pojasa bude 20 m.

4.3. Blok eksperimentalnih parcela

Pri postavljanju ogleda u šumarskim istraživanjima blok je, po pravilu, sastavljen od eksperimentalnih parcela neposredno postavljenih jedna uz drugu na terenu (polazi se od pretpostavke da su parcele, koje su jedna uz drugu, više slične jedna drugoj nego parcele međusobno odvojene). Blok, međutim, ne mora biti sastavljen od parcela koje graniče jedna s drugom. To treba da bude bilo koja jedinica (površina, grupa jedinki) unutar koje je variranje, vjerovatno, manje nego što je variranje između bilo koje parcele unutar bloka i bilo koje parcele izvan bloka (variranje između blokova).

Broj blokova (u izabranom tipu eksperimenta jednak je broju repeticija jednog istog tretmana) značajan je faktor i veoma praktičan metod za smanjenje eksperimentalne greške, ali, takodje, i značajan činilac koji utiče na troškove izvođenja eksperimenta.

Priroda blokova i njihov broj razmatrani su (uzeti u obzir) pri planiranju ovog eksperimenta u dvije varijante:

1. Blok kao skup (eksperimentalnih) parcela položenih u istom tipu šume. Parcele sva tri tretmana bile bi smještene zajedno jedna uz drugu na jednom lokalitetu. Broj blokova (= broj repeticija svakog tretmana) odgovarao bi broju tipova šuma uzetih u obzir za svaku vrstu drveća s kojim se eksperimentiše.

U ovom slučaju bi tip šume, znatnog geografskog rasprostranjenja i klimatske raznolikosti, bio predstavljen samo jednim lokalitetom, pri čemu bi bio znatno teži problem izbora reprezentativne lokacije za dati tip šume. Sve i kad bi taj problem bilo moguće riješiti na zadovoljavajući način, postojao bi problem razlika medju blokovima (tipovima šuma). Postojala bi opasnost da razlike medju blokovima (tipovima šuma) budu veće od razlika unutar blokova, tj. izmedju tretmana, što bi dovelo u pitanje cio eksperiment. Uz to bi i ukupan broj parcela (eksperimentalnih jedinica) bio prilično malen:

za smrču: $12 = 3$ tretmana puta 4 repeticije (tipa šuma),
za borove: $24 = 3$ tretmana puta 4 repeticije puta 2 vrste drveća, što bi, takodje, moglo dovesti u pitanje signifikantnost razlika u rezultatima ogleda.

2. Blok kao lokalitet u datom tipu šume. Parcele sva tri tretmana bile bi i u ovom slučaju smještene jedna uz drugu na jednom lokalitetu, ali bi blokovi bili razdvojeni lokaliteti u istom tipu šume, što pretpostavlja manje razlike izmedju blokova. Broj repeticija (broj blokova) tada nije ograničen brojem tipova šuma uzetih u obzir i može se nalaziti u intervalu od 2, što je najniži mogući broj repeticija, i nekog većeg broja koji bi bio određen procjenom, uzimajući u obzir željenu

tačnost i troškove eksperimentisanja.*)

Projektom zadatkom izvršen je izbor druge varijante. Pri tome je broj repeticija ograničen na 3 pa je ukupan broj blokova (lokaliteta) i eksperimentalnih jedinica sljedeći:

za smrču: 4 tipa šume, u svakom po 3 bloka = 12 blokova (lokaliteta), u kojima se nalaze po 3 parcele (tretmani), što čini ukupno 36 eksperimentalnih parcela;

za borove: isti broj blokova (12), a 3 eksperimentalne jedinice za svaku vrstu bora, što čini 72 eksperimentalne jedinice, s tim što bi blokovi parcela za obje vrste bili smješteni zajedno-dakle, samo na ukupno 12 lokaliteta.

Ovakva odluka znači da se eksperiment s metodama pošumljavanja sastoji iz 12 osnovnih samostalnih eksperimenata koji se izvode za datu vrstu drveta (3) na datom tipu šume (4).

4.4. Raspored tretmana unutar blokova (lokaliteta) - plan eksperimenta

Pri projektovanju eksperimenata na matematičko-statističkoj osnovi smatra se da je slučajni raspored tretmana (parcela na kojima se eksperimentiše s datim tretmanom) unutar bloka parcela bitan uslov dobrog projekta. Da bi se izbjegla i podsvjesna pristrasnost projektanta - eksperimentatora slučajni raspored se izvodi pomoću tablice slučajnih brojeva.**)

Shema rasporeda tretmana po blokovima - lokalitetima data je u pregledu plana eksperimenta kao prilog ovom radu.

*) Varijanta po kojoj bi blok bio definisan kao skup eksperimentalnih parcela različitih tretmana koje ne graniče međusobno, tj. razbacanih na raznim mjestima unutar datog tipa šume, odbačena je zbog realne opasnosti da bi bilo teško, praktički nemoguće, obezbijediti da različite tretman-parcele jednog bloka budu locirane pod približno jednakim zemljišnim i ostalim ekološkim uslovima.

**) Za ovaj eksperiment izvršen je raspored tretmana po tablicama slučajnih brojeva datim u knjizi: A.J. Fedorov: Metody matematičkoj statistiki v biologii i opytom dele; Alma-ata, 1967.

4.5. Ostali faktori o kojima treba voditi računa pri postavljanju i izvodjenju eksperimenta

Svaki eksperimentalni rad opterećen je eksperimentalnom greškom, koja se može definisati kao mjera varijabiliteta koji je izazvan slučajnim uzrocima. Smanjenje tog varijabiliteta je osnovni zadatak eksperimentatora pri projektovanju eksperimenta, jer se samo postizanjem malih eksperimentalnih grešaka može pokazati da su efekti različitih tretmana signifikantno različiti.

Eksperimentalna greška se može smanjiti na jedan od dva načina:

1. Povećanjem obima eksperimenta, bilo povećanjem broja jedinki u svakoj eksperimentalnoj jedinici (parceli) bilo povećanjem broja eksperimentalnih jedinica; odnosno repeticija. O značaju ova dva načina raspravljeno je ranije:

2. Povećanom kontrolom svih faktora koji mogu uticati na rezultate eksperimenta.

O jednoj grupi tih faktora već je raspravljano pri definiciji tretmana, jer su, zapravo, i vezani za tačnu definiciju tretmana u najširem smislu te riječi. Zbog njihovog značaja za uspješno izvodjenje oglada, ovdje će biti detaljnije razmotreni.

Neophodni uslovi za korektnost definicije tretmana - metoda pošumljavanja su:

- a) homogen materijal za pošumljavanje (sjeme, sadnice) s obzirom na porijeklo, starost, način čuvanja i druge relevantne faktore;
- b) precizno definisan i ujednačen postupak pripreme zemljišta za sadnju, postupak sadnje i tretmana sadnica (okopavanje, zaštita od stoke i gladara, zaštita od korova, eventualna zaštita od sunca i sl.) u toku izvodjenja oglada;

c) istovremeno^{*)} (koliko je to fizički moguće) obavljanje svih poslova uključenih u tretman za sve parcele jednog bloka, uz vođenje računa da se ti isti poslovi na svim lokalitetima obavljaju u odgovarajuće vrijeme, naročito za blokove-lokalitete istog tipa zemljišta i podloge.

Drugu grupu čine faktori orografsko-klimatskog karaktera.

Zbog priličnog variranja ovog faktora unutar područja rasprostranjenja tipova šuma u kojima se izvodi eksperiment s pošumljavanjem, na osnovu konsultacija u toku 1973. i na drugi način dobijenih relevantnih informacija, Projekt-nim zadatkom je predviđeno da se (orografski) faktori: nadmorska visina, ekspozicija i inklinacija "drže pod kontrolom" prilikom postavljanja ogleda, pa je u tom smislu predviđen raspored lokacija - blokova parcela (dat u prilogu) koji je vezan za sljedeći raspored blokova parcela s obzirom na ekspoziciju, inklinaciju i nadmorsku visinu:

- Šume jele, smrče i bukve:
 - nadmorska visina: 1000 - 1200 m
 - ekspozicija: sjevera
 - inklinacija: 15 - 25° (na krečnjaku 5-10°)
- Šume bukve:
 - nadmorska visina: 600 - 800 m
 - ekspozicija: sjevera
 - inklinacija: 15-25° (na krečnjaku 5-10°)
- Šume hrasta kitnjaka:
 - nadmorska visina: 400 - 700 m
 - ekspozicija: južna
 - inklinacija: 15-25°

*) Obezbjedjenje ovog uslova nužno je radi toga da bi se bilo koja slučajna varijacija, izazvana ovim poslovima (poslovima navedenim u tački b), mogla uključiti u razlike između blokova, a ne u razlike tretmana.

- Šume bijelog i crnog bora:
- nadmorska visina: 500 - 900 m
- ekspozicija: južna
- inklinacija: 15 - 25°

I na kraju, jedna napomena. U šumarskim eksperimentima (na terenu) obično je nemoguće kontrolisati sve faktore koji mogu imati uticaja na rezultate oglada. Vremenske prilike i razlike u plodnosti zemljišta su dvije promjenljive veličine koje ne samo da nije moguće efektivno kontrolisati nego ih je čak nemoguće i mjeriti na jednostavan i direktan način.

Precizna definicija tretmana, njihova repeticija (ponavljanje) i slučajni raspored, te izbor odgovarajućeg tipa eksperimenta, pri čemu se uvijek vodi računa o potrebi eliminisanja nekontrolisanih faktora gdje god je to moguće, bitni su uslovi za uspjeh eksperimenta.

5. PRAĆENJE I INTERPRETACIJA REZULTATA EKSPERIMENTA

5.0. Mjerenje i evidencija veličina kojima se iskazuju efekti tretmana

Projektnim zadatkom predviđeno je da ogled s datim metodama pošumljavanja traje 5 godina. Predviđeno je, međutim, da se neki pokazatelji mjere i efekti tretmana analiziraju i ranije, u toku izvodjenja oglada.

Predviđeno je da se efekti tretmana analiziraju na osnovu mjerenja sljedećih pokazatelja (veličina): intenziteta (stepena) preživljavanja posadjenih (posijanih) biljaka, ukupne visine u 3. i 5. godini i ekonomičnost rada odnosno troškova oglada: po tretmanima, lokalitetima i ukupno.*)

*) Brojanje biljaka, mjerenje i evidentiranje podataka vršiće se za svaku tretman-parcelu odvojeno za polovinu tretiranu herbicidom i odvojeno za netretiranu polovinu parcele.

S obzirom na to da je ogled višegodišnji i da postoje razlike između pojedinih lokaliteta sa stanovišta: udaljenosti od cesta (transportni troškovi), tipa zemljišta (troškovi po jedinici površine), ponude radne snage i sl. biće potrebno voditi evidenciju na dva načina (po dva pokazatelja). Naime, troškove materijala (sadnice, ploče, sjeme) moguće je i potrebno iskazati u novčanim pokazateljima, a sve druge troškove u naturalnim pokazateljima.

Neće biti problema, prilikom obrade podataka da se svi troškovi svedu na isti pokazatelj i izvrše upoređivanja.

5.1. Obrada numeričkih podataka i analiza efekata tretmana

Statistička analiza eksperimenta sastoji se iz analize izvora i veličine varijabiliteta eksperimentalnog materijala i testiranja signifikantnosti razlika između efekata tretmana - rezultata eksperimenta. Ova analiza se može vršiti u dvije etape:

a) preliminarna analiza uz upotrebu mjera varijabiliteta (standardnih devijacija) procijenjenih na osnovu varijacionih širina (raspona variranja) oglednih rezultata;

b) detaljna analiza uz upotrebu izračunatih standardnih devijacija.

Poslije svake etape vrši se testiranje signifikantnosti efekata ispitivanih tretmana.

Za izabrani tip projekta eksperimenta (Fisherov slučajni blok-sistem) statistička analiza će pokazati sljedeće veličine i izvore varijabiliteta:

- varijabilitet koji se može pripisati eksperimentalnim tretmanima - metodima pošumljavanja;

- varijabilitet koji se može pripisati blokovima - razlikama u lokalitetima unutar analiziranog tipa šume;

- slučajni varijabilitet - eksperimentalnu grešku - čija se veličina pripisuje faktorima izvan kontrole eksperimentatora.

Uzevši u obzir da je Projektom zadatkom predviđeno da se ogled izvodi za 3 vrste drveća po tipovima šuma (svaka vrsta drveća u 4 tipa šume) i da se efekti tretmana (rezultati ogleda) iskazuju na dva načina (% preživljavanja, visinom biljki) više puta u toku i na kraju ogleda, a i ekonomskim pokazateljima na kraju ogleda, biće potrebno izvršiti statističku analizu po sljedećem rasporedu:

- na kraju 1. godine:	stepen preživljavanja	12 analiza,
- u ljeto 2. godine:	stepen preživljavanja	12 analiza,
- na kraju 3.godine:	stepen preživljavanja	12 analiza,
	visine biljaka	12 analiza,
- na kraju 5.godine:	stepen preživljavanja	12 analiza,
	visine biljaka	12 analiza,
	ekonomičnost tretmana	12 analiza.
Ukupno za sve vrijeme izvođenja ogleda		84 analize.

Izračunate veličine varijabiliteta ujedno služe i za testiranje signifikantnosti razlika efekata tretmana (F - test i t - test). Na osnovu rezultata provedenih testova daje se statistička i stručna interpretacija rezultata eksperimenta.

Uticao herbicida na ogledne rezultate ispitaće se zasebno - po metodu parova: tretirano herbicidom - netretirano herbicidom (za svaku vrstu drveća posebno).

6. KOMBINACIJA POJEDINAČNIH EKSPERIMENTATA - PROBLEM UOPŠTAVANJA REZULTATA

U šumarskim istraživanjima obično je potrebno ponoviti eksperimente na različitim mjestima (i u različitim godinama), ili izvesti isti eksperiment s različitim vrstama drveća. Izabranim projektom eksperimenta s metodama pošumljavanja predviđa se ponavljanje istog eksperimenta na različitim mjestima (i različitim tipovima šuma) i za različite vrste drveća (smrču, cmi bor i bijeli bor).

Prva faza u interpretaciji ovakvih eksperimenata je analiza rezultata svakog eksperimenta odvojeno. Kada se završi nezavisna analiza svakog (pojedinačnog) eksperimenta, postavlja se pitanje da li se analize odvojenih eksperimenata mogu ili ne mogu kombinovati (po određenom kriteriju) u jednu složenu analizu.

Kombinovana analiza eksperimenata ponovljenih na različitim mjestima može biti potrebna zbog jednog od dva sljedeća razloga:

1. Ako su konstatovani signifikantni uticaji tretmana u nekim ili u svim eksperimentima, kombinovana analiza će pokazati da li je moguće bilo kakvo uopštavanje uticaja tretmana, ili da li postoji signifikantna interakcija između tretmana i mjesta (staništa, tipova šuma).

2. Ako u izvjesnom broju (posebnih) eksperimenata uticaji tretmana nisu signifikantni, oni mogu postati signifikantni u kombinovanoj analizi zbog povećanog broja stepena slobode za varijansu eksperimentalne greške. Da bi se ova kombinovana analiza pojednostavila i olakšala, za ovaj eksperiment s metodama pošumljavanja predviđa se isti tip projekta eksperimenata za svaki tip šume i za svaku vrstu drveća, ali s različitim slučajnim rasporedom tretmana.

Za kombinovanu analizu eksperimenata ponovljenih na različitim mjestima potrebno je računati varijanse za:

- Mjesta i tretmane;
- Interakciju između mjesta i tretmana;
- Kombinovanu grešku.

Kombinovana analiza za eksperimente ponovljene i na različitim mjestima (tipovima šuma) i s različitim vrstama drveća izvodi se na sličan način. Varijanse (i sume kvadrata) se moraju naći za sljedeće komponente:

- Mjesta; vrste drveća; mjesta x vrste drveća; tretmani;
- Tretman x mjesta; tretman x vrsta drveća;
- Tretman x mjesta x vrste; kombinovana greška.

7. PROBLEM EVENTUALNOG GUBITKA EKSPERIMENTALNIH PARCELA

U šumarskim eksperimentima ponekad se događa da su, zbog neke nezgode ili katastrofe, jedna ili više parcela u eksperimentu uništene, i da ne mogu biti premjerene, ili pak trpe uticaj nekog uzroka izvan cilja eksperimenta pa ne mogu biti upotrebene u analizi. Što je duže trajanje eksperimenta, to je veća vjerovatnoća da neke eksperimentalne parcele budu izgubljene za eksperiment.

Iako je gubitak informacija ozbiljan, izgubljene informacije ne mogu biti nikad nadoknadjene, može se ipak izvući dosta informacija iz eksperimenta u kome su neke parcele izgubljene.

Gubitak eksperimentalnih parcela može se pojaviti u dva vida:

a) Može nestati čitav blok parcela (ili više njih), na primjer, zbog slučajnog požara ili drugih nepredviđenih uzroka;

b) Mogu biti izgubljene (samo) pojedine eksperimentalne parcele za vrijeme trajanja eksperimenta, na primjer zbog: nepažljivog odstranjivanja korova, oštećenja od gladara ili stoke itd.

Gubitak jednog čitavog bloka parcela u našem projektu eksperimenta sveo bi broj repeticija svega na 2, što bi znatno doprinijelo povećanju eksperimentalne greške, a eventualni gubitak 2 bloka parcela u jednom ogledu onemogućio bi pojedinačni ogled u cjelini.

Gubitak pojedinačnih parcela mogao bi se nadoknaditi primjenom nekog približnog metoda za analizu eksperimenata kojima nedostaju neke parcele (zamjena veličina pomoću formula; zamjena veličina pomoću probne analize).

Nadajmo se da ovaj problem neće biti potrebno rješavati.

I
 PLAN EKSPERIMENTA
 (Raspored tretmana po lokacijama)
 Pošumljavanje smrčom

Lokalitet - blok oglednih parcela Mjesto, Gosp. jedinica, Broj odjela	Tretmani		
Tip šume: jela, smrča, i bukva na kompleksu krečnjačkih zemljišta			
Bihać: Risovac-Bihać 93	K ₁	M _c	T _p
Kupres: Malovan - Želivodić	M _c	K ₁	T _p
Sarajevo: Igman 44/46	M _c	T _p	K ₁
Tip šume: jela, smrča i bukva na kiselosmedjem zemljištu			
Bugojno: Škrta-Nišan 18	T _p	K ₁	M _c
Fojnica: Pogorelica-Garež 91	M _c	K ₁	T _p
Vareš: Gomja Stavnja 36	K ₁	M _c	T _p
Tip šume: bukva na kompleksu krečnjačkih zemljišta			
Ključ: Šiša-Palež 124	T _p	K ₁	M _c
Srebrenica: Gornji Jadar 98	K ₁	M _c	T _p
Nevesinje: Velež 35	M _c	T _p	K ₁
Tip šume: bukva na kiselosmedjem zemljištu			
Fojnica: Pogorelica-Garež 88	K ₁	M _c	T _p
Vareš: Kondžilo 27	K ₁	T _p	M _c
Travnik: Vilenica-Risovac 77	T _p	M _c	K ₁

II

Pošumljavanje bijelim i crnim borom

Lokalitet-blok oglednih parcela
Mjesto; Gosp. jedinica, broj odjela

Tretmani

Tip šume: cmi i bijeli bor na
dolomitnim rendzinama

Bugojno: Škrta-Nišan 129/124	b.bor	M _c	K ₁	T _p
	c.bor	K ₁	M _c	T _p
Bugojno: Prusačka rijeka 73	b.bor	M _c	T _p	K ₁
	c.bor	K ₁	T _p	M _c
Konjic: Borci - Tramina 8	b.bor	M _c	K ₁	T _p
	c.bor	K ₁	M _c	T _p

Tip šume: cmi i bijeli bor na srednjim
serpentinskim (peridotitnim)
zemljištima

Olovo: Tribija-Duboštica 39	b.bor	M _c	T _p	K ₁
	c.bor	K ₁	M _c	T _p
Kladanj: Gomja Drinjača 50	b.bor	T _p	K ₁	M _c
	c.bor	M _c	T _p	K ₁
Višegrad: Varda-Rzav 5	b.bor	K ₁	M _c	T _p
	c.bor	M _c	K ₁	T _p

Tip šume: hrast kitnjak na srednjim
serpentinskim (perioditnim)
zemljištima

Bos.Gradiška: Ljubić 43	b.bor	M _c	T _p	K ₁
	c.bor	T _p	K ₁	M _c

III

	Tretmani			
Olovo: Tribija-Duboštica 90	b.bor	K_1	T_p	M_c
	c.bor	M_c	T_p	K_1
Višegrad: Lim - Rudo 42	b.bor	T_p	K_1	M_c
	c.bor	M_c	K_1	T_p
Tip šume: hrast kitnjak na kiselo smedjim zemljištima				
Bos. Gradiška: Motajica 112	b.bor	M_c	K_1	T_p
	c.bor	K_1	M_c	T_p
Srebrenica: Kravica-Polom 55	b.bor	M_c	T_p	K_1
	c.bor	T_p	K_1	M_c
Vareš: Gomja Ljubinja 21	b.bor	K_1	T_p	M_c
	c.bor	M_c	K_1	T_p

Oznake za tretmane su sljedeće:

- O ili K_1 = pošumljavanje sadnicama na klasičan način
 1 ili T_p = pošumljavanje sjemenom zasijanim na tresetnim pločama
 2 ili M_c = pošumljavanje sadnicama proizvedenim multicomp metodom.

LITERATURA

- Jeffers, J.N.R.; 1960.: Experimental Design and Analysis in Forest Research; Almqvist and Winsell Stockholm
- Popovski, P.; 1973.: Suština na proizvodstvo i pošumljavanje so "Paperpot" fidanki; Šumarski pregled, 3-4, Skopje;

Stojanović, O.; 1966/67:

Bilješke za predavanja iz predmeta: "Projektovanje i analiza eksperimenata u šumarstvu" na magistarskim kursevima na Šumarskom fakultetu u Sarajevu.

Dr Ostoja Stojanović, dipl.ing.
Ljubiša Marković, dipl.ing.
Sarajevo

DAS PROJEKT EINES AUFFORSTUNGSEXPERIMENTES MIT INDUSTRIELL ERZEUGTEN PFLANZEN

- Zusammenfassung -

Die sehr schwache Naturverjuengung bei einigen Waldtypen in Bosnien und der Herzegowina, erfordert eine andere Art der Betriebssysteme, womit man eine staendige Bestandeserneuerung sichern wird. Das waeren vor allem Aufforstungen, die man mit sehr qualitativen Pflanzen versorgen muesste. Heute werden nebst klassischen Methoden auch andere Methoden, die auf industrielle Art erzeugten Pflanzen benutzen (jiffi pots, Paper pots, Multicomp system u.a.) angewendet. Um die bestmoeglichste Art der Aufforstung festzustellen, haben die Autoren ein Aufforstungsexperiment mit industriell erzeugten Pflanzen geplant. Es wurde Fisher's zufaelliges Blocksystem mit drei Behandlungen angewendet.

Die Verfasser beschreiben ausfuehrlich die Art der Anstellung des Experiments (Baumarten, Verteilung der Versuchsflaechen-Lokalitaeten, Behandlung), die Art und Weise auf welche man das angestellte Experiment verfolgen wird, sowie Methoden, mit denen die statistische Analyse des Experiments durchgefuehrt wird.