

Varijabilnost otpornosti genotipova poljskog jasena na kasni mraz

Gruber, Anja

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:045503>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-02**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
UZGAJANJE I UREĐIVANJE ŠUMA S LOVNIM GOSPODARENJEM

ANJA GRUBER

**VARIJABILNOST OTPORNOSTI GENOTIPOVA POLJSKOG
JASENA NA KASNI MRAZ**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2018.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK

**VARIJABILNOST OTPORNOSTI GENOTIPOVA POLJSKOG JASENA
NA KASNI MRAZ**

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnom gospodarenjem

Predmet: Oplemenjivanje šumskog drveća

Ispitno povjerenstvo: 1. Prof. dr. sc. Davorin Kajba
 2. Prof. dr. sc. Marilena Idžojić
 3. Dr. sc. Ivan Andrić

Student: Anja Gruber

JMABG: 0067476067

Broj indeksa: 743/16

Datum odobrenja teme: 14.5.2018.

Datum predaje rada: 28.8.2018.

Datum obrane rada: 7.9.2018.

Zagreb, rujan, 2018.

Dokumentacijska kartica

Naslov	Varijabilnost otpornosti genotipova poljskog jasena na kasni mraz
Title	Genotypic variability of narrow-leaved ash (<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl) to resistance of late frost
Autor	Anja Gruber, univ. bacc. silv.
Adresa autora	Vinogorska 113, Slavonski Brod
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Prof. dr. sc. Davorin Kajba
Izradu rada pomogao	Dr. sc. Ivan Andrić
Godina objave	2018.
Obujam	Broj stranica: 32, tablica: 5, slika: 14, navoda literature: 80
Ključne riječi	Poljski jasen, otpornost, varijabilnost, listanje, kasni mraz
Key words	Narrow-leaved ash, resistance, variability, flushing, late frost
Sažetak	Procjena oštećenosti lisne površine od kasnog proljetnog mraza provedena je u klonskoj sjemenskoj plantaži poljskog jasena Nova Gradiška. Uzorkovano je 56 klonova, te unutar svakog klona od 8 do 20 rameta. Kasni proljetni mraz 2016. godine nastupio je 26. travnja, a maksimalna zabilježena vrijednost iznosila je -3,74 °C. Pri zabilježenoj vrijednosti mraza, niti jedan od istraživanih klonova nije pokazao potpunu otpornost. Prosječna vrijednost oštećenja, na uzorku od 1005 procenjenih rameta, kretala se od 0,2 do 2. Provedenom analizom varijance, za svojstvo oštećenja lisne površine od kasnog proljetnog mraza, statistički je utvrđena razlika između istraživanih klonova. <i>K-means</i> klaster analizom obuhvaćena su 32 klona, te su razvrstani u tri klaster grupe. U kategoriji jakog intenziteta oštećenja ukupno je 14 klonova, u kategoriji oštećenja srednjeg intenziteta osam te u kategoriji oštećenja slabog intenziteta 10 klonova. Od 14 klonova unutar kategorije oštećenja jakog intenziteta po fenološkim karakteristikama početka listanja, njih 10 pripada kasnoj formi dok četiri ranoj. U kategoriji oštećenja srednjeg intenziteta te kategoriji oštećenja slabog intenziteta svi klonovi pripadaju ranoj ekotipskoj formi.

	IZJAVA O IZVORNOSTI RADA	OB ŠF 05 07
		Revizija: 1
		Datum: 28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj *diplomski rad* izvorni rezultat mog rada te da se u izradi istoga nisam *koristila* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

vlastoručni potpis

Anja Gruber

U Zagrebu, 7.9.2018.

SADRŽAJ

Dokumentacijska kartica	I
SADRŽAJ	III
POPIS SLIKA	IV
POPIS TABLICA	IV
PREDGOVOR	V
1. UVOD	1
1.1. Defolijacija kao posljedica kasnih proljetnih mrazeva	1
1.2. Proljetni mrazevi u kontekstu globalne promjene klime	3
1.3. Poljski jasen (<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl)	5
1.3.1. Rod <i>Fraxinus</i>	5
1.3.2. Prirodna rasprostranjenost	5
1.3.3. Ekološke značajke	6
1.3.4. Morfološke značajke	7
1.4. Klonske sjemenske plantaže	11
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	15
3. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA	16
3.1. Područje istraživanja	16
3.1.1. KSP Nova Gradiška	16
3.2. Prikupljanje podataka	16
3.2.1. Meteorološki podatci	16
3.2.2. Oštećenja od kasnog proljetnog mraza	17
3.3. Statistička obrada podataka	18
3.3.1. Deskriptivna statistika	18
3.3.2. Analiza varijance	18
3.3.3. k-means klasteriranje	18
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	19
4.1. Intenzitet oštećenja poljskog jasena od kasnog proljetnog mraza u klonskim sjemenskim plantažama na razini klona	19
4.2. Analiza varijance za svojstvo oštećenja lisne površine poljskog jasena od kasnog proljetnog mraza	21
4.3. Klasteriranje istraživanih klonova s obzirom na oštećenja od kasnog proljetnog mraza	21
5. ZAKLJUČAK	24
6. LITERATURA	25

POPIS SLIKA

Slika 1. Rasprostranjenost poljskog jasena (Izvor: Fraxigen 2005)	6
Slika 2. Kora poljskog jasena (Autor: D. Kajba)	8
Slika 3. Vegetativni pupovi poljskog jasena (Autor: I. Andrić)	8
Slika 4. Detalj građe lišća poljskog jasena (Autor: I. Andrić)	9
Slika 5. Morfološki oblici muškog cvata kod poljskog jasena (Izvor: Andrić 2018)	9
Slika 6. Morfološki oblici hermafroditnog cvata kod poljskog jasena (Izvor: Andrić 2018)	10
Slika 7. Perutke kod poljskog jasena (Autor: I. Andrić)	10
Slika 8. Sjemenke poljskog jasena (Autor: M. Idžojić)	11
Slika 9. Detalj klonske sjemenske plantaže poljskog jasena iz Nova Gradiška (Autor: I. Andrić)	13
Slika 10. Uzgojni oblik poljskog jasena u klonskim sjemenskim plantažama (Kajba i sur. 2007)	14
Slika 11. Lokacija klonske sjemenske plantaže poljskog jasena u Novoj Gradišci	16
Slika 12. Klimadijagram prema H. Walteru za istraživano područje klonske sjemenske plantaže u Novoj Gradišci (izvor: DHMZ)	17
Slika 13. Udio oštećenih rameta unutar istraživanih klonova (neovisno o kategoriji oštećenja)	19
Slika 14. Klaster analiza oštećenja od kasnog proljetnog mraza	21

POPIS TABLICA

Tablica 1. Kategorije oštećenja krošanja od kasnog proljetnog mraza	17
Tablica 2. Kategorije oštećenja poljskog jasena od kasnog proljetnog mraza u klonskoj sjemenskoj plantaži Nova Gradiška	20
Tablica 3. Analiza varijance za oštećenja od kasnog proljetnog mraza	21
Tablica 4. Popis klonova po kategorijama oštećenja na osnovu klasterkog razdvajanja	22
Tablica 5. Usporedba kategorija oštećenja s ekotipskim formama iz ranijih istraživanja	22

PREDGOVOR

Diplomski rad izrađen je na Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod mentorstvom prof. dr. sc. Davorina Kajbe.

Rad je dio istraživačkog projekta Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ) pod naslovom „Uloga biotičkih čimbenika na vitalnost poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u poplavnim šumama Hrvatske“ [FRAXINPRO].

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Davorinu Kajbi kao i dr.sc. Ivanu Andriću na uloženom trudu i vremenu prilikom izrade ovoga diplomskog rada.

Također se zahvaljujem mojoj obitelji i prijateljima koji su bili uz mene tijekom studiranja i pomagali mi.

Posebno se zahvaljujem sestri, bratu i dečku na ljubavi, moralnoj podršci i savjetima kroz studentske dane.

Najviše od svega se zahvaljujem mojim roditeljima, na njihovoj ljubavi i strpljenju, koji su uvijek bili uz mene i poticali me da idem naprijed, kako kroz školovanje, tako i kroz život. Hvala Vam što ste mi pružali ohrabrenje u trenucima slabosti i što ste vjerovali u mene.

1. UVOD

1.1. Defolijacija kao posljedica kasnih proljetnih mrazeva

Listopadno drveće u hladnom i umjerenom klimatskom pojasu pod utjecajem je godišnjim promjenama temperature i fotoperioda. Znanstvenici su utvrdili da neodgovarajuće zimske temperature i sunčeva svjetlost ograničavaju početak vegetacije. Strategija listopadnih drveća je izmjena dormantnog perioda zimi sa aktivnim vegetacijskim periodom ljeti. Proljetni porast temperature je glavni uzrok početku pupanja i listanja (Menzel i sur., 2006; Rosenzweig i sur., 2008; Menzel, 2013). Nakon dormancije stabla su osjetljiva na pojavu mraza (Rathcke i Lacey, 1985; Sakai i Larcher, 1987; Mayr i sur., 2006). Postoji opasnost da će stabla koja prerano listaju biti pogođena sa kasnim mrazom (Hosius i sur., 2006; Savolainen i sur., 2007; Schaberg i sur., 2008; Schüler i sur., 2012). Strategija zaštite je izbjegavanje bilo kakve štete od proljetnog mraza, tj. da se prekine dormantnost ili promjeni fotoperiod (duljina dana) (Körner i Basler, 2010; Chuine i sur., 2010). Međutim, novi dokazi su otkrili da je dormantnost daleko važnija od fotoperioda (Basler i Körner, 2012; Laube i sur., 2014; Polgar i sur., 2014).

Kasni proljetni mraz ograničava razvoj stabala, osobito na različitim nadmorskim visinama i ekspozicijama (Gu i sur., 2008). Europska bukva, dominantna vrsta šumskog drveća u srednjoj Europi (Leuschner i sur., 2006), pridolazi u širokom rasponu klimatskih uvjeta od 4 do 13 °C srednje godišnje temperature i godišnjih količina oborina od 480 do 1360 mm (Kölling, 2007). Njezin sjeverni i sjeveroistočni granični areal vjerojatno će biti pod utjecajem mraza zimi te u proljeće (Bolte i sur., 2007; Kollas i sur., 2014).

Nedavna fenološka istraživanja su se usredotočila na mogući utjecaj promjene klime na listanje (Dittmar i Elling, 2006; Donnelly i sur., 2006; Delpierre i sur., 2009; Caffarra i Donnelly, 2011; Vitasse i sur., 2011, 2013; Čufar i sur., 2012). Menzel i sur. (2006) i pokazala su da se listanje bukve podudara sa povećanjem zagrijavanja kao što su prosječne temperature u ožujku. Prestanak zimske dormantnosti je snažno povezan sa promjenama temperature kasne zime i proljeća (von Wuehlisch i sur., 1995) i mijenjanja fotoperioda (Čufar i sur., 2012; Murray i sur., 1989; Heide, 1993; Caffarra i Donnelly, 2011). Bukva je vrsta koja relativno kasno lista i smatra se posebno fotosenzitivnom pa stoga reagira samo na visoke temperature kad kritični

fotoperiod prođe (Körner i Basler, 2010). Od svih listopadnih vrsta drveća, bukva najmanje reagira na temperaturu (Menzel i sur., 2001). Prema tome, sa fenološkog stajališta, bukva bi trebala biti najmanje osjetljiva na kasni proljetni mraz. Znanstvenici su dokazali da zimski pupovi imaju visoku toleranciju na mraz, koja se smanjuje prilikom početka listanja i pupanja te se ponovno povećava prilikom formiranja listova. Svježi, mladi bukov list je osjetljiv na mraz kod temperature od -5 °C. Jednako tako, znanstvenici nisu ustanovili značajne utjecaje mraza na bukvu prije listanja ili kod temperatura iznad -3 °C. Vrijeme početka listanja u odnosu na minimalne temperature je glavna značajka tolerancije na kasni mraz. Kasni mraz može se pojaviti i sredinom petog mjeseca u srednjoj Europi utjecajući na rast bukve, tj. smanjujući radijalni rast za oko 90 % (Dittmar i sur., 2006; Ningre i Colin, 2007). U najgorem slučaju, doći će do defolijacije bukve koja će poslije ponovno razviti novo lišće. Vrijeme ponovnog rasta lišća iz spavajućih pupova može potrajati i do 36 dana (Augspurger, 2009; Awaya i sur., 2009). Nakon 2 tjedna krošnja će imati izgled kao i prije mraza (Kreyling i sur., 2012a). Pojedina stabla pokazala su različita oštećenja od mraza. Razlog tih oštećenja može biti različita nadmorska visina, udaljenost od ruba šume, šumski pokrov, podstojna etaža (Petritan i sur., 2011; Kreyling i sur., 2012b).

Klimatske promjene će sigurno smanjiti pojavu mraza u proljetnom periodu (Stocker i sur., 2013), a listanje stabala bi se moglo događati mnogo ranije (Rosenzweig i sur., 2008). No, još nije jasno hoće li te promjene dovesti ili su već dovele do smanjenja (Menzel i sur., 2003; Scheifinger i sur., 2003; Dittmar i sur., 2006; Dai i sur., 2013) ili povećanja opasnosti utjecaja od mraza (Kramer, 1994; Gu i sur., 2008; Inouye, 2008; Augspurger, 2013). Dittmar i sur. (2006) navode kako se smanjenje rasta, utjecano mrazom, povećava povećanjem nadmorske visine. Postoji velika plastičnost između vrsta, populacija i jedinki (Augspurger, 2009; Kreyling i sur., 2012a,b). Vrste koje kasno listaju otporne su na kasni mraz, ali imaju kraći period vegetacije i njihova konkurentska sposobnost je smanjena (von Wuehlisch i sur., 1995; Nielsen i Jorgensen, 2003; Višnjić i Dohrenbusch, 2004; Hufkens i sur., 2012).

Vrste toplijih krajeva su manje tolerantne na zimski (Višnjić i Dohrenbusch, 2004) i kasno proljetni mraz (Kreyling i sur., 2012a) nego vrste hladnijih područja. Međutim, važna su fenološka opažanja. U provenijencijama, za koje je značajna negativna povezanost između oštećenja od mraza i vremena pupanja (Gömöry i Paule, 2011),

vrste toplijih područja koje kasnije listaju mogu imati jako mala oštećenja od mraza (Chmura i Rozkowski, 2002). Isto tako, mlade biljke mogu biti pogođene kasnim proljetnim mrazom zbog ranog listanja (Vitasse i sur., 2014).

1.2. Proljetni mrazevi u kontekstu globalne promjene klime

U umjerenim klimatskim područjima najviše od mraza stradavaju zeljaste i drvenaste biljne vrste tijekom vegetacijskog perioda (proljeće) (Inouye, 2000; Vitasse i sur., 2014b). U rano proljeće prije pupanja, pupovi šumskih vrsta su u fazi ekodormantnosti, a njihova otpornost na mraz smanjuje se progresivno kako temperatura raste (Lenz i sur., 2013b; Sakai i Larcher, 1987; Vitasse i sur., 2014b). Početak vegetacijskog perioda je ključan u smanjenju oštećenja od mraza (Lenz i sur., 2016). Zato je kasni proljetni mraz klimatski ekstrem sa visokom ekološkom i evolucijskom važnosti, koji utječe na rasprostranjenost stabala u umjerenom pojasu (Kollas i sur., 2014; Körner i sur., 2016). Kasni proljetni mraz uništava lišće, cvjetove i plodove što negativno utječe na skladištenje, rast, razvoj lišća i na preživljavanje u kasnijim godinama (Vanoni i sur., 2016).

Osim toga kasno proljetni mraz uzrokuje i gospodarske gubitke u voćnjacima i vinogradima (Rodrigo, 2000). Na šumskim stablima mraz utječe na proizvodnju biomase (Dittmar i sur., 2006), što je veliki gubitak za drvnu industriju. On može toliko oslabiti stablo da ono postane osjetljivo na patogene (Wargo, 1996). Ipak, šumsko drveće koje se nalazi unutar svog prirodnog areala rasprostranjenosti manje strada od mraza.

U šumarstvu je potrebno utvrditi koje će vrste ili poivenijencije biti najbolje za rast u toplijim uvjetima u budućnosti. Za razliku od usjeva koji se mogu navodnjavati, šumsko drveće i bilje mora se nositi sa sušom koja se predviđa i očekuje u budućnosti (Scherler i sur., 2016). Inženjeri šumarstva pokušavaju utvrditi koji klimatski ekstremi i kojim intenzitetom će utjecati na stabla, te hoće li se egzotične vrste koje mogu izdržati te klimatske ekstreme koristiti za plantažni uzgoj (Lindner i sur., 2010). U takvim raspravama, fokus je bio na stablima koja bi mogla u budućnosti podnijeti ekstremne suše, dok je odnos između fenologije i mraza zanemaren. Oštećenja od mraza se pojavljuju većinom nakon toplog razdoblja koje je izazvalo preuranjen početak vegetacije. Nije poznato jesu li se oštećenja od mraza promjenila zato što se početak vegetacije i minimalne temperature moraju analizirati

duže vrijeme, a količina podataka za te analize nije dovoljna. Samo nekoliko znanstvenih radova govori o većim ili manjim opasnostima oštećenja od mraza u posljednjih nekoliko desetljeća (Augsburger, 2013; Bennie i sur., 2010; Hänninen, 1991; Rigby i Porporato, 2008; Scheifinger i sur., 2003). Iako je očito da je sve manja pojava mraza i da će se nastaviti smanjivati u budućnosti (IPCC, 2013), ne mora nužno značiti da će nestati opasnost od mraza.

Drveća umjerenog pojasa su najosjetljivija na mraz u proljeće (Vitasse i sur., 2014b), tj. kada počne listanje. Ovaj period osjetljivosti se promjenio zbog sve većih temperatura. Promjene u početku vegetacijskog ciklusa nastale zbog klimatskih promjena utječu na poljoprivredu, šumarstvo, ljudsko zdravlje, ekosustav (Polgar i Primack, 2011; Richardson i sur., 2013). Šumari, poljoprivrednici i vinogradari se mogu prilagoditi toplijoj i sušoj klimi uzgajajući rane vrste, no te vrste može uništiti mraz. Mnogi znanstvenici su predviđali da će oštećenja od kasnih proljetnih mraza nastupiti ranije zbog promjene klime te da će biljke kontinentalnih područja biti u većoj opasnosti od oštećenja zbog mraza (Kreyling i sur., 2012b).

Postoje tri teorije povezane sa oštećenjima od mraza i klimatskim promjenama. Prva je da oštećenja od mraza neće biti. Druga teorija govori da će se oštećenja od mraza smanjiti, a treća da će se povećati. Ove teorije su istražene tijekom 1976.-2016. godine u Švicarskoj na različitim nadmorskim visinama (203-2283 m). Istraživanje je provedeno na bukvi, smreki, divljoj trešnji i jabuci. Istraživanja su pokazala da se iznad 800 m n.v. povećava opasnost od oštećenja od kasnog mraza, a ispod te nadmorske visine opasnost ostaje ista kao i do sada. Drugačiji rezultati dobiveni na različitim nadmorskim visinama nastali su zbog jačih fenoloških promjena na višim nadmorskim visinama jer je zagrijavanje jače tijekom kasnog proljeća nego ranog. Na nižim nadmorskim visinama važnu ulogu imaju ograničavajući čimbenici kao što su nedostatak hladnijih temperatura i fotoperiod. Poljoprivrednici, šumari i vinogradari mogu se prilagoditi klimatskim promjenama sadnjom različitih vrsta i kultivara koje su otporne na sušu (FAO, 2007; Lindner i sur., 2010) ili sadnjom na veće nadmorske visine. No, u obzir se moraju uzeti troškovi za zaštitu od mraza.

1.3. Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl)

1.3.1. Rod *Fraxinus*

Rod *Fraxinus* jedan je od 24 rodova iz porodice maslina (Oleaceae), a obuhvaća 43 vrste prirodno rasprostranjene u umjerenom i subtropskom području sjeverne hemisfere (Wallander 2008). Glavnina vrsta unutar roda uglavnom je drveće od kojih je većina listopadnog karaktera, ali također postoje i vrste vazdazelenog karaktera i to uglavnom grmolike vrste adaptirane na sušlje ekološke uvjete. Od ukupnog broja vrsta njih 19 je rasprostranjeno u sjevernoj i srednjoj Americi (od Kanade pa do Gvatemale), a 24 u Europi, sjevernoj Africi i Aziji. Oko dvije trećine vrsta oprašuje se vjetrom (anemofilija), a ostale pomoću kukaca (zoofilija/zoidofilija). Većina vrsta koje se oprašuju pomoću kukaca rasprostranjene su u istočnoj Aziji, dok su vrste koje se oprašuju pomoću vjetra rasprostranjene u pojasu umjerenih šumskih ekosustava i suših područja sjeverne hemisfere (Fraxigen 2005).

U Europi pa tako i u Hrvatskoj rastu tri autohtone vrste jasena i to poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl), obični jasen (*Fraxinus excelsior* L.) te crni jasen (*Fraxinus ornus* L.). Obični i poljski jasen oprašuju se vjetrom, dok crni jasen sa svojim bijelim upadljivim cvatovima privlači kukce kao oprašivače i najbližiji je vrstama iz Azije. Obični i poljski jasen vrlo su usko povezani i imaju mnogo sličnih morfoloških obilježja te ih je ponekad na terenu vrlo teško razlikovati, pogotovo u područjima gdje uspijevaju u mješovitim sastojinama. Hibridizacija običnog i poljskog jasena moguća je na područjima gdje im se areali dodiruju ili preklapaju. Na područje Europe introducirane su i američke vrste jasena poput *Fraxinus americana* L. i *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, (Fraxigen 2005).

1.3.2. Prirodna rasprostranjenost

Poljski jasen rasprostranjen je diljem istočne i južne Europe. Njegov areal proteže se od Španjolske i Portugala na zapadu, sjeverno prema Slovačkoj i južnoj Moravskoj, a i istočno prema Turskoj (mediteranskoj i crnomorskoj regiji), Siriji, Kavkazu, Iranu i južnoj Rusiji (slika 1). U središnjoj Europi, na području Panonskog bazena i Balkanskog poluotoka, obitava u priobalnim i poplavnim područjima. Te šumske ekosustave možemo naći uzduž najvećih rijeka i njihovih pritoka (Drava, Sava, Dunav, Morava, Tisa, Váh, Marica, Tundža, Yantra i Dnjestar) ili uz jezera i močvare (Balaton, Bugarsko jezero, Varna jezero). U mediteranskoj regiji (Španjolska,

Francuska, Italija, Grčka, južna Turska), poljski jasen je rasprostranjen na sušim i nešto povišenijim terenima (500-2000 m n.v.), ali isto tako i na riječnim i močvarnim staništima. Mješovite sastojine poljskog i običnog jasena možemo naći na obalama velikih rijeka (Rumunjska i Moldavija), gdje je sjeme običnog jasena dospjelo riječnim strujama nizvodno (Fraxigen 2005). U Hrvatskoj dolazi uz tokove rijeka jadranskog sliva i u panonskim nizinskim šumama. Najljepše sastojine ove šumske zajednice nalaze se u lipovljanskim poplavnim šumama, Javičkoj gradi kod Jasenovca i Kamarama kod Novske, zatim u česmanskom području, u turopoljskom lugu, u Pokuplju i na području od Siska do Spačve. U mediteranskom području su fragmentarno raspoređene.



Slika 1. Rasprostranjenost poljskog jasena (Izvor: Fraxigen 2005)

1.3.3. Ekološke značajke

Poljski jasen vrlo dobro podnosi visok vodostaj podzemne vode i dugo stagniranje vode na površini tla. Približno jednako uspijeva na gredi, vlažnoj gredi i u bari, a najslabije u nizi. Od svih nizinskih šumskih zajednica, ova je najizloženija dugotrajnom djelovanju površinskih i visokih podzemnih voda. Površinska voda, dubine do 1 m, zimi se često smrzne, te nastaju velike štete na stablima jasena. Zajednica zauzima depresije, tzv. bare i tanjure, u tlu u koje se slijeva voda s okolnih viših područja. Budući da se ne može procijediti u dublje slojeve tla (jer je tlo nepropusno i dobro natopljeno), gubi se jedino isparavanjem. Dakle, mikoreliefna

svojstva terena, režim visokih voda i nepropusnost tla osnovni su čimbenici koji uzrokuju pojavljivanje ovog tipa šume.

Šume poljskog jasena čine tzv. barsku granicu šume, jer u slučaju da je prisutna još veća količina vode, nemoguć je razvitak bilo kakve šume, te se na takvim mjestima razvija tipična močvarna vegetacija.

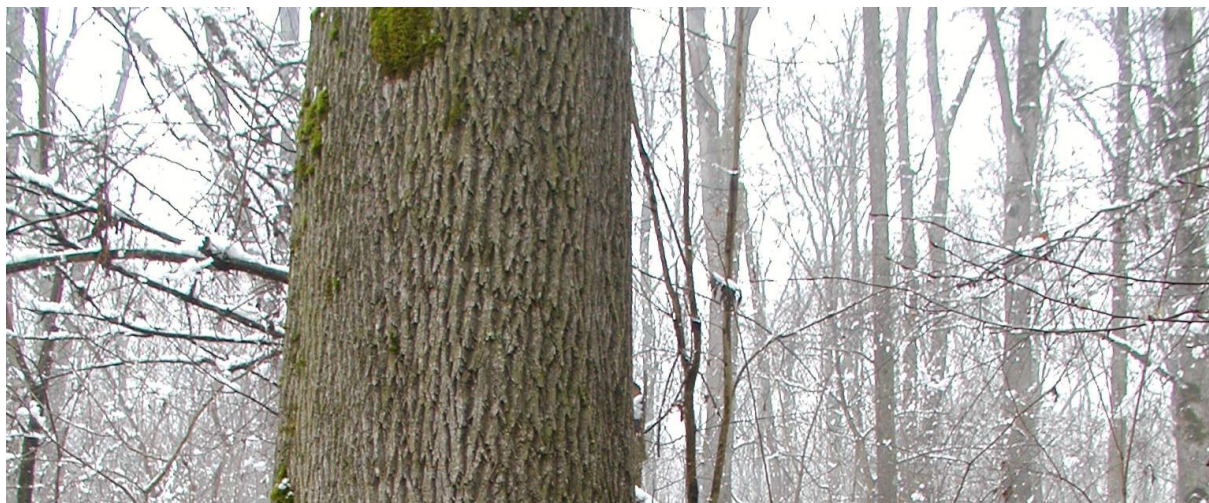
Ova šuma karakteristična je i po tome što najkasnije od svih nizinskih šuma prolitava u proljeće, a u jesen prva gubi lišće. U sloju drveća osim poljskog jasena dolaze crna joha i hrast lužnjak. Sloj grmlja također je siromašan vrstama i vrlo je slabo razvijen, a tvore ga velika žutilovka (*Genista elata*), trušljika (*Frangula alnus*), neke vrste vrba (*Salix* spp.) i sl. Sloj prizemnog rašća dobro je razvijen, a čine ga močvarna bročika (*Galium palustre*), kasni drijemovac (*Leucojum aestivum*), paskvica (*Solanum dulcamara*), obični sit (*Juncus effusus*), vodeni grbak (*Rorippa amphibia*). Poljski jasen dolazi u ovim zajednicama: *Fraxino angustifoliae* - *Ulmetum laevis*, *Genisto elatae* - *Quercetum roboris*, *Pruno padi* - *Fraxinetum angustifoliae* i *Leucojo aestivi* - *Fraxinetum angustifoliae* (Franjić; Škvorc, 2010).

1.3.4. Morfološke značajke

Poljski jasen je listopadna vrsta i većinom raste kao stablo visine oko 15 m, ali u povoljnim prilikama izraste i preko 30 m i dostigne promjer oko 1 m. Krošnja je duguljasto ovalna, zaobljena, s relativno gustim granama. Kora debela na početku je glatka, tanka, kasnije odebljala i ispucala uzdužno i poprijeko u male višekutne pločice, i postane siva (slika 2). Izbojci su tanki, maslinasti do žutosivi, goli, posuti jajastim lenticelama, manje spljošteni u nodijima. Na brojnim starijim grančicama nalaze se kratki izbojci gusto obrasli pupovima. Pupovi su nasuprotni ili koso nasuprotni, razlikuju se vršni i postrani (slika 3). Vršni pup je veći od postranih, širi nego što je dugačak, stožast, tupog vrha, izvana pokriven s dva para nasuprotnih ljustaka. Postrani pupovi su jako otklonjeni od izbojka, stožasti do polukuglasti, tupog vrha, postrano bridasti, često su po dva pupa jedan iznad drugoga, od kojih je gornji veći, pokriveni jednim parom ljustaka. Ljuske pupova su smeđe i pustenaste (Idžojtić 2005).

Listovi su neparno perasto sastavljeni od 7-11 (-13) liski i 15-25 cm dugački. Liske su nasuprotne, duguljasto-kopljaste, 3,5-7,5 cm dugačke i 1-2 cm široke, na rubu razmaknute te krupno i oštro napiljene, pri osnovi klinaste, a pri vrhu dugačko

ušiljene (slika 4). Odozgo tamnozelene, gole i sjajne, a odozdo svjetlozelene i gole te uz srednju žilu smečkasto dlakave. Postrane su liske sjedeće ili na kratkim peteljčicama. U jesen prije otpadanja zlatnožute ili zagasito crvene (Idžojić 2009).



Slika 2. Kora poljskog jasena (Autor: D. Kajba)



Slika 3. Vegetativni pupovi poljskog jasena (Autor: I. Andrić)

Poljski jasen je andromonecična vrsta. Cvjetovi su dvospolni i jednospolni muški, anemofilni. Ocvijeća nema (ahlamidejski cvjetovi). Muški su građeni od dva prašnika, a mogu imati i rudimentarni tučak. Dvospolni imaju dva nasuprotna prašnika i tučak, koji sazrijeva prije prašnika (protoginija). Prašnici imaju kratke prašničke niti; prašnice su u početku tamnogrimizne, kasnije žućkastocrnkaste. Tučak ima nadržaslu, 2-gradnu, zelenkastu plodnicu, zelenkastogrimizni vrat i 2-dijelnu grimiznu njušku.



Slika 4. Detalj građe lišća poljskog jasena (*Autor: I. Andrić*)

Cvjetovi su skupljeni u postranim grozdastim cvatovima. Većina cvatova ima samo dvospolne cvjetove, dok neki cvatovi imaju većinom dvospolne, a u donjem dijelu i muške cvjetove s rudimentarnim tučkom (slika 5 i 6). Neki cvatovi imaju samo muške cvjetove. Cvjetanje je prije listanja, u veljači i ožujku (Idžojić 2013).



Slika 5. Morfološki oblici muškog cvata kod poljskog jasena (*Izvor: Andrić 2018*)

Plodovi su smeđi, spljošteni, izduženi, 3-5 cm dugački, do 8 mm široki i jednim krilcem okriljeni oraščići (perutke), ušiljena ili rjeđe tupoga vrha (slika 7). Oraščić je

duguljasto eliptičan, plosnat, uzdužno plitko izbrazdan, najčešće duži od polovice perutke. Krilce je plosnato, duguljasto, na vrhu suženo.



Slika 6. Morfološki oblici hermafroditnog cvata kod poljskog jasena (*Izvor: Andrić 2018*)

Sjemenke su smeđe, elipsoidne, oko 1,5 cm dugačke i 5 mm široke, uzdužno naborane (slika 8). Masa 1000 plodova je 60-80 g., a dozrijevaju u rujnu iste godine. Plodovi su anemohorni i hidrohorni. Zimi se na prošlogodišnjim izbojcima, u postranim grozdovima, zadržavaju plodovi ili samo stapke plodova (Idžojić 2013).



Slika 7. Perutke kod poljskog jasena (*Autor: I. Andrić*)



Slika 8. Sjemenke poljskog jasena (Autor: M. Idžojić)

1.4. Klonske sjemenske plantaže

Klonska sjemenska plantaža umjetno je podignut nasad superiornih genotipova, osnovan od strogo izabranih jedinki (plus stabala) visoke kvalitativne (fenotipske) vrijednosti, čija su svojstva cijepljenjem prenesena iz šumskih ekosustava i fiksirana u sklopu same plantaže. Plus stabla su ona stabla koja su u nekoj sastojini fenotipski superiorna za promatrana svojstva u odnosu na ostala stabla iste vrste i približno jednake dobi. S obzirom na fiksiranje izabranog genotipa putem heterovegetativnog razmnožavanja plantaža nosi naziv klonska sjemenska plantaža. Starost matičnih stabala za podizanje klonske plantaže treba biti takva da su u punoj fiziološkoj snazi i plodonošenju. Klonska sjemenska plantaža osniva se unutar areala vrste, ali opet izolirana/izdvojena od najbližih prirodnih sastojina iste vrste minimalno 1 km kako ne bi došlo do negativne polinacije, odnosno onečišćenja pomno formiranog genofonda s vanjskim izvorom. Pravilan odabir lokacije vrlo je važan preduvjet za proizvodnju sjemena (Ballian i Kajba 2011).

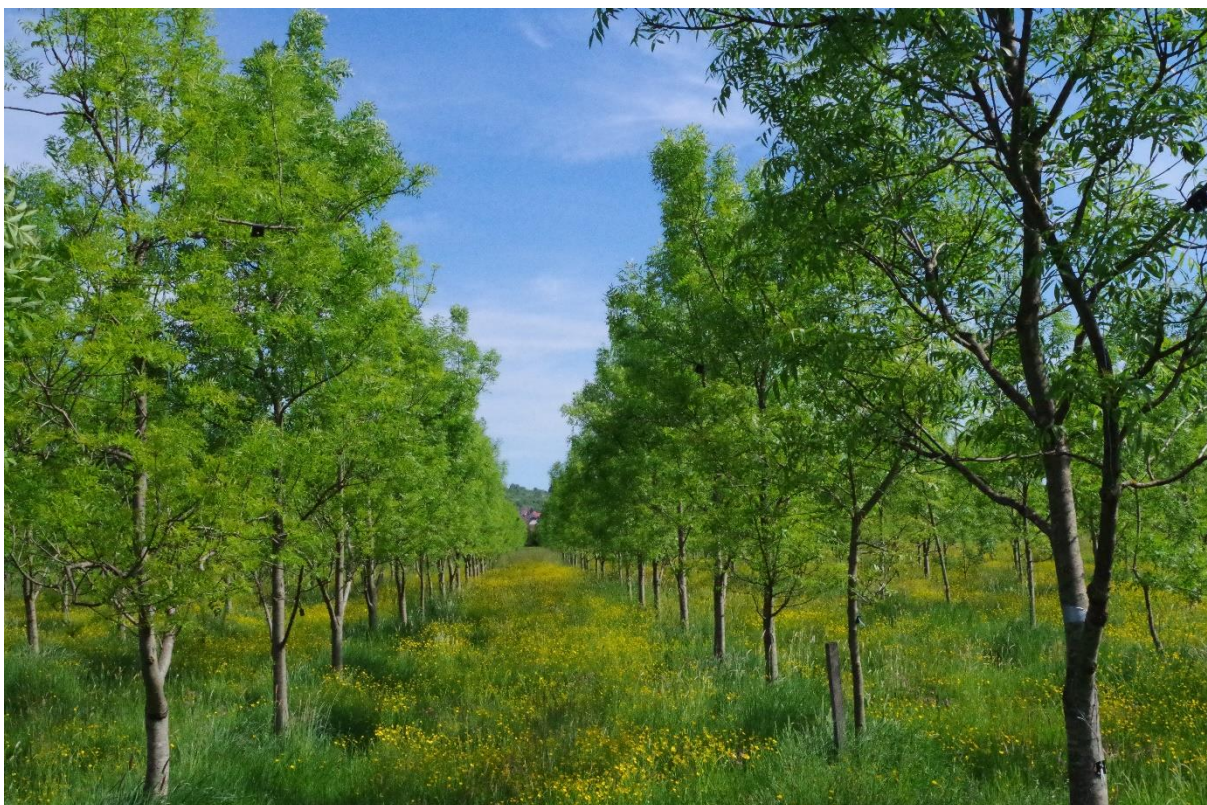
Sjemenska plantaža predstavlja kulturu genetski superiornih stabala, koja je izolirana ili tako uređena da se izbjegnu ili znatno smanje mogućnosti oprašivanja iz vanjskih izvora od genetski inferiornih stabala i koja se pomotehničkim zahvatima intenzivno

uređuje sa svrhom učestale i obilne cvatnje i plodonošenja. Fenotipski najbolja stabla tzv. plus stabla u plantaži se međusobno oprašuju i oplođuju, ostvarujući na taj način genetsku dobit od 10 % i više (Vidaković 1963, 1996; Vidaković i sur. 2000), te predstavljaju kategoriju „kvalificiranog“ šumskog reprodukcijskog materijala. Daljnje poboljšanje genetske kvalitete sjemena i biljaka moguće je na osnovi selekcije po genotipu kroz testove potomstva (Ballian i Kajba 2011), a takav šumski reprodukcijski materijal predstavlja kategoriju „testiran“. Na osnovi testiranja potomstva iz plantaže se eliminiraju klonovi (majčinska plus stabla) koji daju ispodprosječna potomstva. Tako možemo ostvariti dodatnu genetsku dobit (G) koja može iznositi od 15 do 30 %. Vrlo bitno je da se pri podizanju plantaže uporabe klonovi koji imaju ujednačenu fenologiju cvjetanja. Raspored sadnje određen je time da li je vrsta jednodomna ili dvodomna, je li sklona samooplodnji, o pojavi muških, odnosno ženskih cvjetova te o njihovom omjeru, ako se radi o dvodomnim vrstama ili o poligamnom rasporedu spolova. Plodonošenje šumskog drveća pod izravnom je vezom više čimbenika koji djeluju sinergijski. Pod biološkim čimbenicima tu podrazumijevamo vrstu drveća, starost jedinke te periodicitet uroda. Od vanjskih čimbenika to su klima i tlo, dok su socijalni uvjeti, odnosno gustoća sastojine i klasa stabala također bitni za urod.

S obzirom na porijeklo i raznovrsnost genotipova od kojih je plantaža sastavljena klonske skemenske plantaže dijelimo na (Ballian i Kajba 2011):

- ❖ međuvrsne;
- ❖ međuprovenijenične;
- ❖ unutarprovenijenične;
- ❖ biklonske i
- ❖ monoklonske.

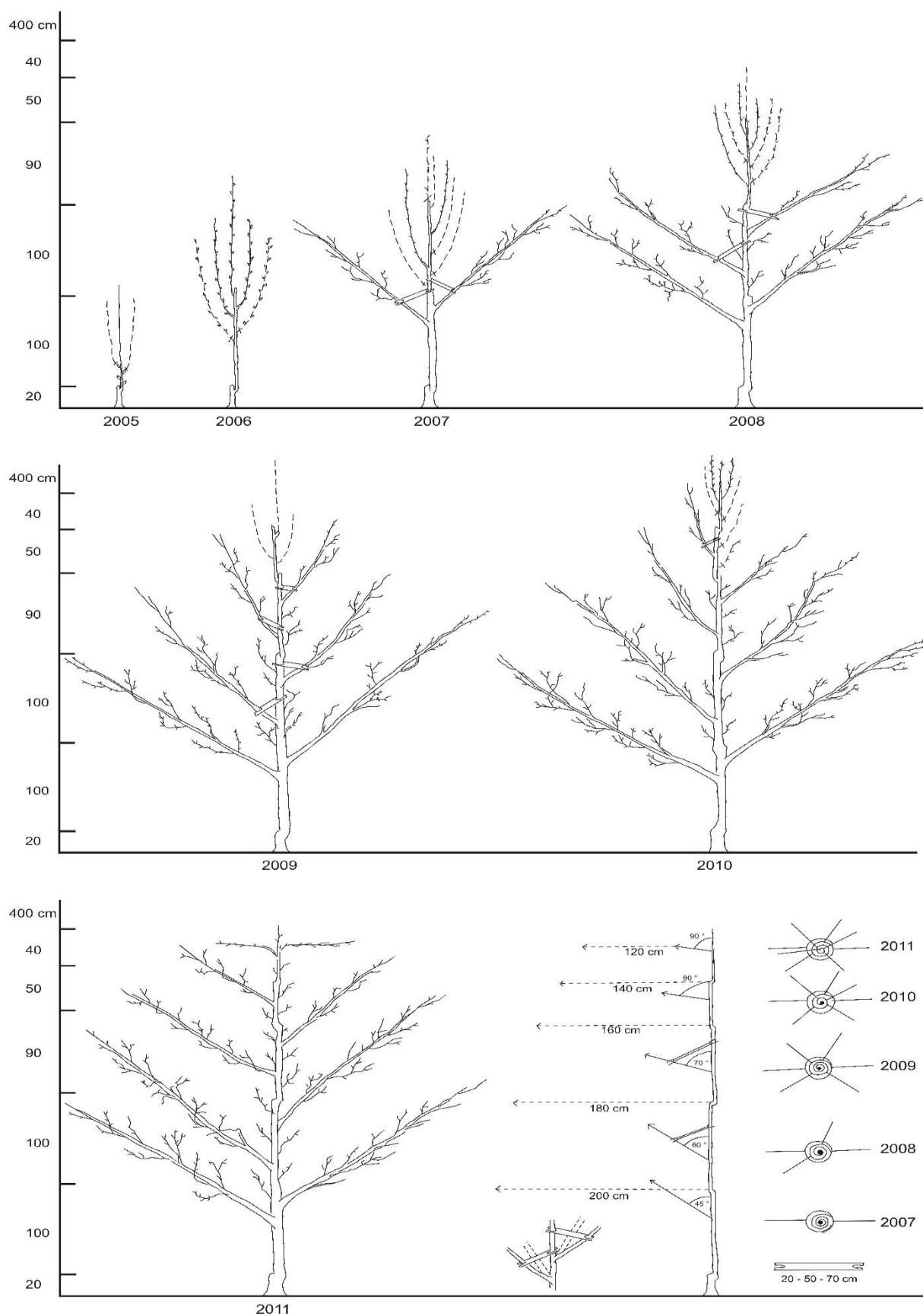
Osnovna svrha i primarni cilj klonskih sjemenskih plantaža je proizvodnja visoko kvalificiranog šumskog reprodukcijskog materijala uz što niže moguće troškove. Pored ovog glavnog cilja, s promjenama klimatskih prilika, s pojavom novih patogenih štetnika, s promjenama zakona o sredstvima za kontrolu šteta i brojnog stanja entomofaga ili glodavaca, klonske plantaže poprimaju sve veći značaj i pronalaze svoje mjesto i svrhu u znanstvenim pokusima (slika 9).



Slika 9. Detalj klonske sjemenske plantaže poljskog jasena iz Nova Gradiška (Autor: I. Andrić)

Održavanje ravnoteže između vegetativne i generativne aktivnosti primjenjena je kod cijepova poljskog jasena u klonskim sjemenskim plantažama. Rezidbom na formiranje oblikuje se uzgojni oblik, dok se rezidbom na rodnost održava povoljna ravnoteža između rasta i rodnosti. Rezidba na formiranje uzgojnog oblika započela je odmah nakon sadnje i imala je za cilj da u tijeku slijedećih sedam do osam godina dobije željeni oblik krošnje s dobro raspoređenim osnovnim (skeletnim) granama (Kajba i sur. 2007, 2008).

Poznavanje morfologije rodnosti od važnosti je za svaku pojedinu vrstu pa se tako kod jasena cvjetovi pojavljuju u metličastim cvatovima. U uzgojnom obliku potrebno je osigurati čvrsti kostur i dobro osvjetljenje krošnje, a kod jasena se primjenjuje uzgojni oblik vretenaste piramide (slika 10). Razmak sadnje 4×4 m. Ukupna visina uzgojnog oblika je 4,00 m i sadrži ukupno pet etaža (visina debla i kut grananja iznosi po etažama: 1,20 m/45°, 1,00 m/60°, 0,90 m/70°, 0,50 m/80°, 0,40 m/90°) (Kajba i sur. 2007).



Slika 10. Uzgojni oblik poljskog jasena u klonskim sjemenskim plantažama (Kajba i sur. 2007)

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

1. Utvrditi genotipsku varijabilnost intenziteta oštećenja poljskog jasena od kasnog proljetnog mraza u klonskoj sjemenskoj plantaži.
2. Analizom varijance ispitati postojanje/nepostojanje statistički značajne razlike u intenzitetu oštećenja između istraživanih klonova poljskog jasena.
3. Metodom statističkog klasteriranja (*k-means*) razdvojiti klonove s obzirom na oštećenja na dvije skupine, te komparativnom analizom utvrditi jesu li skupine dosljedne fenološkim skupinama početka listanja iz prethodnih istraživanja.

3. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. Područje istraživanja

3.1.1. KSP Nova Gradiška

Klonska sjemenska plantaža poljskog jasena osnovana je 2005. godine na području UŠP Nova Gradiška, Šumarije Nova Gradiška na površini od 3,5 ha. Pripada sjemenskoj regiji srednje Posavine. Smještena je južno od željezničke pruge Zagreb-Vinkovci u blizini sela Prvča (slika 11). Plantaža ukupno sadrži 56 klonova, a razmak sadnje iznosi 4×4 m. Plus stabla selekcionirana su na osnovu svojih fenotipskih karakteristika u gospodarskim jedinicama: Grede Kamare i Krapje Đol (Šumarija Jasenovac), Trstika (Šumarija Novska), Ljeskovače i Podložje (Šumarija Stara Gradiška), iz ukupno 32 odjela/odsjeka. Razmak između selekcioniranih stabala iznosio je više od 50 m, čime je isključeno uzorkovanje genetički srodstvenih jedinki (Kajba i sur. 2008). Shema rasporeda klonova (rameta) unutar plantaže predstavlja klasičan randomizirani način razmještaja, s tim da je osnovno pravilo da pripadajuće ramete istoga klona moraju biti međusobno što udaljenije iz razloga negativne polinacije, odnosno mogućeg oprašivanja u srodstvu.



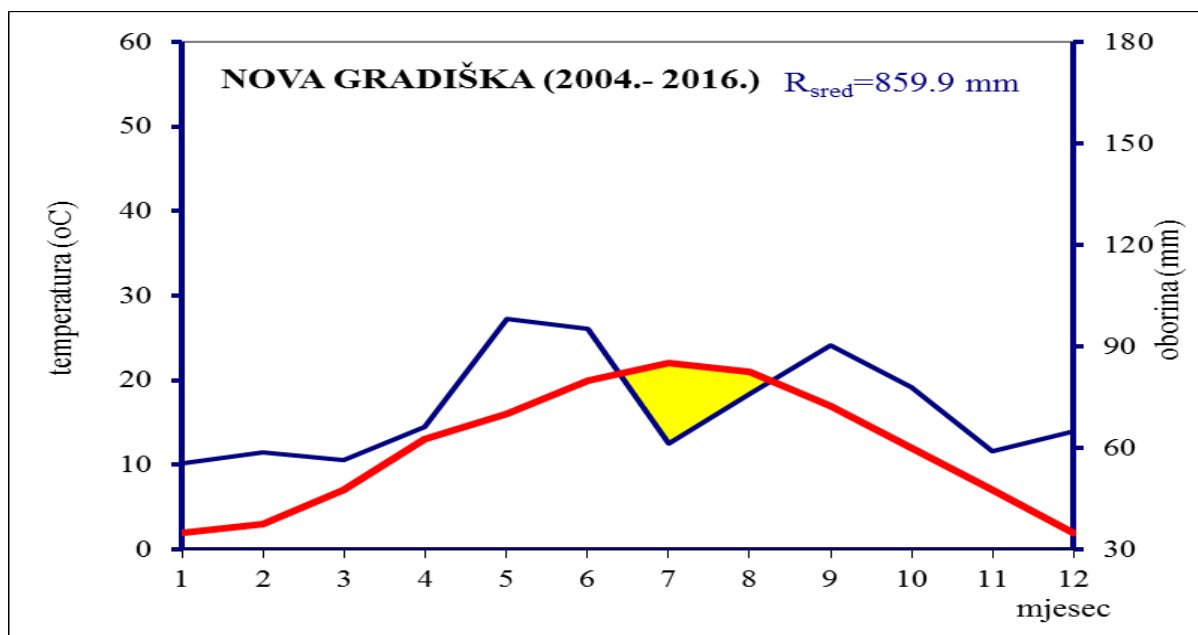
Slika 11. Lokacija klonske sjemenske plantaže poljskog jasena u Novoj Gradišci

3.2. Prikupljanje podataka

3.2.1. Meteorološki podatci

Istraživano područje karakterizira umjerena kontinentalna klima, koja je značajno modificirana utjecajem gorskog masiva Psunj, a donekle i Babje gore. Hod

temperatura, padalina, insolacije, magle i mrazeva, ukazuje na kontinentalnost, koja je kao takva karakteristična za prijelazno panonsko područje - od središnje Panonske nizine prema južnom peripanonskom području. Zime su u pravilu razmjerno oštre, dok su ljeta vruća. Srednja godišnja temperatura zraka iznosi između 10,5 i 11 °C. Prosječna količina godišnjih padalina je između 813 i 860 mm/m² (slika 12). Mraz je redovita pojava te njegova kasna pojava u proljeće može nanijeti velike štete u voćarstvu, ratarstvu i šumarstvu.



Slika 12. Klimadijagram prema H. Walteru za istraživano područje klonske sjemenske plantaže u Novoj Gradišci (izvor: DHMZ)

3.2.2. Oštećenja od kasnog proljetnog mraza

Procjena oštećenosti lisne površine od kasnog proljetnog mraza provedena je u jednom snimanju (obilasku) dana 5. svibnja 2016. godine. Procjenom je obuhvaćeno ukupno 56 klonova poljskog jasena iz klonske sjemenske plantaže Nova Gradiška. Unutar svakoga klona oštećenje je procijenjeno na minimalno 8 rameta, te maksimalno 20 rameta. Kasni proljetni mraz, istraživane godine 2016., nastupio je dana 26. travnja te je njegova vrijednost iznosila -3,74 °C. Klasifikacija procjene oštećenosti podjeljena je u tri jasno segregirane kategorije (tablica 1).

Tablica 1. Kategorije oštećenja krošanja od kasnog proljetnog mraza

Stupanj oštećenosti krošnje	Kategorija		
	0	1	2
	bez oštećenja	50 % krošnje oštećeno	potpuna defolijacija

3.3. Statistička obrada podataka

3.3.1. Deskriptivna statistika

Deskriptivna statistika bavi se prikupljanjem podataka, njihovim grupiranjem, tabličnim i grafičkim prikazivanjem, izračunavanjem različitih brojčanih pokazatelja koji izražavaju karakteristike promatrane pojave. Od parametara koje dobijemo deskriptivnom statistikom, a kroz koje sagledavamo istraživani uzorak mogu se izdvojiti srednja vrijednost, minimalne i maksimalne vrijednosti, standardna devijacija, standardna pogreška i dr. Parametri deskriptivne statistike izračunati su u programskom paketu Microsoft Excel 2016 (Microsoft, Redmond, WA, USA).

3.3.2. Analiza varijance

Niz postupaka kojima provjeravamo značajnost razlika između različitih situacija ili uzoraka, kao i njihov odnos. Razlikujemo jednosmjernu ANOVA-u, jednosmjernu ANOVA-u s ponovljenim mjerenjima, te dvosmjernu ANOVA-u. Postupak analize varijance zahtjeva postavljanje nul-hipoteze, prikupljanje podataka i provjeravanje njihovih distribucija, utvrđivanje razlika između aritmetičkih sredina, te analize F-testom, procjenu vjerojatnosti i ustanovljenje razlika (slučajne ili statistički značajne).

Analiza varijance provedena je u programskom paketu Statistica 8.0 (StatSoft Inc. 2001).

3.3.3. k-means klasteriranje

U klaster analizi traži se struktura podataka za grupiranje multivarijatnih opažanja u klastere. Cilj analize je pronalaženje optimalnog grupiranja kod kojeg su opažanja unutar svakog klastera slična, ali se različiti klasteri međusobno razlikuju. Pritom se pretpostavlja da se može pronaći prirodan način grupiranja koji je smislen za istraživača. U klaster analizi ne zna se unaprijed ni broj grupa, niti su grupe unaprijed poznate. Da bi se opažanja grupirala u klastere, mnogi postupci počinju sa sličnostima između parova opažanja.

U mnogim su postupcima sličnosti zasnovane na nekoj od mjera udaljenosti. U nekim se metodama koristi preliminarni izbor za sredine klastera ili usporedba varijabiliteta unutar (within) i između (between) klastera. Postoji i mogućnost klasteriranja varijabli, pri čemu je mjera sličnosti korelacija među varijablama. K-means klasteriranje provedeno je u programskom paketu Statistica 8.0 (StatSoft Inc. 2001).

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

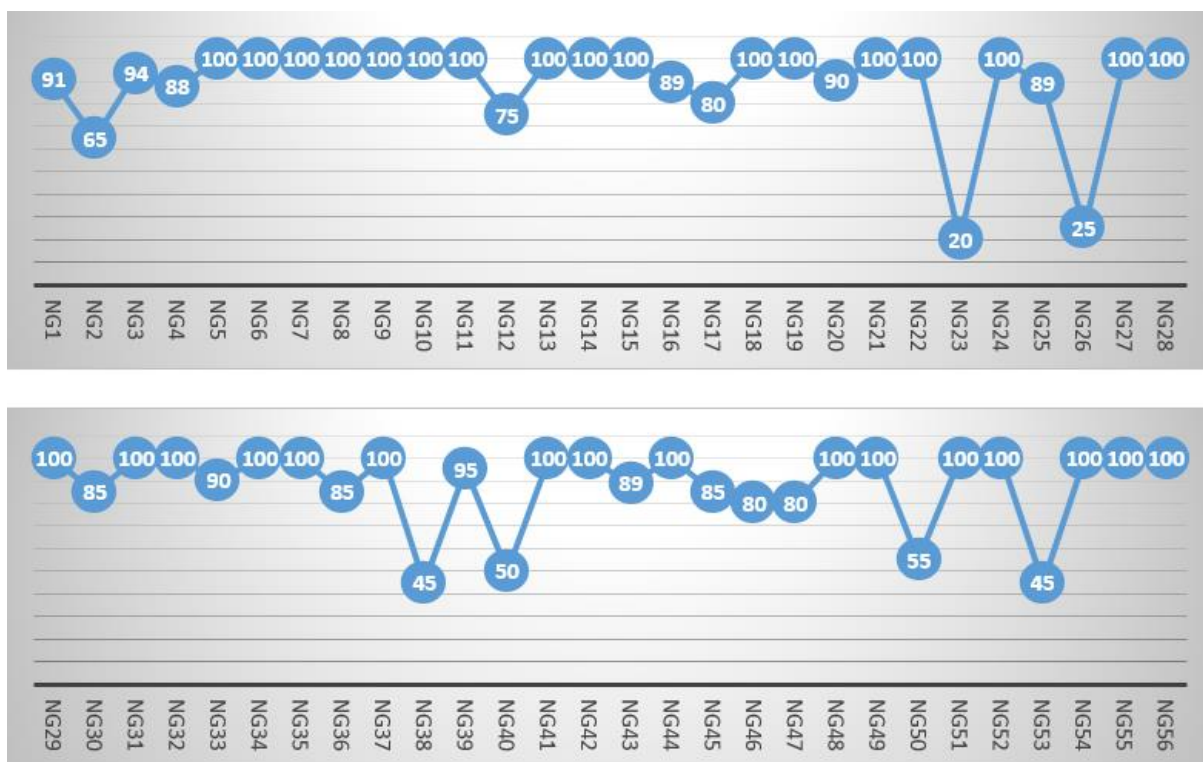
4.1. Intenzitet oštećenja poljskog jasena od kasnog proljetnog mraza u klonskim sjemenskim plantažama na razini klona

Procjena oštećenja poljskog jasena od kasnog proljetnog mraza u klonskoj sjemenskoj plantaži Nova Gradiška provedena je na ukupnom uzorku od 56 klonova (genotipova) (slika 13). Unutar svakoga klona motrenjem je obuhvaćeno minimalno osam te maksimalno 20 rameta.

Pri vrijednosti mraza od -3,74 °C niti jedan od istraživanih klonova (genotipova) nije pokazao potpunu otpornost.

Na ukupnom uzorku od 1005 procijenjenih rameta minimalna prosječna vrijednost oštećenja, s obzirom na zadane kategorije oštećenja, iznosila je 0,2 dok je maksimalna kod određenih klonova imala i maksimalnu vrijednost od 2 (tablica 2).

Unutarklonska varijabilnost evidentna je i iz tablice 1. Minimalan postotak oštećenja, gdje nisu sve ramete unutar istoga klona pokazivale znakove oštećenja od mraza, iznosio je 20 %! Od 56 istraživanih klonova unutar njih 33 sve ramete su pokazivale znakove oštećenja (oštećenje 100 %).



Slika 13. Udio oštećenih rameta unutar istraživanih klonova (neovisno o kategoriji oštećenja)

Tablica 2. Kategorije oštećenja poljskog jasena od kasnog proljetnog mraza u klonskoj sjemenskoj plantaži Nova Gradiška

Klon	Kategorija oštećenja od mraza																				PROSJEK
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
NG1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1										0,9
NG2	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0,6
NG3	1	2	1	2	2	2	2	1	2	2	0	2	2	2	2	2					1,7
NG4	1	0	2	2	1	2	1	1													1,3
NG5	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2						1,7
NG6	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1							1,6
NG7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,0
NG8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,0
NG9	1	1	2	1	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1						1,4
NG10	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1,8
NG11	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2			1,9
NG12	1	1	1	0	1	0	1	1													0,8
NG13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2		1,9
NG14	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1,6
NG15	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2			1,4
NG16	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	0	1	2	0	1	2	1		1,2
NG17	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0,8
NG18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1,9
NG19	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,0
NG20	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	1	1	2	1,0
NG21	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2									1,2
NG22	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1				1,4
NG23	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,2
NG24	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1,3
NG25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1		0,9
NG26	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0,3
NG27	1	1	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2							1,6
NG28	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1,4
NG29	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2,0
NG30	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	1	1	0	1	1	0,9
NG31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							1,0
NG32	2	2	2	2	2	2	2	2	2												2,0
NG33	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	0	1	1	2	0	1	1	2	1	1,2
NG34	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1	2	2	1	2	2	1,6
NG35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2							1,1
NG36	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0,9
NG37	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1,6
NG38	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0,5
NG39	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	0	2	2	1,9
NG40	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1					0,5
NG41	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,0
NG42	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,0
NG43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1			0,9
NG44	1	1	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2			1,3
NG45	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0,9
NG46	1	0	1	1	1	1	1	0	2	1	0	1	1	1	1	1	1	0	2	2	1,0
NG47	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0,9
NG48	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1,3
NG49	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1,8
NG50	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0,6
NG51	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1,4
NG52	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,0
NG53	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0,5
NG54	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	2	1,7
NG55	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			1,9
NG56	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1			1,9

4.2. Analiza varijance za svojstvo oštećenja lisne površine poljskog jasena od kasnog proljetnog mraza

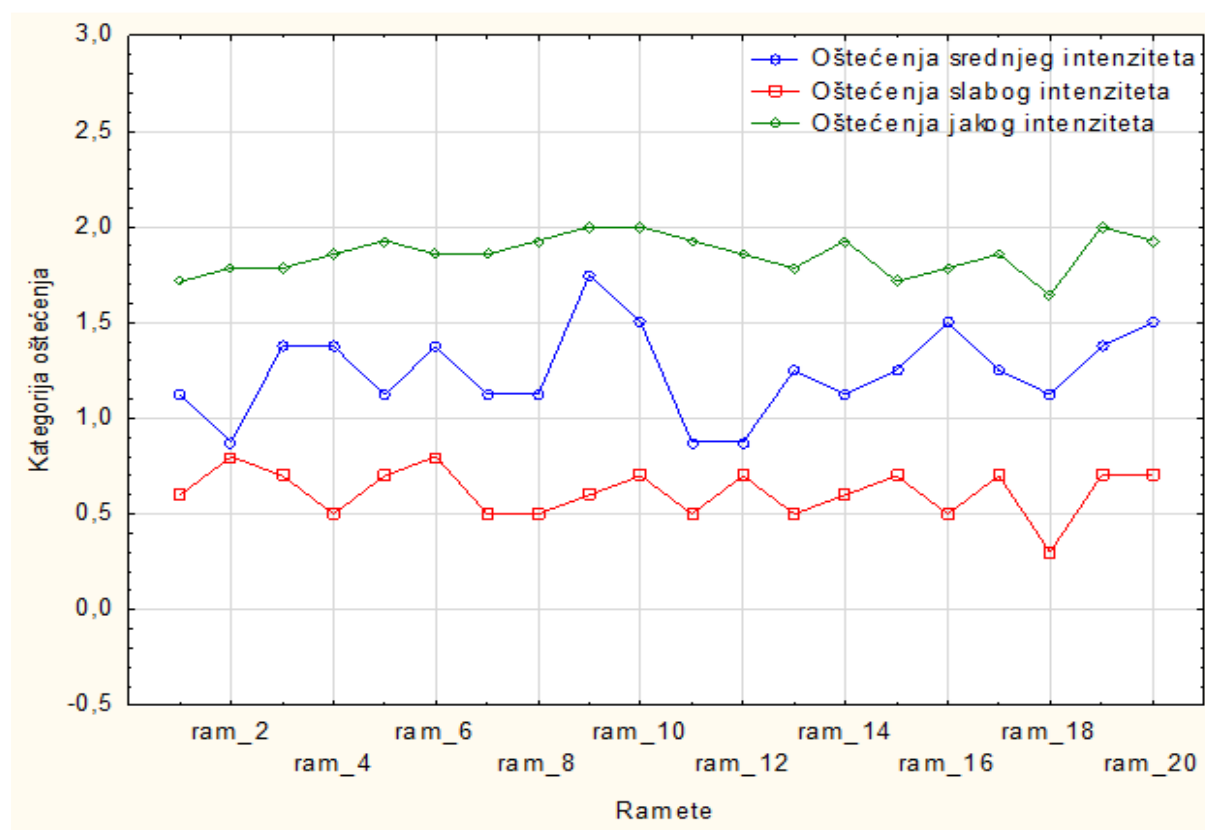
Provedenom analizom varijance, za svojstvo oštećenja lisne površine poljskog jasena od kasnog proljetnog mraza u klonskoj sjemenskoj plantaži Nova Gradiška, statistički je utvrđena razlika između istraživanih klonova (tablica 3).

Tablica 3. Analiza varijance za oštećenja od kasnog proljetnog mraza

Izvor varijabilnosti	Suma kvadrata	Stupnjevi slobode	Srednji kvadrati	F	p
Klon	277,474	55	5,045	28,135	0,00
Greška	170,168	949	0,179		

4.3. Klasteriranje istraživanih klonova s obzirom na oštećenja od kasnog proljetnog mraza

Za provedbu klaster analize uzeti su svi klonovi unutar kojih smo imali po 20 snimljenih rameta. Provedenom analizom istraživani klonovi razvrstani su na tri klaster grupe (slika 14).



Slika 14. Klaster analiza oštećenja od kasnog proljetnog mraza

Klaster analizom obuhvaćena su 32 klonova poljskog jasena. U kategoriji oštećenja jakog intenziteta ukupno je 14 klonova, u kategoriji oštećenja srednjeg intenziteta osam te u kategoriji oštećenja slabog intenziteta 10 klonova (tablica 4).

Tablica 4. Popis klonova po kategorijama oštećenja na osnovu klasterskog razdvajanja

Kategorija	Popis klonova
Oštećenja jakog intenziteta	NG07, NG08, NG10, NG14, NG18, NG19, NG29, NG34, NG39, NG41, NG42, NG49, NG52, NG54
Oštećenja srednjeg intenziteta	NG20, NG24, NG28, NG33, NG37, NG46, NG48, NG51
Oštećenja slabog intenziteta	NG17, NG23, NG26, NG30, NG36, NG38, NG45, NG47, NG50, NG53

Tablica 5. Usporedba kategorija oštećenja s ekotipskim formama iz ranijih istraživanja

Kategorija oštećenja	Oznaka klona	Ekotipska forma
<i>Oštećenja jakog intenziteta</i>	NG07	kasna
	NG08	kasna
	NG10	kasna
	NG14	kasna
	NG18	kasna
	NG19	kasna
	NG29	rana
	NG34	rana
	NG39	kasna
	NG41	kasna
	NG42	rana
	NG49	kasna
	NG52	kasna
	NG54	rana
<i>Oštećenja srednjeg intenziteta</i>	NG20	rana
	NG24	rana
	NG28	rana
	NG33	rana
	NG37	rana
	NG46	rana
	NG48	rana
<i>Oštećenja slabog intenziteta</i>	NG51	rana
	NG17	rana
	NG23	rana
	NG26	rana
	NG30	rana
	NG36	rana
	NG38	rana
	NG45	rana
	NG47	rana
	NG50	rana
	NG53	rana

Od 14 klonova unutar kategorije oštećenja jakog intenziteta po fenološkim karakteristikama početka listanja (Andrić 2018) njih 10 pripada kasnoj formi dok četiri ranoj. U kategoriji oštećenja srednjeg intenziteta te kategoriji oštećenja slabog intenziteta svi klonovi pripadaju ranoj ekotipskoj formi (tablica 5).

5. ZAKLJUČAK

1. Pri vrijednosti mraza od $-3,74\text{ }^{\circ}\text{C}$ niti jedan od istraživanih genotipova poljskog jasena u klonskoj sjemenskoj plantaži nije pokazao potpunu otpornost.
2. Od istraživanih 56 klonova, kod 23 utvrđena je unutarklonska varijabilnost s obzirom na svojstvo oštećenja od kasnog proljetnog mraza.
3. Provedenom analizom varijance statistički je utvrđena razlika između istraživanih klonova za svojstvo oštećenja lisne površine.
4. Klaster analizom obuhvaćena su 32 klona poljskog jasena. U kategoriji oštećenja jakog intenziteta ukupno je bilo 14 klonova, u kategoriji oštećenja srednjeg intenziteta 8, te u kategoriji oštećenja slabog intenziteta 10 klonova. Od 14 klonova unutar kategorije oštećenja jakog intenziteta po fenološkim karakteristikama njih 10 pripada kasno listajućoj ekotipskoj formi, a četiri ranoj formi. U kategoriji oštećenja srednjeg intenziteta, te kategoriji oštećenja slabog intenziteta, svi klonovi pripadaju ranoj ekotipskoj formi.

6. LITERATURA

- Andrić, I., 2018: Genotipska i fenološka varijabilnost poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u klonskim sjemenskim plantažama, Doktorski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Augspurger, C. K., 2013: Reconstructing patterns of temperature, phenology, and frost damage over 124 years: spring damage risk is increasing. *Ecology* 94, 41–50.
- Augspurger, C. K., 2009: Spring 2007 warmth and frost: phenology, damage and refoliation in a temperate deciduous forest. *Funct. Ecol.* 23, 1031–1039.
- Awaya, Y., Tanaka, K., Kodani, E., and Nishizono, T., 2009: Responses of a beech (*Fagus crenata* Blume) stand to late spring frost damage in Morioka, Japan. *For. Ecol. Manag.* 257, 2359–2369.
- Ballian, D., Kajba, D., 2011: Oplemenjivanje šumskog drveća i očuvanje njegove genetske raznolikost, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 299 str.
- Basler, D., and Körner, C., 2012: Photoperiod sensitivity of bud burst in 14 temperate forest tree species. *Agric. For. Meteorol.* 165, 73–81.
- Bennie, J., Kubin, E., Wiltshire, A., Huntley, B., Baxter, R., 2010: Predicting spatial and temporal patterns of bud-burst and spring frost risk in north-west Europe: the implications of local adaptation to climate. *Global Change Biol.* 16 (5), 1503–1514.
- Bolte, A., Czajkowski, T., and Kompa, T., 2007: The north-eastern distribution range of European beech – a review. *Forestry* 80, 413–429.
- Caffarra, A., and Donnelly, A., 2011: The ecological significance of phenology in four different tree species: effects of light and temperature on bud burst. *Int. J. Biometeorol.* 55, 711–721.
- Chmura, D. J., and Rozkowski, R., 2002: Variability of beech provenances in spring and autumn phenology. *Silvae Genetica* 51, 123–127.
- Chuine, I., Morin, X., and Bugmann, H., 2010: Warming, photoperiods, and tree phenology. *Science* 329, 277–278.

- Čufar, K., Luis, M., Saz, M. A., Črepinšek, Z., and Kajfež–Bogataj, L., 2012: Temporal shifts in leaf phenology of beech (*Fagus sylvatica*) depend on elevation. *Trees* 26, 1091–1100.
- Dai, J., Wang, H., and Ge, Q., 2013: The decreasing spring frost risks during the flowering period for woody plants in temperate area of eastern China over past 50 years. *J. Geogr. Sci.* 23, 641–652.
- Delpierre, N., Dufrêne, E., Soudani, K., Ulrich, E., Cecchini, S., Boé, J., et al., 2009: Modelling interannual and spatial variability of leaf senescence for three deciduous tree species in France. *Agric. For. Meteorol.* 149, 938–948.
- Dittmar, C., and Elling, W., 2006: Phenological phases of common beech (*Fagus sylvatica* L.) and their dependence on region and altitude in Southern Germany. *Eur. J. For. Res.* 125, 181–188.
- Dittmar, C., Fricke, W., and Elling, W., 2006: Impact of late frost events on radial growth of common beech (*Fagus sylvatica* L.) in Southern Germany. *Eur. J. For. Res.* 125, 249–259.
- Donnelly, A., Salamin, N., and Jones, M. B., 2006: Changes in tree phenology: an indicator of spring warming in Ireland? *Biol. Environ.* 106, 47–55.
- FAO, 2007: *Adaptation to Climate Change in Agriculture, Forestry, and Fisheries: Perspective, Framework and Priorities*. FAO, Rome.
- Franjić, J., Škvorc, Ž., 2010: *Šumsko drveće i grmlje Hrvatske*, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 432 str.
- Fraxigen, 2005: *Ash species in Europe: biological characteristics and practical guidelines for sustainable use*, Oxford Forestry Institute, 24 str., United Kingdom.
- Gömöry, D., and Paule, L., 2011: Trade-off between height growth and spring flushing in common beech (*Fagus sylvatica* L.). *Ann. For. Sci.* 68, 975–984.
- Gu, L., Hanson, P. J., Post, W. M., Kaiser, D. P., Yang, B., Nemani, R., et al., 2008: The 2007 Eastern US spring freezes: increased cold damage in a warming world? *Bioscience* 58, 253–262.

- Hänninen, H., 1991: Does climatic warming increase the risk of frost damage in northern trees? *Plant Cell Environ.* 14 (5), 449–454.
- Heide, O. M., 1993: Dormancy release in beech buds (*Fagus sylvatica*) requires both chilling and long days. *Physiol. Plant.* 89, 187–191.
- Hosius, B., Leinemann, L., Konnert, M., and Bergmann, F., 2006: Genetic aspects of forestry in the central Europe. *Eur. J. For. Res.* 125, 407–417.
- Hufkens, K., Friedl, M. A., Keenan, T. F., Sonnentag, O., Bailey, A., O’Keefe, J., et al., 2012: Ecological impacts of a widespread frost event following early spring leaf-out. *Glob. Change Biol.* 18, 2365–2377.
- Idžojić, M., 2013: Dendrologija - Cvijet, češer, plod, sjeme [Dendrology - Flower, Cone, Fruit, Seed], Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 672 str.
- Idžojić, M., 2009: Dendrologija – List [Dendrology - Leaf], Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 904 str.
- Idžojić, M., 2005: Listopadno drveće i grmlje u zimskom razdoblju [Deciduous trees and shrubs in winter], Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 256 str.
- Inouye, D. W., 2008: Effects of climate change on phenology, frost damage, and floral abundance of montane wildflowers. *Ecology* 89, 353–362.
- Inouye, D.W., 2000: The ecological and evolutionary significance of frost in the context of climate change. *Ecol. Lett.* 3 (5), 457–463.
- IPCC, et al., 2013: Summary for policymakers. In: Stocker, T.F. (Ed.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1–30.
- Kajba, D., Pavičić, N., Bogdan, S., Katičić, I., 2008: Pomotechnical treatments in the broadleaf clonal seed orchard, U: D. Lindgren (ur.), *Seed Orchard Conference*, 95-103 str., Umeå.

- Kajba, D., Ballian, D., 2007: Šumarska genetika, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 283 str., Zagreb, Sarajevo.
- Kollas, C., Körner, C., and Randin, C. F., 2014: Spring frost and growing season length co- control the cold range limits of broad- leaved trees. *J. Biogeogr.* 41, 773–783.
- Kölling, C., 2007: Klimahüllen für 27 Waldbaumarten. *AFZ Der Wald* 23, 1242–1245.
- Körner, C., and Basler, D., 2010: Phenology under global warming. *Science* 327, 1461–1462.
- Körner, C., Basler, D., Hoch, G., Kollas, C., Lenz, A., Randin, C., Vitasse, Y., Zimmermann, N.E., 2016: Where, why and how? explaining the low temperature range limits of temperate tree species. *J. Ecol.* 104 (4), 1076–1088.
- Kramer, K., 1994: A modeling analysis of the effects of climatic warming on the probability of spring frost damage to tree species in the Netherlands and Germany. *Plant Cell Environ.* 17, 367–377.
- Kreyling, J., Stahlmann, R., and Beierkuhnlein, C., 2012a: Spatial variation in leaf damage of forest trees and the regeneration after the extreme spring frost event in May 2011. *Allgemeine For. Jagdzeitung* 183, 15–22.
- Kreyling, J., Thiel, D., Nagy, L., Jentsch, A., Huber, G., Konnert, M., et al., 2012b: Late frost sensitivity of juvenile *Fagus sylvatica* L. differs between southern Germany and Bulgaria and depends on preceding air temperature. *Eur. J. For. Res.* 131, 717–725.
- Kreyling, J., Thiel, D., Simmnacher, K., Willner, E., Jentsch, A., Beierkuhnlein, C., 2012b: Geographic origin and past climatic experience influence the response to late spring frost in four common grass species in central Europe. *Ecography* 35 (3), 268–275.
- Laube, J., Sparks, T. H., Estrella, N., Höffler, J., Ankerst, P. D., and Menzel, A., 2014: Chilling outweighs photoperiod in preventing precocious spring development. *Glob. Change Biol.* 20, 170–182.

- Lenz, A., Hoch, G., Vitasse, Y., Korner, C., 2013b: European deciduous trees exhibit Y. Vitasse et al. *Agricultural and Forest Meteorology* 248 (2018) 60–69 similar safety margins against damage by spring freeze events along elevational gradients. *New Phytol.* 200 (4), 1166–1175.
- Lenz, A., Hoch, G., Körner, C., Vitasse, Y., 2016: Convergence of leaf-out timing towards minimum risk of freezing damage in temperate trees. *Funct. Ecol.* 30 (9), 1480–1490.
- Leuschner, C., Meier, I. C., and Hertel, D., 2006: On the niche breadth of *Fagus sylvatica*: soil nutrient status in 50 Central European beech stands on a broad range of bedrock types. *Ann. For. Sci.* 63, 355–368.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolstrom, M., Lexer, M.J., Marchetti, M., 2010: Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *For. Ecol. Manage.* 259 (4), 698–709.
- Mayr, S., Hacke, U., Schmid, P., Schwienbacher, F., and Gruber, A., 2006: Frost drought in conifers at the alpine timberline: xylem dysfunction and adaptations. *Ecology* 87, 3175–3185.
- Menzel, A., 2013: “Plant phenological “fingerprints,” detection of climate change impacts,” in *Phenology: An Integrative Environmental Science*, 2nd Edn, ed. M. D. Schwartz (Berlin: Springer), 335–350
- Menzel, A., Estrella, N., and Fabian, P., 2001: Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996. *Glob. Change Biol.* 7, 657–666.
- Menzel, A., Helm, R., Zang, C., 2015: Patterns of late spring frost leaf damage and recovery in a European beech (*Fagus sylvatica* L.) stand in south-eastern Germany based on repeated digital photographs, *Frontiers in Plant Science*, 6: 110.
- Menzel, A., Jakobi, G., Ahas, R., Scheifinger, H., and Menzel, A., 2003: Variations of the climatological growing season (1951-2000) in Germany compared with other countries. *Int. J. Climatol.* 23, 793–812.

- Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., et al., 2006: European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Glob. Change Biol.* 12, 1969–1976.
- Murray, M. B., Cannell, M. G. R., and Smith, R. I., 1989: Date of budburst of fifteen tree species in Britain following climatic warming. *J. Appl. Ecol.* 26, 693–700.
- Nielsen, C. N., and Jorgensen, F. V., 2003: Phenology and diameter increment in seedlings of European beech (*Fagus sylvatica* L.) as affected by different soil water contents: variation between and within provenances. *For. Ecol. Manag.* 174, 233–249.
- Ningre, F., and Colin, F., 2007: Frost damage on the terminal shoot as a risk factor of fork incidence on common beech (*Fagus sylvatica* L.). *Ann. For. Sci.* 64, 79–86.
- Petrutan, I. C., Luepke, B., and Petrutan, A. M., 2011: Influence of shelterwood and ground vegetation on late spring frost damages of planted beech (*Fagus sylvatica*) and Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii*) saplings. *Baltic Forestry* 17, 227–234.
- Polgar, C., Gallinat, A., and Primack, R. B., 2014: Drivers of leaf-out phenology and their implications for species invasions: insights from Thoreau's Concord. *New Phytol.* 202, 106–115.
- Polgar, C.A., Primack, R.B., 2011: Leaf-out phenology of temperate woody plants: from trees to ecosystems. *New Phytol.* 191 (4), 926–941
- Rathcke, B., and Lacey, E. P., 1985: Phenological patterns of terrestrial plants. *Annu. Rev. Ecol. Systemat.* 16, 179–214.
- Richardson, A.D., Keenan, T.F., Migliavacca, M., Ryu, Y., Sonnentag, O., Toomey, M., 2013: Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. *Agric. Forest Meteorol.* 169, 156–173.
- Rigby, J.R., Porporato, A., 2008: Spring frost risk in a changing climate. *Geophys. Res. Lett.* 35 (12), 5.
- Rodrigo, J., 2000: Spring frosts in deciduous fruit trees—morphological damage and flower hardiness. *Sci. Hort.* 85 (3), 155–173.

- Rosenzweig, C., Karoly, D., Vicarelli, M., Neofotis, P., Wu, Q., Casassa, G., et al., 2008: Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature* 453, 353–357.
- Sakai, A., and Larcher, W., 1987: *Frost Survival of Plants – Responses and Adaptation to Freezing Stress*. (Berlin: Springer), 321.
- Savolainen, O., Pyhäjärvi, T., and Knürr, T., 2007: Gene flow and local adaptation in trees. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Systemat.* 38, 595–619.
- Schaberg, P. G., DeHayes, D. H., Hawley, G. J., and Nijensohn, S. E., 2008: Anthropogenic alterations of genetic diversity within tree populations: implications for forest ecosystem resilience. *For. Ecol. Manag.* 256, 855–862.
- Scheifinger, H., Menzel, A., Koch, E., and Peter, C., 2003: Trends of spring time frost events and phenological dates in central Europe. *Theor. Appl. Climatol.* 74, 41–51.
- Scherler, M., Remund, J., Walther, L., 2016: Wasserhaushalt von Wäldern bei zunehmender trockenheit. In: Pluess, A.R., Augustin, S., Brang, P., B. Bundesamt für Umwelt BAFU, B. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL (Eds.), *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien*. Haupt, Bern, Stuttgart, Vienne.
- Schüler, S., Liesebach, M., and vonWühlisch, G., 2012: Genetische variation und plastizität des blattaustriebs von herkünften der rot-buche. *Appl. Agric. For. Res.* 4, 211–220.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Alexander, L. V., Allen, S. K., Bindoff, N. L., et al., 2013: “Technical summary,” in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, eds T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, et al. (Cambridge, NY: Cambridge University Press).
- Vanoni, M., Bugmann, H., Nötzli, M., Bigler, C., 2016: Drought and frost contribute to abrupt growth decreases before tree mortality in nine temperate tree species. *For. Ecol. Manage.* 382, 51–63.

- Višnjić, V.C., and Dohrenbusch, A., 2004: Frostresistenz und phänologie europäischer buchenprovenienzen (*Fagus sylvatica* L.). Allgemeine For. Jagdzeitung 175, 101–108.
- Vitasse, Y., Francois, C., Delpierre, N., Dufrene, E., Kremer, A., Chuine, I., et al., 2011: Assessing the effects of climate change on the phenology of European temperate trees. Agric. For. Meteorol. 151, 969–980.
- Vitasse, Y., Hoch, G., Randin, C. F., Lenz, A., Kollas, C., Scheepens, J. F., et al., 2013: Elevational adaptation and plasticity in seedling phenology of temperate deciduous tree species. Oecologia 171, 663–678.
- Vitasse, Y., Lenz, A., Koerner, C., 2014b: The interaction between freezing tolerance and phenology in temperate deciduous trees. Front. Plant Sci. 5 (541), 1–12.
- Vitasse, Y., Schneider, L., Rixen, C., Christen, D., Rebetez, M., 2018: Increase in the risk of exposure of forest and fruit trees to spring frosts at higher elevations in Switzerland over the last four decades, Agricultural and Forest Meteorology 248: 60–69.
- von Wuehlisch, G., Krusche, D., and Muhs, H. J., 1995: Variation in temperature sum requirement for flushing of beech provenances. Silvae Genetica 44, 343–346.
- Wargo, P., 1996: Consequences of environmental stress on oak: predisposition to pathogens. Ann. For. Sci. 53 (2–3), 359–368.
- Wallander, E., 2008: Systematics of *Fraxinus* (*Oleaceae*) and evolution of dioecy, Plant Systematics and Evolution, 273(1): 25-49.