

# GENETSKA RAZNOLIKOST REPRODUKTIVNIH I FENOLOŠKIH SVOJSTAVA I NJIHOVI MEĐUODNOSI U KLONSKOJ SJEMENSKOJ PLANTAŽI DIVLJE TREŠNJE (*Prunus avium* L.)

## GENETIC DIVERSITY OF REPRODUCTIVE AND PHENOLOGICAL TRAITS AND THEIR INTERRELATIONSHIPS IN A CLONAL SEED ORCHARD OF WILD CHERRY (*Prunus avium* L.)

Ida Katičić BOGDAN<sup>1</sup>, Višnja JURKIĆ<sup>2</sup>, Ivana BRLEK<sup>1</sup>, Marko BAČURIN<sup>1</sup>, Saša BOGDAN\*<sup>1</sup>

### SAŽETAK

Divlja trešnja (*Prunus avium* L.) vrsta je diskontinuiranog areala koja raste u mješovitim šumama južne, središnje i zapadne Europe. U šumarstvu dugoročni programi oplemenjivanja teže poboljšanju kvalitete i proizvodnje njenog drveta. U Hrvatskoj je na osnovi osam fenotipskih kriterija kvalitete drvne mase, na području tri sjemenske regije, provedena selekcija i odabrano 27 stabala divlje trešnje, te je 2002. godine osnovana klonska sjemenska plantaža na području šumarije Kutina. Za potrebe ovog istraživanja u plantaži je odabran uzorak od 24 klona, predstavljenih sa po tri ramete (Tablica 1). Na svakoj je rameti odabrana i obilježena po jedna primjerna grana. Izmjerena je puna dužina odabrane grane i svih njenih izbojaka koji su nosili cvjetove i plodove. Izmjeren je opseg rameta na 50 cm visine i preračunat u promjer. U proljeće 2013. godine na primjernim su granama, na svakoj rameti u ožujku prebrojani svi generativni pupovi (PUP) prije otvaranja. U travnju su prebrojani cvjetovi (CV), te na uzorku 20 cvatova, broj cvjetova u cvatu (BRC). U lipnju su na primjernim granama prebrojani svi plodovi. Broj pupova, cvjetova ili plodova je za sve izmjerene ramete sveden na 100 cm dužine grane. Varijabla Iskorištenje pupova (IPUP) izračunata je za svaku rametu kao omjer stvarnog broja cvjetova i potencijalnog broja cvjetova (formula u Materijal i metode). Zametanje plodova (ZPL) izračunato je kao omjer cvjetova i plodova. U periodu od 10. travnja do 06. lipnja 2013, na istim rametama na kojima su izvršene izmjere, provedena su fenološka opažanja cvjetanja divlje trešnje (Slika 1). Izvedene fenološke varijable su OP – početak otvaranja pupova – broj dana od 1. siječnja 2013. do dana kada je rameta ušla u fenofazu 1, PR – početak receptivnosti – broj dana do dana kada je rameta ušla u fenofazu 2, ZR – završetak receptivnosti – broj dana do dana kada je rameta ušla u fenofazu 6, TR – razlika ZR – PR, tj. broj dana koji je rameta provela u fenofazama 2 – 6, PVR – početak vrhunca receptivnosti – broj dana do dana kada je rameta ušla u fenofazu 3, ZVR – završetak vrhunca receptivnosti – broj dana do zadnjeg dana koji je rameta provela u fenofazi 5, TVR – trajanje vrhunca receptivnosti – razlika ZVR – PVR, tj. broj dana koji je rameta provela u fenofazama 3 – 5, KR – količina receptivnosti – zbroj koeficijenata ženske plodnosti za pojedine fenofaze u kojima je rameta zatečena na dane opažanja. Koeficijenti su izračunati na temelju tablice postotaka ženske plodnosti iz Diaz i Merlo (2008) (Tablica 2.). Rezultati deskriptivne statistike za varijable PUP, CV, IPUP, PL i ZPL prikazani su u Tablici 3 i na Slici 2, zajedno sa grafikonom prosječnih koeficijenata unutar klonske varijabilnosti. Na temelju meteoroloških podataka za Kutinu 2012. i 2013. godine izračunati su parametri zadovoljenja potreba biljaka za zimskim inaktivnim temperaturama (Winter chilling), kao i proljetnim temperaturama potrebnim za pokretanje sokova i početak vegetacijskog

<sup>1</sup> Doc. dr. sc. Ida Katičić Bogdan, Ivana Brlek, mag. ing. silv., Marko Bačurin, mag. ing. silv., Prof. dr. sc. Saša Bogdan, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Faculty of Forestry and Wood Technology, University of Zagreb

<sup>2</sup> Višnja Jurkić, mag. ing. silv., Hrvatske šume d.o.o., Zagreb, Croatian Forests Ltd, Zagreb

\* – dopisni autor (corresponding author)

perioda i (Forcing), po Luedeling i dr. 2013. (The Chilling Hours Model, The Utah Model za „Winter chilling“ i Growing Degree Hours Model za „Forcing“). Na temelju zemljopisnih koordinata utvrđene su nadmorske visine izvornih majčinskih stabala. Cilj istraživanja bio je utvrditi raznolikost nekih reproduktivnih svojstava na klonovima divlje trešnje iz klonske sjemenske plantaže Kutina, utvrditi međusoban odnos tih svojstava, odnos sa svojstvima vegetativnog rasta i fenološkim svojstvima. Pritom se nastojalo zapažene odnose staviti u kontekst podataka o okolišnim uvjetima u vrijeme cvatnje i plodonošenja. Od promatranih generativnih svojstava i početka otvaranja pupova (OP) klonovi su se statistički značajno razlikovali u svim svojstvima (CV, BRC, IPUP, ZPL, PL, OP) osim broja generativnih pupova (PUP) (ANOVA – Tablica 4). Te su razlike kod BRC i CV bile uzrokovane razlikama između klonova sa ekstremnim vrijednostima, dok se veći Oroslavje na ostalih klonova međusobno nije statistički značajno razlikovala (Tukey Kramer test), ali statistička značajnost međuklonskih razlika rasla je po varijablama od stadija pupa do konačnog plodonošenja. Statistički najznačajnije razlike među klonovima ustanovljene su za početak otvaranja pupova (OP) (Tablica 5), gdje je i unutarklonska raznolikost bila značajna. Meteorološke prilike u 2012. i 2013. godini bile su relativno povoljne i biljke su zadovoljile svoje potrebe (Winterchilling i Forcing). Vrijednosti zamatanja plodova (ZPL) bile su u skladu s drugim istraživanjima ili čak više, što upućuje na zadovoljavajući rodni potencijal ovih klonova u slučaju povoljnih vremenskih uvjeta, prisustva polinatora i pravovremenog suzbijanja štetnika. U ovom smo istraživanju utvrdili pozitivnu korelaciju između početnog broja generativnih pupova, te naknadnog broja cvjetova i, konačno, plodova. Početni broj pupova bio je pozitivno koreliran i sa samim zamatanjem plodova. Isto se tako pokazalo da su klonovi koji su ranije ušli u vrhunac receptivnosti (PVR) bili uspješniji u plodonošenju i zamatanju plodova (Tablica 6). Međutim, iskorištenje pupova kao omjer stvarnog i potencijalnog broja cvjetova pokazalo je suprotan trend, što nije u skladu sa spomenutim istraživanjem, ali odgovara čestom opažanju o međusobnoj kompeticiji ne samo vegetativnih i generativnih organa biljke, nego i međusobnoj kompeticiji generativnih organa. Fenološke varijable bile su značajno korelirane sa nadmorskom visinom, ukazujući na to da kasniji klonovi dolaze izvorno sa viših nadmorskih visina. Kasniji klonovi statistički značajno imaju ramete manjih promjera. Fenološke varijable uglavnom nisu bile značajno korelirane sa reproduktivnim svojstvima, sa izuzetkom IPUP i ZPL. Kod svojstva IPUP, kasniji klonovi, kod kojih je kasnije i nastupio početak otvaranja pupova i receptivnosti cvjetova (PR – ulazak u fenofazu 2) imali su bolje iskorištenje pupova, međutim naknadno slabije zamatanje plodova (ZPL).

**KLJUČNE RIJEČI:** *Prunus avium*, cvjetanje, plodonošenje, fenologija, korelacije, zamatanje plodova, međuklonska varijabilnost

## UVOD INTRODUCTION

Divlja trešnja (*Prunus avium* L.) vrsta je diskontinuiranog areala koju nalazimo u manjim grupama ili kao pojedinačna stabla u mješovitim šumama u južnoj, središnjoj i zapadnoj Europi. Vrlo je cijenjena zbog visokokvalitetnog drveta koje se koristi za proizvodnju namještaja i muzičkih instrumenata. Zbog zadovoljavanja potreba za kvalitetnim drvnim materijalom u nekim su državama ustanovljeni dugoročni programi oplemenjivanja divlje trešnje, s ciljem optimizacije kvalitete i osiguravanja potrebnih količina drveta (Diaz i Merlo, 2008; Kobliha, 2002.). U Hrvatskoj je također pokrenut sličan program oplemenjivanja osnivanjem klonske sjemenske plantaže divlje trešnje na području šumarije Kutina 2002. godine. Izvršena je fenotipska selekcija plus stabala, uzimajući u obzir osam kriterija selekcije i u plantažu su uključene ramete 27 fenotipski najpoželjnijih stabala s tog područja (Kajba et al., 2011.). Kriteriji su uzimali u obzir pokazatelje kvalitete drveta, vegetativnog rasta, te zdravstvenog stanja odabranih jedinki.

Sjemenska plantaža ima osnovnu funkciju proizvodnje velikih količina genetski oplemenjenog reproduktivnog ma-

terijala, nastalog međusobnim oprašivanjem odabranih kvalitetnih jedinki. Kao što je spomenuto, plus stabla uključena u plantažu odabrana su na temelju svojih vegetativnih kvaliteta, bez saznanja o njihovom reproduktivskom potencijalu. S obzirom da su neka istraživanja pokazala da vrste roda *Prunus*, gdje spada i divlja trešnja, pokazuju mogućnost konkurencije vegetativnog rasta s ulaganjem stabla u reprodukciju (Mičić et al., 2008.), postoji mogućnost da selekcija plus stabala baš na izražena svojstva vegetativnog rasta rezultira odabirom stabala lošijih reproduktivskih sposobnosti. S ciljem dovođenja vegetativnog rasta u ravnotežu s optimalnom proizvodnjom sjemena, zadržavajući genetski potencijal za kvalitetna vegetativna svojstva, koriste se metode cijepjenja plemki na manje ili više bujne podloge, te se vegetativni rast regulira rezidbom za optimalni urod sjemena (Mičić et al., 2008; Kajba et al., 2007.).

Mnoge vrste šumskog drveća „kalkuliraju“ ulaganje u proizvodnju sjemena, ovisno o dostupnim resursima i uvjetima okoliša. Međutim, česta je pojava stvaranje velikog broja cvjetova, od kojeg značajno manji postotak rezultira konačnom proizvodnjom plodova (Stephenson, 1981). Jedna od teorija pretpostavlja da si proizvodnjom velikog broja cvje-

tova stablo osigurava širu osnovu za nastanak i opstanak najkvalitetnijeg potomstva prirodnom selekcijom, a ujedno stvara i veće zalihe jajnih stanica u slučaju optimalnih uvjeta u vrijeme plodonošenja (Guitian, 1993.). Brojna reproduktivna svojstva, poput broja generativnih pupova, cvjetova ili plodova po jedinici dužine ili površine, odbacivanje u fazi pupa, cvijeta ili ploda, po nekim su istraživanjima značajno određena genotipom i u jakoj su i složenoj interakciji s okolišnim uvjetima (Zhang et al., 2018; Li et al., 2010; Ruiz and Egea, 2008; Hedhly et al., 2012; Albuquerque et al., 2004; Rodrigo and Herrero, 2002; Wang et al., 2000; De Souza et al., 1998.). I u prethodnom istraživanju na uzorku klonova iz klonske sjemenske plantaže Kutina, kroz dvije godine izmjera postojala je statistički značajna međuklonska varijabilnost između klonova, iako uzrokovana razlikama između manjeg broja klonova. Također je postojala i značajna korelacija između broja plodova po klonovima u dvije različite godine, što ukazuje na utjecaj genotipa. Postojanje statistički značajne interakcije između godine i klona za broj plodova ukazalo je pak na različit utjecaj okolišnih prilika u datoj godini na plodonošenje pojedinačnih klonova (Katičić et al., 2015.). Do sada nisu bili objavljeni rezultati fenoloških istraživanja cvjetanja u ovoj plantaži, ali po prethodnim istraživanjima brojnih autora na vrstama roda *Prunus* za očekivati je da su ova svojstva pod jakom genetskom kontrolom (Vander Mijnsbrugge et al., 2020; 2016.)

Cilj ovoga istraživanja je nastavak istraživanja međuklonske i unutarklonske varijabilnosti nekih svojstava vegetativnog rasta, cvjetanja, plodonošenja i fenologije cvjetanja, kao i međusobnog odnosa tih svojstava na svim klonovima uključenim u plantažu kod kojih je bilo moguće provesti izmjere. Dodatno se nastojalo praćena svojstva staviti u kontekst meteoroloških prilika u vrijeme formiranja cvjetova, cvjetanja i plodonošenja.

## MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

### Izmjere – Measurements

U klonskoj sjemenskoj plantaži divlje trešnje (*Prunus avium* L.) u Kutini odabrane su po tri ramete od 24 klona prikazane u Tablici 1.

Na odabranim rametama, 2013. godine izmjereni su opsezi na 50 cm visine debla. Izmjerom opsega obuhvaćaju se moguće nepravilnosti debla. Izmjereni opsezi naknadno su preračunati u promjere za svaku rametu. Za procjenu generativnih svojstava na svakoj je rameti odabrana i obilježena po jedna primjerna grana. Izmjerena je puna dužina odabrane grane i svih njenih izbojaka na kojima su se nalazili pupovi, cvjetovi odnosno plodovi. Na primjernim su granama, na svakoj rameti, u ožujku prije početka cvatnje

**Tablica 1.** Klonovi divlje trešnje uključeni u istraživanje

**Table 1** – Wild cherry clones included in this research

Oznaka klona (Clone)	Uprava šuma područnica (Forest district)	Šumarija (Forest office)	Gospodarska Jedinica (Management unit)	Odjel/odsjek (Department)	Nadmorska visina ortete (Elevation of the orthete)
ĐU1	Bjelovar	Đulovac	Vrani kamen	13a	271
ĐU2	Bjelovar	Đulovac	Vrani kamen	13a	276
N1	Nova Gradiska	Novska	Novsko brdo	28a	182
N3	Nova Gradiska	Novska	Novsko brdo	28a	165
KP2	Koprivnica	Kloštar Podravski	Seča	46e	215
KP3	Koprivnica	Kloštar Podravski	Seča	46e	227
KC1	Koprivnica	Koprivnica	Novigradska planina	25c	279
KC2	Koprivnica	Koprivnica	Novigradska planina	40a	272
R1	Koprivnica	Koprivnica	Novigradska planina	30a	257
R2	Koprivnica	Koprivnica	Novigradska planina	30e	235
NB1	Koprivnica	Koprivnica	Novigradska planina	39b	245
L1	Zagreb	Lipovljani	Jamaričko brdo	60a	178
L2	Zagreb	Lipovljani	Jamaričko brdo	60a	170
L3	Zagreb	Lipovljani	Jamaričko brdo	31a	173
L4	Zagreb	Lipovljani	Jamaričko brdo	61a	168
L5	Zagreb	Lipovljani	Jamaričko brdo	61a	199
K1	Zagreb	Kutina	Kutinske prigorske sume	16a	174
K2	Zagreb	Kutina	Kutinske prigorske sume	16a	162
K3	Zagreb	Kutina	Kutinske prigorske sume	16a	189
K4	Zagreb	Kutina	Kutinske prigorske sume	18e	133
K5	Zagreb	Kutina	Kutinske prigorske sume	66a	172
PŽ	Požega	Požega	Sjeverni Dilj Pleternički	48e	211
G1	Bjelovar	Garešnica	Garjevica	31b (a)	172
G2	Bjelovar	Garešnica	Garjevica	52c (a)	255

prebrojani generativni pupovi, u travnju su na istim granama prebrojani cvjetovi, a u lipnju plodovi. S obzirom da su primjerne grane različitih dužina, broj pupova, cvjetova ili plodova, zbog usporedivosti rezultata za sve izmjerene ramete, sveden je na 100 cm dužine grane. U travnju je također na svakoj rameti nasumično odabran uzorak od 20 cvatova i prebrojan je broj cvjetova koji ih sačinjavaju. Na temelju tog uzorka izračunat je prosječni broj cvjetova u cvatu za svaku rametu.

Varijable broja pupova, cvjetova odnosno plodova na 100 cm, te prosječnog broja cvjetova u cvatu, opisane su oznakama kako slijedi: PUP, CV, PL i BRC.

Varijabla - iskorištenje pupova (oznaka IPUP), izračunata je za svaku rametu kao omjer stvarnog broja cvjetova i potencijalnog broja cvjetova po formuli:

$$IPUP_i = \frac{CV_i}{PUP_i * BRC_i}$$

gdje je  $CV_i$  broj cvjetova na 100 cm,  $PUP_i$  broj generativnih pupova, a  $BRC_i$  prosječni broj cvjetova u cvatu kod i-te ramete.

Varijabla - zamatanje plodova (oznaka ZPL), izračunata je za svaku rametu kao omjer broja plodova i broja cvjetova:

$$ZPL_i = \frac{PL_i}{CV_i}$$

gdje je  $CV_i$  broj cvjetova na 100 cm, a  $PL_i$  broj plodova i-te ramete

### Fenološka opažanja – *Phenological observations*

U periodu od 10. travnja do 06. lipnja 2013. godine, u deset navrata, na istim rametama na kojima su izvršene izmjere, provedena su fenološka opažanja cvjetanja divlje trešnje. Na slici 1 prikazan je ključ po kojemu su bilježene fenofaze. U datom opažanju za svaku je rametu zabilježena najnaprednija fenofaza koju se moglo zamijetiti na stablu. Vrednovanje stupnja ženske plodnosti cvjetova u pojedinoj fenofazi preuzeto je iz Diaz i Merlo (2008) i prikazano je u Tablici 2.

Na temelju fenoloških opažanja definirane su sljedeće varijable:

OP – početak otvaranja pupova (*Bud burst*) - broj dana od 1. siječnja 2013. godine do dana kada je rameta ušla u fenofazu 1;

PR – početak receptivnosti (*Beginning of receptivity*) – broj dana od 1. siječnja 2013. godine do dana kad je rameta ušla u fenofazu 2;



1. Pupovi se otvaraju, naziru se vrhovi latica, ali cvijet je još potpuno zatvoren (*Bud burst, tips of petals visible, but flower still closed*)
2. Cvjetovi su djelomično otvoreni, između latica naziru se prašnici i tučak, ali vidljivo je da cvjetovi nisu potpuno otvoreni (*The flowers are partially open, the stamen and pistils are visible between the petals, but it is evident that the flowers are not fully open*)
3. Cvjetovi su potpuno otvoreni, puni cvat. Sve latice još su na cvjetovima (*Flowers fully open, full bloom, All petals on flowers*)
4. Cvjetovi su potpuno otvoreni, ali već su otpale neke latice. Faza pri kraju punog cvata (*Flowers fully open, but some petals have fallen off, end of full bloom*)
5. Otpale su sve latice (*All the petals have fallen off*)
6. Mali zeleni plod (*Little green fruit*)
7. Još pretežno zeleni plod normalne veličine (*Full size fruit, but mostly green*)

**Slika 1.** Fenofaze divlje trešnje (*Prunus avium* L.),  
**Figure 1.** Phenological phases in Wild cherry (*Prunus avium* L.) flowering



ZR – **završetak receptivnosti** (*End of receptivity*) - broj dana od 1. siječnja 2013. godine do dana kad je rameta ušla u fenofazu 6;

TR – **trajanje receptivnosti** (*Duration of receptivity*) – razlika ZR – PR, tj. broj dana koji je rameta provela u fenofazama 2 – 6;

PVR – **početak vrhunca receptivnosti** (*Beginning of receptivity peak*) - broj dana od 1. siječnja 2013. godine do dana kad je rameta ušla u fenofazu 3;

ZVR – **završetak vrhunca receptivnosti** (*End of receptivity peak*) – broj dana od 1. siječnja 2013. godine do zadnjeg dana koji je rameta provela u fenofazi 5;

TVR – **trajanje vrhunca receptivnosti** (*Duration of receptivity peak*) – razlika ZVR – PVR, tj. broj dana koji je rameta provela u fenofazama 3 – 5;

KR – **količina receptivnosti** (*Amount of receptivity*) – zbroj koeficijenata ženske plodnosti za pojedine fenofaze u kojima je rameta zatečena na dane opažanja. Koeficijenti su izračunati na temelju vrednovanja postotaka ženske plodnosti u pojedinoj fenofazi preuzetog iz Diaz i Merlo (2008) i prikazani su u Tablici 2. Najmanji postotak, za Fazu 7, uzet je kao koeficijent 1, a drugi su koeficijenti potom izračunati kao postotak tog koeficijenta.

Količina receptivnosti za pojedinu rametu izračunata je na sljedeći način: ako je rameta kroz osam opažanja u kojima je bila u fenofazi većoj od 1, imala sljedeće vrijednosti fenofaza: 2, 3, 5, 6, 6, 6, 6, 7, njezina KR bit će izračunata kao  $1,17+2,11+2,84+1,57+1,57+1,57+1,57+1 = 13,4$ .

### Meteorološki podaci i nadmorske visine (*Meteorological data and elevation*)

Podaci o srednjim i ekstremnim dnevnim temperaturama, kao i termini temperatura za klimatološku stanicu Kutina (2012. i 2013. godina), dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda. Podaci su izraženi kao vrijednosti temperature zraka za svaki sat u danu, izračunate interpolacijom između izmjerenih temperatura u određenim terminima. Na temelju tih podataka izračunati su parametri zadovoljenja potreba biljaka za zimskim inaktivnim temperaturama (*Winter chilling*), kao i proljetnim temperaturama,

potrebnim za pokretanje sokova i početak vegetacijskog perioda (*Forcing*). S obzirom da točno godišnje razdoblje kada trešnja najučinkovitije zadovoljava potrebe za zimskim inaktivnim temperaturama na području Kutine nije moglo biti određeno, zbog nedostatka višegodišnjih fenoloških opažanja, razdoblje za zimsko hlađenje (*Winter chilling*), kao i razdoblje za zadovoljenje potreba za proljetnim temperaturama (*Forcing*) preuzeta su iz Luedeling et al. (2013). Prvo razdoblje je od 1. studenog do 11. veljače, a potonje od 12. veljače do 18. travnja.

Potrebe za zimskim inaktivnim temperaturama izračunate su pomoću dva klasična modela:

1) Model sati „hlađenja“ (*The Chilling Hours Model* – Chandler1957)) i

2) Model Utah (*The Utah Model* -Richardson et al., 1974).

Prvi model je najstariji model koji je još uvijek u širokoj uporabi i koji uzima u obzir sve sate s temperaturama između 0 i 7.2°C kao jednako učinkovite za ispunjenje potreba biljke za zimskim hlađenjem. Ukupan broj sati učinkovitog zimskog hlađenja u određenom razdoblju računa se po formuli (preuzeto iz Luedeling i Brown, 2011):

$$CH_t = \sum_{i=1}^t T_{7.2}; \text{ sa } T_{7.2} = \begin{cases} 0^\circ\text{C} < 10 \leq 7.2^\circ\text{C} & :1 \\ \text{inače} & :0 \end{cases}$$

što znači da se u datom razdoblju zbrajaju svi sati sa vrijednošću temperature između 0 i 7.2°C.

Drugi model je složeniji i pribraja različite vrijednosti različitim intervalima temperatura, pridodavši i negativnu vrijednost previsokim temperaturama koje „poništavaju“ vrijednost akumuliranog zimskog hlađenja. Izračun jedinica po Modelu Utah računa se po formuli (preuzeto iz Luedeling i Brown, 2011):

$$UCU_t = \sum_{i=1}^t T_U; \text{ sa } T_U = \begin{cases} T \leq 1.4^\circ\text{C} & :0 \\ 1.4^\circ\text{C} < T \leq 2.4^\circ\text{C} & :0.5 \\ 2.4^\circ\text{C} < T \leq 9.1^\circ\text{C} & :1 \\ 1.4^\circ\text{C} < T \leq 2.4^\circ\text{C} & :0.5 \\ 12.4^\circ\text{C} < T \leq 15.9^\circ\text{C} & :1 \\ 15.9^\circ\text{C} < T \leq 18^\circ\text{C} & :-0.5 \\ T \geq 18^\circ\text{C} & :1 \end{cases}$$

**Tablica 2.** Postotci i koeficijenti ženske plodnosti u pojedinim fenološkim fazama cvjetanja, preuzeto iz Diaz i Merlo (2008)

**Table 2.** Percentages and coefficients of female fertility in individual phenology phases, as in Diaz and Marlo (2008)

Fenološka faza ( <i>Phenological Phase</i> )	Postotak ženske plodnosti ( <i>Percentage of female fertility</i> )	Koeficijent ženske plodnosti ( <i>Coefficient of female fertility</i> )
2	23	1,17
3	41,5	2,11
4	73,2	3,72
5	55,9	2,84
6	31	1,57
7	19,7	1

iz koje se vide vrijednosti koje se pridodaju određenim temperaturama. Zbroj svih tih vrijednosti u određenom razdoblju predstavlja ukupan broj jedinica potrebnih za zadovoljenje potreba biljke za zimskim hlađenjem.

Potreba za zadovoljenjem proljetnih temperatura, potrebnih za pokretanje sokova i početak vegetacijskog perioda (Forcing) izračunata je pomoću Modela GDH (*Growing Degree Hours* - Anderson et al., 1986). Jedinice GDH izračunate su iz podataka za temperaturu u svakom satu ( $T_h$ ) u datom razdoblju kao funkcija bazne ( $T_b$ ), optimalne ( $T_u$ ) i kritične temperature ( $T_c$ ) po formulama (preuzeto iz Luedeling i Brown, 2011):

$$GDH = F \frac{T_u - T_b}{2} \left( 1 + \cos \left( \pi + \pi \frac{T_h - T_b}{T_u - T_b} \right) \right)$$

za temperature između  $T_b$  i  $T_u$ :

$$GDH = F (T_u - T_b) \left( 1 + \cos \left( \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} \left( \frac{T_h - T_u}{T_c - T_u} \right) \right) \right)$$

za temperature između  $T_u$  i  $T_c$ :

Ukupan broj potrebnih jedinica je zbroj vrijednosti za svaki sat u datom razdoblju.

Uobičajeno se za voćkarice uzima  $T_b = 4$  °C,  $T_u = 25$  °C i  $T_c = 36$  °C, a koeficijent  $F = 1$ , ako biljka nije pod nikakvim posebnim stresom.

Nadmorske visine izvornih majčinskih stabala (orteta) očitane su pomoću aplikacije Google Earth (verzija 9.162.0.2), pomoću geografskih koordinata položaja izvornih stabala.

### Statistička obrada podataka – Statistical analysis

Statistička obrada podataka provedena je pomoću statističkog paketa SAS (SAS Studio software, a free version of SAS OnDemand for Academics by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) i Microsoft Excel.

Deskriptivna statistika za varijable PUP, CV, BRC, PL, IPUP i ZPL provedena je pomoću PROC MEANS procedure. Zavisnost između svih varijabli testirana je korelacijskim analizama po metodama Pearsona i Spearmana, pomoću PROC CORR procedure. Analiza varijance za varijable

PUP, CV, BRC, PL, IPUP, ZPL i OP provedena je pomoću PROC GLM procedure. Značajnosti najmanjih signifikantnih razlika između sredina klonova za sve varijable testirane su pomoću Tukey-Kramerovog testa. Svi grafikoni i obračuni meteoroloških podataka napravljeni su u Excelu.

## REZULTATI RESULTS

### Deskriptivna analiza – Descriptive analysis

Na Slici 2 prikazani su parametri deskriptivne statistike za sljedeće varijable: broj generativnih pupova na 100 cm duljine (PUP), prosječni broj cvjetova u cvatu (BRC), broj cvjetova na 100 cm duljine (CV), iskorištenje pupova (IPUP), broj plodova na 100 cm duljine (PL) i zametanje plodova (ZPL). Klonovi su kod svih varijabli poredani silazno. U Tablici 3 prikazane su maksimalne i minimalne vrijednosti pojedinog svojstva i pripadajući klonovi kod kojih su zabilježeni, te maksimalni i minimalni koeficijenti unutarklonske varijabilnosti s pripadajućim klonovima, kao i srednji koeficijent varijabilnosti za to svojstvo.

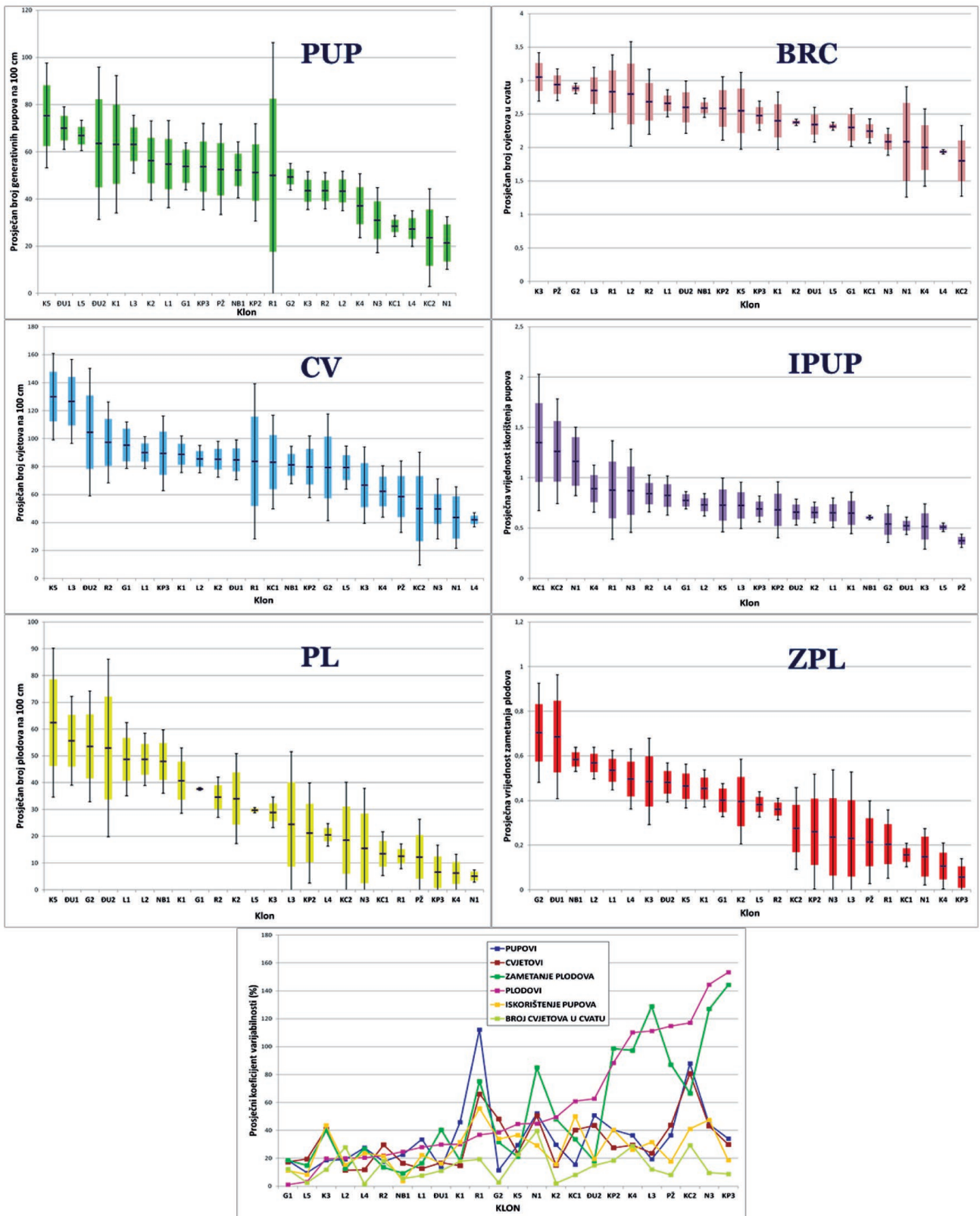
### Analiza varijance ANOVA – Analysis of variance ANOVA

Rezultati analize varijance za varijable: PUP, BRC, CV, IPUP, PL, ZPL i OP prikazani su u Tablici 4. Analiza varijance broja generativnih pupova na 100 cm nije pokazala statistički značajne razlike između klonova, a Tukey-Kramerov test dodatno je pokazao da između niti jednog para klonova nisu postojale statistički značajne razlike u ovom svojstvu. Za sva su ostala svojstva ustanovljene statistički značajne razlike različitog stupnja statističke značajnosti, s tendencijom porasta međuklonske varijabilnosti u procesu od nastanka pupova do konačnog plodonošenja. Tako je post hoc Tukey-Kramerov test za BRC pokazao statistički značajnu razliku samo između dva ekstremna klon, dakle K3 i KC2. Slično je bilo i sa Varijablom CV, gdje je ustanovljeno da je statistički značajna međuklonska varijabilnost opet uzrokovana jedino razlikom između ekstremnih klonova K5 i L4. U slučaju varijable IPUP značajnost je uzro-

**Tablica 3.** Minimalne i maksimalne vrijednosti varijabli PUP, BRC, CV, IPUP, PL i ZPL sa pripadajućim klonovima te maksimalni i minimalni koeficijenti unutarklonske varijabilnosti (KV) s pripadajućim klonovima, kao i srednji koeficijent varijabilnosti za tu varijablu.

**Table 3.** Minimum and maximum values of the variables PUP, BRC, CV, IPUP, PL and ZPL with the associated clones and the maximum and minimum coefficients of intracolon variability with the associated clones, as well as the mean coefficient of variability (CV) for that variable.

Varijabla (Variable)	Klon / max (Clone / max)	Klon / min (Clone / min)	KV klon / max (%) (CV clone / max (%))	KV klon / min (%) (CV clone / min (%))	KV sr (CV average (%))
PUP	K5 75,38	N1 21,35	R1 112,2	L5 9,61	34,4
BRC	K3 3,05	KC2 1,80	N1 31,9	K2 2,05	14,2
CV	K5 130,08	L4 41,93	KC2 80,81	L2 11,47	31,56
IPUP	KC1 1,35	PŽ 0,37	R1 55,74	NB1 3,63	27,56
PL	K5 62,41	N1 5,11	KP3 153,27	G1 1,13	57,36
ZPL	G2 0,70	KP3 0,06	KP3 144,30	NB1 9,21	53,07



**Slika 2.** Prikaz varijabli: prosječni broj pupova na 100 cm (PUP), prosječni broj cvjetova u cvatu (BRC), prosječni broj cvjetova na 100 cm (CV), iskorištenje pupova (IPUP), prosječni broj plodova na 100 cm (PL) i zametanje plodova (ZPL) poredano silazno po klonovima i koeficijenti unutar-klonske varijabilnosti navedenih varijabli. Horizontalna crtica prikazuje aritmetičku sredinu klona, pravokutnik (box) prikazuje standardnu pogrešku sredine, a vertikalne linije (whiskers) standardnu devijaciju.

**Figure 2.** Display of variables: average number of buds per 100 cm (PUP), average number of flowers in inflorescence (BRC), average number of flowers per 100 cm (CV), average realization of buds (IPUP), average number of fruits per 100 cm (PL) and fruit set (ZPL) for clones in descending order and coefficients of variation for these variables. Horizontal hyphen represents the arithmetic mean of a clone, the box represents the standard error of the mean, and whiskers the standard deviation.

**Tablica 4.** Analiza varijance (ANOVA) za prosječni broj pupova na 100 cm (PUP), prosječni broj cvjetova u cvatu (BRC), prosječni broj cvjetova na 100 cm (CV), iskorištenje pupova (IPUP), prosječni broj plodova na 100 cm (PL), zametanje plodova (ZPL) i početak otvaranja pupova (OP). \*\*\* statistički značajno na razini  $p < 0,0001$ , \*\* na razini  $0,001 > p > 0,0001$ , a \*  $p < 0,05$ .

**Table 3.** Analysis of Variance (ANOVA) for average number of buds per 100 cm (PUP), average number of flowers in inflorescence (BRC), average number of flowers per 100 cm (CV), average realisation of buds (IPUP), average number of fruits per 100 cm (PL), fruit set (ZPL) and bud burst (OP), \*\*\* statistically significant at the  $p < 0,0001$  level, \*\* – at  $0,001 < p < 0,0001$  level and \* – at the  $p < 0,05$  level

Varijabla (Variable)	Izvor Varijabilnosti (Source of variability)	Stupnjevi Slobode (Degrees of freedom)	Suma kvadrata (Sum of squares)	Srednji kvadrati (Average squares)	F	p
PUP	klon	23	14468,71	629,07	1,62082	0,0811
BRC	klon	23	7,722	0,3357	2,14318	0,0138*
CV	klon	23	33660,4	1463,49	1,99079	0,0234*
IPUP	klon	23	3,6596	0,15911	2,0996	0,0161*
PL	klon	23	20854,17	906,703	3,4545	0,00017**
ZPL	klon	23	2,2171	0,0964	3,5136	0,00014**
OP	klon	23	282,67	12,289	6,9130	< 0,0001***

kovana razlikama između klonova KC1 i PŽ, te KC2 i PŽ. Kod varijable PL međuklonska varijabilnost je značajna na stupnju  $0,001 > p > 0,0001$  i uzrokovana je statistički značajnim razlikama između klonova: K5 i N1, K5 i K4, K5 i KP3 i ĐU1 i N1. Isti slučaj je i sa ZPL, gdje je značajnost također na razini  $0,001 > p > 0,0001$  i uzrokovana je statistički značajnim razlikama između klonova: G2 i KP3, G2 i K4, G2 i N1 i G2 i KC1, kao i ĐU1 i KP3 i ĐU1 i K4. Kod početka otvaranja pupova (OP) međuklonska varijabilnost statistički je značajna na razini  $p < 0,0001$  i uzrokovana je razlikama između više parova klonova, čije je grupiranje s obzirom na značajnost međusobnih razlika prikazano u Tablici 5.

### Korelacije između promatranih svojstava

U Tablici 6 prikazani su korelacijski odnosi između promatranih varijabli. Vrijednosti korelacijskih koeficijenata za oba tipa korelacije s najvišim stupnjem statističke značajnosti očekivano su ustanovljene između različitih fenoloških varijabli, te međusobno između reproduktivnih svojstava (PUP, CV, PL). Dakle, bez obzira na odnose između tih varijabli s varijablama iskorištenje pupova (IPUP) i zametanje plodova (ZPL), biljke koje su imale najviše generativnih pupova, imale su u konačnici i više cvjetova, te konačno plodova. Međutim, varijabla iskorištenje pupova u negativnoj je korelaciji s brojem pupova, plodova, brojem cvjetova u cvatu (BRC) i zametanjem plodova. To nam govori da se kod rameta koje su proizvele velik broj generativnih pupova, manji broj tih pupova uspješno razvio u cvatove, nego kod biljaka koje su u startu proizvele manje pupova. Ramete kod kojih je nastanak cvjetova iz pupova bio uspješniji, naknadno su pokazale manju učinkovitost u zametanju plodova tj. suvišak nastalih cvjetova nije se manifestirao u većoj prozvodnji plodova. Ramete koje su ranije započele sa cvatnjom bile su manje uspješne u iskorištenju pupova, ali zato uspješnije u plodonošenju i zametanju plodova.

**Tablica 5.** Grupiranje klonova po Tukey Kramer post hoc testu za Analizu varijance varijable Početak otvaranja pupova (OP)

**Table 5.** Grouping of clones by Tukey Kramer post hoc test for Analysis of variance for variable Bud burst (OP)

KLON (Clone)	PRSNK (Estimate of least square means)	GRUPE PO TK (Grouping by Tukey Kramer)			
R2	107,67	a			
R1	106,33	a	b		
NB1	105,33	a	b	c	
G1	105	a	b	c	d
KC1	105	a	b	c	d
KC2	105	a	b	c	d
DjU2	104	a	b	c	d
PZ	104	a	b	c	d
N1	103,5	a	b	c	d
DjU1	103		b	c	d
KP3	103		b	c	d
L4	103		b	c	d
N3	103		b	c	d
KP2	102,33		b	c	d
G2	102		b	c	d
L3	102		b	c	d
L1	101,33			c	d
K2	100,67				d
K1	100				d
K3	100				d
K4	100				d
K5	100				d
L2	100				d
L5	100				d

Ustanovljena je i visoka korelacija između nadmorske visine i nekih fenoloških varijabli, u smislu da biljke izvorno sa viših nadmorskih visina, u pravilu kasnije započinju s otvaranjem pupova, cvatnjom i plodonošenjem. Također je ustanovljena i neobična statistički značajna korelacija



**Tablica 6.** Korelacijski odnosi između varijabli. Simboli objašnjeni u poglavlju Materijal i metode, osim D (promjer ramete) i NV (nadmorska visina na kojoj se nalazi izvorno uzorkovano plus stablo. Gornja dijagonala – korelacijska analiza po Spearmanu, donja dijagonala – po Pearsonu. U svakoj kućici broj predstavlja koeficijent korelacije. \*\*\* statistički značajni korelacijski odnosi na razini  $p < 0,0001$ , \*\* na razini  $0,001 > p > 0,0001$ , \*  $p < 0,05$ .

**Table 6.** Correlation between variables. Symbols are explained in Material and Methods, except for D (ramete diameter) and NV (elevation of the original mother tree location (orthete)). Upper diagonal – correlation by Spearman, lower diagonal – correlation by Pearson. Numbers are correlation coefficients – \*\*\* statistically significant at the  $p < 0,0001$  level, \*\* - at  $0,001 < p < 0,0001$  level and \* - at the  $p < 0,05$  level

Variable	D	PUP	CV	PL	BRC	ZPL	IPUP	PR	ZR	ZR	TR	PVR	ZVR	TVR	KR	OP	NV
D		0,19	0,20	0,22	0,20	0,24*	-0,18	-0,44**	-0,30*	0,00	0,17	0,34*	-0,19	0,17	0,34*	-0,39**	-0,373*
PUP	0,10		0,67***	0,54***	0,38*	0,30*	-0,71***	-0,26*	-0,22	-0,12	-0,12	-0,24*	-0,25*	-0,12	0,11	-0,293*	-0,01
CV	0,13	0,70***		0,54***	0,49***	0,13	-0,14	-0,10	-0,14	-0,11	-0,01	-0,11	-0,07	-0,01	0,01	-0,12	0,04
PL	0,18	0,54***	0,53***		0,324*	0,85***	-0,35*	-0,21	-0,22	-0,08	-0,08	-0,31*	-0,14	0,11	0,13	-0,23	0,03
BRC	0,22	0,42**	0,55***	0,37*		0,20	-0,46***	-0,03	-0,05	-0,08	-0,08	0,02	0,01	-0,01	0,02	-0,05	0,16
ZPL	0,25*	0,26*	0,08	0,83***	0,19		-0,39*	-0,25*	-0,18	0,01	0,01	-0,347*	-0,10	0,20	0,238*	-0,24*	0,00
IPUP	-0,23	-0,64***	-0,13	-0,35*	-0,46***	-0,37*		0,27*	0,16	0,02	0,02	0,21	0,21*	0,08	-0,19	0,28*	-0,03
PR	-0,42**	-0,22	-0,10	-0,23	-0,02	-0,27*	0,25*		0,68***	0,09	0,78***	0,88***	0,63***	-0,02	-0,64***	0,85***	0,58***
ZR	-0,28*	-0,24*	-0,12	-0,22	-0,09	-0,18	0,26*	0,72***		0,74***	0,78***	0,74***	0,92***	0,51***	-0,05	0,71***	0,64***
TR	0,00	-0,13	-0,08	-0,10	-0,11	0,00	0,12	0,07	0,74***		0,24*	0,28*	0,70***	0,66***	0,42**	0,23	0,37*
PVR	-0,40**	-0,19	-0,09	-0,28*	0,00	-0,307*	0,27*	0,92***	0,79***	0,24*		0,70***	0,68***	-0,08	-0,60***	0,68***	0,60***
ZVR	-0,15	-0,24	-0,04	-0,13	-0,02	-0,10	0,26*	0,65***	0,91***	0,69***	0,69***	0,70***	0,68***	0,67***	0,03	0,73***	0,60***
TVR	0,21	-0,13	0,03	0,11	-0,03	0,19	0,08	-0,06	0,45***	0,71***	0,71***	-0,07	0,66***	0,68***	0,32*	0,32*	0,21
KR	0,36*	0,03	0,02	0,13	-0,02	0,24	-0,12	-0,64***	-0,07	0,52***	0,52***	-0,58***	0,09	0,74***	-0,28*	-0,28*	-0,20
OP	-0,36*	-0,24*	-0,09	-0,20	-0,06	-0,19	0,26*	0,85***	0,68***	0,16	0,70***	0,69***	0,69***	0,22	-0,34*	-0,28*	0,56***
NV	-0,35*	0,00	0,04	0,09	0,09	0,09	0,12	0,60***	0,64***	0,35*	0,35*	0,60***	0,63***	0,25*	-0,15	0,56***	0,56***

promjera s nekim fenološkim varijablama, zametanjem plodova i nadmorskom visinom. Naime, ramete manjih promjera u pravilu su kasnije počinjale s cvatnjom, potječu sa većih nadmorskih visina i bile su umjereno lošije u zametanju plodova. Fenološke varijable očekivano su većinom međusobno značajno korelirane, ali nisu uglavnom pokazale statistički značajnu korelaciju sa svojstvima cvjetanja i plodonošenja. Izuzetak su svojstva iskorištenja pupova (IPUP) i zametanja plodova (ZPL), gdje se javlja statistički značajna korelacija na razini  $p < 0,05$  sa svojstvima PR, KR, OP, PVR, s malim razlikama između Pearsona i Spearmana, Vrijednosti su zaista na granici statističke značajnosti, pa je u vrlo malim vrijednostima razlika između statistički značajnog i neznačajnog. Npr. slučaju svojstva IPUP, kasniji klonovi, kod kojih je kasnije i nastupio početak otvaranja pupova i receptivnosti cvjetova (PR – ulazak u fenofazu 2) imali su bolje iskorištenje pupova, međutim naknadno slabije zametanje plodova (ZPL). U slučaju Spearmana koji se odnosi na poredak klonova u datom svojstvu, i ukupna količina receptivnosti pozitivno je korelirana sa zametanjem plodova (ZPL).

## RASPRAVA DISCUSSION

Na putu od razvoja generativnog pupa, do konačnog plodonošenja, dolazi do velike selekcije na brojnim razinama. Kod divlje trešnje, a i nekih drugih vrsta istoga roda, razvoj cvjetova, funkcionalnost njihovih dijelova i sam proces oplodnje ovisi o brojnim vanjskim čimbenicima. Posebno je značajan utjecaj ekstremnih uvjeta, kao što je npr. pojava kasnog proljetnog mraza (Rodrigo, 2000) ili pak pojava ekstremno visokih temperatura u periodu kada se formiraju cvjetovi u generativnim pupovima (Li et al., 2010; Rodrigo i Herrero, 2002; Mičić et al., 1992). Važnu ulogu u pravilnoj diferencijaciji pupova također ima i zadovoljenje potreba za zimskim inaktivnim temperaturama (winter chilling).

Divlja trešnja uobičajeno preferira nešto hladnije uvjete karakteristične za veće nadmorske visine i njezin mehanizam cvatnje osjetljiv je na pojavu previsokih temperatura. Nepovoljni utjecaji uključuju prebrzi rast polenovih mješnica, kao i smanjenje njihovog broja. Također dolazi do smanjene i skraćene vijabilnosti jajnih stanica i u konačnici do slabijeg zametanja plodova

(Zhang et al., 2018; Hedhly et al., 2007; Beppu et al., 1997). U ovom istraživanju stoga se može primijetiti da su u uvjetima klonske sjemenske plantaže Kutina, koja se nalazi na nižoj nadmorskoj visini od gotovo svih izvornih uzorkovanih stabala, upravo stabla sa najviših nadmorskih visina nešto slabije plodonosila od stabala sa nižih nadmorskih visina. Niže nadmorske visine su vezane s prosječno višim temperaturama, pa su stoga upravo stabla prilagođenija na niže temperature manje uspješna pri višim temperaturama.

Veći broj pupova po jedinici dužine, njihovo manje odbacivanje i bolje zametanje plodova u istraživanju Albuquerque et al. (2004) povezano je uz fenološki ranije kultivare marelice. Autori navode kako je, uz druge razloge, broj pupova, kao i njihovo odbacivanje, uvjetovano i genotipom, međutim Wang et al. (2000) na višnji nisu uspjeli identificirati konkretne lokuse za kvantitativna svojstva (QTL) zametanja plodova i odbacivanja pupova. U ovom smo istraživanju utvrdili pozitivnu korelaciju između početnog broja generativnih pupova, te naknadnog broja cvjetova i, konačno, plodova. Početni broj pupova bio je pozitivno koreliran i sa samim zametanjem plodova. Isto se tako pokazalo da su klonovi koji su ranije ušli u vrhunac receptivnosti (PVR) bili uspješniji u plodonosjenju i zametanju plodova (Tablica 6 – korelacije). Međutim, iskorištenje pupova kao omjer stvarnog i potencijalnog broja cvjetova pokazalo je suprotan trend, što nije u skladu sa spomenutim istraživanjem, ali odgovara čestom opažanju o međusobnoj kompeticiji ne samo vegetativnih i generativnih organa biljke, nego i međusobnoj kompeticiji generativnih organa. Tako Racsko et al (2007) navode da pretjerana proizvodnja cvjetova, kao i plodnih zametaka ne pogoduje optimalnom akumuliranju organskih tvari i u konačnici dovodi do slabijeg zametanja, odnosno većeg odbacivanja plodova, pogotovo kod kasnijih kultivara. U našem se slučaju potvrdilo da su kasniji kultivari nešto (iako za većinu fenoloških svojstava ne statistički značajno) slabije plodonosili i imali slabije zametanje plodova od ranijih, iako su imali nešto bolje iskorištenje pupova. Selekcija se odvija, kao što je već spomenuto, na više razina; od same diferencijacije cvjetova u pupovima, pa kasnije u oplodnji i zametanju plodova. Moguće je da su 2013. godine za kasnije klonove vladali povoljniji uvjeti u fazi diferencijacije cvijetova u pupovima, pa su stoga imali bolje iskorištenje pupova od ranijih, ali lošiji uvjeti u fazi oplodnje i zametanja plodova, pa se tu izjednačio konačni omjer između ranijih i kasnijih klonova na putu pup – plod.

Što se tiče vremenskih uvjeta, potrebe za inaktivnim temperaturama, odnosno „zimskim hlađenjem“ u jesensko-zimskom periodu 2012. i 2013. godine bile su zadovoljene. U periodu od 1. studenog 2012. godine do 11. veljače 2013. godine, biljke su akumulirale 1231 sati učinkovitog zimskog hlađenja po modelu „Chilling Hours“ tj. 1168 jedinica po Utah modelu. Luedeling et al., 2013. godine navode da je po

njihovim procjenama na temelju višegodišnjih fenoloških opažanja u datom razdoblju trešnji potrebno oko  $1375 \pm 178$  sati, odnosno  $1410 \pm 238$  Utah jedinica, ali trešnja u njihovom istraživanju je izrazito kasna sorta, pa su njene potrebe i nešto veće od prosječnih potreba divlje trešnje. Potreba za proljetnim temperaturama za pokretanje sokova također je bila zadovoljena sa  $4410,07$  GDH, naspram prosječno potrebnih  $3473 \pm 1236$  GDH (Luedeling et al., 2013.).

Količina oborina u 2013. godini bila je dostatna za zadovoljenje potreba biljaka. Prema autorima Käthner et al. (2012.), električna provodljivost tla, uvelike uvjetovana sadržajem vode u tlu, u značajnoj je korelaciji sa proizvedenim brojem plodova kod vrste *Prunus domestica*. Tako se u sušnoj 2011. godini moglo primijetiti slabije prosječno zametanje plodova (0,30), nego u normalno vlažnoj 2010. godini (0,38) (Katičić Bogdan et al., 2015.) i 2013. godini (0,37). Za usporedbu, u periodu od 1. veljače do približnog početka plodonosjenja (20.5.) u 2011. godini palo je samo 75,2 mm oborina, dok je u istom periodu 2010. godine palo 314,9 mm, a 2013. godine 319,8 mm oborina.

Vrijednosti zametanja plodova u ovom istraživanju, kao i u nekim od prethodnih godina na istoj plantaži (Katičić Bogdan et al., 2015.) odgovaraju, često i nadmašuju vrijednosti u istraživanjima pojedinih autora na komercijalnim kultivarima trešnje (Szpadzik et al., 2019; Li et al., 2010; Lech, 2008; Hedhly et al., 2007.). Visoko značajni korelacijski odnosi između broja cvjetova i broja plodova, te broja plodova i zametanja (Tablica 6) u skladu su sa istraživanjima drugih autora na vrstama roda *Prunus* (Ruiz i Egea, 2008; Diaz i Merlo 2008; De Souza et al., 1998.). Za spomenuta svojstva ustanovljene su i umjerene do visoke nasljednosti (Diaz i Merlo, 2008., nasljednost u širem smislu za broj cvjetova  $H^2=0.81 - 0.84$ , za broj plodova  $H^2 = 0.84 - 0.90$ , De Souza et al. (1998.), nasljednost u užem smislu za broj cvjetova po jedinici dužine  $h^2 = 0,41$ , broj plodova  $h^2 = 0,47$  i zametanje plodova  $h^2 = 0,43$ ). Na temelju vrijednosti korelacije i nasljednosti, najjači odaziv za svojstvo konačnog broja plodova predviđa se selekcijom na broj cvjetova po jedinici dužine, čak značajnije nego selekcijom na sami broj plodova (De Souza et al., 1998.). Od fenoloških svojstava kod nekih vrsta roda *Prunus*, istraživanih u genetičkim testovima, upravo se fenologija cvjetanja pokazala svojstvom najveće nasljednosti i najmanje unutarklonske varijabilnosti (razlike između rameta) među različitim fenološkim svojstvima (Vander Mijnsbrugge et al., 2020; 2016.). U ovom se istraživanju potvrdila velika i visoko statistički značajna međuklonska varijabilnost za svojstvo otvaranja cvjetnih pupova, ali je i unutarklonska varijabilnost također bila statistički značajna.

Usporedbom promjera rameta sa fenološkim i generativnim svojstvima, pronađena je neobična korelacija između promjera rameta i fenologije, u smislu da su ramete manjih

promjera u prosjeku fenološki kasnije. Razlike u fenologiji, kao i u vegetativnom prirastu mogu biti uzrokovane različitim podlogama, ali u ovom slučaju većina rameta je naci-jepljena na isti tip podloge (PA), a samo manjak na neke druge (PA max, max1 i max2, te PF), pa podloga vjerojatno nema utjecaja na ova svojstva. Moguće je da su kasniji klonovi lošije uspjivali, pa su naknadno nadopunjavani, te su stoga u prosjeku manjih promjera, ali takve teorije bi morale biti potvrđene uvidom u evidenciju nadopunjavanja plantaže. Uglavnom, zasada nemamo pouzdanog tumačenja zapaženog korelacijskog odnosa između promjera i fenologije.

Kao i u prethodnom istraživanju, provedenom na uzorku klonova iz plantaže (Katičić Bogdan et al., 2015.), zbog velike unutarklonske varijabilnosti za većinu praćenih svojstava (Slika 2), značajne razlike između klonova, uočene za sva svojstva, osim broja generativnih pupova uglavnom su uzrokovane razlikama između klonova sa ekstremnim vrijednostima, međutim postaju sve izraženije u procesu od formiranja pupova, pa do nastanka plodova. Analiza varijance pokazuje značajnije razlike između klonova u prosječnom broju cvjetova na 100 cm u usporedbi sa brojem generativnih pupova, te još značajnije u prosječnom broju plodova u usporedbi sa cvjetovima i pupovima (Tablica 4). Klonovi u KSP Kutina se statistički značajno razlikuju i po fenološkim svojstvima. U literaturi se često navode statistički značajne razlike između klonova, jedinki ili kultivara roda *Prunus* za reproduktivna svojstva (Ruiz i Egea, 2008; Alburquerque et al., 2004; Diaz i Merlo, 2008). U uzorcima devet odabranih klonova sa klonske sjemenske plantaže Kutina zapažene su i statistički značajne razlike između klonova u vegetativnom razmnožavanju metodom mikropropagacije, točnije u svojstvima zapaženog stadija rasta biljčice na 40. dan od uvođenja u kulturu tkiva, kao i u preživljenju uzgojenih biljčica (Brlek, 2021.). S obzirom da su majčinska stabla tj. ortete klonova u plantaži Kutina sa relativno uskog područja (sjemenske regije Koprivnica, Bjelovar i Zagreb), moguće je da je izostanak još značajnije međuklonske varijabilnosti (tj. statistički značajnih razlika između većeg broja parova klonova potvrđenih *post hoc testom*) rezultat prilagodbe na slične stanišne uvjete. Iako su se tri regije iz koje potječu klonovi u plantaži značajno diferencirale pomoću molekularnih mikrosatelitskih biljega, 96 % ukupne raznolikosti otpadalo je na unutarregijsku varijabilnost (Tančeva Crmarić et al., 2011)

## ZAKLJUČAK CONCLUSION

U klonskoj sjemenskoj plantaži divlje trešnje u Kutini potvrđene su međuklonske razlike u reproduktivnim i fenološkim svojstvima, ukazujući na genetsku uvjetovanost većine istraživanih svojstava. U ovom je istraživanju primijećena gradacija genetske uvjetovanosti na putu od

generativnog pupa prema plodu, a najizraženije međuklonske razlike primijećene su kod fenoloških svojstava. Za dobivanje još kvalitetnijih rezultata i donošenje zaključaka o optimalnom gospodarenju plantažom potrebno je sustavno praćenje fenologije i reproduktivnih svojstava i stavljanje istih u kontekst meteoroloških prilika u samoj plantaži. Od velike je važnosti i postavljanje genetičkih testova potomstva iz plantaže zbog dobivanja konkretnih podataka o kvaliteti selekcioniranih stabala kroz njihovo potomstvo, kao i svrstavanje šumskog reprodukcijskog materijala proizvedenog u plantaži u najvišu kategoriju „testiran“.

## LITERATURA REFERENCES

- Alburquerque, N., L. Burgos & J. Egea, 2004: Influence of flower bud density, flower bud drop and fruit set on apricot productivity. *Sci Horti*, 102(4), 397-406., Amsterdam
- Anderson, J. L., E. A. Richardson, & C. D. Kesner, 1985: Validation of chill unit and flower bud phenology models for 'Montmorency' sour cherry. In I International Symposium on Computer Modelling in Fruit Research and Orchard Management, *Acta Horti* 184, 71-78, Leuven
- Beppu, K., S. Okamoto, A. Sugiyama & I. Kataoka, 1997: Effects of temperature on flower development and fruit set of "Satohnikishi" sweet cherry [*Prunus avium*]. *J Jpn Soc Horti Sci (Japan)*. 65(4) 707-712: Kyoto
- Brlek, I., 2021. Utjecaj genetskih i okolišnih razlika na mikropropagaciju divlje trešnje (*Prunus avium* L.) (Diplomski rad). Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:617904>
- Chandler, WH, 1957: *Deciduous orchards*, Henry Kimpton, 492p., London
- De Souza, V. A., D. H. Byrne, & J. F. Taylor, 1998: Heritability, genetic and phenotypic correlations, and predicted selection response of quantitative traits in peach: II. An analysis of several fruit traits. *J Am Soc Horti Sci*, 123(4), 604-611., Alexandria
- Diaz, R., & Merlo, E., 2008: Genetic Variation in Reproductive Traits in a Clonal Seed Orchard of *Prunus avium* in Northern Spain. *Silvae Genet*, 57(3), 110., Bad Orb
- Guittian, J., 1993: Why *Prunus mahaleb* (Rosaceae) produces more flowers than fruits. *Am J Bot*, 1305-1309., St Louis
- Hedhly, A., Hormaza Urroz, J. I., & Herrero Romero, M. 2007: Warm temperatures at bloom reduce fruit set in sweet cherry. <https://core.ac.uk/download/pdf/36016479.pdf>
- Hedhly, A., J. I. Hormaza, & M. Herrero, 2012: Warm temperatures at bloom reduce fruit set in sweet cherry. *J Appl Bot Food Qual*, 81(2), 158-164., Göttingen
- Kajba, D., N. Pavičić, S. Bogdan & I. Katičić, 2007: Pomotehnički zahvati u klonskim sjemenskim plantažama listača. *Sumar List*, 131(11-12), 523-528., Zagreb
- Kajba, D., I. Katičić, I. Šumanovac & M. Žgela, 2011: Važnost klonskih sjemenskih plantaža u sjemenarstvu i očuvanju genofonda šumskih vrsta drveća u Hrvatskoj. *Radovi (Hrvatski šumarski institut)*, 44(1), 37-51., Jastrebarsko
- Käthner, J., P. Rozzi & M. Zude, 2012: Correlation analyses of high resolution 3D soil electrical conductivity and the development of fruit trees. *CIGR-AgEng International Conference of*



- Agricultural Engineering, Valencia, In Proceedings (69-72), Valencia
- Katičić Bogdan, I., Švorinić, K., Bogdan, S., & Kajba, D. (2015). Generativna i vegetativna aktivnost divlje trešnje (*Prunus avium* L.) u klonskoj sjemenskoj plantaži. *Sumar List*, 139 (7-8), 339-348., Zagreb
  - Kobliha, J., 2002: Wild cherry (*Prunus avium* ild cherry (L.) breeding program aimed at the use of this tree in the Czech forestry. *J. For. Sci*, 48(5), 202-218., Prag
  - Lech, W., M. Malodobry, E. Dziedzic, M. Bieniasz & S. Doniec, 2008: Biology of sweet cherry flowering. *J. Fruit Ornament. Plant Res.*, 16, 189-199., Skierniewice
  - Li, B., Z. Xie, A. Zhang, W. Xu, C. X. Zhang, Q. Liu, & S. Wang, 2010: Tree growth characteristics and flower bud differentiation of sweet cherry (*Prunus avium* L.) under different climate conditions in China. *Hortic Sci*, 37, 6-13., Prag
  - Luedeling, E., & P. H., Brown, 2011: A global analysis of the comparability of winter chill models for fruit and nut trees. *Int J Biometeorol*, 55(3), 411-421., New York
  - Luedeling, E., A. Kunz, & M. M. Blanke, 2013: Identification of chilling and heat requirements of cherry trees—a statistical approach. *Int J Biometeorol*, 57(5), 679-689., New York
  - Mičić N., G. Đurić, G. Dabić, 1992: Odbacivanje cvjetnih pupoljaka koštičavih voćaka kao posljedica prekida diferencijacije začetak cvjetova. *Radovi Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Sarajevu*. God. XL, 44: 87 – 97: Sarajevo
  - Mičić, N., G. Đurić, M. Cvetković, & D. Marinković, 2008: Savremeni sistemi gajenja trešnje. *Zbornik naučnih radova*, 14(5), 33-47., Beograd
  - Racskó, J., Leite, G. B., Petri, J. L., Zhongfu, S., Wang, Y., Szabó, Z., ... & Nyéki, J., 2007. Fruit drop: The role of inner agents and environmental factors in the drop of flowers and fruits. *Int. J. Hortic. Sci.*, 13(3), 13-23, UK
  - Richardson, E., S. Seeley & D. Walker, 1974: RA model for estimating the completion of rest for Red haven and Elbert peach tree. *Hortic Sci*, 9, 331-332: Prag
  - Rodrigo, J., 2000: Spring frosts in deciduous fruit trees—morphological damage and flower hardiness. *Sci Hortic*, 85(3), 155-173., Amsterdam
  - Rodrigo, J., & M. Herrero, 2002: Effects of pre-blossom temperatures on flower development and fruit set in apricot. *Sci Hortic*, 92(2), 125-135., Amsterdam
  - Ruiz, D. & J. Egea, 2008: Analysis of the variability and correlations of floral biology factors affecting fruit set in apricot in a Mediterranean climate. *Sci Hortic*, 115(2), 154-163., Amsterdam
  - Szpadzik, E., Krupa, T., Niemiec, W., & Jadczyk-Tobjasz, E. 2019. Yielding and fruit quality of selected sweet cherry (*Prunus avium*) cultivars in the conditions of central Poland. *Acta Scientiarum*, 18(3), 117-126., Olsztyn
  - Stephenson, A. G., 1981: Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual review of ecology and systematics*, 253-279., Palo Alto
  - Vander Mijnsbrugge K, Moreels S. 2020: Varying Levels of Genetic Control and Phenotypic Plasticity in Timing of Bud Burst, Flower Opening, Leaf Senescence and Leaf Fall in Two Common Gardens of *Prunus padus* L.. *Forests*. 11(10):1070.
  - Vander Mijnsbrugge, K., Turcsán, A., Depypere, L., & Steenackers, M. 2016: Variance, genetic control, and spatial phenotypic plasticity of morphological and phenological traits in *Prunus spinosa* and its large fruited forms (*P. x fruticans*). *Frontiers in plant science*, 7, 1641.
  - Tančeva Crmarić, O., S. Štambuk, & D. Kajba, 2011: Genotypic Diversity of Wild Cherry (*Prunus avium* L.) in the Part of its Natural Distribution in Croatia. *Sumar List*, 135(11-12), 543-554., Zagreb
  - Wang, D., R. Karle & A. F. Iezzoni, 2000: QTL analysis of flower and fruit traits in sour cherry. *Theor Appl Genet*, 100(3-4), 535-544., New York
  - Zhang, L., Ferguson, L., & Whiting, M. D. 2018: Temperature effects on pistil viability and fruit set in sweet cherry. *Scientia Horticulturae*, 241, 8-17.

## SUMMARY

Wild cherry (*Prunus avium* L.) is a species of discontinuous range that grows in the mixed forests of southern, central and western Europe. In forestry, long-term breeding programs aim to improve the quality and production of its wood. In Croatia, on the basis of eight phenotypic criteria of wood mass quality, a selection was carried out in the area of three seed regions and 27 wild cherry trees were selected. A clonal seed orchard was established in the area of the Kutina Forestry office in the year 2002. For the purpose of this research, a sample of 24 clones, represented by three ramets each, was selected in the orchard (Table 1). One exemplary branch was selected and marked on each ramet. The full length of the selected branch and all its shoots bearing flowers and fruits was measured. The circumference of the ramet was measured at a height of 50 cm and converted into a diameter. In March of 2013, all generative buds (PUP) were counted on exemplary branches, on each ramet, before opening. In April, flowers (CV) were counted, and on a sample of 20 inflorescences, the number of flowers in inflorescence (BRC). In June, all the fruits on the exemplary branches were counted. The number of buds, flowers or fruits was reduced to 100 cm of branch length for all measured ramets. The variable Bud realisation (IPUP) was calculated for each ramet as the ratio of the actual number of flowers to the potential number of flowers (formula in Material and Methods). Fruit set (ZPL) was calculated as the ratio of flowers to fruits. In the period from April 10 to June 6, 2013, on the same ramets on which the measurements were made, phenological observations of the flowering of wild cherry were carried out (Figure 1). Derived phenological variables are OP - beginning of bud opening (bud burst) - num-



ber of days from January 1, 2013 until the day when the ramet entered phenophase 1, PR - beginning of receptivity - number of days until the day when the ramet entered phenophase 2, ZR - end of receptivity - number of days until the day when the ramet entered phenophase 6, TR - the difference ZR - PR, i.e. the number of days the ramet spent in phenophases 2 - 6, PVR - the beginning of the peak of receptivity - the number of days until the day when the ramet entered phenophase 3, ZVR - the end of the peak of receptivity - the number of days until the last day that the ramet spent in phenophase 5, TVR - the duration of the peak of receptivity - the difference ZVR - PVR, i.e. the number of days that the ramet spent in phenophases 3 - 5, KR - the amount of receptivity - sum coefficients of female fertility for individual phenophases in which the ramet was found on given observations. The coefficients were calculated based on the table of female fertility percentages from Diaz and Merlo (2008) (Table 2). The results of descriptive statistics for the variables PUP, CV, IPUP, PL and ZPL are shown in Table 3 and Figure 2, together with a graph of the average intraclonal variability coefficients. On the basis of meteorological data for Kutina in 2012 and 2013, the parameters for meeting the needs of plants for winter inactive temperatures (Winter chilling), as well as spring temperatures, necessary for the initiation of juices and the beginning of the vegetation period (Forcing), according to Luedeling et al. 2013, were calculated. (The Chilling Hours Model, The Utah Model for "Winter chilling" and the Growing Degree Hours Model for "Forcing"). Based on geographical coordinates, the altitudes of the original mother trees were determined. The goal of the research was to determine the diversity of some reproductive traits on wild cherry clones from the clonal seed orchard Kutina, to determine the relationship between these traits, the relationship with vegetative growth traits and phenological traits. In doing so, an effort was made to place the observed relationships in the context of data on environmental conditions at the time of flowering and fruiting. From the observed generative variables and bud burst (OP), the clones differed statistically significantly in all variables (CV, BRC, IPUP, ZPL, PL, OP) except for the number of generative buds (PUP) (ANOVA - Table 4). These differences in BRC and CV were caused by differences between clones with extreme values, while most of the other clones did not differ statistically significant from each other (Tukey Kramer test), but the statistical significance of interclonal differences increased by variables from bud stage to final fruiting. The most statistically significant differences between clones were found for the bud burst (OP) (Table 5), where intraclonal diversity was also significant. The weather conditions in 2012 and 2013 were relatively favorable and the plants met their needs (Winterchilling and Forcing). Fruit setting values (ZPL) were in line with other researches or even higher, which indicates a satisfactory reproductive potential of these clones in case of favorable weather conditions, presence of pollinators and timely control of pests. In this research, we found a positive correlation between the initial number of generative buds, and the subsequent number of flowers and, finally, fruits. The initial number of buds was positively correlated with fruit set itself. It was also shown that clones that entered the peak of receptivity earlier (PVR) were more successful in fruiting and fruit setting (Table 6). However, the realisation of buds (IPUP) as a ratio of the actual and potential number of flowers showed the opposite trend, which is not in accordance with the mentioned research, but corresponds to the frequent observation about the mutual competition of not only the vegetative and generative organs of the plant, but also the mutual competition of the generative organs. Phenological variables were significantly correlated with altitude, indicating that the later clones came originally from higher altitudes. Later clones have statistically significantly smaller diameter ramets. Phenological variables were mostly not significantly correlated with reproductive traits, with the exception of IPUP and ZPL. With the IPUP trait, later clones, which had a later onset of bud burst (OP) and flower receptivity (PR - entry into phenophase 2), had better bud realisation, but subsequently weaker fruit set (ZPL).

---

**KEY WORDS:** *Prunus avium*, flowering, fruiting, phenology, correlations, fruit set, interclonal variability