

FENOLOŠKA SVOJSTVA LISTANJA I ZADRŽAVANJA LISTOVA CRNIH TOPOLA (*Populus nigra* L.) U KLONSKOM ARHIVU U ŽEPČU

PHENOLOGICAL TRAITS OF LEAFING AND LEAF RETENTION OF BLACK POPLAR (*Populus nigra* L.) IN THE CLONAL ARCHIVE IN ŽEPČE, BOSNIA AND HERZEGOVINA

Mirzeta MEMIŠEVIĆ HODŽIĆ^{1*}, Dalibor BALLIAN^{1,2,3}

SAŽETAK

Crna topola (*Populus nigra* L.) je jedna od najznačajnijih europskih vrsta drveća koja nastanjuje aluvijalna staništa uz obale velikih rijeka. U Bosni i Hercegovini postoji značajan neiskorišten zemljišni potencijal pogodan za reintrodukciju autohtonih crnih topola, kao i podizanje intenzivnih i ekstenzivnih nasada hibridnih i američkih crnih topola. Cilj ovoga istraživanja je utvrditi početak i završetak fenoloških faza listanja, kao i zimsko zadržavanje lista, što će pomoći pri selekciji pogodnih klonova autohtonih crnih topola za reintrodukciju na određenom lokalitetu i za određene mikroklimatske uvjete u svrhu očuvanja autohtonog genofonda, te klonova hibridnih topola za osnivanje plantaža u Bosni i Hercegovini.

Istaživan je materijal 161 klona autohtonih crnih topola iz 26 populacija iz slivova 6 rijeka, te 11 klonova proizvodnih hibridnih topola (euro-američke ili kanadske) i američkih crnih topola. Klonovi se nalaze u klonskom arhivu u Žepču, koji je podignut 2006. godine. Promatrana je fenologija listanja i to od 14.3.-22.4.2019. godine i to u šest fenoloških faza 0 - uspavani pupoljak, 1 - napukli pup, 2 - probijanje pupa, 3 - pup otvoren, listovi skupljeni, 4 - listovi se razdvajaju, 5 - listovi potpuno razvijeni). Zadržavanje lista praćeno je od 30.8.-4.11.2019. godine i ocjenjivano u tri kategorije: 1 - prisutni svi listovi na stablu, 2 - 50% listova je preostalo na stablu, 3 - nema preostalih listova na stablu. Efektivna duljina vegetacijske sezone definirana je kao vrijeme između pojavljivanja faze pucanja pupova (ocjena 3) i ocjena opadanja lišća 2 (tj. kada je 50% lišća ostalo na stablu).

Analiza varijance pokazala je statistički značajne razlike između klonova iz različitih populacija za duljinu trajanja fenoloških faza listanja. Fenološka faza 1 (napukli pupovi) najranije se javila 14.3. a faza 5 (potpuno otvoreni listovi) najranije 8.4. Rezultati zadržavanja listova pokazuju da su 4.11. svi klonovi u klonskom arhivu odbacili list 100%. Najkraću efektivnu duljinu vegetacijskog perioda imali su klonovi populacije Bugojno (154 dana), a najdužu klonovi *Populus boleana* i *Populus nigra* var. *italica* te klonovi populacija Čapljina (sliv rijeke Neretve); Dobrinje, Visoko, Babina rijeka, Maglaj, Dobož (sliv rijeke Bosne); Kopači i Tegare (sliv rijeke Drine).

Rezultati istraživanja su značajni za odabir klonova sa boljom prilagodbom na uvjete staništa, te obnovu i uporabu klonskog reprodukcijskog materijala crnih topola u Bosni i Hercegovini.

KLJUČNE RIJEČI: crne topole, klonski arhiv, fenologija listanja, zimsko zadržavanje lista

¹ Dr. sc. Mirzeta Memišević Hodžić, prof. dr. sc. Dalibor Ballian, Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

^{2,3} Prof. dr. sc. Dalibor Ballian, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Bistrik 7, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina / Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

* Dopisni autor: Mirzeta Memišević Hodžić, email: m.memisevic-hodzic@sfsa.unsa.ba

UVOD INTRODUCTION

Crna topola danas je jedna od najugroženijih vrsta šumskog drveća zbog devastacije staništa, regulacije riječnih tokova, pretjerane eksploatacije (Vanden Broeck 2003; Čortan i sur. 2013, 2014, 2015; Ballian 2017). Još jedna prijetnja autohtonim crnim topolama je i hibridizacija sa alohtonim topolama, koja se pojavila u Europi u 18. stoljeću (Ballian 2017), te je evidentirano smanjenje populacija crne topole u mnogim europskim zemljama (Koskela i sur. 2004). U Bosni i Hercegovini alohtone vrste topola su unošene u manjoj mjeri, a izostalo je i podizanje velikih plantaža hibridnih topola (Ballian 2004, 2017). Ballian i Mekić (2008) navode da je, s obzirom na trenutno stanje koje vlada u području rasprostiranja crne topole te na sustavno uništavanje njezinog prirodnog areala, potrebno hitno izvršiti zaštitu njezinog genofonda. To je jedino moguće kroz podizanje klonovskih arhiva *ex situ*, na zaštićenim mjestima koja su znatno manje izložena ljudskim aktivnostima.

S obzirom na očekivani porast komercijalne potražnje drvene biomase, vrste roda *Populus* zbog svog brzog rasta uzgojene u šumama sa kratkom ili srednjom ophodnjom, mogu se sagledavati kao alternativa biomasi iz prirodnih šuma (Dickman i Kuzovkina 2014). Kako bi se osigurala

održiva i stabilna produktivnost, potrebno je identificirati ili uzgojiti klonove prilagođene uvjetima u kojima se uzgajaju (Gunderson i sur. 2012; Muffler i sur. 2016).

U svjetlu sve većih klimatskih promjena na globalnoj razini, posebno je važno proučavati fenologiju biljaka, tj. reakciju biljaka na promjenu klime i novonastale klimatske uvjete, kao metodu prilagođavanja buduće uspješne proizvodnje novonastalim klimatskim uvjetima (Sparks i Menzel 2013). Ducci i sur. (2002) navode da su fenološka svojstva praktično relevantni pokazatelji prilagodljivosti i adaptacije šumskog drveća. Oni su izravno povezani s rastom i arhitekturom stabla. Postoji korelacija između fenoloških kretanja i šteta od mraza, za koje se očekuje da će postati učestalije s klimatskim promjenama. Niz procjena na istim individuuama tijekom više godina također omogućuje zaključivanje o razvoju klime Ducci i sur. (2002).

Glavni cilj fenoloških istraživanja u klonskom arhivu Žepče je sakupljanje neophodnih podataka o fenološkim karakteristikama pojedinih klonova autohtonih crnih topola, kako bi se u budućnosti moglo odrediti koji klon predstavlja najbolji izbor za reintrodukciju na određenom lokalitetu i za određene mikroklimatske uvjete, u svrhu očuvanja autohtonog genofonda te klonova hibridnih topola za osnivanje plantaža u Bosni i Hercegovini.

Tablica 1. Osnovni podaci o lokacijama prikupljanja klonova obuhvaćenih u klonskom arhivu

Table 1. Basic data on the locations of clone collection included in the clonal archive

| Rb No | Rijeka River | Lokalitet Locality | Zemljopisna duljina Latitude | Zemljopisna širina Longitude | Nadmorska visina (m) Altitude (m) | Broj sakupljenih klonova Number of collected clones |
|----------------|-----------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|--|
| 1 | Neretva | Konjic | 43°40'11" | 17°58'36" | 341 | 12 |
| 2 | | Čapljina | 43°08'41" | 17°43'47" | 36 | 14 |
| 3 | Bosna | Sarajevo | 43°51'20" | 18°24'08" | 539 | 4 |
| 4 | | Ilidža | 43°49'16" | 18°17'57" | 496 | 1 |
| 5 | | Visoko | 43°59'27" | 18°10'56" | 422 | 4 |
| 6 | | Dobrinje | 44°07'13" | 18°06'36" | 375 | 4 |
| 7 | | Rudnik | 44°08'10" | 18°03'40" | 410 | 4 |
| 8 | | Bilješevo | 44°07'57" | 17°59'48" | 362 | 9 |
| 9 | | Babina rijeka | 44°11'55" | 17°55'30" | 345 | 6 |
| 10 | | Zenica | 44°12'12" | 17°54'43" | 315 | 5 |
| 11 | | Maglaj | 44°34'24" | 18°06'10" | 201 | 4 |
| 12 | | Doboj | 44°44'24" | 18°05'55" | 137 | 13 |
| 13 | Lašva | Travnik | 44°13'08" | 17°41'30" | 476 | 4 |
| 14 | Vrba | Bugojno | 44°00'57" | 17°29'14" | 600 | 9 |
| 15 | | Jajce | 44°18'58" | 17°14'48" | 389 | 2 |
| 16 | | Podmilačje | 44°21'59" | 17°17'48" | 351 | 4 |
| 17 | | Krupa | 44°36'52" | 17°08'55" | 211 | 4 |
| 18 | | Toplice | 44°44'18" | 17°09'17" | 170 | 7 |
| 19 | | Banja Luka | 44°46'09" | 17°13'05" | 152 | 10 |
| 20 | Drina | Osanica | 43°36'36" | 18°52'07" | 359 | 8 |
| 21 | | Kopači | 43°40'26" | 19°02'01" | 348 | 8 |
| 22 | | Tegare | 44°06'53" | 19°29'20" | 187 | 15 |
| 23 | | Bratunac | 44°10'08" | 19°23'57" | 173 | 2 |
| 24 | Spreča | Lukavac | 44°33'15" | 18°28'44" | 175 | 4 |
| 25 | | Gračanica | 44°40'40" | 18°18'13" | 154 | 2 |
| 26 | | Velika Brijesnica | 44°43'28" | 18°10'23" | 144 | 2 |
| Ukupno / Total | | | | | | 161 |



Slika 1. Mapa lokacija/populacija autohtonih crnih topola uključenih u klonsku arhivu
Figure 1. Map of the locations/populations of native black poplars included in the clonal archive

MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

Materijal – Material

Klonski arhiv crnih topola osnovan je 2006. godine unutar rasadnika Žepče. U klonski arhiv je uključen 161 klon stabala autohtonih crnih topola, sa 26 lokaliteta u Bosni i Hercegovini, duž većih bosanskohercegovačkih rijeka (tablica 1, slika 1), te 15 hibridnih komercijalnih topola koje su dobivene iz razmjene sa susjednom Hrvatskom (tablica 2). Uz tipične populacije koje su uključene u arhivu, uključena je i jedna specifična populacija koja se javlja na rudničkom jalovištu u neposrednoj blizini Kaknja, zbog specifičnih uvjeta u kojima egzistira. To su potpuno uništena tla s jako siromašnim deosolom i pješčarsko-laporastom geološkom podlogom, što je uočeno prilikom sakupljanja materijala za klonski arhiv.

Skupljane su grančice s pupovima u fazi zimskog mirovanja tijekom veljače, ožujka i travnja, prije kretanja vegetacije. Materijal je selekcioniran prema uputama koje je dao EUFORGEN (Van den Broeck 2003). Selekcionirana su samo stabla čija je starost bila preko 80 godina, da bi se izbjegla genetička kontaminacija alohtonim genofondom, odnosno introgresija neželjenih gena (Ballian i Mekić 2008.)

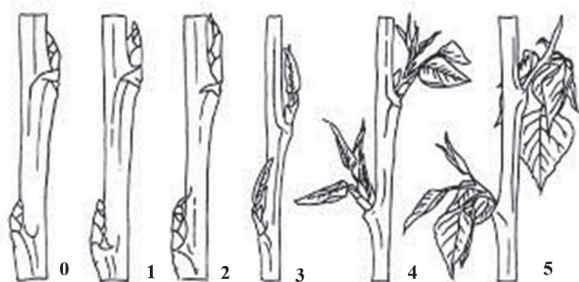
Tablica 2. Lista hibridnih topola i broj klonova uključenih u arhivu

Table 2. The list of hybrid poplars and the number of clones included in the archive

| Hibridne topole uključene u arhivu <i>Hybrid poplars included in the clonal archive</i> | Broj klonova uključenih u arhivu <i>Number of clones included in the clonal archive</i> |
|--|--|
| <i>Populus afganica</i> | 2 |
| <i>Populus boleana</i> | 1 |
| <i>Populus deltooides</i> - 710 | 1 |
| <i>Populus deltooides</i> Dunav – S-1-8 | 1 |
| <i>Populus deltooides</i> Krka – S-6-20 | 1 |
| <i>Populus deltooides</i> Krka – S-6-20 | 1 |
| <i>Populus deltooides</i> Sava – S-6-36 | 1 |
| <i>Populus nigra</i> var. <i>italica</i> | 1 |
| <i>Populus serotina</i> - robusta | 1 |
| <i>Populus x canadensis</i> BL Constanzo | 1 |
| <i>Populus x canadensis</i> I-214 | 1 |
| <i>Populus x canadensis</i> M-1 | 1 |
| <i>Populus x canadensis</i> San Martino | 1 |
| <i>Populus x canadensis</i> Tiepolo | 1 |
| <i>Populus x canadensis</i> Triplo | 1 |

METODE METHODS

Fenološka promatranja razvoja listova provodila su se od 14.3.–22.4.2019. godine. Fenološka promatranja obavljena su isti dan na svim klonovima od istog promatrača. Pro-



Slika 2. Fenološke faze razvoja lista topole (Ducci i sur. 2012)

Figure 2. Phenological stages of poplar leaf development (Ducci et al. 2012)

matrana je cijela krošnja. Praćeno je šest fenoloških faza (prema protokolu Ducci i sur. 2012, slika 2):

- 0 – dormantni pup (zimski pup, smeđe do tamnosmeđe boje)
- 1 – napukli pup (izduženi, nabubreni pupovi, žućkasto-zelenkaste boje)
- 2 – probijanje pupa (vidi se prvo zelenilo)
- 3 – pup otvoren, listovi skupljeni
- 4 – listovi se razdvajaju, još lepezasti,
- 5 – listovi su potpuno odmotani, ali manji od zrelih listova

Tablica 3. Fenološke faze listanja po populacijama porijekla klonova

Tabela 3. Phenological stages of leafing by populations of clone origin

| Sliv rijeke River basin | Populacija / Hibrid Population / Hybrid | Datum prvog i posljednjeg pojavljivanja faze / The date of the first and last appearance of the phase | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | 0 | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 |
| | | Last | First | Last | First | Last | First | Last | First | Last | First | |
| Neretva | Konjic | 14.3. | 14.3. | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. |
| | Čapljina | 14.3. | 14.3. | 20.3. | 20.3. | 2.4. | – | – | 2.4. | 11.4. | 11.4. | |
| Bosna | Sarajevo | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | 15.4. | 15.4. | |
| | Ilidža | 8.4. | 8.4. | 18.4. | 18.4. | 22.4. | – | – | – | – | 22.4. | |
| | Visoko | 14.3. | 14.3. | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | |
| | Dobrinje | 14.3. | 14.3. | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 11.4. | 11.4. | |
| | Rudnik | 14.3. | 14.3. | 28.3. | – | – | 28.3. | 8.4. | – | – | 8.4. | |
| | Bilješevo | 14.3. | 14.3. | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | |
| | Babina rijeka | 14.3. | 14.3. | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 8.4. | 8.4. | 11.4. | 11.4. | |
| | Zenica | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | – | – | 2.4. | 8.4. | 8.4. | |
| | Maglaj | 14.3. | 14.3. | 20.3. | 20.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | 11.4. | 11.4. | |
| | Doboj | 14.3. | 14.3. | 28.3. | – | – | 28.3. | 8.4. | 8.4. | 11.4. | 11.4. | |
| Lašva | Travnik | 14.3. | 14.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 28.3. | 8.4. | 8.4. | 18.4. | 18.4. | |
| Vrba | Bugojno | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | 18.4. | – | – | 18.4. | 22.4. | 22.4. | |
| | Jajce | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | 11.4. | 11.4. | 18.4. | 18.4. | |
| | Podmilačje | 14.3. | 14.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | 18.4. | 18.4. | |
| | Krupa | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | – | – | 8.4. | 22.4. | 22.4. | |
| | Toplice | 14.3. | 14.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | 11.4. | 11.4. | |
| | Banja Luka | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | – | – | 2.4. | 8.4. | 8.4. | |
| Drina | Osanica | 14.3. | 14.3. | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 8.4. | 8.4. | 11.4. | 11.4. | |
| | Kopači | 14.3. | 14.3. | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | |
| | Tegare | 14.3. | 14.3. | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 8.4. | 8.4. | 11.4. | 11.4. | |
| | Bratunac | 14.3. | 14.3. | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | |
| Spreča | Lukavac | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | 15.4. | 15.4. | |
| | Gračanica | 14.3. | 14.3. | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | |
| | Velika Brijesnica | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | – | – | 8.4. | 18.4. | 18.4. | |
| Hibridi | <i>P. afganica</i> | 14.3. | 14.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | 11.4. | 11.4. | |
| | <i>P. boleana</i> | 14.3. | 14.3. | 20.3. | 20.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | |
| | <i>P. deltoides 710</i> | 20.3. | 14.3. | 28.3. | 28.3. | 11.4. | 11.4. | 15.4. | 8.4. | 15.4. | 22.4. | |
| | <i>P. deltoides S-6-20</i> | 20.3. | 14.3. | 8.4. | 8.4. | 22.4. | – | – | – | – | 22.4. | |
| | <i>P. deltoides Sava S-6-36</i> | 14.3. | 14.3. | 18.4. | 18.4. | 22.4. | – | – | – | – | 22.4. | |
| | <i>P. deltoides-Dunav S-1-8</i> | 28.3. | 28.3. | 8.4. | 8.4. | 11.4. | – | – | 15.4. | 18.4. | 18.4. | |
| | <i>P. nigra var. italica</i> | 14.3. | 14.3. | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | 8.4. | 11.4. | 11.4. | |
| | <i>P. serotina</i> | 14.3. | 14.3. | 8.4. | – | – | 8.4. | 15.4. | 15.4. | 22.4. | 22.4. | |
| | <i>P. x canadensis -B.I constanzo</i> | 28.3. | 28.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | – | – | – | – | 8.4. | |
| | <i>P. x canadensis I-214</i> | 14.3. | 14.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | – | – | – | – | 8.4. | |
| | <i>P. x canadensis-San Marino</i> | 14.3. | 14.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | – | – | – | – | 8.4. | |
| | <i>P. x canadensis-TRIPLD</i> | 14.3. | 14.3. | 8.4. | 8.4. | 11.4. | 11.4. | 18.4. | 18.4. | 22.4. | 22.4. | |
| <i>P. x canadensis M1</i> | 28.3. | 28.3. | 11.4. | – | – | 11.4. | 18.4. | 18.4. | 22.4. | 22.4. | | |
| <i>P. x canadensis-Tiepolo 275/81</i> | 14.3. | 14.3. | 2.4. | 2.4. | 8.4. | – | – | 8.4. | 11.4. | 11.4. | | |

Napomena: Najranije prvo pojavljivanje neke faze označeno sivom, a najkasnije prvo pojavljivanje zelenom bojom.

Promatranja su se obavljala svakih 7 dana na početku vegetacijskog perioda (1.3.2019.-28.3.2019.), te svaka 3-4 dana u vrijeme aktivnijeg razvoja pupova (2.4.2019.-18.4.2019.), ukupno 9 promatranja.

Fenološka promatranja zadržavanja listova provodila su se od 30.8.-4.11.2019. godine, ukupno 5 promatranja. Promatrana je cijela krošnja. Promatranje se obavljalo svakih 15 dana, isti dan na svim klonovima, a to je radio isti promatrač. Praćenje se odvijalo kroz tri fenološke faze:

- 1 – prisutni svi listovi na stablu
- 2 – pola listova je preostalo na stablu
- 3 – nema preostalih listova na stablu.

Efektivna duljina vegetacijske sezone definirana je kao vrijeme između pojavljivanja faze pucanja pupova (ocjena 3) i ocjena opadanja lišća 2 (tj. kada je 50% lišća ostalo na stablu) (prema Vico i sur. 2021).

Podaci fenologije listanja obrađeni su u excellu, korištenjem funkcije MODE, odnosno određivanjem faze koja se po-

Tablica 4: Duljina trajanja faza (u danima) po populacijama porijekla klonova

Table 4: Duration of phases (in days) by populations of clone origin

| Sliv rijeke <i>River basin</i> | Populacija porijekla klonova / hibrid <i>Population of clone origin/hybrid</i> | Duljina trajanja faza (dani) / <i>Duration of phases (days)</i> | | | | | |
|--|---|--|----|----|----|----|----|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Neretva | Konjic | 0 | 6 | 8 | 7 | 5 | 14 |
| | Čapljina | 0 | 6 | 13 | 3 | 5 | 13 |
| Bosna | Sarajevo | 6 | 8 | 5 | 6 | 5 | 10 |
| | Ilidža | 25 | 7 | 4 | 0 | 0 | 4 |
| | Visoko | 0 | 6 | 8 | 7 | 5 | 13 |
| | Dobrinje | 0 | 6 | 8 | 5 | 8 | 13 |
| | Rudnik | 0 | 14 | 0 | 11 | 0 | 15 |
| | Bilješevo | 0 | 6 | 8 | 7 | 5 | 14 |
| | Babina rijeka | 0 | 6 | 8 | 10 | 5 | 11 |
| | Zenica | 0 | 14 | 5 | 1 | 8 | 12 |
| | Maglaj | 0 | 6 | 13 | 4 | 8 | 9 |
| | Doboj | 0 | 14 | 0 | 11 | 4 | 11 |
| Lašva | Travnik | 0 | 14 | 5 | 6 | 6 | 9 |
| Vrba | Bugojno | 19 | 6 | 1 | 7 | 6 | 1 |
| | Jajce | 14 | 5 | 6 | 1 | 10 | 4 |
| | Podmilačje | 0 | 17 | 4 | 5 | 10 | 5 |
| | Krupa | 14 | 7 | 5 | 1 | 10 | 2 |
| | Toplice | 0 | 14 | 5 | 6 | 6 | 9 |
| | Banja Luka | 6 | 8 | 5 | 3 | 4 | 14 |
| Drina | Osanica | 0 | 6 | 8 | 11 | 3 | 12 |
| | Kopači | 0 | 6 | 8 | 5 | 6 | 15 |
| | Tegare | 0 | 6 | 8 | 8 | 4 | 13 |
| | Bratunac | 0 | 6 | 8 | 5 | 6 | 15 |
| Spreča | Lukavac | 6 | 8 | 5 | 4 | 7 | 10 |
| | Gračanica | 0 | 6 | 8 | 8 | 3 | 15 |
| | Velika Brijesnica | 14 | 5 | 6 | 0 | 10 | 5 |
| Hibridi | <i>Populus afganica</i> | 0 | 14 | 5 | 6 | 3 | 12 |
| | <i>Populus boleana</i> | 0 | 6 | 8 | 5 | 6 | 15 |
| | <i>Populus deltoides</i> 710 | 6 | 8 | 14 | 4 | 3 | 5 |
| | <i>Populus deltoides</i> S-6-20 | 6 | 19 | 11 | 0 | 0 | 4 |
| | <i>Populus deltoides</i> Sava S-6-36 | 0 | 32 | 4 | 0 | 0 | 4 |
| | <i>Populus deltoides</i> - Dunav S-1-8 | 14 | 11 | 3 | 4 | 3 | 5 |
| | <i>Populus nigra</i> var. <i>italica</i> | 0 | 14 | 5 | 6 | 3 | 12 |
| | <i>Populus serotina</i> | 0 | 25 | 0 | 7 | 4 | 4 |
| | <i>Populus x canadensis</i> - B.I. Constanzo | 14 | 5 | 6 | 0 | 0 | 15 |
| | <i>Populus x canadensis</i> 1-214 | 0 | 19 | 6 | 0 | 0 | 15 |
| | <i>Populus x canadensis</i> - San Marino | 0 | 19 | 6 | 0 | 0 | 15 |
| | <i>Populus x canadensis</i> - TRIPLO | 0 | 25 | 3 | 7 | 1 | 4 |
| | <i>Populus x canadensis</i> M1 | 14 | 14 | 0 | 7 | 1 | 4 |
| <i>Populus x canadensis</i> - Tiepolo 275/81 | 0 | 19 | 6 | 0 | 3 | 12 | |

Napomena: najkraće trajanje faze označeno je sivom, a najduže trajanje zelenom bojom za hibride, a narančastom za klonove populacija.

javljuje na najvećem broju biljaka među klonovima jedne populacije na određeni datum. Zatim nakon što su na osnovi podataka prikupljenih na terenu izračunate duljine trajanja faza za svaku promatranu biljku, podaci su obrađeni u SPSS 20.0, gdje su izračunati osnovni statistički pokazatelji i napravljena analiza varijance i Duncan test za duljinu trajanja pojedinih faza. Duljina trajanja faze 0 obuhvatila je vrijeme od prvog promatranja (14.3.) pa do posljednjeg pojavljivanja faze 0, a duljina trajanja faze 5 obuhvatila je vrijeme od prvog pojavljivanja faze 5, pa do posljednjeg promatranja (22.4.) Analiza varijance rađena je za populacije porijekla klonova i hibride, kao i za slivove i hibride kao izvore variranja.

Podaci vezani za duljinu zadržavanja lista obrađeni su u SPSS 20.0 korištenjem funkcije *Crosstabs*.

REZULTATI RESULTS

Rezultati promatranja fenoloških faza listanja prikazani su u tablici 3.

U tablici 4 izneseni su podaci o duljini trajanja faza listanja po populacijama porijekla klonova, a u tablici 5 rezultati analize varijance duljine trajanja faza listanja.

Analiza varijance rađena je za faze 1-4 s populacijama porijekla klonova i hibridima kao izvorima variranja, a rezultati su prikazani u tablici 5. Ova analiza pokazala je da postoje statistički značajne razlike između klonova porijeklom iz različitih populacija i hibrida u pogledu duljine trajanja fenoloških faza listanja. Napravljen je i Duncan test po populacijama porijekla klonova kako bi se utvrdilo koje populacije se grupiraju prema dužini trajanja pojedinih faza i

ima li grupiranja po slivovima. Rezultati Duncan testa pokazali su zajedničko grupiranje populacija iz različitih slivova, ali i preklapanje grupa.

Analiza varijance i Duncan test napravljeni su i po slivovima kojima pripadaju populacije porijekla klonova (tablica 6).

Rezultati analize varijance za duljinu trajanja fenoloških faza listanja po slivovima porijekla klonova (sa hibridima kao posebnom kategorijom) pokazali su statistički značajne razlike između slivova. Duncan test pokazao je grupiranje slivova u grupe koje se međusobno preklapaju, a za duljinu trajanja faze 1 i faze 4 hibridi su se odvojili u zasebnu grupu.

Fenološka promatranja duljine zadržavanja lista obavljena su od 30.8.-4.11.-2019. godine, i to kroz tri faze: 1 - prisutni svi listovi na stablu, 2 - 50% listova je preostalo na stablu, 3 - nema preostalih listova na stablu. Rezultati ovog promatranja prikazani su na slikama 3-5.

Na dan početka istraživanja, 30.8.2019. godine, sve promatrane biljke još su se nalazile u fazi 1 tj. svi listovi su još uvijek bili prisutni na svim biljkama.

U fazi 2 najranije su se nalazile sve promatrane biljke klonova populacija Sarajevo, Konjic i Bugojno, 9.9.2019. Od klonova populacije Toplice 50% promatranih biljaka nalazilo se u fazi 2, dok je od klonova populacije Bilješevo u fazi 2 bilo 25% promatranih biljaka. Klonovi svih ostalih populacija se još su se nalazili u fazi 1, tj. još uvijek su bili prisutni svi listovi na promatranim biljkama. Sve hibridne i alohtone topole su još bile u fazi 1, što je prikazano na slici 3.

Zadržavanje lista na dan 30.9.2019. prikazan je na slici 4. Na dan 30.9. prvi se put pojavila faza 3, svi listovi odbačeni, kod promatranih klonova iz populacije Sarajevo.

Tablica 5. Analiza varijance za duljinu trajanja fenoloških faza listanja po populacijama porijekla klonova i broj grupa po Duncan testu

Table 5. Analysis of variance for the duration of phenological leafing phases by populations of clone origin and the number of groups according to Duncan's test

| Trajanje faze Phase duration | Izvor variranja Source of variability | Zbroj kvadrata Sum of Squares | Stupnjevi slobode Degrees of freedom | Sredina kvadrata Mean Square | F | Značajnost Significance | Broj grupa Number of groups |
|---------------------------------|--|----------------------------------|---|---------------------------------|--------|----------------------------|--------------------------------|
| 1 | Između grupa / <i>Between Groups</i> | 3040,827 | 39 | 77,970 | 157,53 | 0,000 | 5 |
| | Unutar grupa / <i>Within Groups</i> | 49,000 | 99 | 0,495 | | | |
| | Ukupno/Total | 3089,827 | 138 | | | | |
| 2 | Između grupa / <i>Between Groups</i> | 1780,230 | 39 | 45,647 | 112,98 | 0,000 | 6 |
| | Unutar grupa / <i>Within Groups</i> | 40,000 | 99 | 0,404 | | | |
| | Ukupno / Total | 1820,230 | 138 | | | | |
| 3 | Između grupa / <i>Between Groups</i> | 1248,891 | 39 | 32,023 | 4,39 | 0,000 | 6 |
| | Unutar grupa / <i>Within Groups</i> | 721,770 | 99 | 7,291 | | | |
| | Ukupno / Total | 1970,662 | 138 | | | | |
| 4 | Između grupa / <i>Between Groups</i> | 606,075 | 39 | 15,540 | 1,83 | 0,009 | 3 |
| | Unutar grupa / <i>Within Groups</i> | 839,680 | 99 | 8,482 | | | |
| | Ukupno / Total | 1445,755 | 138 | | | | |
| 5 | Između grupa / <i>Between Groups</i> | 1843,579 | 39 | 47,271 | 9,43 | 0,000 | 4 |
| | Unutar grupa / <i>Within Groups</i> | 496,378 | 99 | 5,014 | | | |
| | Ukupno / Total | 2339,957 | 138 | | | | |

Tablica 6. Analiza varijance za duljinu trajanja fenoloških faza listanja po slivu rijeke porijekla klonova i broj grupa po Duncan testu

Table 6. Analysis of variance for the duration of phenological leafing phases by river basins of clone origin and the number of groups according to Duncan's test

| Trajanje faze / Phase duration | Izvor variranja / Source of variability | Zbroj kvadrata / Sum of Squares | Stupnjevi slobode / Degrees of freedom | Sredina kvadrata / Mean Square | F | Značajnost / Significance | Broj grupa / Number of groups |
|--------------------------------|---|---------------------------------|--|--------------------------------|--------|---------------------------|-------------------------------|
| 1 | Između grupa / Between Groups | 1208.549 | 5 | 241,710 | 16,191 | 0,000 | 3 |
| | Unutar grupa / Within Groups | 1925.851 | 129 | 14,929 | | | |
| | Ukupno / Total | 3134.400 | 134 | | | | |
| 2 | Između grupa / Between Groups | 724.396 | 5 | 144,879 | 16,970 | 0,000 | 3 |
| | Unutar grupa / Within Groups | 1101.353 | 129 | 8,538 | | | |
| | Ukupno / Total | 1825.748 | 134 | | | | |
| 3 | Između grupa / Between Groups | 303.235 | 5 | 60,647 | 4,656 | 0,001 | 3 |
| | Unutar grupa / Within Groups | 1680.291 | 129 | 13,026 | | | |
| | Ukupno / Total | 1983.526 | 134 | | | | |
| 4 | Između grupa / Between Groups | 198.799 | 5 | 39,760 | 3,706 | 0,004 | 2 |
| | Unutar grupa / Within Groups | 1384.015 | 129 | 10,729 | | | |
| | Ukupno / Total | 1582.815 | 134 | | | | |
| 5 | Između grupa / Between Groups | 760.098 | 5 | 152,020 | 9,418 | 0,000 | 4 |
| | Unutar grupa / Within Groups | 2082.273 | 129 | 16,142 | | | |
| | Ukupno / Total | 2842.370 | 134 | | | | |

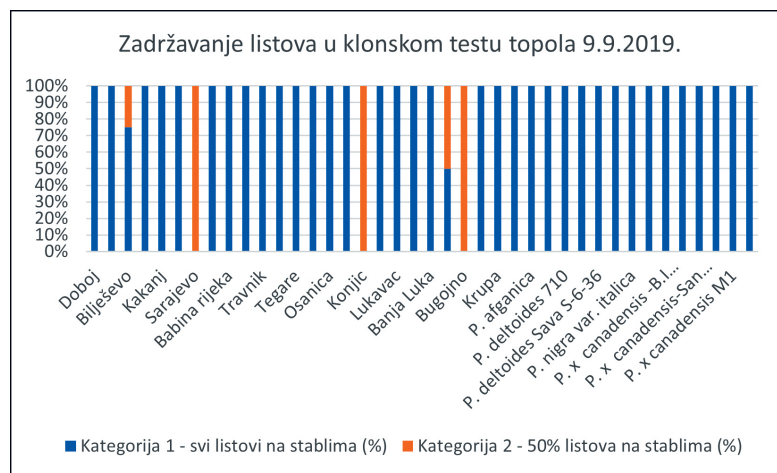
**Slika 3.** Zadržavanje lista u klonskom testu topola na dan 9.9.2019. godine

Figure 3. Leaf retention in the poplar clonal test on September 9, 2019

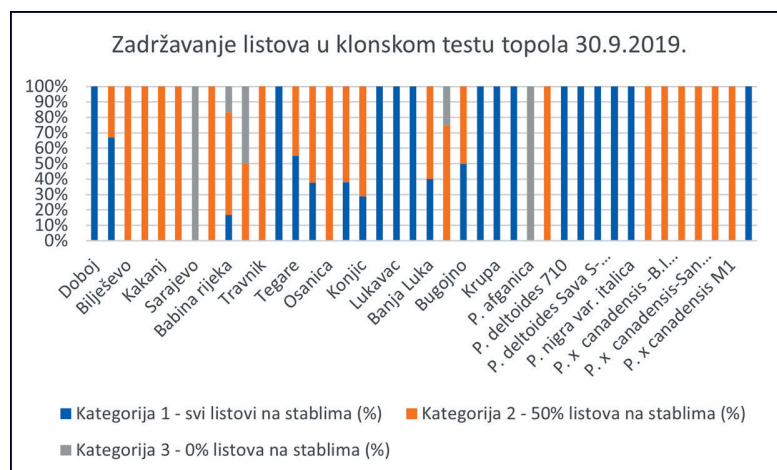
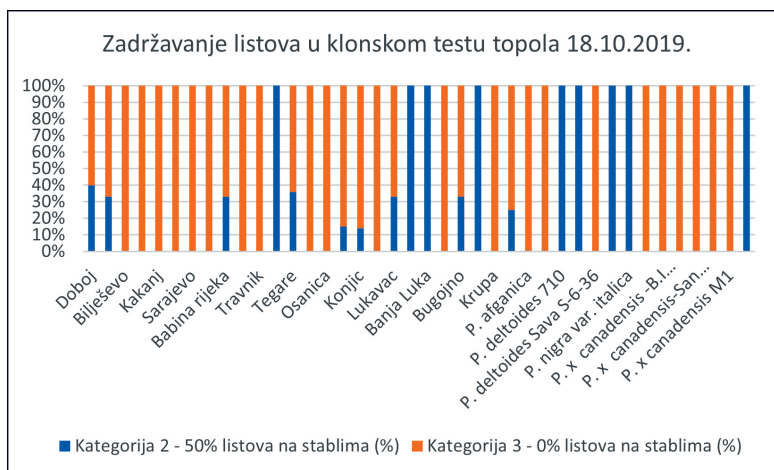
**Slika 4.** Zadržavanje lista u klonskom testu topola na dan 30.9.2019. godine

Figure 4. Leaf retention in the poplar clonal test on September 30, 2019



Slika 5. Zadržavanje lista u klonskom testu topola na dan 18.10.2019. godine
Figure 5. Leaf retention in the poplar clonal test on October 18, 2019

Na slici 5 prikazani su rezultati zadržavanja lista na dan 18.10.2019. godine.

Na dan posljednjeg promatranja, 4.11.2019. svi klonovi su već odbacili sve listove. Od autohtonih topola klonovi populacije Sarajevo prvi odbacili sve listove, dok od alohtonih i hibridnih vrsta prva je odbacila listove *Populus afganica*. Najduže su zadržali listove klonovi populacija Bratunac, Velika Brijesnica, Banja Luka i Jajce koje su 18.10. još imale 50% preostalih listova, kada su klonovi većine ostalih populacija potpuno odbacili listove. Od hibridnih i alohtonih topola najduže su listove zadržale *Populus deltoides* 710, *Populus deltoides* S-6-20, *Populus deltoides*-Dunav S-1-8, *Populus nigra* var. *italica* i *Populus x canadensis*-Tiepolo 275/81.

Ukupna duljina vegetacijske sezone po klonovima prikazana je u tablici 7.

Najkraću efektivnu duljinu vegetacijskog perioda imali su klonovi populacije Bugojno (154 dana), a najdužu klonovi *Populus boleana* i *Populus nigra* var. *italica* te klonovi populacija Čapljinja (sliv rijeke Neretve); Dobrinje, Visoko, Babina rijeka, Maglaj, Doboj (sliv rijeke Bosne); Kopači i Tegare (sliv rijeke Drine).

RASPRAVA DISCUSSION

Uopćeno govoreći na vrijeme pojavljivanja i duljinu trajanja pojedinih fenoloških faza utječu ekološki čimbenici okoline u kojima se biljka nalazi, te nasljedni genetski faktori (Ducci i sur. 2002). Imajući u vidu da se sve biljke koje su predmet istraživanja nalaze u istim ekološkim uvjetima, za očekivati je da se sve eventualne razlike u vremenu pojavljivanja pojedinih fenoloških faza te njihovu trajanju mogu pripisati utjecaju nasljednih faktora. Vanden Broeck i sur. (2018) navode da je fenologija pupanja odlučujuća i da određuje prikladnost drveća u njihovom lokalnom okru-

ženju. Pokazala se kao vrlo nasljedna, dok su Kaldewey i sur. (2019) u istraživanju proljetne fenologije lombardijskih topola uzorkovanih širom Europe u zajedničkom rasadničkom testu utvrdili slab odnos između proljetne fenologije i provenijencije, odnosno da lokalno okruženje i okruženje rasadničkog testa dominira nad potencijalnim epigenetičkim učincima koji su određeni okolišnim uvjetima na mjestima uzorkovanja.

Analizom varijance u ovom istraživanju utvrđeno je da su razlike u fenologiji listanja između klonova pojedinih populacija statistički značajne za sve faze, kao što je utvrđeno i za morfološka svojstva lista u istom klonskom arhivu (Memišević Hodžić i Ballian 2023). Najveću varijabilnost pokazale su razvojne faze 2 i 3. Do sličnih rezultata su došli i Ballian i Kajba (2015) te Cvitanović i sur. (2022).

Ukupno trajanje svih fenofaza razvoja lista u istraživanju koje su proveli Ballian i Kajba (2015) iznosilo je 22 dana za 2009. godine, a 47 dana za 2008. godinu, dok je u ovom istraživanju taj period iznosio 40 dana. Ballian (2017) navodi rezultate fenoloških promatranja topola u tri uzastopne godine (2007., 2008. i 2009. godina) u klonskom arhivu Žepče, gdje su praćene tri osnovne faze razvoja lista, gdje bi se moglo reći da faza 1 prema Ballian (2017) obuhvaća faze 1 i 2 u ovom istraživanju, faza 2 obuhvaća fazu 3 i 4 u ovom istraživanju, i faza 3 odgovara fazi 5 u ovom istraživanju. Ballian (2017) je utvrdio da postoje statistički značajne razlike između populacija porijekla klonova za sve godine. Kao početak promatranja definiran je dan tijekom kojeg je opaženo da je na terminalnom pupu primijećena određena promjena (Ballian 2017). Broj dana od početka praćenja do bubrenja pupa nije bio isti za tri promatrane godine, a autor (Ballian 2017) zaključuje da su razlog tomu temperature zraka koje su u promatranim periodima varirale kroz godine. U 2007. i 2008. godini bubrenje pupova počelo je 4.3. i to kod klonova populacija iz različitih slivova, dok se u 2009. godinu prvo bubrenje pupova pojavilo se 30.3., također kod populacija iz

Tablica 7. Efektivna duljina vegetacijske sezone**Table 7.** Effective duration of the vegetation period

| Sliv rijeke <i>River basin</i> | Populacija/Hibrid <i>Population/Hybrid</i> | Datum prvog pojavljivanja faze 3 <i>The date of the first appearance of phase 3</i> | Datum sa 50% listova na klonovima <i>The date with 50% leaves on the clones</i> | Efektivna duljina vegetacijskog perioda (dana) <i>Effective duration of the vegetation period (days)</i> |
|---------------------------------------|---|--|--|---|
| Neretva | Konjic | 20.3. | 9.9. | 173 |
| | Čapljina | 20.3. | 18.10. | 212 |
| Bosna | Sarajevo | 28.3. | 9.9. | 165 |
| | Ilidža | 18.4. | 30.9. | 165 |
| | Visoko | 20.3. | 18.10. | 212 |
| | Dobrinje | 20.3. | 18.10. | 212 |
| | Rudnik | 20.3. | 30.9. | 194 |
| | Bilješevo | 20.3. | 30.9. | 194 |
| | Babina rijeka | 20.3. | 18.10. | 212 |
| | Zenica | 28.3. | 18.10. | 204 |
| | Maglaj | 20.3. | 18.10. | 212 |
| Lašva | Doboj | 20.3. | 18.10. | 212 |
| | Travnik | 28.3. | 30.9. | 186 |
| Vrba | Bugojno | 8.4. | 9.9. | 154 |
| | Jajce | 2.4. | 26.10. | 207 |
| | Podmilačje | 28.3. | 18.10. | 204 |
| | Krupa | 2.4. | 18.10. | 199 |
| | Toplice | 28.3. | 30.9. | 186 |
| | Banja Luka | 28.3. | 26.10. | 212 |
| Drina | Osanica | 20.3. | 30.9. | 194 |
| | Kopači | 20.3. | 18.10. | 212 |
| | Tegare | 20.3. | 18.10. | 212 |
| | Bratunac | 20.3. | 26.10. | 220 |
| Spreča | Lukavac | 28.3. | 18.10. | 204 |
| | Gračanica | 20.3. | 18.10. | 212 |
| | Velika Brijesnica | 2.4. | 26.10. | 207 |
| Hibridi | <i>P. afganica</i> | 28.3. | 18.10. | 204 |
| | <i>P. boleana</i> | 20.3. | 30.9. | 194 |
| | <i>P. deltoides 710</i> | 28.3. | 26.10. | 212 |
| | <i>P. deltoides S-6-20</i> | 8.4. | 26.10. | 201 |
| | <i>P. deltoides Sava S-6-36</i> | 18.4. | 18.10. | 183 |
| | <i>P. deltoides-Dunav S-1-8</i> | 8.4. | 26.10. | 201 |
| | <i>P. nigra var. italica</i> | 28.3. | 26.10. | 212 |
| | <i>P. serotina</i> | 28.3. | 30.9. | 186 |
| | <i>P. x canadensis -B.I constanzo</i> | 2.4. | 30.9. | 181 |
| | <i>P. x canadensis I-214</i> | 2.4. | 30.9. | 181 |
| | <i>P. x canadensis-San Marino</i> | 2.4. | 30.9. | 181 |
| | <i>P. x canadensis-TRIPL0</i> | 8.4. | 30.9. | 175 |
| | <i>P. x canadensis M1</i> | 28.3. | 30.9. | 186 |
| <i>P. x canadensis-Tiepolo 275/81</i> | 2.4. | 26.10. | 207 | |

različitih slivova. U ovom istraživanju početak faze 1 zabilježen je najranije 14.3. i to kod klonova najvećeg broja populacija iz svih slivova, kao i hibrida. Ovo upućuje na potrebu provođenja dodatnih istraživanja fenologije i njihovog odnosa prema temperaturama, padalinama i drugim klimatskim elementima u vrijeme prolistavanja. Ludovisi i sur. (2014) pri istraživanju fenologije listanja crnih topola u dvije

uzastopne godine utvrdili su razlike od sedam dana u pojavljivanju faza između godina, dok su Fabbrini i sur. (2012) utvrdili značajnu ulogu interakcije genotip x okoliš u svim fenološkim fazama listanja klonova *Populus nigra*. Vico i sur. (2021) istraživali su fenologiju klonova topola uzgojenih na šest lokacija u baltičkoj regiji, u sjevernoj Europi tijekom dvije godine s kontrastnim klimatskim uvjetima, kako bi došli do

podataka kako klonovi reagiraju na klimatske uvjete i foto-period. Što se tiče utjecaja klimatskih uvjeta i fotoperioda, na svakoj lokaciji više temperature su unaprijedile vrijeme i povećale brzinu proljetne i jesenske fenologije, ali su smanjile efektivno trajanje vegetacijske sezone. Na različitim lokacijama, geografska širina je utjecala na vrijeme proljetne i jesenske fenologije, brzinu proljetne fenologije i efektivnu duljinu vegetacijske sezone, dok je klon utjecao samo na vrijeme fenologije (Vico i sur. 2021). Pellis i sur. (2004) istraživali su proljetnu fenologiju, duljinu vegetacijske sezone i jesenu fenologiju 17 klonova *Populus spp.* čije je porijeklo bilo od 45°30'N do 51°N. Utvrdili su sličan, jasan obrazac pucanja pupova tijekom različitih godina istraživanja za sve klonove, ali su klonovi sa 45°30'N do 49°N dostigli pucanje pupova gotovo svake godine ranije od klonova sa 50° N do 51° N.

Prema brojnim autorima, duljina efektivne vegetacijske sezone kod vrsta roda *Populus* proporcionalna je godišnjem rastu visine (Ceulemans i sur. 1992, McKown i sur. 2014, Yu i sur. 2001, Elferjani i sur. 2016, Lutter i sur. 2016). U ovom istraživanju, najkraću efektivnu duljinu vegetacijskog perioda imali su klonovi populacije Bugojno (154 dana), a najdužu klonovi *Populus boleana* i *Populus nigra* var. *italica* te klonovi populacija Čapljina (sliv rijeke Neretve); Dobrinje, Visoko, Babina rijeka, Maglaj, Doboj (sliv rijeke Bosne); Kopači i Tegare (sliv rijeke Drine).

Fenološka istraživanja topola uglavnom se odnose na otpornost topola prema kasnim proljetnim i ranim jesenjim mrazovima Ballian i Kajba, 2015, Cvitanović i sur. 2022), te prirast stabala s obzirom na duljinu trajanja vegetacijskog perioda (Ceulemans i sur. 1992, McKown i sur. 2014, Yu i sur. 2001, Elferjani i sur. 2016, Lutter i sur. 2016, Adler i sur. 2021, Karačić i sur. 2021). Tako su Adler i sur. (2021) došli do rezultata da je veća zapremina stabla bila u pozitivnoj korelaciji s kasnijim starenjem listova (jesenja fenologija), a nekorelirana s proljetnom fenologijom. Karačić i sur. (2021) navode da komercijalno korištenje topola zahtijeva klonove koji učinkovito koriste kratku sezonu rasta na sjevernim geografskim širinama, te da premještanje klonova južnog porijekla u sjeverne geografske širine ne rezultira učinkovitom uporabom vegetacijske sezone na sjeveru zbog neusklađenosti proljetne i jesenske fenologije ovih klonova na sjevernim geografskim širinama.

Nažalost, u Bosni i Hercegovini nije bilo istraživanja svojstava rasta klonova autohtonih niti hibridnih topola, te se javlja potreba za ovakvim istraživanjima kako bi se mogli usporediti rezultati fenoloških istraživanja, odnosno duljine vegetacijske sezone, i debljinskog i visinskog prirasta.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Analizom varijance utvrđeno je da postoje statistički značajne razlike u duljini trajanja pojedinih fenofaza listanja

između klonova populacija i hibrida u klonskom arhivu crnih topola Žepče.

Populacije čiji su klonovi prvi prošli kroz sve fenofaze listanja nalaze se u slivovima svih rijeka (klonovi populacija iz sliva rijeke Bosne: Bilješevo, Rudnik, Visoko; Lašve: Travnik, Drine: Bratunac, Kopači; Neretve: Konjic, Spreče: Gračanica i Vrbasa: Banja Luka). Populacije čiji su klonovi posljednji završili razvoj lista su: Ilidža (sliv rijeke Bosne), Bugojno i Krupa (sliv rijeke Vrbas).

Do 18.10.2019. godine klonovi većine promatranih populacija su odbacili sve listove, tj. 73% od promatranih biljaka je već odbacilo listove, a do 4.11.2019. godine klonovi svih populacija su odbacili listove.

Najkraću efektivnu duljinu vegetacijskog perioda imali su klonovi populacije Bugojno (154 dana), a najdužu klonovi *Populus boleana* i *Populus nigra* var. *italica* te klonovi populacija Čapljina (sliv rijeke Neretve); Dobrinje, Visoko, Babina rijeka, Maglaj, Doboj (sliv rijeke Bosne); Kopači i Tegare (sliv rijeke Drine).

Rezultati ovog istraživanja bit će korišteni u odabiru najpovoljnijih klonova za reintrodukciju na određenom lokalitetu i za određene mikroklimatske uvjete, posebno pojavama kasnih proljetnih i ranih jesenjih mrazeva, u svrhu očuvanja autohtonog genofonda, kao i klonova hibridnih topola za osnivanje klonskih nasada.

Potrebno je nastaviti fenološka istraživanja u klonskom testu autohtonih crnih topola i hibridnih topola u Bosni i Hercegovini, kao i provesti istraživanja svojstava rasta, kako bi se mogli usporediti rezultati fenoloških istraživanja, odnosno duljine vegetacijske sezone i debljinskog i visinskog prirasta.

LITERATURA REFERENCES

- Adler, A., Karačić, A., Wästljung, A.C.R., Johansson, U., Liepins, K., Gradeckas, A., Christersson, L., 2021: Variation of growth and phenology traits in poplars planted in clonal trials in Northern Europe—implications for breeding. *Bioenerg. Res.* 14, 426–444. <https://doi.org/10.1007/s12155-021-10262-8>
- Ballian D., 2017: Varijabilnost crne topole (*Populus nigra* L.) i njeno očuvanje u Bosni i Hercegovini". Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu. Str.1-205.
- Ballian D., Mekić F., 2008: Klonski arhiv Bosansko-Hercegovskih populacija crne topole (*Populus nigra* L.) u Žepču – podizanje i upotreba klonskog materijala. *Naše šume*, 12/13 :16-24.
- Ballian, D., 2004: The status of Black and White Poplar (*Populus nigra* L., *Populus alba* L.) in Bosnia and Herzegovina, In *Populus nigra* Network. Report of the 8th *Populus nigra* Network Meeting, Frankfurt (Oder)/Treppeln. IPGRI, Italy, str. 17-20. Rome.
- Ballian, D., Kajba, D., 2015: Phenological reserches of black poplars (*Populus nigra* L.) in clonal archives Žepče. *Botanical science in the modern world. Proceedings of Internacional Conference, dedicated to the 80th anniversary of the Yereven Botanical Garden.* (5-9.10.2015). Str.: 266-273.

- Ceulemans, R., Scarascia-Mugnozza, G., Wiard, B.M., Braatne, J.H., Hinckley, T.M., Stettler, R.F., Isebrands, J.G., Heilman, P.E., 1992: Production physiology and morphology of *Populus* species and their hybrids grown under short rotation. I. Clonal comparisons of 4-year growth and phenology. *Can J For Res* 22(12):1937–1948. <https://doi.org/10.1139/x92-253>
- Cvitanović, M., Vehabović, S., Memišević Hodžić, M., Ballian, D., 2021: Fenološka kretanja u klonskom testu hibridnih topola u Žepču/Phenological developments in the clone test of hybrid poplars in Žepče. *Naše šume* 64-65, pp. 15-22.
- Čortan, D., Šijačić-Nikolić, M., Knežević, R., 2013: Variability of leaves morphological traits in black poplar (*Populus nigra* L.) from two populations in Vojvodina, *Šumarstvo (Forestry)* 65 (3-4), 193-202.
- Čortan, D., Šijačić-Nikolić, M., Knežević, R., 2014: Variability of morphometric leaf characteristics of Black poplar from the area of Vojvodina, *Bulletin of the Faculty of Forestry* 109, 63-72.
- Čortan, D., Tubić, B., Šijačić-Nikolić, M., Borota, D., 2015: Morfološka varijabilnost listova crne topole (*Populus nigra* L.) na području Vojvodine, Srbija. *Šumarski list*, 5/6:245-252
- Dickmann, D.I., Kuzovkina, J., 2014: Poplars and willows of the world, with emphasis on silviculturally important species. In: Isebrands JG, Richardson J (eds) *Poplars and willows: trees for society and the environment*. CABI Publishers, Oxford, pp 8–91
- Ducci, F., De Cuyper, B., Proietti, R., E. Pâques, L., Wolf, H., 2012. Reference protocols for assessment of traits and reference genotypes to be used as standards in international research projects. *CRA SEL – Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura*. 1-86.
- Elferjani, R., DesRochers, A., Tremblay, F., 2016: Plasticity of bud phenology and photosynthetic capacity in hybrid poplar plantations along a latitudinal gradient in northeastern Canada. *Environ Exp Bot* 125:67–76. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.01.007>
- Fabbrini, F., Gaudet, M., Bastien, C., Zaina, G., Harfouche, A., Beritognolo, I., Marron, N., Morgante, M., Scarascia-Mugnozza, G., Sabatti, M., 2012: Phenotypic plasticity, QTL mapping and genomic characterization of bud set in black poplar. *BMC plant biology*. 12. 47. [10.1186/1471-2229-12-47](https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-47).
- Gunderson, C.A., Edwards, N.T., Walker, A.V., O'Hara, K.H., Champion, C.M., Hanson, P.J., 2012: Forest phenology and a warmer climate – growing season extension in relation to climatic provenance. *Glob. Chang. Biol.* 18(6):2008–2025. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02632.x>
- Kaldewey, P., Díez Rodríguez, B., Opgenoorth, L., Heer, K., 2019: Bud burst phenology of clonal *Populus nigra* cv. 'Italica' in a common garden experiment. Conference: GfÖ Annual Meeting 2019
- Karačić, A., Adler, A., Weih, M., Christersson, L., 2021: An Analysis of Poplar Growth and Quality Traits to Facilitate Identification of Climate-Adapted Plant Material for Sweden. *Bioenerg. Res.* 14, 409–425. <https://doi.org/10.1007/s12155-020-10210-y>
- Koskela, J., de Vries, S.M.G., Kajba, D., von Wühlisch, G. (comps.), 2004: *Populus nigra* Network, 131 p.
- Ludovisi, R., Gaudet M., Fabbrini, F., Bastien, C., Harfouche, A., Scarascia Mugnozza, G., Sabatti, M., 2014: Influence of temperature on bud flush phenology in *Populus nigra* : a comparison between two growing seasons. International Poplar Symposium (IPS-VI), Jul 2014, Vancouver, British Columbia, Canada. 2014, IPS VI. [10.1139/ips-vi-01268614f](https://doi.org/10.1139/ips-vi-01268614f)
- Lutter, R., Tullus, A., Tullus, T., Tullus, H., 2016: Spring and autumn phenology of hybrid aspen (*Populus tremula* L. x *P. tremuloides* Michx.) genotypes of different geographic origin in hemiboreal Estonia. *New Zealand J For Sci* 46:20. <https://doi.org/10.1186/s40490-016-0078-7>
- McKown, A.D., Guy, R.D., Klápště, J., Geraldes, A., Friedman, n, M., Cronk, Q.C., El-Kassaby Y.A., Mansfield, S.D., Douglas, C.J., 2014: Geographical and environmental gradients shape phenotypic trait variation and genetic structure in *Populus trichocarpa*. *New Phytol* 201(4):1263–1276. <https://doi.org/10.1111/nph.12601>
- Memišević Hodžić, M., Ballian, D. 2023: Varijabilnost morfoloških svojstava listova europske crne topole i hibridnih crnih topola u klonskom arhivu u Žepču/Variability of leaf morphological traits of European black poplar and hybrid black poplars in the clone archive in Žepče. *Šumarski list*, 1-2 (2023): 53-64, <https://doi.org/10.31298/sl.147.1-2.4>
- Muffler, L., Beierkuhnlein, C., Aas, G., Jentsch, A., Schweiger, A.H., Zohner, C., Kreyling, J., 2016: Distribution ranges and spring phenology explain late frost sensitivity in 170 woody plants from the Northern Hemisphere. *Glob Ecol Biogeogr* 25(9):1061–1071. <https://doi.org/10.1111/geb.12466>
- Pellis, A., Laureysens, I., Ceulemans, R., 2004: Genetic variation of the bud and leaf phenology of seventeen poplar clones in a short rotation coppice culture. *Plant Biol (Stuttg)*. 2004 Jan-Feb; 6(1):38-46. doi: 10.1055/s-2003-44746. PMID: 15095133.
- Sparks, T., Menzel, A., 2013: Plant Phenology Changes and Climate Change, Editor(s): Simon A Levin, *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)*, Academic Press, Pages 103-108, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00229-X> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012384719500229X>)
- Vanden Broeck, A., Cox, K., Quataert, P., Bockstaele, E.V., Slycken, J.V., 2003: Flowering Phenology of *Populus nigra* L., *P. nigra* cv. *italica* and *P. x canadensis* Moench, and the Potential for Natural Hybridisation in Belgium. *Silvae Genetica* 52, 5-6
- Vanden Broeck, A., Cox, K., Brys, R., Castiglione, S., Ciatelli, A., Guarino, F., Heinze, B., Steenackers, M., Vander Mijnsbrugge, K., 2018: Variability in DNA Methylation and Generational Plasticity in the Lombardy Poplar, a Single Genotype Worldwide Distributed Since the Eighteenth Century. *Front. Plant Sci.* 9:1635.
- Vanden Broeck, A., 2003: EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European black poplar (*Populus nigra* L.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Vico, G., Karacic, A., Adler, A., Richards, T., Weih, M., 2021: Consistent Poplar Clone Ranking Based on Leaf Phenology and Temperature Along a Latitudinal and Climatic Gradient in Northern Europe. *BioEnergy Research* (2021) 14:445–459. <https://doi.org/10.1007/s12155-021-10249-5>
- Yu, Q., Tigerstedt, P., Haapanen, M., 2001: Growth and phenology of hybrid aspen clones (*Populus tremula* L. x *Populus tremuloides* Michx.). *Silva Fenn* 35(1):15–25. <https://doi.org/10.14214/sf.600>

SUMMARY

Black poplar (*Populus nigra* L.) is a species growing in flood forests and today it is one of the most endangered species in Europe. In Bosnia and Herzegovina, there is significant area of unused land suitable for the reintroduction of autochthonous black poplar and the establishment of intensive and extensive plantations of hybrid and American black poplar. This research aims to determine the beginning and the end of the phenological phases of leafing, as well as the winter retention of leaves, which will help in the selection of suitable clones for the establishment of plantations in Bosnia and Herzegovina.

The material of 161 clones of autochthonous black poplars from 26 populations from the basins of 6 rivers, and 11 clones of production hybrid poplars (Euro-American or Canadian) and American black poplars was analyzed. The clones were located in the clonal archive in Žepče, which was established in 2006. Leafing phenology was observed from March 15 to April 22, 2019, and during six phenological phases: 0 - dormant bud, 1 - cracked bud, 2 - bud breaking through, 3 - bud open, leaves gathered, 4 - leaves separate, 5 - leaves fully developed. The retention of the leaves was monitored from August 30 to November 4, 2019, and evaluated in three categories: 1 - all leaves on the tree are present, 2 - 50% of the leaves are left on the tree, 3 - there are no leaves left on the tree.

Analysis of variance showed statistically significant differences between clones from different populations for the duration of the leafing phenological phases. Phenological phase 1 (buds breaking through) occurred at the earliest on March 14 and phase 5 (fully open leaves) no earlier than April 8. The results of leaf retention show that on November 4 all clones in the clonal archive fully rejected the leaves. The shortest effective length of the vegetation period had the clones of the Bugojno population (154 days), and the longest the clones of *Populus boleana* and *Populus nigra* var. *italica* and clones of the Čapljina population (Neretva river basin). Dobrinje, Visoko, Babina Rijeka, Maglaj, Dobož (Bosna river basin), Kopači and Tegare (Drina river basin).

The results of this research will be used in the selection of the most suitable clones for reintroduction in a specific locality and for specific microclimatic conditions, especially the occurrence of late spring and early autumn frosts, for the purpose of preserving the autochthonous gene pool, as well as clones of hybrid poplars for the establishment of clonal plantations.

It is necessary to continue phenological research in the clonal test of autochthonous black poplars and hybrid poplars in Bosnia and Herzegovina, as well as to conduct research on growth properties in order to be able to compare the results of phenological research, i.e. the length of the growing season, as well as thickness and height growth.

KEY WORDS: black poplars, clonal archive, leaf phenology, winter leaf retention