

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET
Fitomedicina

Marijana Plodinec, bacc. ing.

**Morfološke i fenološke značajke invazivne
korovne vrste *Abutilon theophrasti* Med.**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Fitomedicina

Marijana Plodinec, bacc. ing.

**Morfološke i fenološke značajke invazivne
korovne vrste *Abutilon theophrasti* Med.**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: doc. dr. sc. Maja Šćepanović

Zagreb, 2017.

Ovaj diplomski rad je ocijenjen i obranjen dana _____

s ocjenom _____ pred Povjerenstvom u sastavu:

1. doc. dr. sc. Maja Šćepanović _____

2. izv. prof. dr. sc. Klara Barić _____

3. doc. dr. sc. Dubravka Dujmović Purgar _____

ZAHVALA

Najveću zahvalu dugujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Maji Šćepanović na svom prenesenom znanju tijekom zadnjih par godina, ne samo u provedenom istraživanju i izradi ovog diplomskog rada nego i u svim projektima u kojima smo sudjelovale. Hvala što ste mi pružili priliku raditi s vama, uvijek ste pokazali razumijevanje i strpljenje bez obzira na moja pitanja i probleme u izradi projekata. Hvala na iskazanom povjerenju i potpori u svemu.

Zahvalila bi i članovima Povjerenstva, izv. prof. dr. sc. Klari Barić i doc. dr. sc. Dubravki Dujmović Purgar na utrošenom vremenu kod čitanja i korekcije rada, te pomoći kako bi ovaj rad bio što bolji. Posebice izv. prof. dr. sc. Klari Barić radi pružanja mogućnosti rada na ovom istraživanju.

Posebnu zahvalu htjela bih posvetiti bivšim asistentima Zavoda za Herbologiju, a to su Matija Goršić i Natalija Galzina. Oni su razlog zbog kojeg sam još više zavoljela svoju struku i nastavila svoje obrazovanje ovim smjerom kojeg sada i završavam. Bezbrojni sati obavljanja stručne prakse, bez obzira na vremenske uvjete, ostati će mi zapamćeni kao najljepši dani mog studiranja. Njihovi savjeti i podrška u vrijeme preddiplomskog studija nikada neće biti zaboravljeni.

I na kraju htjela bih se zahvaliti svim svojim prijateljima i obitelji na svojoj pruženoj podršci u vrijeme mog studiranja. Znam da nekada nije bilo lako, ali i tome je sada došao kraj. Posebno bi htjela izdvojiti svoju majku Anu koja je uvijek bila tu uz mene i podržavala me na mojem putu. I na kraju veliko hvala mom dragom Davoru koji me bodrio većinu mog studija, bez obzira na sve.

Veliko hvala svima!

Marijana

Morfološke i fenološke značajke invazivne korovne vrste *Abutilon theophrasti* Med.

SAŽETAK

Abutilon theophrasti (europski mračnjak) je invazivna korovna vrsta podrijetlom iz Kine. Zbog svojih morfoloških svojstva vrlo je jak kompetitor u okopavinskim i povrtnim usjevima gdje izaziva velike gubitke prinosa. Cilj istraživanja bio je utvrditi morfološka i fenološka svojstva europskog mračnjaka pri različitim gustoćama sklopa (2, 5, 10 i 20 jedinki m⁻²). Pokus je postavljen u proljeće 2014. na pokušalištu Maksimir Agronomskog fakulteta u Zagrebu po shemi slučajnog bloknoeg rasporeda u tri ponavljanja. Zbog tvrde ovojnice i prethodno utvrđene niske klijavosti, sjemenke mračnjaka su neposredno prije sjetve skarificirane. U istraživanju su mjerena morfološka, fenološka i reproduktivna svojstva mračnjaka pri različitim gustoćama sklopa. Rezultati istraživanja ukazuju da se visina biljaka na početku cvatnje između različitih gustoća sklopa nije značajno razlikovala. Međutim, nakon cvatnje biljke mračnjaka su bile značajno više u najrjeđem sklopu (2 biljke m⁻²) u odnosu na biljke s većom intra-kompeticijom (5-20 biljaka m⁻²). Isti trend utvrđen je i kod broja listova, promjera stabljike te mase suhe stabljike gdje su najviše vrijednosti utvrđene kod biljaka s najmanjom gustoćom sklopa. Gustoća sklopa utjecala je i na reproduktivna svojstva mračnjaka. Na biljkama mračnjaka kod veće gustoće sklopa (5-20 biljaka m⁻²) prosječno je utvrđen manji broj tobolaca (124-44) i manji broj sjemenki po biljci (1656-1020) u odnosu na biljke kod najmanje gustoće (175 tobolaca, 3654 sjemenki po biljci). Unatoč tome, utvrđen je trend povećanja sjemena po metru kvadratnome (7307 – 20401) s povećanjem gustoće biljaka. Ostale komponente prinosa nisu se značajno razlikovale između biljaka s različitim gustoćama sklopa. Tako je utvrđeno prosječno 33 sjemenki po tobolcu, a prosječna masa 1000 sjemenki je iznosila 9,9 grama. Za fenološka svojstva nije utvrđena statistički značajna razlika između tretmana, pa je tako biljkama mračnjaka bilo potrebno prosječno 162 toplinskih jedinica za nicanje, 979 za cvatnju i 1105 za razvoj prvog tobolca.

Ključne riječi : mračnjak, morfologija, fenologija, reproduktivna svojstva, suma toplinskih jedinica

Morphological and phenological characteristics of invasive weed *Abutilon theophrasti*

Med .

SUMMARY

Abutilon theophrasti (velvetleaf) is an invasive weed species that originated from China. The competitive nature of velvetleaf makes it a serious problem in arable and vegetable crops causing significant yield losses. The aim of this study was to determine morphological and phenological characteristics of velvetleaf as affected by various plant densities (2, 5, 10 and 20 plants m⁻²). The field trial was conducted during spring 2014 on experimental station Maksimir at Faculty of Agriculture in randomized blocks with 3 replicates. Due to impermeable seed coat and previously observed low germination, seeds were scarified before sowing. In the study morphological, phenological and reproductive characteristics of velvetleaf were recorded. Results show that plant height between different velvetleaf densities did not differ at the beginning of flowering. However, plants after flowering were significantly higher in lower densities (2 plants m⁻²) than those that were growing with more intra-competition (5-20 plants m⁻²). The same trend is evident from the number of leaves, the diameter of the stem and dry weight of the stem where the higher values were recorded in lower velvetleaf densities. Density of plants affected reproductive characteristics of velvetleaf. Plants in higher densities (5-20 plants m⁻²) had less capsules (124-44) and smaller number of seeds per plant (1656-1020) in comparison to the plants that grew in lowest densities (175 capsules, 3654 seeds per plant). In contrast, more seeds per square meter (7307-20401) were recorded with increasing density of plants. Other yield components were not significantly different between plants in different densities. There was on average of 33 seeds per capsule, and the average weight of 1000 seeds amounted to 9.9 grams. There was no significant difference between treatments in phenology of velvetleaf. Plants needed 162 growing degree days for sprouting, 979 for flowering and 1105 for the development of the first capsule, in average.

Key words: velvetleaf, morphology, phenology, reproductive properties, growing degree days

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. PREGLED LITERATURE | 3 |
| 2.1. Porijeklo i invazivnost mračnjaka | 3 |
| 2.2. Štetnost mračnjaka..... | 4 |
| 2.3. Morfologija i fenologija mračnjaka | 6 |
| 3. CILJ ISTRAŽIVANJA | 13 |
| 4. MATERIJALI I METODE RADA..... | 14 |
| 4.1. Utvrđivanje morfoloških svojstva mračnjaka..... | 17 |
| 4.2. Utvrđivanje fenoloških svojstva mračnjaka | 18 |
| 4.3. Utvrđivanje reproduktivnih svojstva mračnjaka..... | 19 |
| 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA | 21 |
| 5.1. Rezultati istraživanja morfoloških svojstva mračnjaka | 21 |
| 5.2. Rezultati istraživanja fenoloških svojstva mračnjaka..... | 24 |
| 5.3. Rezultati istraživanja reproduktivnih svojstva mračnjaka..... | 26 |
| 6. RASPRAVA | 30 |
| 7. ZAKLJUČCI..... | 35 |
| 8. LITERATURA..... | 36 |

1. UVOD

Zahvaljujući svojoj invazivnosti, mračnjak se danas nalazi na skoro cijelom području Europe uključujući i Hrvatsku. Prvi podaci o postojanju europskog mračnjaka u Republici Hrvatskoj objavljeni su još 1869. (**Schlosser i Vukotinović, 1869**), a danas se smatra da je mračnjak rasprostranjen po cijeloj Hrvatskoj (**Hulina, 2000**). Svoju invazivnost može zahvaliti činjenici da se lako prilagođava različitim klimatskim uvjetima, pa tako postoje različite teorije njegovog širenja i na druge krajeve u kojima još nije prisutan (**Clements i Ditommaso, 2011**).

Korovna vrsta *Abutilon theophrasti* osim svoje invazivnosti, uzrokuje značajan pad prinosa kod mnogih kultura, pa zato **Flegar i Novak (2005)** navode mračnjak kao jedan od najnapasnijih i najagresivnijih korova okopavina u Hrvatskoj. Svojim velikim habitusom s naglašenim velikim listovima vrlo brzo zasjeni uzgajanu kulturu izazivajući značajne gubitke prinosa, zbog čega je i dobio naziv mračnjak. Listovi su prekriveni nježnim baršunastim dlačicama pa često dolazi do slabije apsorpcije herbicida, pogotovo kad se ne koristi okvašivač. Velika proizvodnja sjemena te njegova dormantnost otežavaju suzbijanje ove korovne vrste, pogotovo kad se uzme u obzir da tijekom vremena niče sporadično jer niče s različitim dubina. Stoga većina autora citirane literature navodi kako je prag štetnosti za ovu korovnu vrstu nula, odnosno da se u usjevu ne tolerira prisustvo ni jedne jedinke mračnjaka.

Uspostava integriranog suzbijanja korova podrazumijeva dobro poznavanje biologije i ekologije, biokemijskih i fenoloških procesa značajnih korovnih vrsta (**Shaw, 1982**). S obzirom da je većina procesa u funkciji s fenološkim fazama razvoja biljne vrste, fenološka predviđanja omogućuju točnije procjene vremena i učinka kompeticije korova na usjev i na taj način doprinose integriranom suzbijanju korova (**Alm i sur., 1991**). Znanja o biologiji korova također su važna za simuliranje nicanja, odnosno izradu prognoznih modela nicanja korova u usjevu, a što pomaže u određivanju optimalnog vremena njihovog suzbijanja (**Forcella, 1993**). Prognozni modeli nicanja korisni su i da se lakše odredi nicanje onih vrsta koje niču ranije ili dosta kasnije s obzirom na primjenu post-em herbicida (**Grundy, 2002**) što i jest slučaj s korovnom vrstom *Abutilon theophrasti* koja je objekt ovog rada.

Dok je u Hrvatskoj relativno veliki broj istraživanja provoden s ciljem istraživanja alelopatskog potencijala mračnjaka (**Novak, 2007; Šćepanović i sur., 2007, Galzina i sur. 2011**), vrlo je malo (**Hulina, 2000**) dostupnih podataka o fenologiji, morfologiji i reproduktivnim modifikacijama ove korovne vrste pri različitim okolišnim uvjetima. Stoga je

cilj ovog diplomskog rada bio utvrditi fenološka, morfološka i reproduktivna svojstva mračnjaka pri različitim gustoćama sklopa.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Porijeklo i invazivnost mračnjaka

Korovna vrsta *Abutilon theophrasti* kod nas je poznat pod raznim nazivima, kao što je europski mračnjak, teofrastofa lipica ili teofrastov mračnjak. Latinsko ime roda *Abutilon* vjerojatno potječe od arapske riječi *abu tilon* što znači indijski sljez. Prema drugom izvoru složenica je grčkih riječi *a* (ne, prefiks suprotnog značenja), *bous* (govedo), *tilos* (proljev) jer se jedna vrsta upotrebljavala kao sredstvo kod proljeva goveda. Ime vrste *theophrasti* dano je u čast ocu botanike Teofrastu (371. pr. Kr. – 287. pr. Kr.). Na stranim jezicima poznat je kao velvetleaf, indian mallow (engleski), Samtpappel (njemački), cencio molle (talijanski), abutilon d'Avicenne, abutilon de Théophraste (francuski), baržunasti oslez (slovenski).¹

Točno podrijetlo biljke još uvijek nije utvrđeno. Postoje dvije teorije njezinog podrijetla. Jedna teorija je da je potekla iz Indije, dok druga tvrdi da je potekla iz Kine iako ni jedna teorija nije znanstveno potvrđena (**Warwick i Black, 1988**). Međutim, poznato je da se teofrastov mračnjak uzgajao u Kini radi vlakna od kojih su se izrađivala užad, gruba tkanina, ribarske mreže, papir, itd. Početkom 18. stoljeća ova vrsta unesena je u Ameriku kao zamjena za konoplju i ubrzo postala korov okopavina. S obzirom da se nezrele sjemenke mračnjaka mogu jesti sirove na područjima gdje se mračnjak uzgajao u komercijalne svrhe, njegove sjemenke su se koristile kao užina djeci. Starije sjemenke su prethodno kuhane da izgube gorčinu, zatim su sušene i mljevene u brašno koje se koristilo u izradi tjestenine i kruha (**Gligić, 1953**). Sjemenka također sadrži 15 – 30 % ulja, koje može biti pogodno za tehničke svrhe.²

Smatra se da je na putu u Ameriku bio djelom rasprostranjen i po Europi. Naime, postoje navodi da se u 15. i 16. stoljeću uzgajao u Italiji, Njemačkoj i Bugarskoj odakle se Podunavljem raširio i dalje. **Schlosser i Vukotinović (1869)** objavljuju prve podatke o postojanju europskog mračnjaka u Republici Hrvatskoj. Ovi su autori zabilježili njegovu rasprostranjenost u Dubravi, Lovrečini, Bedekovčini, Rebrovcu, Moslavini, Požegi, Cerovcu, Bizovcu, Našicama i Vidovcu. **Hulina (2000)** navodi širenje ovog agresivnog korova od istočnih krajeva Hrvatske, gdje je još u 80-tima bio zastupljen u visokim populacijama, prema zapadu Hrvatske.

¹ (www.plantea.com.hr).

² (www.eattheweeds.com).

Danas je teofrastov mračnjak prisutan u južnoj i srednjoj ali ne i sjevernoj Europi. Međutim prema **Clements i Dittomaso (2011)** tri su teorije zašto bi se ova vrsta ipak mogla proširiti i sjevernije u Europi. Prva teorija je da vrsta još nije došla do kraja svog širenja sjevernije Europom zbog sporijeg širenja vrste. Druga teorija iznosi da je vrsta došla do ruba teritorija u odnosu na klimu u kojoj može opstati, ali zbog povećanja temperature i globalnog zatopljenja, s vremenom će doći do njezinog daljnjeg širenja. I zadnja teorija iznosi da je vrsta stvarno došla do ruba svog širenja, ali će se s vremenom prilagoditi hladnijoj klimi te nastaviti svoje širenje Europom.

2.2. Štetnost mračnjaka

Prema navodima **Flegara i Novaka (2005)** mračnjak je jedan od najnapasnijih i najagresivnijih korova okopavina u Hrvatskoj. Svojim habitusom s naglašenim velikim listovima vrlo brzo zasjeni uzgajanu kulturu izazivajući znatne gubitke prinosa, zbog čega je i dobio naziv mračnjak. Procijenjeni godišnji gubici prinosa na prostorima SAD-a u kukuruzu i soji, nastali uslijed kompeticije europskog mračnjaka, su približno 343 milijuna dolara. Uz potrošenih stotine milijuna dolara za suzbijanje ove vrste, dodatni milijuni godišnje su izgubljeni na područjima gdje se ne provode mjere suzbijanja (**Spencer, 1984**).

Raznim istraživanjima utvrđivan je ekonomski prag štetnosti ove korovne vrste u raznim kulturnim vrstama. U kukuruzu je utvrđeno da samo 3 biljke m^{-2} mogu prouzročiti pad prinosa čak 10 % (**Scholes i sur., 1995**), a za ekonomski prag štetnosti u kukuruzu se uzima od 0,3 do 1,7 biljaka m^{-2} (**Sattin i sur., 1992**). U soji su štete mnogo veće, pa tako već 1 biljka m^{-2} izaziva gubitak prinosa čak 34 % (**Scholes i sur., 1995**) pa je ekonomski prag štetnosti za ovu korovnu vrstu od 0,035 do 0,21 biljaka m^{-2} (**Cardina i sur., 1995**). Međutim, ova jednogodišnja korovna vrsta ima veliku sjemensku proizvodnju, a sjeme zbog svojstva dormantnosti dugo godina u banci sjemena tla može zadržati vijabilnost. Stoga nesuzbijene jedinice mračnjaka u usjevu, unatoč tome što ekonomski ne moraju uzrokovati pad prinosa određene kulture, osjemenjivanjem obogaćuju banku sjemena predstavljajući problem u narednim usjevima. Tako primjerice **Hartzler (1996)** navodi da 4 do 5 nesuzbijenih jedinica ove korovne vrste u usjevu kukuruza može proizvesti od 8000 do 10000 sjemenki po metru četvornom, unatoč tome što se sjemenska proizvodnja mračnjaka kad raste u kompeticiji s kukuruzom smanjuje za 50%.

Poznato je da sjeme ove vrste može zadržati klijavost i do 50 godina zahvaljujući dormantnosti i otpornosti na mikrobiološku aktivnost u tlu (**Warwick i Black, 1988**). Zbog dormantnosti ima produženo nicanje, zbog čega često uspije izbjeći djelovanju herbicida. Otpornost na mikroorganizme u tlu rezultat je postojanja gustoga palisadnog sloja i taninskih komponenata unutar sjemene ovojnice, koji inhibiraju napad mikroorganizama (**Horowitz i Taylorson, 1984**). Sjeme europskog mračnjaka pokazuje tip primarne dormantnosti, poznate kao "hardseedness" (**Grundy i Jones, 2002**), koja je uzrokovana nepermeabilnošću sjemene ovojnice za vodu. Najčešće tek prikupljeno sjeme pokazuje ovaj tip dormantnosti, no nakon jedne godine skladištenja, a pod visokom relativnom vlagom, sjeme postaje klijavo. U poljskim uvjetima prekid dormantnosti ovoga tipa nastaje uslijed zamrzavanja i odmrzavanja, vlaženja i sušenja, pri čemu dolazi do loma sjemene ovojnice te je sjemenka sposobna proklijati. Drugi tip primarne dormantnosti, embryo-dormantnost, zamijećena je kada sjeme kojemu je popucala sjemena ovojnica ne klije odmah, nego klije sporadično tijekom određenog vremena (**Warwick i Black, 1988**).

Dubina na kojoj se nalazi sjeme korova važan je čimbenik koji određuje dormantnost sjemena, odnosno njegovu vijabilnost (**Hulina, 1998**). Prema istraživanjima **Rakoša (2016; 2013)** utvrđeno je da sjeme ove korovne vrste u kontroliranim i poljskim uvjetima uspješno niče i s 9 cm dubine tla što nije slučaj za većinu ostalih (sitno sjemenskih) korovnih vrsta. Istraživanja **Stollera i Waxa (1973)** također ukazuju na mogućnost nicanja ove vrste i s većih dubina u tlu jer nije utvrđena signifikantna razlika u nicanju mračnjaka na dubinama do 10,2 centimetara.

Antagonističke nepatogene bakterije, koje egzistiraju u unutrašnjosti sjemena ili njegovoj ovojnici, također inhibiraju razvoj gljiva s površine kao i iz okoline sjemena. Poznato je da i fenološke komponente koje otpušta sjeme europskog mračnjaka inhibiraju razvoj 117 od 202 testiranih vrsta bakterija kao i nekih gljiva koje se nalaze u okolini sjemena (**Kremer, 1986**).

Mračnjak također ima visok alelopatski potencijal inhibirajući klijanje i rast konkurentskih biljaka, čime dolazi u nadređeni položaj. Iako su alelopatske interakcije mračnjaka s drugim usjevima poznate već desetljećima, slaba pažnja posvećuje se biokemijskim interakcijama ove korovne vrste (**Šćepanović i sur., 2007**). U literaturi se navodi negativan alelopatski utjecaj mračnjaka na početni rast i razvoj poljoprivrednih kultura poput soje, kukuruza i rajčice (**Gressel i Holm 1973; Šćepanović i sur., 2016**).

2.3. Morfologija i fenologija mračnjaka

Mračnjak (slika 1) je jednogodišnja zeljasta širokolisna korovna vrsta visokog habitusa visine od 0,5 m do 4 m (Novak, 2007). Pripada porodici Malvaceae (sljezovi).



Slika 1. Habitus mračnjaka (foto: Plodinec M.)

Stabljika je uspravna i snažna, pokrivena mekanim bjelkastim dlačicama. U rijetkom sklopu uz dovoljno prostora obično naraste oko 2 m uz dosta bočnih ili postranih grana koje mogu biti dugačke i do metar i pol. U gustom sklopu biljka je tanja, bez grana i biljka teži rasti u visinu. U gustom sklopu postiže visinu i do 350 (400) cm (Novak i Kravaršćan, 2011).

Korijen je svijetle boje i vrlo jak (slika 2). Glavni korijen je vretenastog oblika i ako se podzemne vode nalaze visoko korijen se ne razvija u dubinu već jače razvija postrano korijenje. Većina bočnoga korijenja se nalazi na dubini 10-30 cm, a neko doseže i do 2 m dubine. Korijen ima veliku moć apsorpcije vode i dobro opskrbljuje biljku vlagom čak i za sušnoga razdoblja. Vjerojatno ga ovo svojstvo čini poprilično otpornim na sušu (Lešnik i sur., 1999).



Slika 2. Koriijen mračnjaka (foto: Plodinec M.)

Listovi su naglašeno veliki, pa zbog sposobnosti zasjenjivanja ova vrsta i nosi naziv mračnjak. Dužina listova je 10-20 cm, a širina 10-25 cm dok je sama peteljka duga 3-12 cm (**Zheng i sur., 2004**). Lice i naličje listova prekriveno je nježnim baršunastim dlačicama, odakle potječe engleski naziv velvetleaf. Rubovi listova su lagano valoviti i plitko nazubljeni. Izgledom podsjećaju na listove lipe zbog čega je u narodu i dobila naziv teofrastova lipica (**Flegar i Novak, 2005**).

Cvjetovi se razvijaju u pazušcu lista pojedinačno ili u štitastom cvatu, na cvjetnoj stapci kraćoj od peteljke lista (slika 3). Unutar čaške cvijeta, koja je građena od 5 latica, nalazi se 5 žutonarančastih, vršno lagano urezanih latica koje široko otvorene čine promjer cvijeta od 1,3-2,5 cm. Filamenti prašnika srasli su u centralni stupić. **Kojić i sur. (1983)** kao moguću boju cvjetova navode i crvenu. Cvjetovi koji se otvaraju ranije u sezoni skloni su abortiranju 1-2 dana nakon otvaranja, a novi cvjetovi se javljaju svaka 2 dana. Cvijet je obično oplodjen tijekom istog dana kada je otvoren, a sjeme sazre 17-22 dana nakon oplodnje (**Winter, 1960**). Počinje nicati u travnju (svibnju), a cvate u srpnju i kasnije. Plodonosi od kraja srpnja do listopada (**Novak i Kravaršćan, 2011**).

Mogućnosti vegetativnog razmnožavanja kod ove vrste nisu zabilježena. Europski mračnjak je samooplodna, heksaploidna biljka sa $2n = 6x = 42$ kromosoma (**Warwick i Black, 1988**). Plod je tobolac (slika 4) polukružnog oblika dužine 1,3-2,5 cm, a promjera 2,5 cm. Sadrži 12-15 plodnih režnjeva u kojima su 1-3 sjemenke. Sjemenke mračnjaka su

bubrežastog oblika, spljoštene, prekrivene dlačicama. Debljine oko 1 mm, a dužine od 2 do 3 mm. Apsolutna masa 1000 sjemenki kreće se od 8 do 12 g. **Benvenuti (2001)** navodi da masa 1000 sjemenki iznosi oko 8,6 grama. **Plodinec i sur. (2015)** istražujući razlike u nicanju 12 različitih populacije ove korovne vrste navode da masa 1000 sjemenki, ovisno o populaciji, kreće se od 8,4 pa sve do 10,4 grama. Sjemenke mračnjaka imaju tvrdi sjemenu ovojnicu koja omogućava sjemenu da ostane vijabilno i više od 50 godina, bilo da su čuvane na suhom ili u tlu (**Warwick i Black, 1988**).

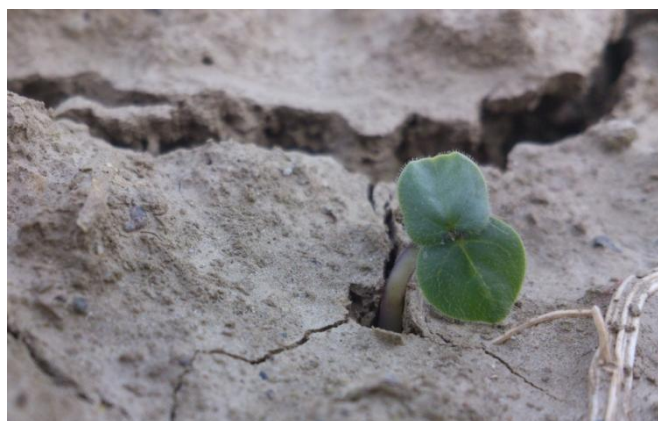


Slika 3. Cvijet mračnjaka
(foto: Plodinec M.)



Slika 4. Plod mračnjaka
(foto: Plodinec M.)

Kotiledoni su okrugli, malo jajasti, oko 8-10 mm u promjeru, pri osnovi donekle sroljki. Obrasli su sitnim, jednostavnim i žljezdastim dlakama jače raspoređenim duž oboda i duž nervature, te po dršci kotiledona. **Campagna i Rapparini (2008)** navode da kotiledoni mogu biti čak i do 3 cm u promjeru. Hipokotil klijanaca je 20-30 mm dug i 1,00-1,25 mm širok, posut gustim sitnim dlakama.



Slika 5. Potpuno otvoreni kotiledon *Abuthilon theophrasti* (foto: Plodinec M.)

Kao i kod ostalih korovnih vrsta koje se razmnožavaju isključivo sjemenom i kod mračnjaka je izražena velika sjemenska proizvodnja. Prema navodima pojedinih autora jedna biljka mračnjaka proizvede od 800 do 1800 sjemenki (**Flegar i Novak, 2005**), dok **Warwick i Black (1988)** navode da sjemenska proizvodnja može doseći i 17000 sjemenki po jednoj biljci. Sjemenska proizvodnja značajno varira što ovisi o ekološkim ali i agrotehničkim čimbenicima. U istraživanju **Werner i sur. (2004)** dvije biljke europskog mračnjaka u kukuruzu ostvarile su sjemensku proizvodnju od 2256 sjemenki m⁻² dok je kod gušćeg sklopa od 21 biljke mračnjaka sjemenska proizvodnja iznosila 4844 sjemenki m⁻². To je slično istraživanjima **Spencera (1984)** gdje europski mračnjak i pri niskim gustoćama ostavlja u tlu i preko 2000 sjemenki m⁻².

Sjeme europskog mračnjaka klije u širokom temperaturnom rasponu od 8 °C – 40 °C. Optimum za klijanje ovisi o starosti sjemena i o tvrdoći sjemene ovojnice. Donedavno se smatralo da je europski mračnjak u pogledu klijavosti termofilan korov. Međutim, **Benvenuti i Macchia (1993)** su ustanovili da ovo sjeme klije već kod 6,2 °C, iako tad klijanje sjemena traje 4 puta duže nego kod optimalne temperature za klijanje od 26 °C. Ranije je kao najniži prag klijanja navedena temperatura od 10 °C (**Lešnik i sur., 1999**). Ova pojava postepenog snižavanja temperaturnog praga klijanja mogla bi se tumačiti procesom prirodne selekcije, koja oblikuje populaciju korova čije je sjeme sposobno klijeti pri niskim temperaturama. Geografski gledano, europski mračnjak prodire sve više prema sjeveru što je moguće dovesti u vezu s prethodno navedenom pojavom (**Andersen i sur., 1985**).

U istraživanjima **Campagna i Rapparini (2008)** utvrđeno je da za nicanje sjemena europskog mračnjaka dovoljna temperatura veća od 10 °C, ali je optimalna temperatura za nicanje viša od 24 °C. **Magosso (2013)** navodi da niže temperature bolje potiču klijanje mračnjaka od visokih, kao i izmjena visokih i niskih temperatura. Ukupna klijavost europskog mračnjaka u njegovom istraživanju bio je iznad 50 % pri svakoj istraživanoj temperaturi (8 °C -28 °C). Ipak najviša klijavost utvrđena je na temperaturi 16 i 24 °C, s prosjekom od 79 i 77 %. Cilj navedenog istraživanja bio je utvrđivanje biološkog minimuma za ovu korovnu vrstu za područje kontinentalne Hrvatske. Autor navodi da je biološki minimum ove vrste u Hrvatskoj 4,5 °C.

Loddo i sur. (2013) proučavali su tri različita ekotipa mračnjaka iz Italije, Portugala i Španjolske te su utvrdili da se biološki minimum navedenih ekotipova kretao od 3,1 do 5,0 °C, dok su **Sartorato i Pignata (2008)** za područje Italije (Padova) utvrđuju biološki minimum mračnjaka od 6,5 °C. **Dorado i sur. (2009)** dobili su slične rezultate u

istraživanjima u centralnoj Španjolskoj gdje je biološki minimum mračnjaka iznosio 6,8 °C za stratificirane sjemenke kako bi se razbila dormantnost, odnosno 7,2 °C za netretirane sjemenke zakopane u tlu. Iz prikazanih istraživanja može se zaključiti kako se klijanje i nicanje ove korovne vrste razlikuje u ovisnosti o pedoklimatskim uvjetima. Stoga i istraživanja koja uključuju biološke parametre potrebne za nicanje ove vrste bi se trebala provoditi u specifičnim lokalnim pedoklimatskim uvjetima.

Budući da je riječ o agresivnoj korovnoj vrsti, relativno veliki broj autora istraživao je ponašanje ove korovne vrste u kontroliranim ali i u poljskim uvjetima. U istraživanju **Zanina i Sattina (1988)** utvrđivane su neke morfološke značajke europskog mračnjaka posijanog u polju kukuruza s različitom gustoćom jedinki (5, 10, 20, 40 i 80 biljaka m⁻² 1980. i 3, 6, 9, 15, 21 i 30 biljaka m⁻² 1981.). Sjemenska proizvodnja mračnjaka je bila najveća kod gustoće sklopa od 20 do 30 biljaka m⁻² premda je i kod nižeg broja biljaka (5-10 biljaka m⁻²) utvrđeno 8000-10000 sjemenki m⁻². Mjereći visinu i broj grana mračnjaka utvrđena je negativna korelacija odnosno povećavajući gustoću biljaka m⁻² utvrđivani parametri su se smanjivali. Tako se povećavajući gustoću sklopa visina biljaka smanjivala od 174 cm do 150 cm u prvoj godini istraživanja, odnosno od 183 cm do 165 cm u drugoj godini istraživanja.

Slično istraživanje provedeno je u usjevu pamuka (**Bailey i sur., 2003**). Suha masa mračnjaka nakon branja je iznosila maksimalno oko 100 grama po biljci u 1997., te gotovo dvostruko više (195 grama) u 1998. Razliku u utvrđenoj suhoj biomasi između dvije godine autori obrazlažu vremenskim uvjetima koji su vladali u prva četiri tjedna od nicanja mračnjaka u prvoj godini istraživanja. Promjer stabljike je u 1997. iznosio u prosjeku 20,7 mm bez obzira na gustoću biljaka, dok je 1998. najveći promjer stabljike iznosio 31,1 mm i smanjivao se za 2,9 mm povećanjem gustoće biljaka. Sjemenska proizvodnja mračnjaka se kretala od 8652 po biljci kod gustoće od 0,1 biljka m⁻² pa do 3719 sjemenki s 3,5 biljaka m⁻² u 1997., a u 1998. 19970 sjemenki po biljci s 0,1 biljkom m⁻² i 5774 sa 3,5 biljaka m⁻². Prosječan broj sjemenki po tobolcu 39,2, odnosno 40,1 u drugoj godini istraživanja. Njihova istraživanja podudarala su se sa istraživanjima **Winter (1960)** gdje se broj sjemenki po tobolcu kretao od 35 do 45.

Kurokawa i sur. (2003) su u Japanu uspoređivali morfološke karakteristike različitih populacija mračnjaka prikupljenih iz 21 države. Nakon sjetve u stakleniku jedna do tri biljke su bile presađene u vanjske uvjete gdje je obavljen ostatak pokusa. Mjerene su morfološke karakteristike biljaka tri i četiri mjeseca nakon sjetve, fenološke karakteristike te komponente prinosa. Prosječna visina biljaka nakon 3 mjeseca iznosila je 128,2 cm, a nakon 4 mjeseca je

bila 196,5 cm. Broj grana po biljci nakon tri mjeseca u prosjeku je bio 17,2 dok nakon 4 mjeseca je on iznosio 23,7. U istraživanju je mjerena najveća list čija je duljina iznosila 27,8 cm a širina 24,5 cm. Broj dana do početka cvatnje je iznosio 83,1 dana, kad je visina biljke u prosjeku bila 105,7 cm. Kod broja tobolaca po biljci utvrđena je najveća razlika između populacija. Prosječni broj tobolaca iznosio je 275,8. Najmanji broj tobolaca iznosio je samo 38 dok je najveći broj tobolaca po biljci iznosio 839.

U istraživanju **Wasterman i sur. (2012)** u sjevernoj Njemačkoj uključeno je sjeme mračnjaka iz četiri države (Španjolska, Češka, južna Njemačka i Francuska). Nakon sjetve 10 sjemenki u svaki lonac, gustoća je prorijeđena na samo jednu biljku po tretmanu. Istraživan je broj dana potrebnih za potpuni razvoj biljke, broj tobolaca po biljci i broj sjemenki po tobolcu. Za završetak razvoja biljke bilo je potrebno od 113 (Češka) pa do 136 dana (Francuska). Broj tobolaca po biljci iznosio je od 11,5 (Francuska) do 38,5 (Češka). Broj sjemenki po tobolcu je varirao od 28,6 (Francuska) do 40,9 (Češka).

S obzirom na to da je cilj integriranog suzbijanja korova smanjenje upotrebe herbicida, počelo se sve više raditi na prognosnim modelima nicanja, koji bi trebali rezultirati racionalnijom primjenom herbicida. Prvotni modeli prognoze nicanja uključivali su samo temperaturu kao parametar predviđanja nicanja. Stoga se u početku kao osnova za prognozu nicanja koristila suma toplinskih jedinica (GDD). Suma toplinskih jedinica izražava se kao suma efektivnih temperatura iznad biološkog minimuma, akumuliranih tijekom određenog broja dana potrebnog za ostvarivanje fenofaze koja se proučava (**Washitani i Takenaka, 1984**). S obzirom na to da nicanje biljaka nije uvjetovano samo temperaturom, novija generacija prognosnih modela uključuje i vodni potencijal u tlu potreban za nicanje pojedinih vrsta. Suma vodno toplinskih jedinica (HT) izračunava se praćenjem dnevnih uvjeta tla (temperature i vodnog potencijala) te specifičnih bioloških pragova potrebnih za nicanje sjemena u tlu (biološki minimum i biološki vodni potencijal) (**Masin i sur, 2012**).

Rezultati istraživanja **Webster i sur. (1998)** ukazuju da je za nicanje mračnjaka potrebna suma efektivnih temperatura od 512 do 590°C ovisno o godini istraživanja. Autori navode da se 50%-tni ponik ove vrste odvija unutar 8-13 dana neovisno o načinu obrade tla (obrađivano i neobrađivano). U istraživanju **Plodinec i sur. (2015)** provedenom u kontinentalnoj Hrvatskoj (Zagreb) za 50%-tni ponik 12 različitih istraživanih populacija ove korovne vrste bilo je potrebno od 415 do 727 toplotnih jedinica, ovisno o istraživanoj populaciji.

Osim sume efektivnih temperatura zraka za prognozu nicanja može se koristiti i suma temperatura tla. **Myers i sur. (2004.)** prateći osam različitih korovnih vrsta utvrđuju da se početak nicanja mračnjaka (10 %) odvija pri sumi temperatura tla od 180 °C. Za 75% ponik ove vrste potrebna je suma temperatura tla od 200 do 500 °C. Pedoklimatske specifičnosti određenog područja, odnosno, interakcija čimbenika okoliša utječu na nicanje korova. To potvrđuje usporedba rezultata istraživanja **Masin i sur. (2012)** s istraživanjem **Plodinec i sur. (2015)**. U istraživanju Masin i sur. suma toplinskih jedinica tla za 50%-tni ponika populacije iz Italije iznosila 135 toplotnih jedinica tla, što je peterostruko manje od vrijednosti ostvarene u istraživanju Plodinec i sur. (644,5 Tj_{tla}).

Iz navedenog pregleda literature može se zaključiti da je mračnjak agresivna korovna vrsta koja usjevima nanosi velike ekonomske štete. Međutim, gubici prinosa uzorkovani ovom korovnom vrstom nisu uvijek jednaki te oni često ovise o vremenu nicanja mračnjaka u odnosu na nicanje usjeva kao i o gustoći jedinki mračnjaka po jedinici površine. Naime, osim inter-specifične kompeticije koja se događa između korovne vrste (mračnjaka) i usjeva, intra-specifična kompeticija između iste korovne vrste (mračnjak) može utjecati na pad prinosa ali i na morfologiju, fenologiju te reproduktivnu sposobnost korovne vrste.

U cilju utvrđivanja bioloških karakteristika mračnjaka u uvjetima različite gustoće sklopa, provedeno je naše istraživanje.

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja bio je utvrditi:

1. **morfološke značajke** (dužina hipokotila i epikotila, dimenzije prvih pravih listova, visina biljke na početku i kraju cvatnje, promjer stabljike pri dnu biljke te masu suhe stabljike),
2. **fenološke značajke** (broj dana i suma toplotnih jedinica od sjetve do nicanja, početka cvatnje i prestanka cvatnje te razvoja prvog tobolca) te
3. **reproduktivna sposobnost** (broj tobolaca, broj sjemenki po tobolcu i ukupan broj sjemena po biljci, masa 1000 sjemenki, vlaga sjemena i klijavost sjemena) europskog mračnjaka pri različitim gustoćama sklopa (2, 5, 10 i 20 jedinki m⁻²).

4. MATERIJALI I METODE RADA

U istraživanju je korišteno sjeme europskog mračnjaka prikupljeno u fiziološkoj zrelosti u rujnu 2013. na lokaciji Čazma. Nakon ubiranja sjeme je očišćeno te držano u suhim uvjetima do korištenja.

Neposredno pred sjetvu (4. 4. 2014.) u kontroliranim uvjetima utvrđena je klijavost netretiranog i skarificiranog sjemena. Prethodna istraživanja provedena na Zavodu za herbologiju pokazala su da je najbolji način prekidanja dormantnosti sjemena ove korovne vrste mehanička skarifikacija brusnim papirom (**Obajgor i Holik, 2013**). Mehanička skarifikacija sjemena obavljena je brusnim papirom granulacije P40 u trajanju od 5 minuta. Kružnim pokretima nastojala se osigurati jednolična skarifikacija nepravilnih dijelova sjemene ovojnice. Zatim je po 100 sjemenki stavljano na klijanje u prethodno sterilizirane Petrijeve posudice koje su bile obložene filter papirom, te je u njih dodano 10 ml destilirane vode. Petrijeve posudice stavljene su u kontrolirane uvjete klima komore na Zavodu za herbologiju, 12 sati dan i 12 sati noć na temperaturu od 24 °C/20 °C. Klijavost sjemenke su smatrane one koje su u vrijeme očitavanja imale razvijenu radikulu dužu od 2 mm. Prokljale sjemenke su prebrojane i izvađene iz posude. Utvrđivanje klijavosti je završeno kad po tretmanu 10 dana za redom nije bilo novog ponika. Klijavost netretiranog (neskarificiranog) sjemena iznosila je samo 6,67 %, dok je klijavost skarificiranog sjemena iznosila 13,33 %. S obzirom na bolju klijavost skarificiranog sjemena u pokusu je korišteno skarificirano sjeme.



Slika 6. Mehanička skarifikacija sjemena mračnjaka (Rakoš V., 2016.)



Slika 7. Iskljajala radikula (foto: Plodinec M.)

Poljski pokus postavljen je 16. 4. 2014. na pokušalištu Maksimir Agronomskog fakulteta. Skarificirano sjeme europskog mračnjaka sijano je po slučajnom bloknom rasporedu u tri ponavljanja na dubini od 2 cm.



Slika 8. Postavljanje poljskog pokusa na pokušalištu Maksimir (foto: Plodinec M.)

Istraživani tretmani u pokusu su bili gustoća sklopa (tablica 1).

Tablica 1. Istraživane gustoće sklopa

| Broj tretmana | Broj biljaka m ⁻² |
|---------------|------------------------------|
| 1. | 2 |
| 2. | 5 |
| 3. | 10 |
| 4. | 20 |

Zbog sigurnosti, po svakom tretmanu posijano je četiri puta više sjemenki mračnjaka koje su nakon nicanja prorijeđene na potrebnu gustoću (tablica 1). Po potrebi je u tijeku vegetacije vršeno zalijevanje parcele. Obavljeno je mehaničko (slika 9) i kemijsko uklanjanje ostale neželjene korovne flore. Kod kemijskog uklanjanja flore korišten je Focus Ultra u propisanoj dozi.



Slika 9. Mehaničko uklanjanje neželjenih korova 07.07.2014. (foto: Plodinec M.)

U tablici 2 prikazane su srednje dnevne temperature zraka i količina oborina tijekom istraživanja dobivene s meteorološke postaje Maksimir.

Tablica 2. Srednje dnevne temperature ($^{\circ}\text{C}$) i količina oborina (mm) tijekom vegetacije mračnjaka u 2014., meteorološka postaja Maksimir³

| Mjesec | $^{\circ}\text{C}$ | Višegodišnji \bar{x} | Odstupanje od \bar{x} | Oborine, mm | Višegodišnji \bar{x} | Odstupanje od \bar{x} |
|-----------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------|----------------|---------------------------|----------------------------|
| Travanj | 13,3 | 10,4 | +2,9 | 70,4 | 60,7 | +9,7 |
| Svibanj | 15,7 | 15,5 | +0,2 | 145,0 | 76,0 | +69 |
| Lipanj | 20,2 | 18,5 | +1,7 | 147,0 | 102,1 | +44,9 |
| Srpanj | 21,8 | 20,5 | +1,3 | 157,8 | 82,1 | +85,7 |
| Kolovoz | 20,2 | 19,8 | +0,4 | 115,2 | 70,9 | +44,3 |
| Rujan | 16,2 | 15,9 | +0,3 | 178,6 | 125,7 | +52,9 |
| Prosjeck/ Ukupno | 17,9 | 16,76 | +1,14 | 814 | 517,5 | 296,5 |

Iz podataka je vidljivo da su svi mjereni parametri 2014. bili nešto viši od višegodišnjeg prosjeka. Pa je tako u vegetacijskoj godini istraživanja ukupno palo 296 mm oborina više od višegodišnjeg prosjeka, a također je i u svim mjesecima istraživanja (travanj-rujan) količina oborina bila viša (9,7 – 85,7 mm) od višegodišnje prosjeka. Srednje dnevne temperature također su bile nešto iznad (za 1,14 $^{\circ}\text{C}$) višegodišnjeg prosjeka, što upućuje na povoljne klimatske uvjete za rast i razvoj mračnjaka.

³ <http://klima.hr>

Tijekom vegetacije utvrđivane su morfološke, fenološke i reproduktivne značajke svih 111 jedinki europskog mračnjaka. Nakon ponika, sve biljke su označene plastičnom vrpcom i dodijeljena im je brojna oznaka (slika 10).



Slika 10. Način obilježavanja svih 111 biljaka u pokusu (foto: Plodinec M.)

4.1. Utvrđivanje morfoloških svojstva mračnjaka

Istraživani parametri bili su utvrđivani dva puta tjedno. Od morfoloških značajki utvrđivana je :

- dužina hipokotila i epikotila,
- visina biljke u vrijeme cvatnje i nakon cvatnje,
- širina i duljina prvog lista nakon nicanja,
- broj listova,
- promjer stabljike nakon završetka vegetacije i
- masa suhe biljke.



Slika 11. Mjerenje hipokotila 09.05.2014. (foto: Plodinec M.)

Morfološke značajke poput dužine hipokotila i epikotila (9. 5. 2014.), dimenzije prvih pravih listova (4. 6. 2014.) i visina biljke u cvatnji (15. 7. - 26. 8. 2014.) i nakon cvatnje (26. 8. - 25. 11. 2014.) zabilježene su na polju koristeći ravnalo ili metar. Dužina hipokotila i epikotila mjerila se neposredno nakon nicanja, dok su se dimenzije prvih pravih listova mjerile nakon formiranja prvog pravog lista. Promjer stabljike izmjerena je pri dnu stabljike uz pomoć pomoćnog mjerila nakon završetka vegetacije (25. 11. 2014.). Stabljike su stavljene u sušionik, te je potom izmjerena masa suhe nadzemne stabljike.

Broj listova na biljci brojan je u dva navrata u početku cvatnje biljaka (15. 7. 2014. i 21. 7. 2014.).

4.2. Utvrđivanje fenoloških svojstva mračnjaka

Od fenološki značajki utvrđivan je:

- broja dana od sjetve do nicanja,
- broja dana od sjetve do cvatnje,
- broj dana od sjetve do prestanka cvatnje, i
- broja dana od sjetve do razvoja prvog tobolca.

Utvrđivana je suma toplotnih jedinica potrebna za početak cvatnje, razvoj tobolaca te završetak cvatnje prema formuli:

$$STJ = (SDT - Tb)$$

Za određivanje potrebne sume toplotnih jedinica za početka nicanja, zbrojene su srednje dnevne temperature zraka (SDT), od sjetve do početka nicanja prema formuli:

$$t_{sr} = (t_7 + t_{14} + t_{21}) / 3$$

gdje je t vrijednost, vrijednost temperatura mjerenih u 7, 14 i 21 h.

Tb predstavlja biološki minimum. Za biološki minimum ove korovne vrste uzeta je vrijednost od 4,5 °C što je dokazano prethodnim istraživanjima s područja kontinentalne Hrvatske (Magosso, 2013).

Za svaki dan od sjetve do početka pojedine fenološke faze razvoja izračunat je broj efektivnih stupnjeva prema navedenoj formuli te se od iste oduzela vrijednost biološkog minimuma. Dobivene vrijednosti sumirane su te je dobivena suma toplinskih jedinica za pojedinu fenološku fazu (nicanje, početak cvatnje, razvoj tobolaca te završetak cvatnje).

4.3. Utvrđivanje reproduktivnih svojstva mračnjaka

Od reproduktivnih svojstava utvrđivan je:

- broj tobolaca po biljci,
- broj sjemena po tobolcu,
- ukupan broj sjemenki po biljci,
- masa 1000 sjemenki po biljci,
- vlaga sjemena,
- klijavost sjemena nakon berbe i
- klijavost sjemena šest mjeseci nakon berbe.

S ciljem utvrđivanja reproduktivnih sposobnosti mračnjaka, u jesen 2014. ubrani su tobolci sa svake jedinice u pokusu. Sa svake biljke je napravljen prosječni uzorak. Nakon izdvajanja sjemenki iz tobolaca utvrđivan je broj sjemenki po tobolcu. Sjemenke su izdvojene i iz tobolaca koji nisu obuhvaćeni za utvrđivanje sjemena po tobolcu.



Slika 12. Uklanjanje sjemena iz tobolaca (foto: Plodinec M.)

U laboratorijskim uvjetima utvrđena je vlaga sjemena u vrijeme berbe, masa 1000 sjemenki te klijavost sjemena nakon berbe i šest mjeseci nakon berbe. Klijavost sjemena je provjeravana na isti način kao i kod provjere klijavosti na početku istraživanja.

Vlaga sjemena je utvrđena na način da je svaki uzorak izvagan prije i nakon sušenja u komori a od ukupne mase je odbijena masa posudice, te je pomoću tih podatak izračunata vlaga sjemena.

$$\text{Vlaga sjemena} = \frac{\text{masa sjemena prije sušenja} - \text{masa sjemena nakon sušenja}}{\text{masa sjemena prije sušenja}} * 100$$

U Zavodu za specijalnu proizvodnju bilja Agronomskog fakulteta 1000 sjemenki mračnjaka izbrojane su automatskim brojačem zrna za svaku biljku zasebno, te potom izvagane kako bi dobili masu 1000 zrna.

Za svaki utvrđivani parametar dobiveni podaci obrađeni su analizom varijance. Nakon signifikantnog F-testa, za usporedbu srednjih vrijednosti korišten je LSD test za $P=0,05$.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati istraživanja prikazani su prema istraživanim morfološkim, fenološkim i reproduktivnim karakteristikama korovne vrste *Abutilon theophrasti*.

5.1. Rezultati istraživanja morfoloških svojstva mračnjaka

U tablici 3. prikazani su rezultati analize varijance za mjerene morfološke parametre korovne vrste *Abutilon theophrasti*.

Tablica 3. Rezultati analize varijance za morfološke karakteristike korovne vrste *Abutilon theophrasti*

| Izvor varijabilnosti | n-1 | Duljina | | | Širina | | Visina biljaka | | Promjer stabljike | Masa suhe stabljike |
|----------------------|-----|-----------|----------|-------------|-------------|---------------------|----------------|-------|-------------------|---------------------|
| | | hipokotil | epikotil | prvog lista | prvog lista | lista prije cvatnje | nakon cvatnje | | | |
| Repeticija | 3 | | | | | | | | | |
| Gustoća sklopa | | 5,56* | 4,67* | 1,14ns | 2,17ns | 4,5* | 0,41ns | 5,52* | 26,04** | 75,45** |

** - značajna razlika uz $P = 0,01$, * - značajna razlika uz $P = 0,05$, ns - nesignifikantno

Rezultati analize varijance ukazuju na značajnu razliku između istraživanih tretmana (gustoće sklopa) za duljinu hipokotila i epikotila, broj listova, visinu biljaka nakon cvatnje te promjer stabljike. Nasuprot tome, gustoća sklopa nije utjecala na duljinu i širinu prvog lista te na visinu biljaka mračnjaka u cvatnji (tablica 3).

Širina prvog pravog lista varirala je od 1,4 do 1,9 cm, a dužina lista od 1,3 do 1,8 cm. Vrijednosti ostalih morfoloških parametra među kojima je utvrđena opravdana razlika između gustoće sklopa su prikazane u tablici 4 i 5, te grafikonima 1, 2 i 3.

Značajno kraća duljina hipokotila bila je kod gustoće sklopa od 2 biljke m^{-2} . Između ostalih gustoća nije bilo značajne razlike u duljini hipokotila. Kod duljine epikotila statistički značajna razlika utvrđena je samo u odnosu na duljinu epikotila kod 10 i 20 biljka m^{-2} .

Tablica 4. Duljina hipokotila i epikotila mračnjaka na istraživanim gustoćama sklopa

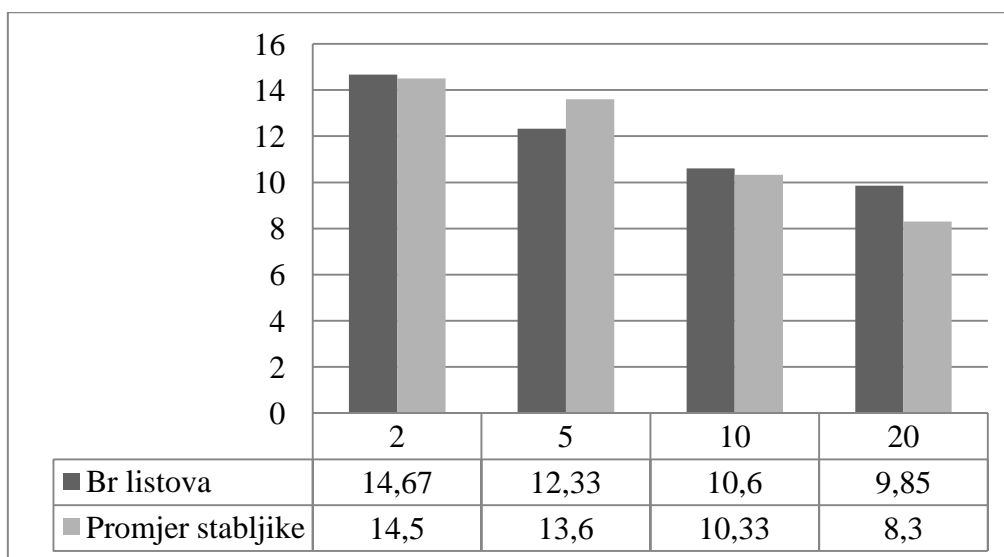
| Broj biljaka m^{-2} | Duljina, cm | |
|-----------------------|-------------|----------|
| | hipokotil | epikotil |
| 2 | 1,583 | 0,517 |
| 5 | 1,813 | 0,653 |
| 10 | 1,82 | 0,703 |
| 20 | 1,805 | 0,728 |
| LSD _{0,05} | 0,1686 | 0,1513 |

Visina biljaka se nije značajno razlikovala u ovisnosti o gustoći sklopa (tablica 3). Na početku cvatnje (1. 7. 2016.) na biljkama mračnjaka je utvrđena prosječna visina od 73,2 do 83,4 cm. Međutim na kraju cvatnje (19. 8. - 29. 9.) utvrđen je trend opadanja visine biljaka s povećanjem gustoće sklopa. Prosječna visina biljaka u najrjeđem sklopu (2 biljke m⁻²) iznosila 178 cm i smanjivala se do 132,4 cm koliko su prosječno bile visoke biljke mračnjaka kod najgušće gustoće sklopa od 20 biljaka m⁻² (tablica 5).

Tablica 5. Visina biljaka nakon cvatnje mračnjaka za istraživane gustoće sklopa

| Broj biljaka/m ² | Visina biljke nakon cvatnje, cm |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 2 | 178 |
| 5 | 164,9 |
| 10 | 147,6 |
| 20 | 132,4 |
| LSD _{0,05} | 29,33 |

U grafikonu 1 prikazan je prosječan broj listova i promjer stabljike mračnjaka za istraživane gustoće sklopa.



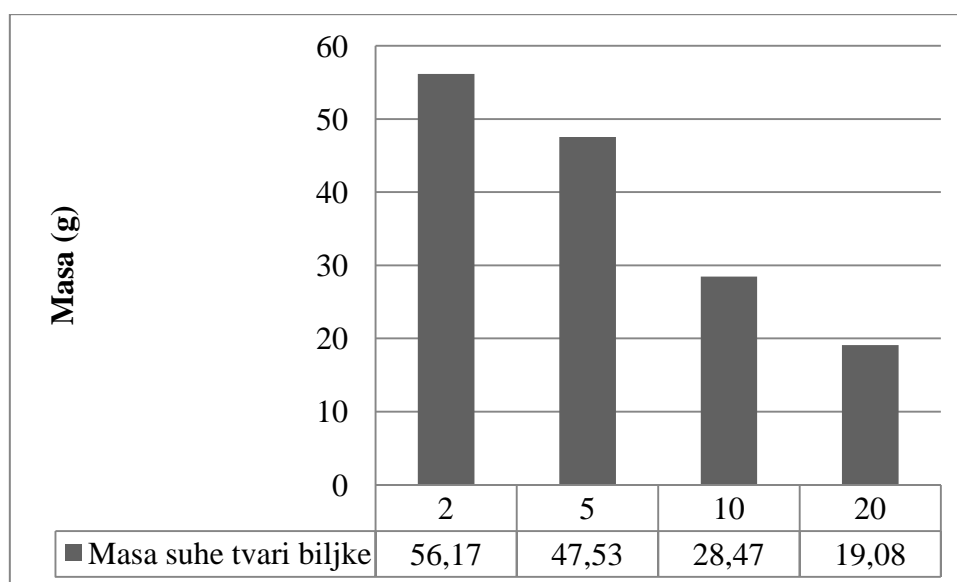
Grafikon 1. Broj listova i promjer stabljike mračnjaka za istraživane gustoće sklopa

$$\text{LSD}_{0,05 \text{ broj listova}} = 3,481; \text{LSD}_{0,05 \text{ promjer stabljike}} = 1,953$$

Kod oba parametra utvrđen je trend smanjenja (broja listova i promjera stabljike) s povećanjem gustoće sklopa. Najveći broj listova (14,7) utvrđen je na biljkama mračnjaka u

najmanjoj gustoći (2 biljke m^{-2}), a najmanji broj listova (9,9) na biljkama u najvećoj gustoći (20 biljaka m^{-2}). Statistički opravdana razlika utvrđena je između biljaka s najmanjom gustoćom i biljaka s gustoćom od 10 i 20 biljaka m^{-2} , ali ne i između biljaka s gustoćom od 5 biljaka m^{-2} . Značajna razlika utvrđena je kod promjera stabljike ove korovne vrste u ovisnosti o gustoći sklopa. Pa je tako promjer stabljike kod najrjeđih sklopova (2 i 5 biljaka/ m^2) iznosio 14,5 i 13,6 cm što je statistički značajno veće od promjera stabljike kod biljaka mračnjaka u većim gustoćama (10 i 20 biljaka m^{-2}).

Trend, smanjenje vrijednosti povećanjem gustoće sklopa, najviše je izražen je i kod parametra suhe mase. Utvrđena je statistički opravdana razlika između svih istraživanih gustoća sklopa. Porastom broja biljaka po m^2 opadala je suha masa mračnjaka.



Grafikon 2. Masa suhe tvari biljke

$$LSD_{0,05} \text{ masa suhe tvari} = 6,782$$

5.2. Rezultati istraživanja fenoloških svojstva mračnjaka

U tablici 6. prikazani su rezultati analize varijance za utvrđena fenološka svojstva korovne vrste *Abutilon theophrasti*.

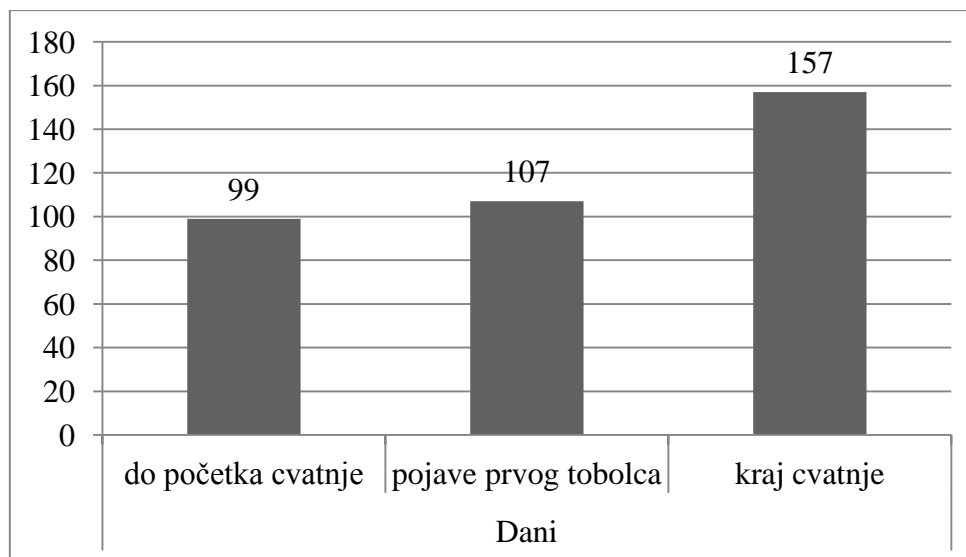
Tablica 6. Rezultati analize varijance za fenološke karakteristike korovne vrste *Abutilon theophrasti*

| Izvor varijabilnosti | n-1 | F _{exp} | | | | | |
|----------------------|-----|---------------------|---------------|--------------|-----------------------------|----------------|--------------|
| | | Broj dana do pojave | | | Suma toplinskih jedinica do | | |
| | | cvatnje | prvog tobolca | kraj cvatnje | početak cvatnje | razvoj tobolca | kraj cvatnje |
| Repeticija | 3 | | | | | | |
| Gustoća sklopa | | 3,16 ns | 1,61 ns | 2,42 ns | 3,05 ns | 1,61 ns | 1,98 ns |

ns - nesignifikantno

Prvi ponik mračnjaka zabilježen je 29. 4. 2014. odnosno 12 dana nakon sjetve, te mu je za prvi ponik bilo potrebno 162 toplinske jedinice. Sve jedinice su ponikle na isti dan, tako da nije bilo statistički značajne razlike između dobivenih rezultata.

Rezultati analize varijance ukazuju da gustoća sklopa nije statistički značajno utjecala na fenološke faze razvoja mračnjaka. S obzirom na nesignifikantnost podataka, u grafikonu 3 i 4 prikazan je uprosječen broj dana za pojedine fenološke faze.

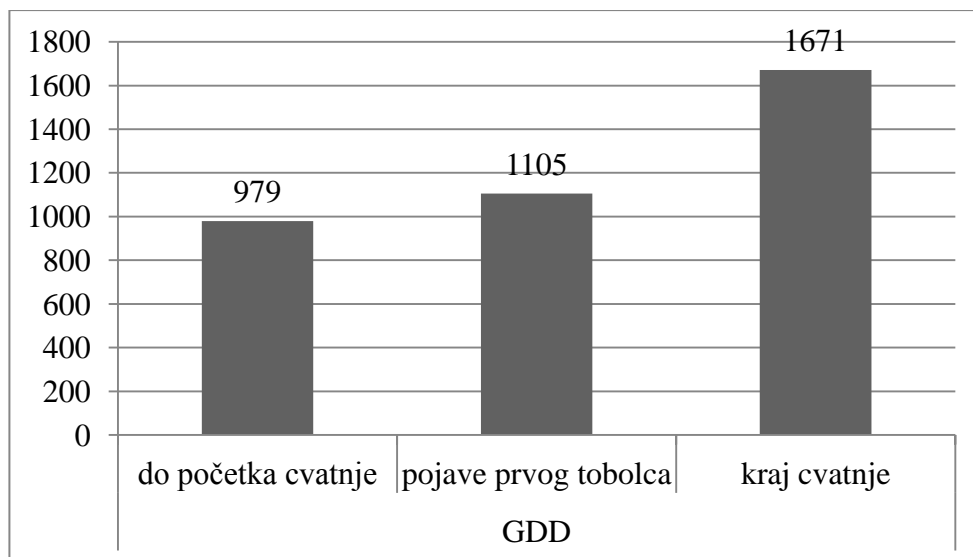


Grafikon 3. Prosječan broj dana od sjetve do početka i kraja cvatnje te za razvoj prvog tobolca

Biljkama mračnjaka bilo je potrebno prosječno 99 dana da se na biljkama formiraju prvi cvjetovi, a cvatnja je potom trajala još skoro dva mjeseca (58 dana), odnosno ukupno je

trebalo 157 dana do završetka cvatnje. Prvi tobolci na biljkama razvili su se svega osam dana nakon prvih cvjetova. Od sjetve do pojave prvih tobolaca bilo je potrebno 107 dana (grafikon 3).

U grafikonu 4 prikazane su uprosječene vrijednosti za sumu toplinskih jedinica potrebnu od sjetve do početka i do kraj cvatnje te do razvoja prvog tobolca na biljkama mračnjaka.



Grafikon 4. Suma toplinskih jedinica potrebna za početak i kraj cvatnje i razvoj prvog tobolca

Biljkama mračnjaka za razvoj od sjetve do početka cvatnje bilo je prosječno potrebno 979 toplinskih jedinica i još 692 toplinskih jedinica za završetak formiranja cvjetova (ukupno 1671 toplinskih jedinica). Formiranje prvog tobolca na biljkama uslijedilo je vrlo brzo nakon formiranja prvih cvjetova jer je trebalo svega dodatnih 126 toplinskih jedinica.

5.3. Rezultati istraživanja reproduktivnih svojstva mračnjaka

U tablici 7. prikazani su rezultati analize varijance za utvrđene reproduktivne značajke korovne vrste *Abutilon theophrasti*.

Tablica 7. Rezultati analize varijance za reproduktivne karakteristike korovne vrste *Abutilon theophrasti*

| Izvor varijabilnosti | n-1 | Broj | | Masa | | | Klijavost sjemena | | Vlaga sjemena |
|----------------------|-----|----------|-----------------|----------------|------------------------|---------------|-------------------|-----------------------|---------------|
| | | tobolaca | sjemena/tobolcu | sjemena/biljci | sjemena/m ² | 1000 sjemenki | nakon berbe | 6 mjeseci nakon berbe | |
| Repeticija | 3 | | | | | | | | |
| Gustoća sklopa | | 63,70** | 4,59 ns | 22,78** | 10,46* | 2,19 ns | 2,9ns | 2,51 ns | 58,28** |

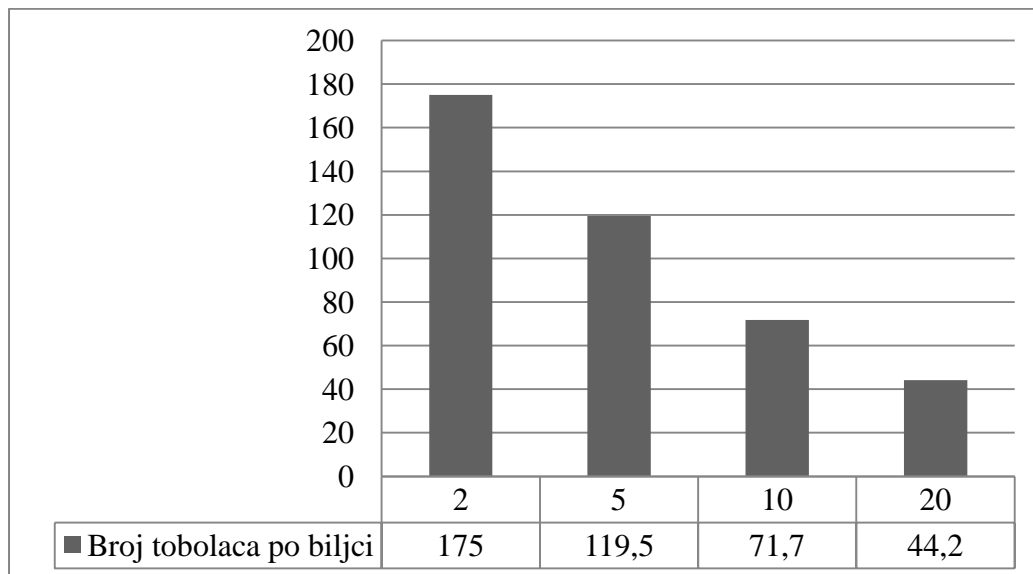
** - značajna razlika uz P = 0,01, * - značajna razlika uz P = 0,05, ns - nesignifikantno

Rezultati analize varijance ukazuju na značajan utjecaj gustoće sklopa na broj tobolaca, broj sjemena po tobolcu, broj sjemena po biljci, broj sjemena po metru kvadratnome i vlazi sjemena nakon berbe. Gustoća sklopa nije značajno utjecala na broj sjemenki po tobolcu, masu 1000 sjemenki, te na klijavost sjemena nakon berbe i šest mjeseci nakon berbe.

Kod broja sjemena po tobolcu nije utvrđena opravdana razlika između istraživanih gustoća sklopa. Utvrđeno je prosječno 33,4 sjemenki po tobolcu. Kod mase 1000 sjemenki nije postojala statistički signifikantna razlika te je ona varirala samo od 9,29 do 10,36 grama. Klijavosti sjemena u fiziološkoj zrelosti u trenutku berbe bila je vrlo niska pri svim gustoćama sklopa, te je varirala od 1 do 3,56 %. Signifikantna razlika između tretmana nije uočena ni kod klijavosti nakon 6 mjeseci, ali u usporedbi klijavosti nakon ubiranja je ona bila viša te je varirala od 10,3 % do 20 %.

Vrijednosti ostalih reproduktivnih svojstva kod kojih je zabilježena statistički značajna razlika između gustoće sklopa prikazane su u grafovima 5 do 8 i tablici 8.

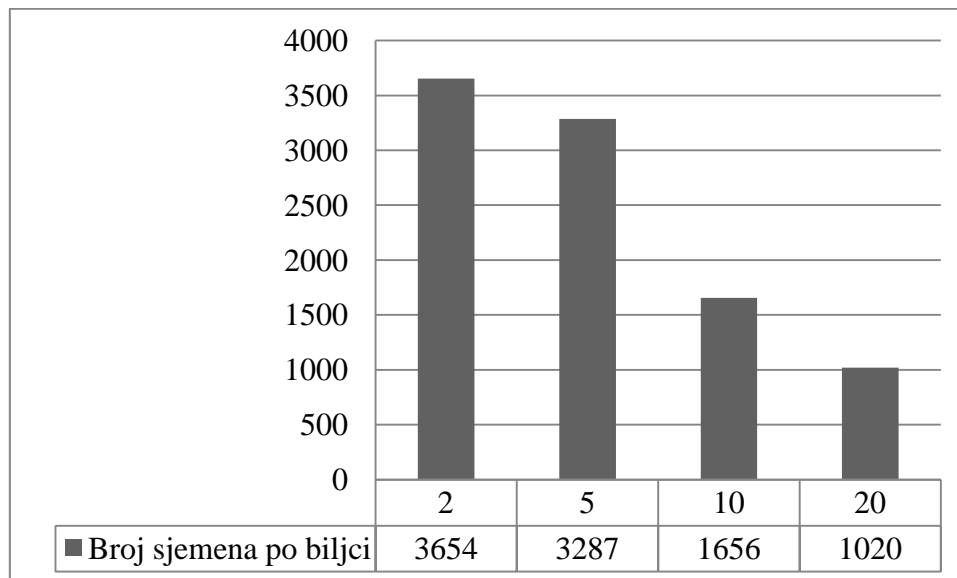
Kod broja tobolaca po biljci (grafikon 5) utvrđen je trend smanjenja broja tobolaca s povećanjem gustoće sklopa. Koliko je gustoća sklopa važna za broj tobolaca po biljci vidljivo je i po tome što je razlika u broju tobolaca ovisno o gustoći sklopa, kod svakog tretmana signifikantna, čak i između 2 i 5 biljaka/m².



Grafikon 5. Prosječan broj tobolaca po biljci

LSD_{0,05broj} tobolaca po biljci= 24.90

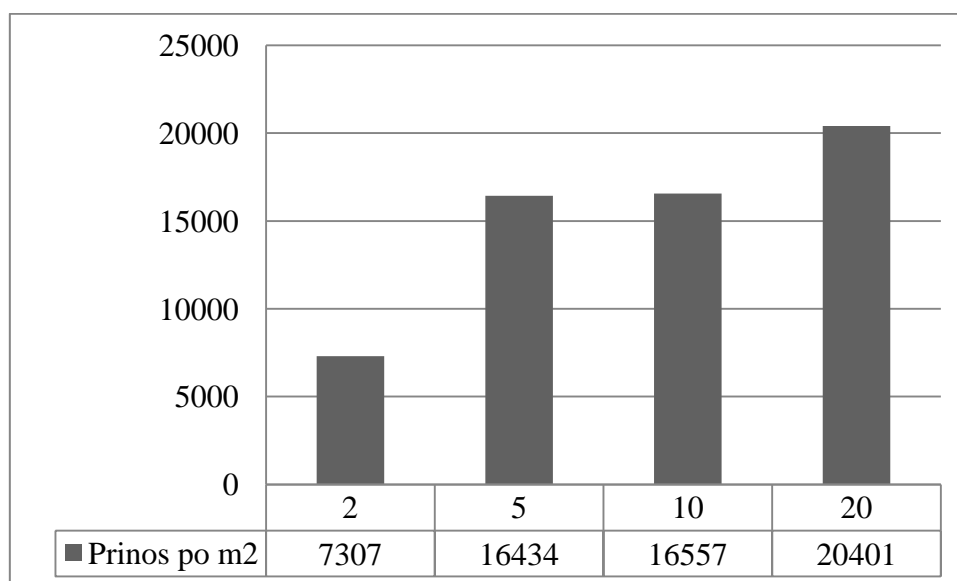
Sukladno navedenome i sukladno tome da broj sjemenki po tobolcu nije ovisan o gustoći sklopa, broj sjemena po biljci statistički se razlikovao između istraživanih gustoća sklopa. Tretmani s manjim brojem biljaka po metru kvadratnome imale su značajno veći broj sjemena po biljci od tretmana s većim brojem biljaka (grafikon 6). Biljke mračnjaka prosječno su imale od 3654 do 3287 sjemena po biljci kad su rasle u manjim gustoćama sklopa (2 i 5 biljaka/m²), odnosno od 1600 do samo 1020 sjemena po biljci u višim gustoćama. Između 2 i 5 biljaka/m² nije utvrđena statistički značajna razlika po broju sjemena po biljci, dok je u odnosu na 10 i 20 biljaka/m² ta razlika statistički značajna.



Grafikon 6. Prosječan broj sjemena po biljci

$$\text{LSD}_{0,05} \text{ broj sjemena po biljci} = 918,7$$

S gledišta ukupnog broja sjemenki po m^2 , utvrđen je suprotan trend od dosad navedenog. Ukupan broj sjemenki po m^2 kompenziran je brojem biljaka. Naime, iako je broj tobolaca i broj sjemenki po biljci veći u rijetkom sklopu, veći broj biljaka po m^2 kompenzira manji broj tobolaca i broj sjemenki. Dvije biljke mračnjaka prosječno su proizvele samo 7307 sjemenki po m^2 što je značajno niže u odnosu na ostale gustoće sklopa. Međutim, važno je uočiti da razlike u proizvodnji sjemena po m^2 nisu statistički značajne između 5, 10 i 20 biljaka po m^2 .



Grafikon 7. Broj sjemena po metru kvadratnome

$$\text{LSD}_{0,05} \text{ prinos po } \text{m}^2 = 5948,6$$

U berbi je utvrđen sadržaj vlage u sjemenu koji se prosječno kretao od 7,57 do 11,58 %. Najveći sadržaj vlage u sjemenu utvrđen je kod gustoće sklopa od 2 biljke m⁻², a između ostalih tretmana ta razlika nije bila statistički opravdana.

Tablica 8. Sadržaj vode u sjemenci za istraživane gustoće sklopa

| Broj biljaka/m² | Sadržaj vlage u sjemenci nakon berbe |
|-----------------------------------|---|
| 2 | 11,58 |
| 5 | 7,57 |
| 10 | 7,89 |
| 20 | 7,77 |
| LSD _{0,05} | 0,871 |

6. RASPRAVA

Cilj istraživanja ovog diplomskog rada bio je utvrditi morfološka, fenološka i reproduktivna svojstva korovne vrste *Abutilon theophrasti*. Ova svojstva utvrđivana su za četiri različite gustoće sklopa (2, 5, 10 i 20 po m²). Cilj je bio utvrđivanje kako intraspecijska kompeticija utječe na navedena svojstva ove korovne vrste. Pretpostavka je da navedene spoznaje mogu pridonijeti uspostavi integriranog suzbijanja korova (**Shaw, 1982**), što je posebno značajno kod napasnih i ekonomski značajnih korovnih vrsta kao što je mračnjak.

U provedenom istraživanju je utvrđeno da se većina morfoloških i reproduktivnih svojstava mijenjala ovisno o gustoći sklopa. Međutim, fenološka svojstva ove vrste nisu ovisna o intraspecijskoj kompeticiji mračnjaka. Prvi ponik mračnjaka zabilježen je 29. 04. 2014. odnosno 12 dana nakon sjetve. Biljkama je za prvi ponik bilo potrebno 162 toplinske jedinice. U dvogodišnjem istraživanju **Rakoša (2016)** provedenom na istoj lokaciji (pokušalište Maksimir), biljkama mračnjaka, bilo je potrebno osam odnosno 13 dana od sjetve do prvog ponika. Suma toplinskih jedinica potrebna za nicanje u obje godine iznosila je 198 °C što je za samo 36 °C više nego u ovom istraživanju. Istraživanje **Masin i sur. (2010)** za područje pokrajine Veneto u Italiji ukazuju na drugačije vrijednosti sume toplinskih jedinica, jer je za 50%-tni ponik ove vrste bilo potrebno 135 °C. Navedene razlike ukazuju na otežanu mogućnost prognoziranja nicanja mračnjaka, čak i kad se radi o istom lokalitetu. Glavni razlog tomu su dormantnost sjemena i inter-populacijska varijabilnost. **Plodinec (2015)** je u jednogodišnjem poljskom pokusu provedenom također na pokušalištu Maksimir utvrdila signifikantne razlike u nicanju između 12 populacija mračnjaka što se može povezati s različitom veličinom i dormantnosti sjemena (**Nurse i DiTommaso, 2005**) odnosno različitim klimatskim uvjetima u kojima sazrijeva sjeme vrste (**Dorado i sur., 2009.**). **Defelice i sur. (1998)** utvrdili su da gustoća sklopa između jedinki mračnjaka nema utjecaj na potreban broj dana za 50%-tno cvjetanje biljaka. Na svim tretmanima bio je potreban isti broj dana i toplinskih jedinica, za početak cvatnje, stvaranje tobolaca i završetak cvatnje. Ukupan broj dana potrebnih za početak cvatnje prosječno je iznosio 99 dana od sjetve, to jest suma od 979 toplotnih jedinica. U istraživanju **Kurokawa i sur. (2003)** broj dana do prve cvatnje je iznosio 83,1 dana. Ovi rezultati su različiti od rezultata dobivenih u našem istraživanju, ali razlike vjerojatno postoje zbog različitih uvjeta u istraživanju. Biljke su počele stvarati tobolce 107 dana nakon sjetve, odnosno nakon sakupljenih 1150 toplinskih jedinica. Rezultati ovog istraživanja se podudaraju s rezultatima istraživanja **Wintera (1960)**, koji tvrdi da je

cvijet obično oplodjen istog dana kada je otvoren te sjeme sazrijeva 17-22 dana kasnije. Podaci iz ovog istraživanja također se podudaraju s onima **Novaka i Kravarščana (2011.)** koji tvrde da je početak cvatnje ove korovne vrste srpanj, a plodonosi od kraja srpnja do listopada. Isto kao i kod ostalih istraživanih parametara povezanih sa fenologijom, tako i kod dana i toplotnih jedinica potrebnih za kraj cvatnje nema statističke razlike između tretmana. Biljke su završile s cvatnjom prosječno 157 dana nakon sjetve i bilo im je potrebno 1671 toplotnih jedinica. U istraživanja **Westerman i sur. (2012)** za završetak razvoja biljke u sjevernoj Njemačkoj bilo je potrebno od 113 pa do 136 dana.

U ovom istraživanju, rezultati analize varijance morfoloških karakteristika ukazuju na značajan utjecaj gustoće sklopa za duljinu hipokotila i epikotila, visinu biljaka nakon cvatnje, broj listova, promjer stabljike te masu suhe stabljike. Nasuprot tome, gustoća sklopa nije utjecala na duljinu i širinu prvog lista te na visinu biljaka mračnjaka u cvatnji (tablica 3). Prosječna duljina prvog lista mračnjaka iznosi 1,59 cm, a širina 1,69 cm. Na početku cvatnje mračnjaka utvrđena je prosječna visina od 80,1 cm. Kod ovih parametara nije utvrđena statistička razlika što je povezano s činjenicom da u ranijim fazama razvoja ove korovne vrste ne dolazi do kompeticije između jedinki. Stoga i značajno kraća dužina hipokotila (1,583 cm) i epikotila (0,517 cm) kod biljaka mračnjaka s najmanjom gustoćom sklopa ne može se povezati s kompeticijom između jedinki nego vjerojatno s vremenom nicanja.

Biljke mračnjaka u različitoj gustoći sklopa, visinom se nisu razlikovale sve do završetka cvatnje. Međutim, nakon cvatnje utvrđena je statistički opravdana razlika između tretmana s trendom opadanja visine biljaka s povećanjem gustoće sklopa (tablica 5). Prosječna visina biljaka u najrjeđem sklopu (2 biljke m⁻²) smanjivala se porastom broja biljaka po m². Najveća gustoća sklopa (20 biljaka m⁻²) u ovom istraživanju nije uzrokovala izduživanje stabljike. Iako **Novak i Kravarščan (2011)** navode da biljke mračnjaka u gustom sklopu postižu visinu i do 350 cm, u ovom istraživanju je prosječna visina biljaka u gustom sklopu bila oko 130 cm. Vjerojatno zato što nije došlo do kompeticije s drugim kulturnim ili korovnim vrstama, iako je utvrđeno da su biljke mračnjaka slabo tolerantne prema zasjenjivanju, što ima za posljedicu izduživanje stabljike kod rasta u kompeticiji s drugim biljkama (**Henry i Thomas, 2002**). U najmanjoj gustoći sklopa biljke su na kraju cvatnje dosegle prosječnu visinu od 211,9 cm što je slično vrijednostima navedenima u istraživanjima **Benvenuti i sur. (1993)** i **Defelicea i sur. (1988)**. Također u istraživanju **Kurokawa i sur. (2003)** visina biljaka nakon 4 mjeseca je bila 196,5 cm, što je slično s rezultatima ovog istraživanja. Osim što su niže, biljke mračnjaka u gustom sklopu su tanje, bez puno postranih

grana i s manjim brojem listova (9,85) dok su biljke u rijetkom sklopu imale dovoljno prostora te su razvile dovoljno bočnih ili postranih grana i veći broj listova po biljci (14,67). Utjecaj intra-kompeticije vidljiv je i kroz promjer stabljike jer su biljke mračnjaka u rjeđim gustoćama sklopa (2 i 5 biljaka/m²) imale širi promjer (14,5 i 13,6 mm) od biljaka u većim gustoćama (10,33-8,3 mm). Kad raste u kompeticiji s nižim biljnim vrstama, promjer stabljike mračnjaka može biti i veći kao što navode **Bailey i sur. (2003)**. U usjevu pamuka biljke mračnjaka su imale promjer stabljike 20,7 mm odnosno 31,1 mm ovisno o godini istraživanja.

Utvrđena masa suhe tvari mračnjaka također ukazuju da intraspecijska kompeticija može značajno utjecati na morfologiju ove biljne vrste. Naime, utvrđena je statistička razlika između svih istraživanih gustoća sklopa u istraživanju, pa je ona varirala od 56,17 grama (2 biljke/m²) i smanjivala se do 19,08 grama suhe mase (20 biljaka/m²).

Promjene u morfološkim svojstvima mračnjaka uvjetovane gustoćom sklopa utjecale su i na njegovu reproduktivnu sposobnost. Rezultati istraživanju ukazuju da su se gotovo svi mjereni parametri reproduktivnih sposobnosti značajno razlikovali ovisno o gustoći sklopa. Jedina statistički opravdana razlika nije utvrđena kod mase 1000 sjemenki i klijavosti sjemena nakon berbe te 6 mjeseci nakon berbe. Masa 1000 sjemenki u prosjeku je iznosila 9,89 grama. Većina autora citirane literature navodi da masa 1000 sjemena mračnjaka ostaje konstantna neovisno o dostupnosti svjetla pri različitim gustoćama sklopa (**Zanin i Sattin, 1998; Benvenuti i Macchia, 1993**). I klijavost sjemena također nije ovisila o gustoći sklopa. U fiziološkoj zrelosti u trenutku berbe klijavost sjemena je bila je vrlo niska pri svim gustoćama sklopa, te je prosječno iznosila 2,7 %, ukazujući na primarnu dormantnost sjemena. Signifikantna razlika između tretmana nije uočena ni kod klijavosti nakon 6 mjeseci, te je ona prosječno iznosila 14,5 %. Dobro je poznato da većina jednogodišnjih toploljubivih biljnih vrsta, kao što je i mračnjak, pokazuje primarnu dormantnost u vrijeme berbe da bi osigurale vijabilnost sjemena i za vrijeme hladnijeg (zimskog) razdoblja. Kod mračnjaka je utvrđeno da je dormantnost uzrokovana nepropusnom sjemenom ovojnicom koja onemogućuje usvajanje vode čime je klijanje inhibirano što se naziva fizikalnom dormantnosti (**Baskin i sur., 1989**). Kad sjemena ovojnica postane propusna, fizikalna dormantnost se gubi i time je klijanje omogućeno. Ovo se, međutim, nije utvrdilo u našem istraživanju šest mjeseci nakon berbe jer je klijavost i dalje bila relativno niska (14,5 %). Neka istraživanja ukazuju da se udio dormantnog sjemena u biljkama koje su rasle u sjeni može se smanjiti za 20 % u odnosu na sjeme s nezasjenjenih biljaka. To znači da nedostatkom svjetla u usjevu, odnosno rastom u intra i inter kompeticiji, ne samo da se može smanjiti broj sjemena po biljci već i udio

dormantnih sjemenki što ima veliku ulogu u suzbijanju korova. Kod većine ostalih mjerenih reproduktivnih parametra utvrđen je trend smanjenja s povećanjem gustoće sklopa. Tako je na tretmanu s 2 dvije biljke po metru kvadratnom utvrđeno 175 tobolaca po biljci dok je na tretmanu s 20 biljaka po metru kvadratnome utvrđeno četiri puta manje tobolaca po biljci (44,2). Slične podatke navode **Kurokawa i sur. (2003)** jer su biljke mračnjaka koje su rasle bez kompeticije, prosječno imale 275,8 tobolaca po biljci.

Statistička razlika je utvrđena je i kod broja sjemenki po biljci (grafikon 6), pa su tako tretmani s manjim brojem biljaka po metru kvadratnom imale veći broj sjemena po biljci i one su se statistički razlikovale od tretmana s većim brojem biljaka/m². **Zanin i Sattin (1998)** su također utvrdili taj trend, gdje su biljke kod manje gustoće sklopa proizvele veći broj sjemenki.

Kod broja sjemenki po metru kvadratnom u ovom istraživanju utvrđena je statistički značajna razlika između gustoća sklopa. Zbog kompenzacije brojem biljaka, trend je suprotan u odnosu na broj tobolaca i broj sjemenki po biljci. Kod najveće gustoće sklopa (20 biljaka) utvrđen je i najveći broj sjemenki po m² (20401), dok su 2 biljke mračnjaka po m² u prosječno proizvele tri puta manje sjemenki (7307 po m²). Međutim, važno je uočiti da je broj biljaka po m² bio ipak 10 puta manji, a broj sjemenki po m² samo tri puta manji. Rezultati istraživanja ukazuju da iako je jedna jedinka mračnjaka vegetativno i reproduktivno jača kad raste bez kompeticije, veliki broj biljaka po jedinici površine proizvodi veliki broj sjemena koje onda osjemenjivanjem ostaje u banci sjemena. **Zanin i Sattin (1988)** u svojem istraživanju također su utvrdili da je prinos sjemena bio najviši kod gustoće od 20 do 30 biljaka/m² iako su i kod nižeg broja biljaka (5-10 biljaka/m²) utvrdili 8000-10000 sjemenki m⁻². **Werner i sur. (2004)** pak navode da 2 biljke mračnjaka kad rastu u usjevu u kukuruzu ostvaruju proizvodnju sjemena od 2256 sjemenki m⁻², dok 21 biljka mračnjaka prosječno ostvaruje 4844 sjemenki/m².

Za razliku od navedenih reproduktivnih parametara, broj sjemenki po tobolcu ostao je konstantan s prosjekom od 33 zrna po tobolcu. Pad proizvodnje sjemena po biljci nije uzrokovan smanjenjem broja sjemenki po tobolcu, što ukazuje da je ova karakteristika više manje genetski određena kako su naveli **Benvenuti (1994)**, **Zanin i Sattin (1998)**, **Sato i sur. (1994)** i **Hulina (2000)**. Povećanje prinosa sjemena je povezano sa povećanjem broja tobolaca po biljci, a ne povećanjem broja sjemenki po tobolcu. **Steinmaus i Norris (2002)** zaključili su da zreli tobolci mračnjaka proizvedu 14 režnjeva po tobolcu i tri zrna po režnju, te s time proizvede 42 zrna po tobolcu i to je neovisno o uvjetima rasta koji su istraživani. Podaci

sugeriraju da je utvrđivanje broja tobolaca prisutnih kod berbe pouzdana metoda za predviđanje ukupne proizvodnje sjemena mračnjaka što je dokazalo i naše istraživanje.

Podaci o morfološkim i reproduktivnim svojstvima mračnjaka dobivenim u ovom istraživanju podudaraju se s onim dobivenim u drugim sličnim istraživanjima. Visina biljka, broj listova, promjer stabljike i težina suhe tvari jako su ovisili o broju biljaka po m², što je uvjetovalo kompeticijom i zasjenjivanjem između jedinki mračnjaka. Rezultati također ukazuju na plastičnost mračnjaka kod reproduktivnih sposobnosti odnosno sposobnost da i pri velikoj intra-kompeticiji (20 biljaka m⁻²) proizvede sjeme. Iako je produkcija sjemena po biljci bila drastično reducirana kod biljaka koje su rasle u velikoj gustoći sklopa u odnosu na biljke u manjoj gustoći, ona je dostatna da osjemenjivanjem sjeme dospije i zadrži se u banci sjemena. S obzirom na dugu vijabilnost sjemena i mogućnost nicanja ove vrste i s većih dubina (**Rakoš, 2016**), za ovu vrstu isključena je mogućnost suzbijanja temeljem ekonomskog praga štetnosti što je sugerirano i od **Zanina i Sattina (1988)**. Adaptacija mračnjaka na intra-kompeticiju vidljiva je i iz fenoloških podataka gdje nisu utvrđene razlike u sumi toplinskih jedinica potrebnih za cvatnju i stvaranje tobolca ovisno o gustoći sklopa.

7. ZAKLJUČCI

Temeljem provedenog istraživanja u poljskim uvjetima o utjecaju gustoće jedinki *Abutilon theophrasti* Med. na morfologiju, fenologiju i reproduktivne sposobnosti može se zaključiti da:

1. Morfološka svojstva korovne vrste *Abutilon theophrasti* se nisu značajno razlikovale u početnom stadiju razvoja.
 - a. Ne postoji statistički značajna razlika kod širine (1,69 cm) i duljine prvog pravog liste (1,59 cm), te visine u cvatnji (80,1 cm).
 - b. Statistička značajna razlika utvrđena je u kasnijem stadiju razvoja, pa se tako razlikuje visina biljaka nakon cvatnje (132,4-178 cm), broj listova (14,67-9,85), promjer stabljike (14,5-8,3 cm) te masa suhe stabljike (56,17-19,08 gr) između biljaka u različitoj gustoći sklopa. Utvrđen je trend povećanja parametara sa smanjenjem broja biljaka u tretmanu.
2. Fenološka svojstva mračnjaka ne mijenjaju ovisno o gustoći sklopa.
 - a. Potreban broj dana i suma toplinskih jedinica potrebna za početak i kraj cvatnje te za razvoj prvog tobolca nije se razlikovao između biljaka koje su rasle u rjeđem ili gušćem sklopu.
 - b. Za početak cvjetanja bilo potrebno 99 dana (979 toplinskih jedinica), za razvoj prvog tobolca 107 dana (1105 toplinskih jedinica) te za kraj cvatnje 157 dana (1671 toplinskih jedinica).
3. Većina reproduktivnih svojstva mračnjaka značajno se razlikovala u ovisnosti o gustoći sklopa.
 - a. Broja tobolaca po biljci (175-44,2) i broj sjemena po biljci (3654-1020) značajno se smanjivao povećanjem gustoće sklopa.
 - b. Suprotan trend je utvrđen kod broja sjemena po metru kvadratnome (7307-20401), gdje se s povećanjem sklopa povećavala i sjemenska proizvodnja.
 - c. Masa 1000 sjemenki (9,9 g), klijavost sjemena u berbi (2,7 %) i šest mjeseci nakon berbe (14,5 %) te broj sjemenki po tobolcu (33) se nisu značajno razlikovali između biljaka u različitim gustoćama sklopa.

8. LITERATURA

1. Alm, D.M., McGiffen M.E., Hesketh J.D.(1991). Weed phenology. In T Hodges (Ed). Predicting crop phenology (191-218). Boca Raton, FL: CRC Press.
2. Andersen, N. R., Menges, M.R., Conn, S. J. (1985). Variability in Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and Reproduction beyond Its Current Range in North America. Weed Science, Volume 33, No. 4: 507-512
3. Bailey, A. W., Askew, D. S., Dorai-Raj, S., Wilcut, W.J. (2003). Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference and seed production dynamics in cotton. Weed Science, Volume 51, No. 1: 94-101
4. Baskin, C.C., Baskin, J.M., Li, X. (2000). Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. Plant species biology 15: 139-152
5. Benvenuti, S. (2001). Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth. Weed Science, Volume 49, No. 4: 528-535
6. Benvenuti, S., Macchia, M. (1993). Calculation of threshold temperature for the development of various weeds. Agric. Mediterr., 123: 252-256
7. Campagna, G., Rapparini, G. (2008). Erbe infestanti delle colture agrarie: Riconoscimento, biologia e lotta. Edizioni L'Informatore Agrario: 17-547
8. Cardina, J., Regnier, E., Sparrow, D. (1995). Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) Competition and Economic Thresholds in Conventional- and No-Tillage Corn (*Zea mays*). Weed Science, Volume 43, No. 1: 81-87
9. Clements, D. R., Ditommaso, A. (2011). Climate change and weed adaptation: can evolution of invasive plants lead to greater range expansion than forecaster?. Weed research, Volume 51: 227-240
10. Defelice, M. S., Witt, W. W., Barrett, M. (1988). Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) growth and development in conventional and no-tillage corn (*Zea mays*). Weed Science, Volume 36, No. 5: 609-615
11. Dorado, J., Fernández-Quintanilla, C., Grundy, A. C. (2009). Germination patterns in naturally chilled and non-chilled seeds of fierce thornapple (*Datura ferox*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). Weed Science, Volume 57, No. 2: 155–162
12. Flegar, Z., Novak, N. (2005). Europski mračnjak (*Abutilon theophrasti* Med.). Zavod za zaštitu bilja u poljoprivredi i šumarstvu Republike Hrvatske. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb.

13. Forcella, F. (1993). Seedling emergence model for velvetleaf. *Agronom. J.*, Volume 85: 929-933
14. Galzina, N., Šćepanović, M.; Goršić, M., Turk, I. (2011). Allelopathic effect of *Abutilon Theophrasti* Med. on lettuce, carrot and red beet. *Herbologia*, Volume 12: 125-131
15. Gligić, V. (1953.). Etimološki botanički rečnik, Sarajevo: "Veselin Masleša".
16. Gressel, J.B., Holm, L. G: (1973). Chemical inhibition of crop germination by weed seeds and the nature of inhibition by *Abutilon theophrasti*. *Weed research*, Volume 4, 44-53
17. Grundy, A. C. (2002). Predicting weed emergance: a review of approaches and future challanges, *Weed Research*, Volume 43: 1-11
18. Grundy, A.C., Jones, N.E. (2002). "What is the weed seed bank?". Naylor R.E.L., 2002. *Weed management handbook*, ninth edition. Blackwell publishing.
19. Hartzler, R.G. (1996). Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) Population Dynamics Following a Single Year's Seed Rain. *Weed Technology*, Volume 10: 5814-586.
20. Henry, H., Thomas, S.C. (2002). Interactive effects of lateral shade and wind on stem allometry, biomass allocation and mechanical stability in *Abutilon theophrasti* (Malvaceae). *American Journal of Botany*, Volume 89: 1609-1615
21. Horowitz, M., Taylorson, R. (1984). Hardseededness and Germinability of Velvetleaf (*Abutilon tbeopbrasti*) as Affected by Temperature and Moisture'. *Weed Science*, Volume 32, No. 1: 111-115
22. Hulina, N. (1998). *Korovi, Školska knjiga*, Zagreb.
23. Hulina, N. (2000). Verbreitung und Biologie von *Abutilon theophrasti* Med. in Kroatien. *Z. Pfl Krankh. PfSchutz Sonderh.* Volume XVII: 153-158
24. Kojić, M., Pejčinović, D., Gligorijević, S. (1983). Priručnik za određivanje korovske flore Kosova, Priština.
25. Kremer, J. (1986). Antimicrobial Activity of Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) Seeds. *Weed Science*, Volume 34, No. 4: 617-622
26. Kurokawa, S., Shimizu, N., Uozumi, S., Yoshimura, Y. (2003). Intra-specific variation in morphological characteristics and growth habitat of newly and accidentally introduced velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic.) into Japan. *Weed Biology and Management* 3: 28–36

27. Lešnik, M., Beber, K., Miklavc, J. (1999). Efficiency of herbicides for velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Med.) control in maize (*Zea mays* L.). Zbornik predavanj in referatov 4 Slovenskega Posvetovanja o Varstvu Rastlin v Portorožu od 3 do 4 Marca 1999: 117-127
28. Loddo, D., Sousa, E., Masin, R., Calha, I., Zanin, G., Fernandez-Quintanilla, C., Dorado, J. (2013). Estimation and Comparison of Base Temperatures for Germination of European Populations of Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) and Jimsonweed (*Datura stramonium*). *Weed Science*, Volume 61, No. 3: 443–451
29. Magosso, D. (2013). Study of germination parameters of summer weeds: transferability of AlertInf model to Croatia. Final thesis, University of Padova, Department of Agronomy, Food, Natural resources, *Animals and Environment* (DAFNAE).
30. Masin, R., Loddo, D., Benvenuti, S., Otto, S., Zanin, G. (2012). Modeling Weed Emergence in Italian Maize Fields. *Weed Science*, Volume 60, No. 2: 254–259
31. Masin, R., Loddo, D., Benvenuti, S., Zuin, M.C., Macchia, M., Zanin, G. (2010). Temperature and water potential as parameters for modeling weed emergence in central-northern Italy. *Weed Science*, , Volume 58, No 3.: 216-222
32. Myers, W.M., Curran, W.S., VanGessel, M.J., Calvin, D.D., Mortensen, D.A., Majek, B.A., Karsten, H.D., Roth, G.W. (2004). Predicting weed emergence for eight annual species in the northeastern United States. *Weed Science*, Volume 52, No 6.: 913-919
33. Novak, N. (2007). Alelopatski utjecaj europskog mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) na neke poljoprivredne kulture. Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.
34. Novak, N., Kravaršćan, M. (2011). Invazivne strane korovne vrste u Republici Hrvatskoj. Hrvatski centar za poljoprivredu, hranu i selo. Zagreb.
35. Nurse, R. E., Antonio DiTommaso, A. (2005). Corn competition alters the germinability of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) seeds. *Weed Science*, Volume 53, No. 4: 479-488.
36. Obajgor, T., Holik, K. (2013). Razvoj laboratorijskih metoda za prekidanje dormantnog sjemena korovnih vrsta *Abutilon theophrasti* Med. i *Amaranthus retroflexus* L. Dekanova nagrada. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

37. Plodinec, M., Šćepanović, M., Barić, K., Jareš, D. (2015). Inter-populacijska varijabilnost u nicanju korovne vrste *Abutilon theophrasti* Med. Agronomski glasnik 1-2/2015: 23-40
38. Rakoš, V. (2016). Nicanje korovne vrste *Abutilon theophrasti* Med. pri različitim dubinama sjetve. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.
39. Rakoš, V. (2013). Nicanje dormantnog sjemena korova – mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) pri različitim dubinama u tlu. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.
40. Sartorato, I., Pignata, G. (2008). Base temperature estimation of 21 weed and crop species. In: Proceedings 2008 of the 5th International Weed Science Congress (ed. International Weed Science Society), 274. Vancouver, Canada.
41. Sattin, M., Zanin, G., Berti, A. (1992). Case History for Weed Competition/Population Ecology: Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) in Corn (*Zea mays*). Weed Technology, Volume 6: 213-219
42. Satto, S. Tateno, K., Kobayashi, R. (1994). Influence of seeding date on flowering and seed production of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic.) Weed Research, Volume 39: 243-248
43. Scholes, C., Clay, A. S., Brix-Davis, K. (1995). Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) Effect on Corn (*Zea mays*) Growth and Yield in South Dakota. Weed Technology, Volume 9: 665-668
44. Schlosser, J., L. Vukotinović, (1869). Flora Croatica, Zagreb.
45. Shaw, W. C. (1982). Integrated weed management systems technology for pest management. Weed Science, Volume 30: 2-12
46. Spencer, N. R. (1984). Velvetleaf, *Abutilon theophrasti* (Malvaceae), history and economic impact in the United States. Econ. Bot. 38: 407-416
47. Steinmaus, S.J., Norris, R. F. (2002). Growth analysis and canopy architecture of velvetleaf grown under light conditions representative of irrigated Mediterranean-type agroecosystems. Weed Science, Volume 50, No 1.: 42-53
48. Stoller, E. W., Wax, L. M. (1973). Periodicity of Germination and Emergence of Some Annual Weeds. Weed Science, Volume 21, No 6.: 574-580
49. Šćepanović, M., Šoštarčić, V., Masin, R., Barić, K. (2016). Modeli prognoze dinamike nicanja korova u usjevu-pomoć integriranom suzbijanju korova. Glasilo biljne zaštite 4: 397-409

50. Šćepanović, M., Nenad, N., Barić, K., Ostojić, Z., Galzina, N., Goršić, M. (2007). Alelopatski utjecaj korovnih vrsta *Abutilon theophrasti* Med. i *Datura stramonium* L. na početni razvoj kukuruza. *Agronomski glasnik* 6/2007: 459-472
51. Zanin, G. i Sattin M. (1988). Threshold level and seed production of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medikus) in maize. *Weed Research*, Volume 28: 347-352
52. Zheng, H., Wu, Y., Ding, J., Binion, D., Fu, W., Reardon, R. (2004). Invasive Plants of Asian Origin Established in the United States and Their Natural Enemies. *FHTET 2004-05*, 2nd Ed.: 1-7
53. Warwick, S. I., Black, L. D. (1988). The biology of canadian weeds - *Abutilon theophrasti*. *Can. J. Plant Science*, Volume 68: 1069-1085
54. Washitani, I., Takenaka, A. (1984). Mathematical description of the seed germination dependency on time and temperature. *Plant Cell Environ.* 7: 359-362
55. Westerman, R. P., Diesterheft, J., Gerowitt, B. (2012). Phenology of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic.) populations grown in northern Germany. *25th German Conference on Weed Biology and Weed Control*: 595-600
56. Webster, T.M., Cardina, J., Norquay, H.M. (1998). Tillage and seed depth effects on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) emergence. *Weed Science*, Volume 46, No 1: 76-82
57. Werner, L. E., Curran, S. W., Harper, K. J. Roth, W. G., Knievel, P. D. (2004). Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference and seed production on corn silage and grain, *Weed Tehnology*, Volume 18: 779-783
58. Winter, M. D. (1960). The Development of the Seed of *Abutilon theophrasti*. II. Seed Coat. *American Journal of Botany*, Volume 47: 157-162

Internetski izvori

1. Priroda i biljke, Plantea. <http://www.plantea.com.hr/teofrastov-mracnjak/> .
Pristupljeno – 24.04.2016.
2. Državni hirometerološki zavod.
http://klima.hr/klima.php?id=k1¶m=zagreb_maksimir . Pristupljeno –
15.06.2014.
3. Eat the weeds. <http://www.eattheweeds.com/velvet-leaf-fiber-and-food/>. Pristupljeno –
05.09.2016.

ŽIVOTOPIS MENTORA

Maja Šćepanović rođena je 17. lipnja 1975. godine u Splitu gdje je završila osnovno i srednješkolsko obrazovanje. Jednu godinu srednje škole obrazovala se u Italiji, Domodossoli (Liceo Scientifico Giorgio Spezia). Dodiplomski studij Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu upisala je 1994. godine, gdje je i diplomirala 2000. godine s temom „Praćenje leta leptira *Cydia pomonella* u 1999. godini“. Od 2001. godine zaposlena je na Zavodu za herbologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u svojstvu znanstvenog novaka – asistenta. Doktorsku disertaciju „Učinak višekratne primjene smanjenih količina herbicida na korove i prinos šećerne repe (*Beta vulgaris* L. var. *altissima* Doll)“ obranila je 11. ožujka 2011. godine na Agronomskom fakultetu. U srpnju 2012. godine izabrana je u znanstveno nastavno zvanje sveučilišnog docenta na Agronomskom fakultetu. Sudjeluje u nastavi preddiplomskog studija „Zaštita bilja“ kao koordinator modula Osnove herbologije te suradnik na modulima Osnove fitomedicine, Zaštita ratarskih kultura od štetočinja, Zaštita voćaka i vinove loze od štetočinja te Sustavi suzbijanja štetnih organizama. Na diplomskom studiju Fitomedicina koordinator je predmeta Ekologija korova te suradnica na predmetu Specijalna herbologija. Mentorirala je preko 20 studentskih radova (završni rad, diplomski rad, radovi za dekanovu i rektorovu nagradu) Surađivala je na dva znanstvena projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa (Mogućnost primjene smanjenih količina herbicida i Ekološki prihvatljiva zaštita od korova u sustavu integrirane biljne proizvodnje), dva VIP projekta (Primjena smanjenih količina herbicida i Suzbijanje korova u povrću (luk, rajčica, špinat) direktnom sjetvom sjemena) i projektu Ministarstva poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja (Pelinolisni limundžik *Ambrosia artemisiifolia* L., raširenost, biologija, ekologija, štetnost i mjere suzbijanja). Suradnica je i na tri međunarodna projekta IPA: “Enhancement of collaboration between science, industry and farmers: Technology transfer for integrated pest management (IPM) in sugar beet as the way to improve farmer’s income and reduce pesticide use”, Tempus projekt: “International joint Master degree in Plant Medicine” te COS projekt: Sustainable management of *Ambrosia artemisiifolia* in Europe (SMARTER). Autorica je 4 međunarodna znanstvena rada (a1), 15 nacionalnih znanstvenih radova, dvadesetak stručnih radova te koautora sveučilišnog priručnika. Aktivno je sudjelovala na 10 tak međunarodnih znanstvenih skupova te 15ak stručnih skupova iz područja zaštite bilja. Članica je Hrvatskog društva biljne zaštite te Europskog društva za proučavanje korova (EWRS).

ŽIVOTOPIS AUTORA

Marijana Plodinec rođena je 5. travnja 1990. u Zagrebu. Osnovnu školu završila je u Osnovnoj školi Vukovina. Maturirala je 2008. godine u Prirodoslovno-matematičkoj gimnaziji Velika Gorica. Iste godine upisuje preddiplomski studij Zaštite bilja na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Diplomski studij Fitomedicine na Agronomskom fakultetu upisuje 2013. godine. U studenom 2014. godine sudjeluje na 1. Hrvatskom simpoziju o invazivnim vrstama, te usmeno izlaže znanstveni rad: Plodinec, M., Šćepanović, M., Jareš, D., Barić, K. (2014) Morfološke značajke invazivne korovne vrste *Abutilon theophrasti* Med. ovisno o gustoći sklopa. Početkom 2015. godine objavljuje izvorni znanstveni članak u Agronomskom glasniku: Plodinec, M., Šćepanović, M., Barić, K., Jareš, D. (2015) *Interpopulacijska varijabilnost u nicanju korovne vrste Abutilon theophrasti* Med. Isti rad usmeno izlaže u travnju 2016. na Drugom simpoziju studenata bioloških usmjerenja. Osim hrvatskog (materinjeg) jezika tečno govori i engleski jezik. Osposobljena je za rad u Microsoft office (Excel, Word, PowerPoint). Ima vozačku dozvolu B kategorije. Članica je Hrvatskog društva biljne zaštite (HDBZ).