

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ines Lulić

Prijediplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

**Utjecaj vodnog stresa i
mikorize na rast i morfološka svojstva kadifice (*Tagetes patula*
L.)**

Završni rad

Osijek, 2023.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ines Lulić

Prijediplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

**Utjecaj vodnog stresa i
mikorize na rast i morfološka svojstva kadifice (*Tagetes patula*
L.)**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Antonija Kojić, mag. ing. agr., mentor
2. izv. prof. dr. sc. Monika Marković, član
3. doc. dr. sc. Marija Ravlić, član

Osijek, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Prijediplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Hortikultura
Ines Lulić

Završni rad

Utjecaj vodnog stresa i mikorize na rast i morfološka svojstva kadifice (*Tagetes patula* L.)

Sažetak

Istraživanje je provedeno u plasteniku Pokušališta Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, 2023. godine s ciljem utvrđivanja utjecaja vodnog stresa i mikorize na rast i morfološka svojstva kadifice (*Tagetes patula* L.). Tretmani su započeli nakon što su se biljke kvalitetno ukorijenile i dosegnule odgovarajući vegetativni porast, a trenutak početka navodnjavanja određen je senzorom SM150. Istraživanje je postavljeno po slučajnom blok rasporedu s pet ponavljanja, a primijenjena su tri tretmana navodnjavanja ($a_1 = 100\%$, $a_2 = 70\%$ i $a_3 = 50\%$ retencijskog kapaciteta supstrata za vodu (Rkv)) i dva tretmana mikorizama ($b_1 =$ bez mikoriza i $b_2 =$ s mikorizama). Promatrani su rast, estetska i morfološka svojstva kao što su visina biljke, broj grana, zelena i suha nadzemna masa, masa cvijeta, promjer cvijeta i stabljike te broj cvjetova. Korišten je mikorizni pripravak MycoApply® na način da je 10 mL mikoriznog pripravka dodano u 3,5 litara vode nakon čega su biljke navodnjavane navedenom otopinom. Prema rezultatima istraživanja utjecaj navodnjavanja na promatrana svojstva kadifice imao je statistički značajan utjecaj na broj grana, dok je utjecaj navodnjavanja i mikorize imao statistički značajan utjecaj na broj grana i visinu biljke što ukazuje na otpornost kadifice na vodni stres.

Ključne riječi: kadifica, navodnjavanje, mikoriza, vodni stres

22 stranice, 10 slika, 3 tablice, 13 grafikona, 23 literaturna navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Horticulture
Ines Lulić

BSc Thesis

Effects of water stress and mycorrhiza on French marigold (*Tagetes patula* L.) growth and morphological parameters

Summary

The research was conducted in the greenhouse of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek, in 2023, with the aim of determining the influence of water stress and mycorrhiza on the growth and morphological properties of marigold (*Tagetes patula* L.). The treatments started after the plants had taken root well and reached the appropriate vegetative growth, and the moment of the start of irrigation was determined by the SM150 sensor. The research was set up in a randomized block arrangement with five replications, and three irrigation treatments were applied ($a_1 = 100\%$, $a_2 = 70\%$ and $a_3 = 50\%$ of the water retention capacity of the substrate (Rkv)) and two mycorrhizal treatments ($b_1 =$ no mycorrhiza and $b_2 =$ with mycorrhizae). Growth, aesthetic and morphological properties such as plant height, number of branches, green and dry above-ground mass, flower mass, flower and stem diameter and number of flowers were observed. The mycorrhizal preparation MycoApply® was used in such a way that 10 mL of the mycorrhizal preparation was added to 3.5 liters of water, after which the plants were irrigated with the specified solution. According to the research results, the influence of irrigation on the observed properties of marigold had a statistically significant influence on the number of branches, while the influence of irrigation and mycorrhiza had a statistically significant influence on the number of branches and plant height, which indicates the resistance of marigold to water stress.

Key words: marigold, irrigation, mycorrhiza, water stress

22 pages, 10 pictures, 3 tables, 13 charts, 23 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Cilj istraživanja.....	4
2. MATERIJALI I METODE	5
3. REZULTATI	8
3.1. Klimatski uvjeti tijekom istraživanja	8
3.2. Navodnjavanje kadifice tijekom istraživanja	9
3.3. Utjecaj tretmana navodnjavanja bez primjene mikorize na promatrana svojstva kadifice	10
3.4. Utjecaj tretmana navodnjavanja i mikorize na promatrana svojstva kadifice	13
3.5. Analiza korelacijske povezanosti.....	15
4. RASPRAVA	17
5. ZAKLJUČAK.....	20
6. POPIS LITERATURE	21

1. UVOD

Cvjećarstvo je dio primijenjene botanike koji se bavi proizvodnjom, uzgojem, primjenom i proučavanjem morfoloških i ekoloških svojstava cvjetnih vrsta. Cvjetne vrste se mogu uzgajati u zaštićenim prostorima i na otvorenom, a proizvodnja cvijeća je poprilično zahtjevna zbog specifičnih uvjeta sredine koje je potrebno ostvariti kako bi se osigurao visok i kvalitetan prinos. Uvjeti sredine važni u cvjećarskoj proizvodnji su toplina, svjetlost, voda i tlo. Toplina je jedan od najvažnijih čimbenika koji uvjetuje vrijeme sadnje i sjetve cvjetnih kultura, a biljne vrste se, ovisno o potrebi za toplinom, dijele na termofilne i kriofilne. Osim topline, važan abiotski čimbenik u uzgoju cvijeća je svjetlost, a ovisno o potrebama za dužinom dana tijekom prelaska u generativnu fazu razvoja, cvjetne vrste se dijele na vrste kratkog i dugog dana te dnevno neutralne. Cvjećarsku proizvodnju odlikuje povećana potreba za pristupačnom vodom u uzgojnom mediju te relativnom vlažnošću zraka. Izrazito je važno navedene abiotske uvjete prilagoditi potrebama uzgajane kulture kako ne bi došlo do pogoršanja kvalitete cilja same proizvodnje, a to je komercijalni cvijet (Parađiković i sur., 2018.).

Cvijet je generativni biljni organ koji služi za razmnožavanje, a sastoji se od cvjetne stapke, cvjetišta, ocvijeća, prašnika i plodnih listova. Ocvijeće ili perijant služi za zaštitu ostalih dijelova cvijeta te različitim živim bojama primamljuje oprašivače poput pčela, bumbara i ptica. Cvijeće se dijeli na: jednogodišnje, dvogodišnje, lukovičasto, gomoljasto, rizomno, lončanice i trajnice ovisno o dužini životnog vijeka, mjestu uzgoja i načinu ishrane. Važno je naglasiti da u ovu podjelu nisu uključene grmolike cvjetne vrste niti stabla. Cvjetnice čine najveću skupinu biljaka na Zemlji i obuhvaćaju veliki broj različitih vrsta, obitelji i redova. Sistematika cvijeća temelji se na taksonomiji, odnosno organiziranju i klasificiranju živih organizama. Cvjetne vrste se mogu razmnožavati generativno i vegetativno. Generativno razmnožavanje je razmnožavanje sjemenom, a vegetativno razmnožavanje je proizvodnja novih biljaka reznicama ili dijelovima biljake (Parađiković i sur., 2018.). Cvjećarska proizvodnja je ekonomski visoko razvijena industrija diljem svijeta, s velikim tržištem cvijeća i biljaka za različite namjene. Osim ekonomskog značaja, proizvodnja cvijeća je važna zbog mogućnosti korištenja cvjetnih vrsta u medicinske svrhe ili za uklanjanje toksičnih elemenata iz tla, odnosno fitoremedijaciju. Prema Milčić i sur. (2019.) fitoremedijacija je naziv za skup postupaka kojima biljke djelovanjem enzima i mikroorganizama smanjuju koncentraciju toksičnih elemenata u rizosferi. Istraživanje Sinha

i sur. (2013.) pokazuje da vrsta kadifice *Tagetes erecta* L. pokazuje bolju akumulaciju teškog metala kroma (Cr) od ostalih cvjetnica.

Nizozemska je jedna od vodećih država u svijetu po proizvodnji i izvozu cvijeća. Glavna cvjetna regija u Nizozemskoj je Aalsmeer, gdje se nalazi poznata cvjetna burza, najveća svjetska aukcijska kuća cvijeća. Osim Nizozemske, po proizvodnji cvijeća poznate su države Kolumbija, Tajland, Indija, Kina i Kenija. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku (2021.) cvijeće i ukrasno bilje se u Hrvatskoj proizvodilo na prosječno 256,4 ha u petogodišnjem razdoblju od 2017. do 2021. godine (DZS, 2021.). Proizvodnja cvijeća na obiteljskim gospodarstvima u Republici Hrvatskoj dobiva na sve većoj važnosti. Ministarstvo Republike Hrvatske potiče proizvodnju cvjećarskih kultura koje su visoko dohodovne, što je rezultiralo povećanim brojem proizvođača cvijeća, posebno na sjevernom i južnom dijelu Hrvatske te na području Varaždina. (Pohajda i Vaci, 2013.).

Vrste roda *Tagetes* su podijeljene u tri grupe: francuske, afričke i triploidne. Francuska kadifica (*Tagetes patula* L.) je jednogodišnja cvjetna vrsta koja se ubraja u porodicu Asteraceae, glavočike (Slika 1.). Može narasti do 30 centimetara u visinu dok su cvjetovi skupljeni u glavičaste cvatove s žutom ili narančastom bojom latica. Razmnožavaju se sjemenom, a cijeli proizvodni ciklus traje 12-13 tjedana. Kadifice se optimalno razvijaju na sunčanim do slabo sjenovitim mjestima te imaju umjerene potrebe za vodom i relativnom vlagom zraka. Obiteljska gospodarstva i manji proizvođači često uzgajaju kadificu kao ukrasnu biljku za ukrašavanje vrtova, parkova i domaćinstava. Kadifica je zastupljena cvjetna vrsta diljem svijeta zbog dugotrajnosti faze cvjetanja.

Navodnjavanje je agrotehnička mjera kojom se biljkama dodaje prirodno nedostatna količina vode tijekom razdoblja vegetacije (Mađar i Šoštarić, 2009.). Cvjetne vrste se najčešće navodnjavaju lokalizirano, kapanjem, minirasprskivačima i injektorima (Pokos-Nemec, 2009.). Prema istraživanju Sun i sur. (2018.) nedovoljna količina vode tijekom rasta i razvoja kadifice uzrokovala je smanjeni promjer cvijeta, broj latica i lisnu površinu što ukazuje na potrebu za odabirom adekvatnog sustava za navodnjavanje kadifice i optimalnih obroka navodnjavanja u skladu s klimatskim uvjetima sredine.



Slika 1. Kadifica (Fotografija: Lulić, I., 2023.)

Mikoriza je biološka zajednica koja regulira i omogućuje pravilno funkcioniranje ekosustava, a sastoji se od simbiotske veze između gljive i biljke. Primjenom mikoriznog pripravka se ostvaruje biološka zajednica između korijena i biljke. U ovom odnosu, mikorizne gljive prenose vodu, minerale i hranjive tvari iz tla biljci, dok biljka pruža gljivama organske spojeve koje nastaju fotosintezom. Micelij gljive se povezuje s korijenovim sustavom biljke te se na taj način poboljšava apsorpcija vode i hranjivih tvari, odnosno biljka može podnijeti veću razinu biotskih i abiotskih stresova kojima je potencijalno izložena i ostvariti veći vegetativni porast (Koide i Dickie, 2002.). Raznim istraživanjima utvrđeno je da mikorizne biljke bolje podnose nedostatak hraniva i vode u tlu, osim toga mikoriza pomaže biljkama i u otpornosti na zaslanjenost tla i prisutnost toksičnih koncentracija teških metala i patogena (Bianciotto i sur., 2016.). Ova zaštitna interakcija može smanjiti potrebu za upotrebom pesticida i kemikalija u poljoprivredi. S obzirom na sve ove prednosti, mikoriza se sve više istražuje kao sredstvo za poboljšanje održivosti agroekosustava (Zrnić i Širić, 2017.). Prema Chaudhary i sur. (2010.) primjena mikoriznog pripravka u uzgoju kadifice može poboljšati unos hranjiva te poboljšati kvalitetu proizvodnje uz smanjenje troškova.

1.1. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja je proučiti utjecaj različitih tretmana vodnog stresa i mikorize na rast, estetska i morfološka svojstva kao što su visina biljke, broj grana, zelena i suha nadzemna masa, masa cvijeta, promjer cvijeta i stabljike, broj cvjetova.

2. MATERIJALI I METODE

Istraživanje je provedeno u plateniku na pokušalištu Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, 2023. godine (Slika 2.). Platenik ima sustav automatskog podizanja bočnih strana čime je otklonjena mogućnost pretjeranog porasta temperature i narušavanja uvjeta mikroklima. Kadifice su uzgojene iz komercijalnog sjemena sjetvom u supstrat za uzgoj presadnica Terra Brill Substrate 4 čije su karakteristike visoka sposobnost zadržavanja vode, pH vrijednost od 5,5 do 6,5 te kompaktna i stabilna struktura. Supstrat se sastoji od hranjivih tvari, bijelog treseta (80 %) i crnog treseta (20 %). Sjeme kadifica je posijano 11. travnja, a biljke su dostigle fazu nicanja nakon 3 do 4 dana (Slika 3.). Biljke su presađene nakon što su dostigle fazu razvoja 4 lista (Slika 4.).



Slika 2. Pokušalište Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Tenja

Izvor: (<https://www.fazos.unios.hr/>)



Slika 3. Nicanje kadifice
(Fotografija: Lulić, I., 2023.)



Slika 4. Kadifice u fazi razvoja 4 lista
(Fotografija: Lulić, I., 2023.)

Tijekom presađivanja dodane su mikorize u zonu korijenovog sustava kod polovice biljaka korištenih u istraživanju u količini od 2,5 ml (pola čajne žličice). Korišten je mikorizni

pripravak MycoApply® All Purpose Soluble koji se sastoji od 4 vrste endomikoriznih (*Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*, *Glomus aggregatum*, *Glomus etunicatum*) i 5 vrsta ektomikoriznih gljivica (*Pisolithus tinctorius*, *Rhizopogon villosulus*, *Rhizopogon luteolus*, *Rhizopogon fulvigleba*, *Rhizopogon amylopogon*). Pripravak je koncentriran, vodotopiv i sastoji se od čestica manjih od 300 mikrona, praškaste strukture, što znači da se može aplicirati rastapanjem u vodi za navodnjavanje. Osim navedenih gljivica pripravak sadrži hranjive elemente: 6 % dušika, 0,5 % fosfora P_2O_5 i 4 % vodotopivog kalija (K_2O).

U razdoblju klijanja i nicanja, odnosno tijekom početnog rasta i razvoja, biljke su navodnjavane jednakim obrocima navodnjavanja, a trenutak početka navodnjavanja je određen vizualnom procjenom. Korištena je odstajala voda ujednačene kakvoće iz lokalnog gradskog vodovoda kako biljke ne bi bile izložene temperaturnom šoku uslijed navodnjavanja.

Nakon što su se biljke kvalitetno ukorijenile i ostvarile odgovarajući vegetativni porast započela je primjena tretmana navodnjavanja i mikoriznog pripravka (Slika 5.). U istraživanju je ukupno korišteno 30 biljaka.



Slika 5. Početak primjene tretmana navodnjavanja i mikorize (Fotografija: Lulić, I., 2023.)

Istraživanje je postavljeno po slučajnom blok rasporedu sa pet ponavljanja. Utjecaj vodnog stresa i mikorize na kadifice promatran je primjenom 3 tretmana navodnjavanja koji su određeni izračunom retencijskog kapaciteta supstrata za vodu (R_{kv}) i 2 tretmana mikorizama. Biljke su navodnjavane slijedećim tretmanima navodnjavanja: $a_1 = 100\% R_{kv}$, $a_2 = 70\% R_{kv}$ i $a_3 = 50\% R_{kv}$. Retencijski kapacitet supstrata za vodu je količina vode koju supstrat može zadržati nakon otjecanja drenažne vode. U ovom istraživanju je određen metodom gravimetrije dok je trenutni udio vode u supstratu mjereno uređajem SM150 (AT

Delta-T Devices Ltd, Cambridge, Great Britain). Uređaj se kalibrira ovisno o vrsti supstrata nakon čega se može koristiti.

Tretmani mikoriznim pripravkom označeni su b1 = bez mikoriza, b2 = s mikorizama, a započeli su 09. 06. 2023. godine. Mikorize su pomiješane s vodom na način da je dodana jedna žlica (10 mL) u 3,5 litara vode nakon čega su biljke zalijevane navedenom mješavinom odgovarajućim tretmanima navodnjavanja. Obroci navodnjavanja su ovisili uvjetima u plasteniku (temperatura i vlažnost zraka) i fazi razvoja biljaka. Temperatura i vlažnost zraka u plasteniku praćeni su termometrom Thermo-Hygro-Logger proizvođača KLIMALOGG PRO (Slika 6.). Termometar je mjerio navedene vrijednosti u petnaestominutnim intervalima. Tijekom razdoblja vegetacije bilježene su promjene na biljkama, vrijeme pojave prvih pupova i cvjetova po navedenim tretmanima. Završetkom istraživanja biljakama su mjereni slijedeći parametri: broj grana, zelena nadzemna masa, visina biljke, masa cvijeta, promjer cvijeta, broj cvjetova, broj pupova, promjer stabljike i suha nadzemna masa (Slika 7.).



Slika 6. Termometar Thermo-Hygro-Logger (Fotografija: Lulić, I., 2023.)

Slika 7. Mjerenje promjera cvijeta kadifice (Fotografija: Lulić, I., 2023.)

Statistička obrada podataka provedena je pomoću programa SAS Software-a 9.4. (ANOVA), a značajnosti istraživanih svojstava testirani su LSD testom ($p < 0,05$). Jačina korelacijske povezanosti je procijenjena Roemer-Orphal korelacijskim koeficijentom.

3. REZULTATI

3.1. Klimatski uvjeti tijekom istraživanja

Vrijednost srednjih dnevnih temperatura zraka u plasteniku iznosila je 19,74 °C, a izračunata je prema formuli (DHMZ):

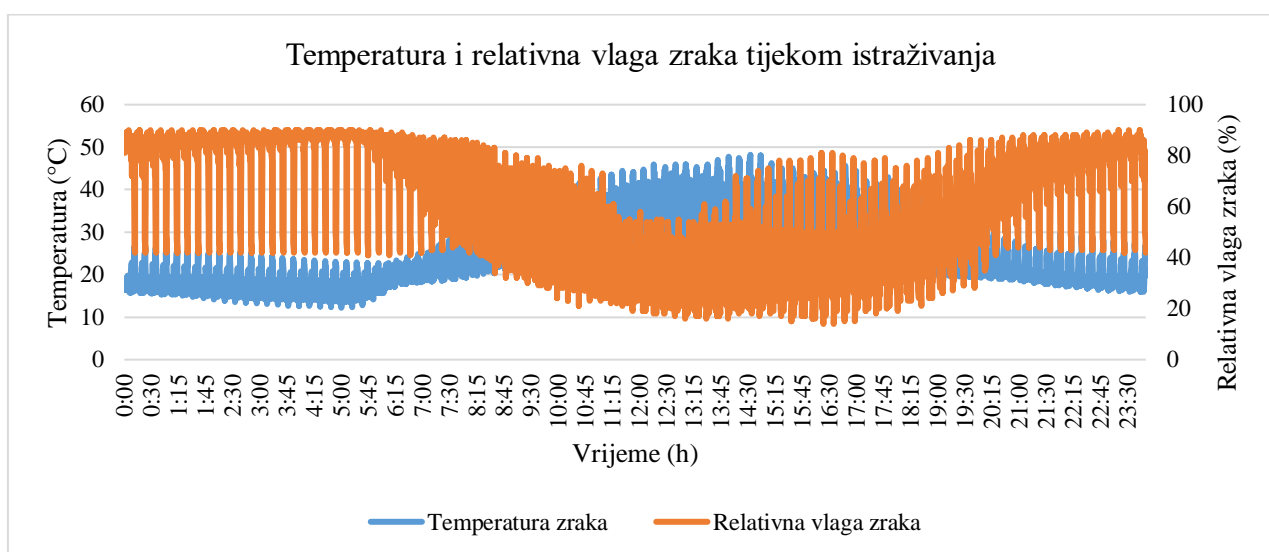
$$t_{sr} = (t_7 + t_{14} + 2t_{21}) / 4$$

gdje su t_7 , t_{14} i t_{21} terminske vrijednosti temperature mjerene redom u 7, 14 i 21 sat po lokalnom vremenu. Prosječna temperatura mjerena u 7 sati tijekom razdoblja vegetacije iznosila je 21,86 °C, u 14 sati 35,83 °C dok je vrijednost temperature mjerena u 21 sat iznosila 21,52 °C.

Prosječna temperatura tijekom razdoblja vegetacije iznosila je 25,78 °C dok je prosječna vrijednost relativne vlage zraka (Rvz) iznosila 59,06 %. Navedene vrijednosti su unutar optimalnih zahtjeva kadifice za temperaturom i Rvz što je povoljno utjecalo na rast i razvoj.

Grafikonom 1. su prikazane navedene vrijednosti, a važno je istaknuti da je najviša zabilježena temperatura tijekom istraživanja iznosila 48,2 °C, a najniža 12,2 °C.

Važno je istaknuti da je preporučena optimalna temperatura za uzgoj kadifice od 18 do 20 °C što ukazuje na činjenicu da su klimatski uvjeti tijekom razdoblja vegetacije bili iznad optimalnih vrijednosti.



Grafikon 1. Vrijednosti temperature i relativne vlage zraka tijekom istraživanja

3.2. Navodnjavanje kadifice tijekom istraživanja

Kao što je ranije spomenuto, obroci navodnjavanja su u početnim fazama razvoja kadifice bili jednaki, a trenutak početka navodnjavanja određen je vizualnom procjenom. Nakon presađivanja i odgovarajućeg porasta započela je primjena tretmana navodnjavanja 15. 05. 2023. godine, a trenutak početka navodnjavanja je određen metodom mjerena supstrata s prethodno navedenim senzorom.

Obroci navodnjavanja po tretmanima su: $a_1 = 70 \text{ mL}$, $a_2 = 49 \text{ mL}$, $a_3 = 35 \text{ mL}$. Vrijednosti retencijskog kapaciteta supstrata za vodu mjerene su prije i nakon dodavanja vode uređajem, SM150 (Slika 8.) kako bi se volumni udio vode u supstratu održavao u odgovarajućem rasponu.



Slika 8. Uređaj za mjerenje sadržaja vode u supstratu SM150 (Fotografija: Lulić, I., 2023.)

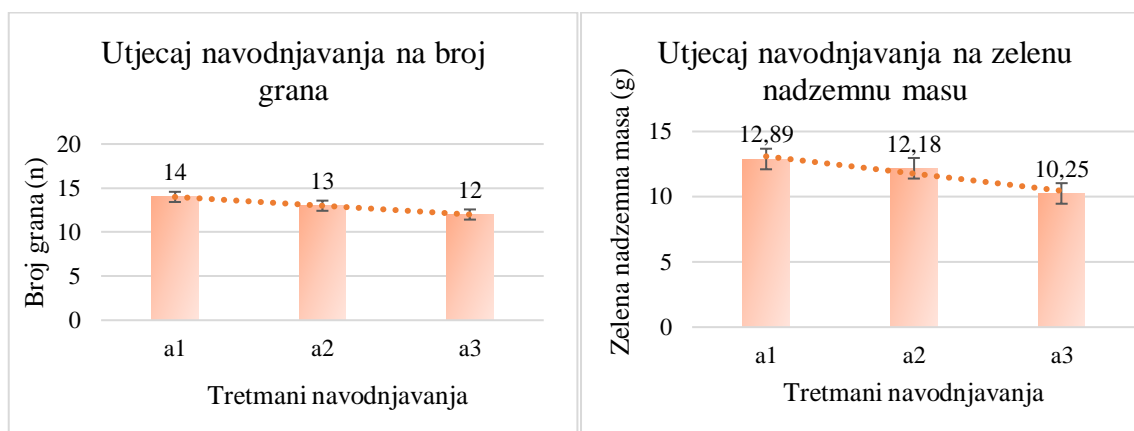
3.3. Utjecaj tretmana navodnjavanja bez primjene mikorize na promatrana svojstva kadifice

Tablica 1. Utjecaj tretmana navodnjavanja (a) bez primjene mikorize (b1) na promatrana svojstva kadifice

	a1b1	a2b1	a3b1	LSD _(0,05)	F-vrijednost
Broj grana/biljci (n)	14,00	13,00	12,00	1,2184	6,35*
Zelena nadzemna masa (g)	12,89	12,18	10,25	2,5354	2,43
Visina biljke (cm)	25,38	24,60	23,40	2,8697	1,02
Masa cvijeta (g)	1,49	1,45	1,26	0,6761	0,29
Promjer cvijeta (cm)	32,80	29,60	24,26	10,226	1,50
Broj cvjetova/biljci (n)	2,00	1,00	1,00	0,6244	2,66
Broj pupova/biljci (n)	2,00	2,00	2,00	1,3645	0,14
Promjer stabljike (cm)	3,64	3,44	3,28	0,521	1,01
Suha nadzemna masa (g)	3,08	2,87	2,60	0,5437	1,75
a1 = 100 % Rkv, a2 = 70 % Rkv, a3 = 50 % Rkv; p < 0,05 = *					

Zabilježena je statistički značajna razlika ($p < 0,05$) u broju grana po biljci ovisno o tretmanima navodnjavanja (Grafikon 2.). Najveći broj grana zabilježen je na tretmanu a1 gdje je dodana najveća količina vode, dok je najmanji broj grana zabilježen na tretmanu s najmanjom količinom vode za navodnjavanje.

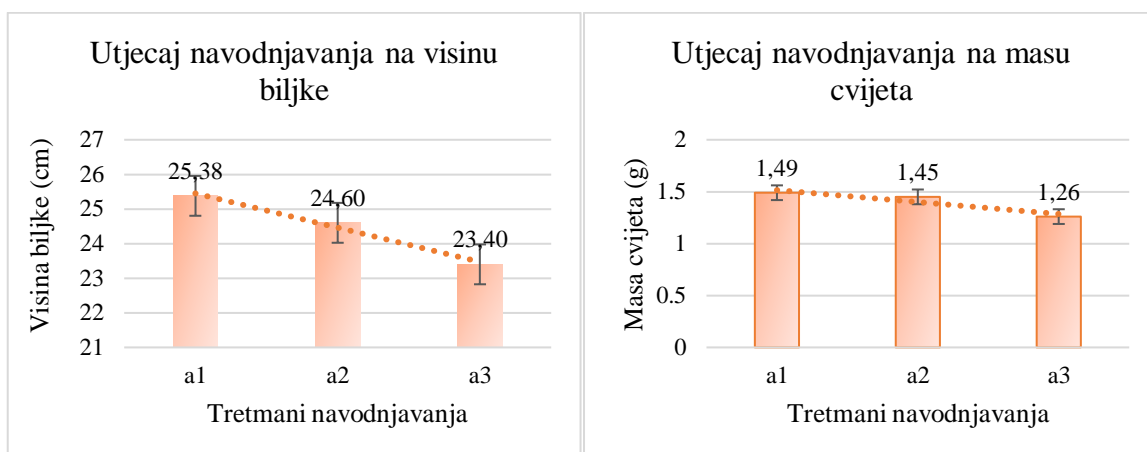
Tretmani navodnjavanja nisu statistički značajno utjecali na zelenu nadzemnu masu kadifice, no važno je istaknuti da je smanjenjem količine vode za navodnjavanje zelena nadzemna masa linearno opadala (Grafikon 3.).



Grafikon 2. Utjecaj navodnjavanja (a1 = 100 %, a2 = 70 %, a3 = 50% Rkv) na broj grana

Grafikon 3. Utjecaj navodnjavanja (a1 = 100 %, a2 = 70 %, a3 = 50% Rkv) na zelenu nadzemnu masu

Nije zabilježena statistički značajna razlika utjecaja različitih tretmana navodnjavanja na visinu biljke i masu cvijeta. Grafikonima 4. i 5. prikazane su vrijednosti promatranih varijabli koje su proporcionalno opadale smanjenjem količine vode za navodnjavane. Kod obje promatrane varijable najniže vrijednosti zabilježene su na a3 tretmanu, kojim je dodana najmanja količina vode za navodnjavanje, dok su kod a1 tretmana, gdje je vlaga supstrata održavana na 100 % retencijskog kapaciteta za vodu izmjerene najviše vrijednosti.

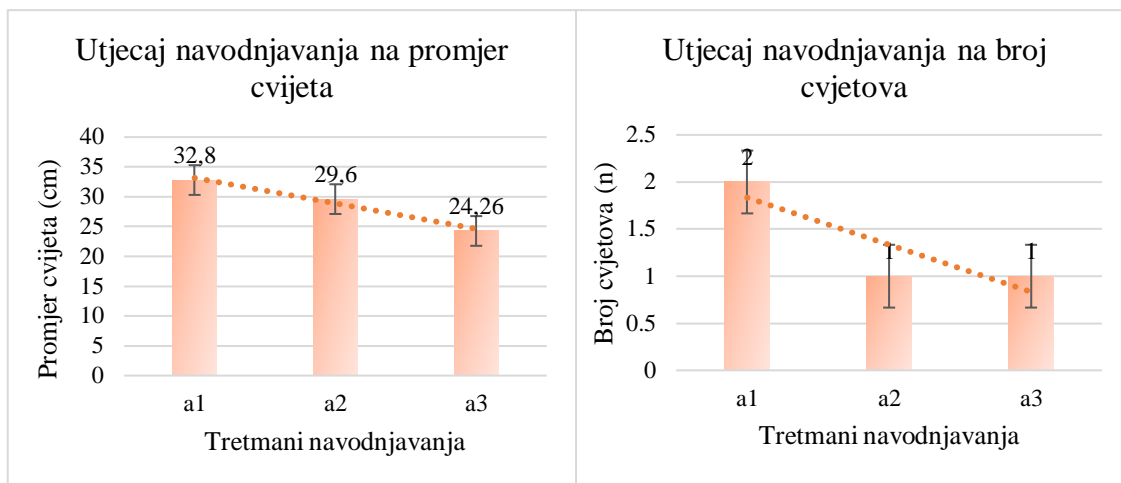


Grafikon 4. Utjecaj navodnjavanja (a1 = 100 %, a2 = 70 %, a3 = 50% Rkv) na visinu biljke

Grafikon 5. Utjecaj navodnjavanja (a1 = 100 %, a2 = 70 %, a3 = 50% Rkv) na masu cvijeta

Tretmani navodnjavanja s različitim vrijednostima retencijskog kapaciteta supstrata za vodu nisu statistički značajno utjecali na promjer cvijeta i broj cvjetova po biljci. Najveći promjer cvijeta kadifice zabilježen je na a1 tretmanu, dok je najmanji promjer zabilježen na a3 tretmanu navodnjavanja (Grafikon 6.).

Važno je istaknuti da je izmjeren jednak broj cvjetova po biljci na a2 i a3 tretmanima, dok je na a1 tretmanu izmjeren najveći broj cvjetova po biljci (Grafikon 7.).



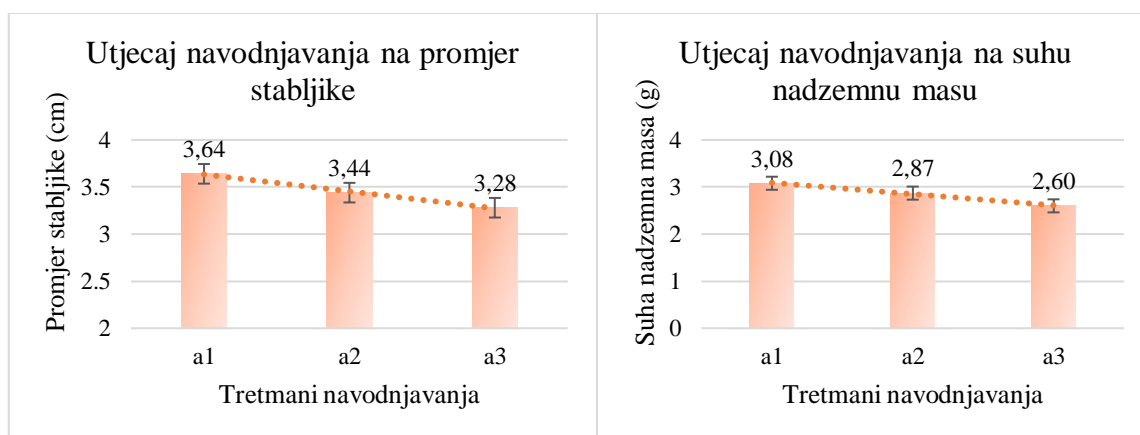
Grafikon 6. Utjecaj navodnjavanja (a1 = 100 %, a2 = 70 %, a3 = 50% Rkv) na promjer cvijeta

Grafikon 7. Utjecaj navodnjavanja (a1 = 100 %, a2 = 70 %, a3 = 50% Rkv) na broj cvjetova

Kod sva 3 tretmana navodnjavanja zabilježen je jednak broj pupova po biljci (Tablica 1).

Tretmani navodnjavanja nisu imali statistički značajan utjecaj na promjer stabljike kadifice. Najveći promjer stabljike zabilježen je na a1 tretmanu navodnjavanja dok je smanjenjem količine vode za navodnjavanje proporcionalno smanjen i promjer cvijeta kao što je vidljivo iz Grafikona 8.

Utjecaj navodnjavanja na suhu nadzemnu masu kadifice prikazan je Grafikonom 9. Suha nadzemna masa bila je u rasponu od 3,08 do 2,60 g te nije zabilježena statistička značajnost utjecaja navodnjavanja različitim količinama vode na promatranu varijablu.



Grafikon 8. Utjecaj navodnjavanja (a1 = 100 %, a2 = 70 %, a3 = 50% Rkv) na promjer stabljike

Grafikon 9. Utjecaj navodnjavanja (a1 = 100 %, a2 = 70 %, a3 = 50% Rkv) na suhu nadzemnu masu

3.4. Utjecaj tretmana navodnjavanja i mikorize na promatrana svojstva kadifice

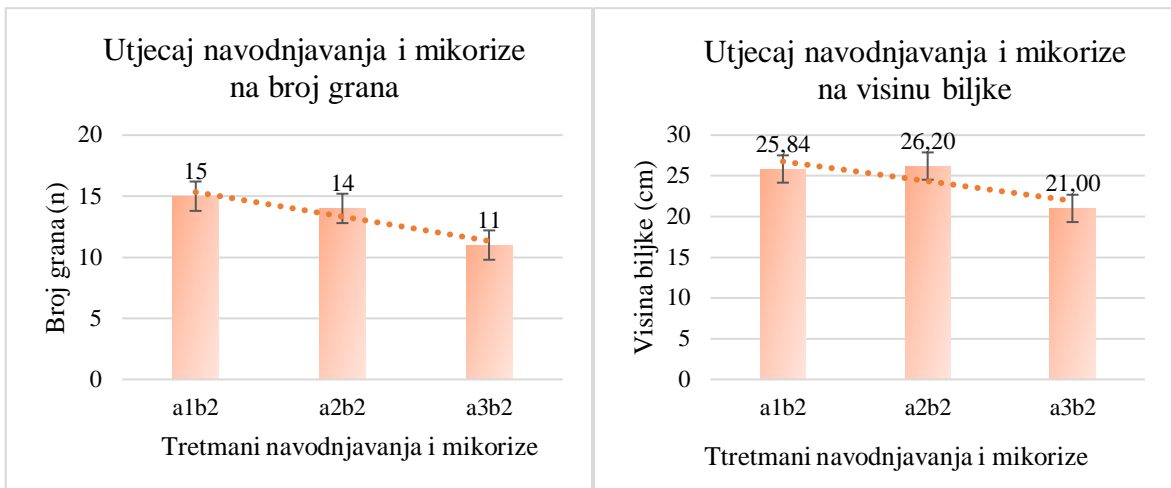
Tablica 2. Utjecaj tretmana navodnjavanja (a) i mikorize (b2) na promatrana svojstva kadifice

	a1b2	a2b2	a3b2	LSD _(0,05)	LSD _(0,01)	F-vrijednost
Broj grana/biljci (n)	15,00	14,00	11,00	1,4008	1,8412	8,12**
Zelena nadzemna masa (g)	12,16	11,77	10,06	4,2763	5,0234	0,65
Visina biljke (cm)	25,84	26,20	21,00	4,1704	4,8277	4,60*
Masa cvijeta (g)	1,63	1,46	1,14	1,0637	1,3664	0,53
Promjer cvijeta (cm)	34,33	27,24	22,28	16,973	20,538	1,21
Broj cvjetova/biljci (n)	2,00	1,00	1,00	1,0966	1,2508	1,37
Broj pupova/biljci (n)	2,00	2,00	3,00	2,4131	2,6827	0,59
Promjer stabljike (cm)	2,90	3,70	3,36	0,7988	0,9662	2,40
Suha nadzemna masa (g)	2,80	2,83	2,60	0,9705	1,0710	0,17
a1 = 100 % Rkv, a2 = 70 % Rkv, a3 = 50 % Rkv; p < 0,05 = *; p < 0,01 **						

Zabilježen je statistički vrlo značajan utjecaj ($p < 0,01$) tretmana navodnjavanja i mikorize na broj grana po biljci kadifice (Grafikon 10.). Najveći broj grana zabilježen je na a1 tretmanu kojim su dodane mikorize prethodno rastopljene u vodi, dok je statistički vrlo značajno manji broj grana zabilježen na tretmanu s najmanjom količinom vode za navodnjavanje.

Nije zabilježen statistički značajan utjecaj tretmana navodnjavanja i mikorize na zelenu nadzemnu masu kadifice (Tablica 2.). Najveća zelena nadzemna masa zabilježena je na tretmanu a1b2 kojim je dodana najveća količina vode za navodnjavanje uz mikorize te je smanjenjem količine vode za navodnjavanje i mikorize proporcionalno smanjena i spomenuta varijabla.

Tretmani navodnjavanja i mikorize imali su statistički značajan utjecaj ($p < 0,05$) na visinu biljke kadifice (Grafikon 11.). Važno je istaknuti da je najveća visina biljke izmjerena na a2b2 tretmanu. Pri blagom vodnom stresu kadifica pokazuje najbolje rezultate za promatranu varijablu uz utjecaj mikoriznog pripravka.



Grafikon 10. Utjecaj navodnjavanja (a1 = 100 %, a2 = 70 %, a3 = 50% Rkv) i mikorize (b2 = s mikorizama) na broj grana

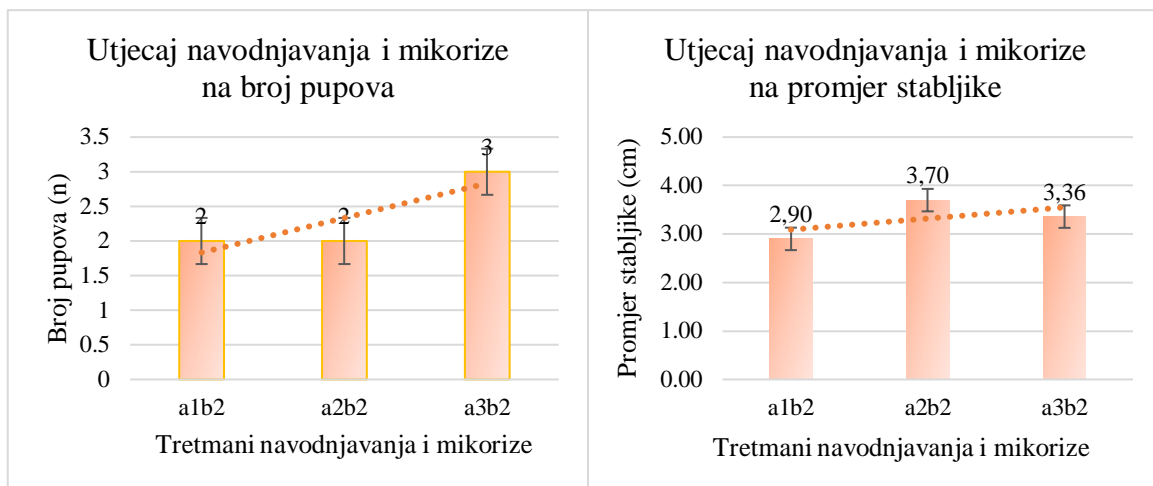
Grafikon 11. Utjecaj navodnjavanja (a1 = 100 %, a2 = 70 %, a3 = 50% Rkv) i mikorize (b2 = s mikorizama) na visinu biljke

Nije zabilježen statistički značajan utjecaj tretmana navodnjavanja i mikorize na masu i promjer cvijeta kadifice. Najveće vrijednosti kod obje promatrane varijable zabilježene su na a1b2 tretmanu, dok je smanjenjem količine vode za navodnjavanje došlo do smanjenja spomenutih vrijednosti.

Broj cvjetova po biljci bio je jednak kod a2b2 i a3b2 tretmana, dok je najveća vrijednost zabilježena na a1b2 tretmanu iako nije bilo statističke značajnosti.

Najveći broj pupova po biljci zabilježen je na a3b2 tretmanu (Grafikon 12.). Sukladno tome može se zaključiti da kadifica pokazuje vrlo dobru otpornost na vodni stres kada se promatra navedena varijabla.

Tretmani navodnjavanja i mikorize nisu imali statistički značajan utjecaj na promjer stabljike no važno je istaknuti da su najveće vrijednosti zabilježene na tretmanima koji ukazuju na blagi vodni stres (a2b2) i na vodni stres (a3b2) kao što je vidljivo iz Grafikona 13.



Grafikon 12. Utjecaj navodnjavanja (a1 = 100 %, a2 = 70 %, a3 = 50% Rkv) i mikorize (b2 = s mikorizama) na broj pupova

Grafikon 13. Utjecaj navodnjavanja (a1 = 100 %, a2 = 70 %, a3 = 50% Rkv) i mikorize (b2 = s mikorizama) na promjer stabljike

Zabilježene su najveće vrijednosti suhe nadzemne mase kod a1b2 i a2b2 tretmana (Tablica 2.) dok je najmanja vrijednost zabilježena na tretmanu s najmanjom količinom vode za navodnjavanje.

3.5. Analiza korelacijske povezanosti

U tablici 3. prikazana je korelacijska povezanost promatranih morfoloških svojstava kadifice. Statistički značajne vrijednosti su označene crvenom bojom.

Tablica 3. Korelacijska povezanost promatranih morfoloških svojstava ($p < 0,05$; $n = 30$)

	BG	ZNM	VB	MC	PC	BC	BP	PS	SNM
Broj grana	1,000								
Zelena nadzemna masa (g)	0,358	1,000							
Visina biljke (cm)	0,435	-0,118	1,000						
Masa cvijeta (g)	0,027	0,149	-0,186	1,000					
Promjer cvijeta (cm)	0,012	0,150	-0,246	0,892	1,000				
Broj cvjetova (n)	0,124	0,288	-0,127	0,336	0,534	1,000			
Broj pupova (n)	-0,122	0,303	-0,327	-0,292	-0,115	-0,142	1,000		
Promjer stabljike (cm)	-0,147	0,371	-0,215	-0,053	-0,085	-0,337	0,357	1,000	
Suha nadzemna masa (g)	0,251	0,560	-0,233	0,082	0,187	0,270	0,374	0,159	1,000

BG – broj grana; ZNM – zelena nadzemna masa; VB – visina biljke; PC – promjer cvijeta; BC – broj cvjetova; BP – broj pupova; PS – promjer stabljike; SNM – suha nadzemna masa

Slaba korelacijska povezanosti, pozitivnog smjera je uočena između promjera stabljike i zelene nadzemne mase ($r = 0,371$) te suhe nadzemne mase i broja pupova ($r = 0,374$). Pozitivna korelacijska povezanost srednje jačine je određena između visine biljke i broja grana ($r = 0,435$). Jaka korelacija pozitivnog smjera je između promjera cvijeta i broja cvjetova ($r = 0,534$) te suhe i zelene nadzemne mase ($r = 0,560$). Potpuna korelacija pozitivnog smjera je određena između mase i promjera cvijeta ($r = 0,892$)

4. RASPRAVA

Prema Fathi i Tari (2016.) nedostatak vode može imati širok raspon štetnih utjecaja na biljke, a neki od njih su smanjenje sintetske sposobnosti biljaka što dovodi do smanjena sposobnosti biljaka za provođenjem fotosinteze koja je ključni proces za proizvodnju energije i hranjivih tvari. Nedostatak vode uzrokuje hidrolizu proteina što može dovesti do gubitka vitalnih molekula i smanjenja ukupne funkcionalnosti biljaka. Navedene promjene u biljnom organizmu se očituju negativnim utjecajem na estetski izgled biljke i morfološka svojstva (Slika 9.). Sukladno tome, istraživanjem su utvrđene najniže vrijednosti na biljkama koje su izložene vodnom stresu (50 % Rkv) za sva promatrana svojstva osim za svojstvo broja pupova/biljci što znači da su tretmani navodnjavanja različitim vrijednostima Rkv-a imali značajan utjecaj na promatrana svojstva kadifice.



Slika 9. Negativan utjecaj nedostatka vode na estetski izgled biljke (Fotografija: Lulić, I., 2023.)

Asrar i sur. (2011.) također navode značajan negativan utjecaj vodnog stresa na kadificu (*Tagetes erecta* L.). Autori su utvrdili negativan utjecaj nedostatka vode na visinu biljke, suhu nadzemnu masu, promjer cvijeta te zelenu i suhu masu cvijeta kod tretmana s mikorizama i bez mikoriza. Unatoč tome, navode kako su kod biljaka tretiranih mikoriznim pripravkom zabilježene više vrijednosti svih promatranih parametara rasta, što ukazuje na pozitivan utjecaj mikorize na rast kadifice što je u skladu s ovim istraživanjem. Biljke tretirane mikoriznim pripravkom su pokazale bolja estetska svojstva od biljaka kojima nisu dodane mikorize, odnosno na njima su vidljivi znakovi smanjenja turgora (Slika 10.).



Slika 10. Smanjenje turgora kadifice navodnjavanje bez mikorize (Fotografija: Lulić, I., 2023.)

Istraživanjem su utvrđene najviše vrijednosti na a2b2 tretmanu (70 % Rkv) sa dodanim mikorizama kod visine biljke, promjera stabljike i suhe nadzemne mase što ukazuje na pozitivan utjecaj mikorize na blagi vodni stres. Rezultati su u skladu s Moghadasan i sur. (2015.) koji navode kako primjena mikorize u uvjetima suše ima pozitivan utjecaj na sposobnost usvajanja vode i mineralnih tvari što izravno pomaže otpornosti biljke na stres izazvan nedostatkom vode. Hasan i sur. (2020.) su proučavali utjecaj rizobakterije za poboljšavanje biljnog rasta i mikorize na morfološka i fiziološka svojstva ljekovitog nevena (*Calendula officinalis* L.) koji se, jednako kao kadifica, ubraja u porodicu Asteraceae. Biljke su izložene vodnom stresu u vrijednosti 50 % PVK te je zabilježen negativan utjecaj nedostatka vode na visinu biljke, broj listova i cvjetova, promjer cvijeta, nadzemnu masu i masu korijena te broj grana. Suprotno tome, primjenom bakterije *Pseudomonas fluorescens* i mikoriza zabilježen je pozitivan utjecaj na broj listova i cvjetova, promjer cvijeta, broj bočnih izdanaka i vegetativni indeks tijekom izloženosti biljaka navedenom vodnom stresu. Prema Babaei i sur. (2021.) nedostatak vode tijekom razvoja kadifice ima značajan negativan utjecaj na rast i razvoj biljke. Autori su proučavali utjecaj navodnjavanja tretmanima u vrijednosti 100 %, 75 %, 50 % i 25 % poljskog vodnog kapaciteta (PVK) na morfološka svojstva kadifice te je zabilježen značajan negativan utjecaj na visinu biljke, promjer

stabljike, svježju i suhu masu lista, cvijeta i stabljike vrste *Tagetes minuta* L. kod biljaka koje su bile izložene vodnom stresu.

Utjecaj vodnog stresa na rast i cvatnju kadifice (*Tagetes erecta* L.) proučavali su Atif i sur. (2013.). Biljke su bile izložene sadržaju vode u vrijednostima 100 %, 80 %, 70 % i 60 % PVK te je utvrđen značajan negativan utjecaj vodnog stresa na promatrane varijable (visina biljke, broj i površina listova, postotak paleži lista, duljina korijena, suha i zelena nadzemna masa, suha i svježja masa korijena). Također, navode kako je najpovoljniji sadržaj vode za uzgoj kadifice u vrijednosti 70 % PVK što ukazuje na činjenicu da je kadifica otporna na umjereni vodni stres.

Istraživanjem je utvrđen najmanje štetan utjecaj nedostatka vode na broj pupova/biljci. Zabilježen je jednak broj pupova/biljci na sva tri tretmana navodnjavanja. Istraživanje Van Iersel i sur. (2011.) nije u skladu s navedenim. Autori navode kako su smanjenjem količine vode u uzgojnom mediju kadifice (*Tagetes erecta* L.) linearno smanjeni parametri rasta poput suhe nadzemne mase, površine lista, broja grana i visina biljke te ističu kako je vodni stres imao najmanje štetan utjecaj na visinu biljke.

Dalvand i sur. (2018.) su proučavali utjecaj huminske kiseline i vodnog stresa na rast i fiziologiju kadifice (*Tagetes erecta* L.). Istraživanjem su utvrdili značajan negativan utjecaj vodnog stresa na broj listova i cvjetova kadifice dok našim istraživanjem nije utvrđen statistički značajan utjecaj navodnjavanja na navedene varijable. Unatoč tome, važno je istaknuti kako je zabilježeno linearno opadanje broja cvjetova/biljci sa smanjenjem količine vode u supstratu. Najveći broj cvjetova je zabilježen na tretmanu s najvećom količinom vode.

Istraživanjem je utvrđen statistički značajan negativan utjecaj navodnjavanja samo na jednu promatranu varijablu, a to je broj grana/biljci što ukazuje na otpornost kadifice na nedostatak vode u supstratu. Rezultat je u skladu s Zulfiqar i sur. (2020.). Autori navode da je kadifica otporna na sušne uvjete, odnosno vodni stres.

Istraživanjem je utvrđen statistički značajan utjecaj navodnjavanja s mikorizama visinu biljke što nije u skladu s rezultatima Jankowska i Andrzejak (2023.). Autori navode kako tretmani mikorizama nisu imali značajan učinak na navedeno svojstvo.

5. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja potvrđuju negativan učinak vodnog stresa na rast i kvalitetu kadifice u pogledu estetskih vrijednosti. Najveće vrijednosti promatranih morfoloških svojstava su izmjerene na kontrolnom tretmanu navodnjavanja, odnosno kod najvećeg obroka navodnjavanja (a1 – 100 % Rkv, 70 mL). Učinak mikorize u pogledu morfoloških parametara kadifice je uočen na a3b2 tretmanu (50 % Rkv s primijenjenom mikorizom) kod broja pupova i promjera stabljike.

6. POPIS LITERATURE

1. Asrar, A. W. A., Elhindi, K. M. (2011). Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. Saudi journal of biological sciences, 18(1), 93-98.
2. Atif, R., Adnan, Y., Taj, A. R., Asmat, K., Usman, T., Shoaib, M., Sitwat, R. (2013). Effect of drought stress on growth and flowering of marigold (*Tagetes erecta* L.). Pakistan Journal of Botany, 45(1), 123-131.
3. Babaei, K., Moghaddam, M., Farhadi, N., Pirbalouti, A. G. (2021). Morphological, physiological and phytochemical responses of Mexican marigold (*Tagetes minuta* L.) to drought stress. Scientia Horticulturae, 284, 110116.
4. Bianciotto, V., Victorino, I., Scariot, V., Berruti, A. (2016.). Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: Current role and potential for the horticulture industry, In III International Symposium on Woody Ornamentals of the Temperate Zone 1191, 207-216.
5. Chaudhary, S., V., S. (2010). Biofertilizers and their application in floriculture-A review. Annals of Horticulture, 3(1), 29-33.
6. Dalvand, M., Solgi, M., Khaleghi, A. (2018). Effects of foliar application of humic acid and drought stress on growth and physiological characteristics of marigold (*Tagetes erecta*). Journal of Soil and Plant Interactions-Isfahan University of Technology, 9(2), 67-80.
7. Državni zavod za statistiku, DZS (2021.): Biljna proizvodnja. Dostupno na: <https://podaci.dzs.hr/hr/podaci/poljoprivreda/biljna-proizvodnja/> Datum pristupa stranici: 17.07.2023.
8. Fathi, A., Tari, D. B. (2016). Effect of drought stress and its mechanism in plants. International Journal of Life Sciences, 10(1), 1-6.
9. Hasan, M. S., Selahvarzi, Y., Nabati, J., Aziz, M. (2020). Effect of mycorrhiza fungi and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant capacity and some morphophysiological traits of medicinal marigold (*Calendula officinalis* Linn.) under drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences, 13(2).
10. Jankowska, B., Andrzejak, R. (2017). Effect of mycorrhizal inoculation on development and flowering of *Tagetes patula* L. 'Yellow Boy' and *Salvia splendens* Buc'hoz ex Etl. 'Saluti Red'. Acta agrobotanica, 70(2).

11. Koide, R. T., Dickie, I. A. (2002). Effects of mycorrhizal fungi on plant populations, In Diversity and Integration in Mycorrhizas: Proceedings of the 3rd International Conference on Mycorrhizas (ICOM3) Springer Netherlands, Adelaide, Australia, 307-317.
12. Madjar, S., Šošćarić, J. (2009). Navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Sveučilište J. J. Strossmayera, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osječko-baranjska županija, Kroomopak d.o.o. Valpovo.
13. Milčić, N., Blažević, Z. F., Domanovac, M. V. (2019). Fitoremedijacija-pregled stanja i perspektiva, Kemija u Industriji, 68.
14. Moghadasan, S., Safipour Afshar, A., Saeid Nematpour, F. (2015). The role of mycorrhiza in drought tolerance of Marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of crop Ecophysiology, 9 (36 (4)), 521-532.
15. Parađiković, N., Tkalec, M., Zeljković, S., Kraljićak, J., Vinković, T. (2018.). Osnove florikulture. Osijek, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
16. Pohajda, I., Vaci, D. (2013). Contemporary production of annual flowers in continental and Mediterranean Croatia, Collection of Papers 2nd Scientific Conference with International Participation "Knowledge and Experience for new entrepreneurial opportunities", 24th – 25th April, 2013, Naklo, Slovenia.
17. Pokos Nemeć, V. (2009). Navodnjavanje cvijeća. Glasnik Zaštite Bilja, 32(6), 92-96.
18. SAS 9.4; SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
19. Sinha, S., Mishra, R. K., Sinam, G., Mallick, S., Gupta, A. K. (2013). Comparative evaluation of metal phytoremediation potential of trees, grasses, and flowering plants from tannery-wastewater-contaminated soil in relation with physicochemical properties, Soil and Sediment Contamination: An International Journal, 22(8), 958-983.
20. Sun, Y., Niu, G., Perez, C., Pemberton, H. B., Altland, J. (2018). Responses of marigold cultivars to saline water irrigation. HortTechnology, 28(2), 166-171.
21. Van Iersel, M. W., Nemali, K. S. (2004). Drought stress can produce small but not compact marigolds. HortScience, 39(6), 1298-1301.
22. Zrnić, M., Širić, I. (2017). Primjena mikorize u hortikulturi. Journal of Central European Agriculture, 18(3), 706-732.
23. Zulfiqar, F., Younis, A., Riaz, A., Mansoor, F., Hameed, M., Akram, N. A., Abideen, Z. (2020). Morpho-anatomical adaptations of two *Tagetes erecta* L. cultivars with contrasting response to drought stress. Pak. J. Bot, 52(3), 801-810.