

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Goran Herman, mag. ing. agr.

**OPTIMIZIRANJE PRODUKCIJE BIJELE DJETELINE
(*TRIFOLIUM REPENS L.*) MAGNETSKIM
PREDTRETMANIMA SJEMENA**

DOKTORSKI RAD

PRIMLJENO: 15.05.2026

KLASA: 643-03/26-01/02

URBROJ: 2158-94-02-26-04



Osijek, 2026.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Goran Herman, mag. ing. agr.

**OPTIMIZIRANJE PRODUKCIJE BIJELE DJETELINE
(*TRIFOLIUM REPENS L.*) MAGNETSKIM
PREDTRETMANIMA SJEMENA**

- Doktorski rad -

Osijek, 2026.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Goran Herman, mag. ing. agr.

**OPTIMIZIRANJE PRODUKCIJE BIJELE DJETELINE
(*TRIFOLIUM REPENS L.*) MAGNETSKIM
PREDTRETMANIMA SJEMENA**

- Doktorski rad -

Mentor: prof. dr. sc. Gordana Bukvić, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Povjerenstvo za ocjenu doktorskog rada:

- 1. Vlado Guberac, redoviti profesor u trajnom izboru, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednik**
- 2. Brigita Popović, redovita profesorica, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, članica**
- 3. Irena Ištoka Otković, redovita profesorica, Građevinski i arhitektonski fakultet u Osijeku, članica**

Osijek, 2026.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Goran Herman, mag. ing. agr.

**OPTIMIZIRANJE PRODUKCIJE BIJELE DJETELINE
(*TRIFOLIUM REPENS L.*) MAGNETSKIM
PREDTRETMANIMA SJEMENA**

- Doktorski rad -

Mentor: prof. dr. sc. Gordana Bukvić, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Javna obrana doktorskog rada održana je _____ (*datum i godina*) pred
Povjerenstvom za obranu:

1. Vlado Guberac, redoviti profesor u trajnom izboru, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, predsjednik
2. Brigita Popović, redovita profesorica, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, članica
3. Irena Ištoka Otković, redovita profesorica, Građevinski i arhitektonski fakultet u Osijeku, članica

Osijek, 2026.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Doktorski studij: Poljoprivredne znanosti
Modul: Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo

UDK:

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Poljoprivreda

**Optimiziranje produkcije bijele djeteline (*Trifolium repens* L.)
magnetskim predtretmanima sjemena**

Goran Herman, mag. ing. agr.

Doktorski rad je izrađen na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.

Mentor: prof. dr. sc. Gordana Bukvić, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj predtretmana sjemena magnetskim poljem različitih jakosti i vremena izloženosti na produkciju i kemijski sastav tri kultivara bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) te razviti računalni model za optimizaciju proizvodnje temeljen na parametrima predtretmana. Istraživanje je provedeno u kontroliranim uvjetima fitotrona, pri čemu su korišteni kultivari Apollo, Jura i Rivendel. Sjeme je bilo izloženo stacionarnom magnetskom polju jakosti 50, 100, 150, 250 i 350 mT tijekom 0,5, 1, 3, 6, 12 i 24 sata uz kontrolni tretman. Analizirana su morfološka svojstva, biomasa te kemijski sastav uključujući makro i mikroelemente te klorofil. Za procjenu odgovora biljaka kreiran je kompozitni indeks (CI_{12}), dok je za optimizaciju tretmana primijenjen model neuronske mreže. Rezultati istraživanja pokazali su da jakost magnetskog polja, vrijeme izloženosti i njihova interakcija imaju statistički značajan utjecaj ($p < 0,05$) na promatrana svojstva. Najpovoljniji učinci na morfološka svojstva dobiveni su pri nižim jakostima magnetskog polja (50 – 150 mT) i vremenu izloženosti (0,5 – 6 h), dok su svojstva kemijskih elemenata ovisila o elementu i kultivaru. Primjenom modela neuronske mreže izdvojen je optimalan tretman za kultivar Apollo, pri čemu je kao najpovoljnija kombinacija utvrđen tretman 50 mT – 1 h. Kod navedenog tretmana utvrđeno je povećanje svih svojstava uključenih u CI_{12} indeks u odnosu na kontrolu. Rezultati potvrđuju da magnetsko polje može imati stimulativno djelovanje, no učinak ovisi o jakosti magnetskog polja, vremenu izloženosti, genotipu i promatranom svojstvu. Dobiveni rezultati ukazuju na potrebu daljnje optimizacije tretmana te njihove provjere u poljskim uvjetima.

Broj stranica: 147

Broj slika: 8

Broj tablica: 28

Broj literaturnih navoda: 175

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: bijela djetelina, predtretman sjemena, magnetsko polje, kemijski sastav, optimizacija tretmana

Datum obrane:

Povjerenstvo za obranu:

1. prof. dr. sc. Vlado Guberac, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek – predsjednik
2. prof. dr. sc. Brigita Popović, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek – članica
3. prof. dr. sc. Irena Ištoka Otković, Građevinski i arhitektonski fakultet u Osijeku – članica

Doktorski rad pohranjen je u:

Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici, Gradskoj i sveučilišnoj knjižnici i na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

PhD thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Doctoral study: Agricultural sciences
Course: Plant Breeding and Seed Production

UDK:

Scientific Area: Biotechnical Sciences

Scientific Field: Agriculture

**Optimization of white clover (*Trifolium repens* L.)
production through magnetic seed pretreatments**

Goran Herman, M. Eng. Sc., Agriculture

Thesis performed at University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek.

Supervisor: Prof. Gordana Bukvić, PhD, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

The aim of the study was to determine the effect of seed pretreatment with magnetic fields of different strengths and exposure times on the production and chemical composition of three white clover (*Trifolium repens* L.) cultivars and to develop a computer model for optimizing production based on pretreatment parameters. The study was conducted under controlled conditions in a phytotron, using three cultivars Apolo, Jura and Rivendel. Seeds were exposed to a stationary magnetic field of 50, 100, 150, 250 and 350 mT for 0.5, 1, 3, 6, 12 and 24 hours with an untreated control. Morphological traits, biomass and chemical composition including macro and microelements and chlorophyll were analyzed. A composite index (CI₁₂) was created to assess plant response, while an artificial neural network model was applied to optimize the treatment. The results showed that magnetic field strength, exposure time and their interaction had a statistically significant effect ($p < 0.05$) on the observed traits. The most favorable effects on morphological traits were obtained at lower magnetic field strengths (50 – 150 mT) and exposure time (0.5 – 6 h), while the chemical elements depended on the element and cultivar. Using the artificial neural network model, the optimal treatment for the Apolo cultivar was selected, with the treatment 50 mT – 1 h being determined as the most favorable combination. In this treatment, an increase in all traits included in the CI₁₂ index was observed compared to the control. The results confirm that magnetic field application can have a stimulating effect, but the effect depends on the magnetic field strength, exposure time, genotype and the observed trait. The obtained results indicate the need for further optimization of the treatments and their verification in field conditions.

Number of pages: 147

Number of figures: 8

Number of tables: 28

Number of references: 175

Original in: Croatian

Key words: white clover, seed pretreatment, magnetic field, chemical composition, treatment optimization

Date of the thesis defense:

Reviewers:

- 1. Prof. Vlado Guberac, PhD, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek – president**
- 2. Prof. Brigita Popović, PhD, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek – member**
- 3. Prof. Irena Ištoka Otković, PhD, Faculty of Civil Engineering and Architecture in Osijek – member**

Thesis is deposited in:

The National and University Library, the City and University Library, and the Josip Juraj Strossmayer University in Osijek.

KAZALO

1. UVOD.....	1
1.1 Pregled literature.....	3
1.1.1 Utjecaj magnetskog polja na klijavost i početni rast biljaka.....	4
1.1.2 Fiziološki i biokemijski učinci magnetskog polja.....	7
1.1.3 Magnetsko polje i solni stres.....	9
1.1.4 Učinci magnetskog polja na agronomska svojstva i prinos.....	10
1.1.5 Modeliranje pomoću neuronskih mreža.....	13
1.2 Cilj istraživanja.....	15
2. MATERIJAL I METODE RADA.....	16
2.1 Postavljanje pokusa.....	16
2.2 Magnetski tretman sjemena.....	17
2.3 Sjetva i uzgoj biljaka.....	18
2.4 Svojstva supstrata.....	20
2.4.1 Određivanje kompaktne gustoće supstrata.....	20
2.5 Uzorkovanje i analiza biljnog materijala.....	20
2.5.1 Uzorkovanje i određivanje morfoloških svojstava biljaka.....	20
2.5.2 Određivanje svježe i suhe mase nadzemnog dijela i korijena.....	21
2.5.3 Određivanje ukupnog dušika.....	21
2.5.4 Određivanje preostalih makroelemenata i mikroelemenata.....	22
2.5.5 Određivanje koncentracije klorofila.....	22
2.6 Statistička obrada podataka.....	22
2.6.1 Modeli neuronske mreže.....	23
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	24
3.1 Morfološka svojstva.....	24
3.1.1 Visina biljaka.....	24
3.1.2 Duljina korijena.....	26
3.1.3 Broj biljaka.....	30
3.1.4 Broj listova.....	32
3.1.5 Broj stolona.....	35
3.2 Svježa i suha masa biljaka.....	38
3.2.1 Svježa masa.....	38
3.2.2 Masa suhe tvari.....	40
3.2.3 Sadržaj suhe tvari nadzemnog dijela.....	43

3.2.4 Masa suhe tvari korijena	46
3.3 Sadržaj makroelemenata	49
3.3.1 Dušik	49
3.3.2 Fosfor	51
3.3.3 Kalij.....	54
3.3.4 Kalcij.....	56
3.3.5 Magnezij.....	59
3.3.6 Natrij.....	61
3.4 Koncentracija mikroelemenata	65
3.4.1 Željezo.....	65
3.4.2 Mangan.....	67
3.4.3 Cink	70
3.4.4 Bakar	73
3.5 Koncentracija klorofila	76
3.6 Izdvojeni tretmani magnetskog polja za morfološka i proizvodna svojstva.....	79
3.6.1 Kultivar Apolo.....	79
3.6.2 Kultivar Jura.....	80
3.6.3 Kultivar Rivendel	81
3.7 Izdvojeni tretmani magnetskog polja za makroelemente, mikroelemente i klorofil	84
3.7.1 Kultivar Apolo.....	84
3.7.2 Kultivar Jura.....	85
3.7.3 Kultivar Rivendel	86
3.8 Korelacije.....	89
3.8.1 Kultivar Apolo.....	89
3.8.2 Kultivar Jura.....	90
3.8.3 Kultivar Rivendel	91
3.9 Predikcijski modeli neuronskih mreža.....	94
3.9.1 Rezultati modela – kultivar Apolo	94
3.9.2 Rezultati modela – kultivar Jura.....	95
3.9.3 Rezultati modela – kultivar Rivendel.....	96
4. RASPRAVA.....	98
4.1 Morfološka i proizvodna svojstva biljaka.....	98
4.2 Sadržaj makroelemenata u nadzemnom dijelu kultivara	104
4.3 Koncentracija mikroelemenata u nadzemnom dijelu kultivara	109

4.4 Klorofil.....	112
4.5 Korelacije.....	113
4.6 Modeli neuronske mreže.....	114
5. ZAKLJUČCI.....	116
6. LITERATURA.....	118
7. SAŽETAK.....	136
8. SUMMARY.....	138
9. PRILOG.....	140

1. UVOD

Bijela djetelina (*Trifolium repens* L.) pripada botaničkom redu Fabales i porodici Fabaceae te se opisuje kao puzava, razgranata višegodišnja biljka. Na temelju morfoloških svojstava, ponajprije veličine listova, kultivari bijele djeteline dijele se u tri skupine: sitnolisne, srednjelisne i krupnolisne (Caradus i sur., 1989.). Kultivari sitnih listova tolerantniji su na sušu, dok kultivari krupnih listova pokazuju manju tolerantnost na nepovoljne uvjete suše (Li i sur., 2013.).

Bijela djetelina jedna je od najvažnijih krmnih leguminoza u travnjačkim sustavima umjerenog klimatskog područja. Zbog visoke hranidbene vrijednosti, dobre probavljivosti i sposobnosti simbiotske fiksacije atmosferskog dušika ima značajnu ulogu u proizvodnji krme i održivom upravljanju travnjacima (Caradus i sur., 1995a.). Najbolje uspijeva na glinastim i ilovastim tlima u umjerenim klimatskim uvjetima te je široko rasprostranjena u Europi, Sjevernoj Americi, Australiji i Novom Zelandu (Smith i Valenzuela, 2002.; White, 2000.). Iako globalne procjene ukupnih površina pod bijelom djetelinom nisu dostupne zbog njezina uzgoja u travno-djetelinskim smjesama, procjenjuje se da se u Australiji bijela djetelina nalazi na približno šest milijuna hektara pašnjaka (Lane i sur., 1998.).

U travnjačkim sustavima bijela djetelina najčešće se uzgaja u smjesama s travama, osobito s višegodišnjim ljuljem (*Lolium perenne* L.), čime se postiže veća stabilnost prinosa i bolja nutritivna vrijednost krme (Black i sur., 2006.). U takvim smjesama poboljšava probavljivost i hranidbenu vrijednost krme, osobito tijekom kasnijih faza vegetacije, kada nutritivna vrijednost trava opada (Beever i sur., 1986.). Zahvaljujući simbiozi s bakterijama roda *Rhizobium*, bijela djetelina može fiksirati od 50 do 350 kg dušika po hektaru godišnje, čime se smanjuje potreba za primjenom mineralnih dušičnih gnojiva.

Globalno tržište sjemena bijele djeteline tijekom 1990-ih godina procjenjuje se na približno 8500-10500 t godišnje, pri čemu je razvijeno više od 100 kultivara različitih agronomskih svojstava (Mather i sur., 1996.). Najveći proizvođač sjemena je Novi Zeland, dok se značajna proizvodnja ostvaruje i u Danskoj, Sjedinjenim Američkim Državama te nekim državama Južne Amerike. Bijela djetelina smatra se dominantnom leguminozom travnjačkih sustava umjerenoga klimatskog područja te jednom od najvažnijih krmnih leguminoza u svijetu (Turkington i sur., 1983.; Mather i sur., 1996.).

Iako je u intenzivnim proizvodnim sustavima u posljednjim desetljećima zabilježeno smanjenje udjela bijele djeteline, zbog povećane uporabe mineralnih dušičnih gnojiva i silažnog kukuruza,

porast cijena gnojiva i potreba za održivijom proizvodnjom ponovno povećavaju interes za uključivanjem leguminoza u travnjačke sustave (Humphreys i sur., 2017.).

Prinos suhe tvari bijele djeteline u travnjačkim sustavima varira ovisno o uvjetima uzgoja i primijenjenim agrotehničkim mjerama te se najčešće kreće između 1,2 i 4,5 t ha⁻¹ godišnje (Williams i sur., 2003.). U visokoproduktivnim travno-djetelinskim sustavima bijela djetelina može činiti i više od polovice ukupnog prinosa biomase (Fulkerson i sur., 1996.). Prinos sjemena može značajno varirati ovisno o genotipu, okolišnim uvjetima i agrotehnici te se u literaturi navodi raspon od približno 76 do 826 kg ha⁻¹ (Clifford i sur., 1986.; Evans i sur., 1986.). Ključne komponente prinosa sjemena su gustoća cvati i broj sjemenki po cvatu (Woodfield i sur., 2004.; Widdup i sur., 2004.).

Klijavost sjemena bijele djeteline često je ograničena pojavom tvrdog sjemena, koje predstavlja oblik fizičke dormancije uzrokovane nepropusnošću sjemene ovojnice za vodu (Martens i sur., 1995.; Galussi i Moya, 2017.). Takva struktura sjemene ovojnice sprječava imbibiciju vode i odgađa početak klijanja. U prirodnim populacijama udio tvrdog sjemena može biti vrlo varijabilan, pri čemu je u nekim istraživanjima utvrđeno da je pri sazrijevanju samo oko 35 % sjemena vodopropusno (D'hondt i sur., 2010.).

Za povećanje klijavosti primjenjuju se različite metode prekidanja dormancije, među kojima su najčešće mehanička i kemijska skarifikacija. Mehanička skarifikacija može rezultirati klijavošću većom od 88 %, dok kemijska skarifikacija primjenom sumporne kiseline također može povećati klijavost sjemena (Rezaei-Manesh i sur., 2023.). Optimalna klijavost bijele djeteline postiže se pri temperaturi od oko 20 °C, pri čemu izmjenični temperaturni režimi često daju bolje rezultate od konstantnih temperatura (Chu i sur., 2022.).

Poljoprivreda 21. stoljeća suočava se s izazovima povećanja proizvodnje hrane uz istodobno smanjenje negativnih utjecaja na okoliš (Godfray i sur., 2010.). U tom kontekstu povećava se interes za razvoj novih i ekološki prihvatljivih metoda tretiranja sjemena koje mogu poboljšati klijavost i početni rast biljaka. Jedna od takvih metoda je primjena magnetskog polja, odnosno magnetopriming, pri čemu se sjeme izlaže magnetskom polju prije sjetve. Istraživanja su pokazala da takav tretman može povećati klijavost i potaknuti rani rast biljaka kod različitih poljoprivrednih kultura (Teixeira da Silva i Dobránszki, 2016.).

1.1 Pregled literature

Klimatske promjene i rast svjetske populacije povećavaju potrebu za održivim metodama unapređenja biljne proizvodnje, te se magnetsko polje sve češće istražuje kao fizikalna metoda poboljšanja klijavosti, rasta i tolerantnosti biljaka na abiotički stres uz očuvanje okoliša (Xia i sur., 2024.).

Prema Gallandu i Pazuru (2005.), biljke reagiraju na četiri tipa magnetskog polja: 1. slaba stacionarna homogena magnetska polja (0-100 μ T, uključujući geomagnetsko polje), 2. jaka homogena magnetska polja (mT do T), 3. jaka nehomogena polja, 4. polja ekstremno niske frekvencije (ELF). Belyavskaya (2004.) dodatno razlikuje slaba magnetska polja od 100 nT do 0,5 mT i ekstremno niskofrekventna elektromagnetska polja ($< 100 \mu$ T).

Biološki učinci magnetskog polja povezuju se s ubrzavanjem metaboličkih procesa, promjenama u enzimatskoj aktivnosti, reprogramiranjem primarnog i sekundarnog metabolizma te povećanjem unosa vode i hranjivih tvari, što u konačnici rezultira poboljšanim rastom i prinosom (Radhakrishnan, 2019.).

U preglednom radu Saletnik i sur. (2022.) prema analiziranim istraživanjima navode da statičko magnetsko polje može utjecati na strukturu stanica, metabolizam i ekspresiju gena u biljkama.

Smatra se da je tretman magnetskim poljem jednostavna i ekološki prihvatljiva metoda poboljšanja vitalnosti sjemena, dok je za stimulatívno djelovanje na sjeme i/ili biljke potrebno pronaći optimalne parametre (Aguilar i sur., 2009.). Bilalis i sur. (2013.) navode kako je poboljšanje rasta biljaka korištenjem ekološki prihvatljivih metoda poželjan korak za razvoj moderne poljoprivrede.

Prema Araujo i sur. (2016.), najčešće korišteni fizikalni tretmani sjemena su: magneto-priming, zračenje mikrovalovima (MW) te infracrveno zračenje (IR). Učinci osnaživanja vigora sjemena navedenim tretmanima kreću se od utjecaja na morfološko strukturalne promjene, do promjena u ekspresiji gena i nakupljanju proteina i drugih metabolita.

Također, magnetsko polje može utjecati na fotosintetsku učinkovitost, aktivnost antioksidativnih enzima te sadržaj pojedinih metabolita, a njegovi učinci ovise o jakosti polja i vremenu izloženosti (Abdel Latef i sur., 2020.; Sarraf i sur., 2020.; Saletnik i sur., 2022.).

1.1.1 Utjecaj magnetskog polja na klijavost i početni rast biljaka

U većini provedenih istraživanja zabilježeno je povećanje postotka i brzine klijanja, duljine korijena i izdanaka te mase sadnica. Pozitivni učinci magnetskog polja na klijavost i početni rast utvrđeni su kod kukuruza (Florez i sur., 2007.), graška (Carbonell i sur., 2011.) te bijele djeteline (Bačić i sur., 2024.). Optimalni učinci za navedena svojstva najčešće su postignuti pri jakostima magnetskog polja od 100 do 250 mT i srednjem vremenu izlaganja od 15 do 60 minuta (Carbonell i sur., 2011.; Bačić i sur., 2024.; Kataria i sur., 2017.). Međutim pojedini autori (Yalçın, 2018.; Radhakrishnan, 2019.) bolje su rezultate ostvarili pri duljim ili kontinuiranim tretmanima, dok negativne učinke visokih jakosti magnetskog polja i dugotrajnog izlaganja bilježe Abdolmaleki i sur. (2007.), kao i Aladjadjiyan (2010.), koja navodi da odgovor biljke ovisi o jakosti tretmana i biljnoj vrsti.

Kada promatramo pozitivne učinke tada je najveći broj istraživanja bio usmjeren na učinke magnetskog polja na klijavost i početni rast te su pozitivni učinci utvrđeni kod različitih biljnih vrsta poput bijele djeteline (Bačić i sur., 2024), pšenice (Almaghrabi i Elbeshehy, 2012.) i soje (Kataria i sur., 2017.).

Tako su Gholami i sur. (2010.) utvrdili značajan utjecaj magnetskog polja jakosti 125 i 250 mT na klijavost sjemena pšenice (*Triticum aestivum* L.) različitih kultivara. Magnetsko polje jakosti 125 mT imalo je značajan učinak na kultivare BCR i Omid pri konstantnoj izloženosti, dok je kod kultivara Omid značajan učinak zabilježen i pri izloženosti od 24 h. Magnetsko polje jakosti 250 mT pokazalo je značajan utjecaj na klijavost pšenice pri izloženosti od 24 h, kao i pri konstantnoj izloženosti na oba kultivara.

Aladjadjiyan (2010.) je u istraživanju utjecaja magnetskog polja jakosti 150 mT na klijance leće (*Lens culinaris* Medik.), utvrdila povećanje duljine korijena i stabljike pri čemu su statistički značajne razlike zabilježene pri duljini izloženosti od 3, 6 i 9 min u odnosu na kontrolu, kao i u odnosu na dulje vrijeme izloženosti (12 min).

U laboratorijskim uvjetima, Shine i sur. (2011.) istraživali su učinak predtretmana sjemena soje (*Glycine max* L.) statičkim magnetskim poljem jakosti od 0 do 300 mT tijekom 30, 60 i 90 minuta. U odnosu na kontrolu zabilježeno je povećanje brzine klijanja (5-42 %), duljine sadnica (4-73 %), mase svježe tvari (9-53 %), mase suhe tvari (5-16 %) te indeksa vitalnosti (3-88 %). Najučinkovitiji su bili tretmani 200 mT tijekom 60 minuta i 150 mT tijekom 60 minuta.

Carbonell i sur. (2000.) proučavali su utjecaj magnetskog polja na klijavost i dinamiku klijanja sjemena riže (*Oryza sativa* L.) pri čemu je kontinuirano izlaganje polju jakosti 150 mT povećalo brzinu i postotak klijanja za 18 % nakon 48 sati, dok je tretman 250 mT tijekom 20 minuta povećao klijavost za 12 % u odnosu na kontrolu.

Florez i sur. (2019.) utvrdili su da je stacionarno magnetsko polje (125 i 250 mT) ubrzalo rast primarnog i sekundarnog korijena riže (*Oryza sativa* L.), vjerojatno zbog pojačanog unosa hranjivih tvari i intenzivnije stanične diobe.

Martínez i sur. (2009.) ustanovili su da su svi tretmani magnetskim poljem (125 i 250 mT) povećali morfološka svojstva klijanaca graška (*Pisum sativum* L.) i leće (*Lens culinaris* Medik.) u odnosu na kontrolu, naročito pri izloženosti od 24 sata i kontinuiranom tretmanu.

Ulgen i sur. (2017.) proučavali su utjecaj magnetskog polja neodimijskog magneta jakosti 50 i 100 mT na sjeme matičnjaka (*Melissa officinalis* L.) u laboratorijskim uvjetima. Sjeme je bilo izloženo magnetskom polju tijekom 1, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 144 i 240 sati, a broj proklijalih sjemenki zabilježen je 20. dan. Najveća klijavost (52 %) postignuta je primjenom magnetskog polja jakosti 100 mT tijekom 1 sata, dok je u kontrolnoj skupini iznosila 28 %. Sjeme izloženo magnetskom polju jakosti 50 mT imalo je 36 % veću klijavost u odnosu na kontrolu, dok je najniža klijavost zabilježena pri najduljem vremenu izloženosti (240 sati) kod oba magnetska polja.

Bahadir i sur. (2018.) ispitivali su utjecaj elektromagnetskog polja jakosti 125 mT na sjeme graška (*Pisum sativum* L.) tijekom izloženosti od 24, 48 i 72 sata u laboratorijskim uvjetima. Utvrđen je značajan učinak elektromagnetskog tretmana od 48 sati na klijavost sjemena, dok je tretman od 24 sata pokazao značajan utjecaj na duljinu klijanaca.

Braga i sur. (2020.) ispitivali su učinke konstantnog magnetskog polja (10 i 28 mT tijekom 6 dana) na klijanje sjemena kave (*Coffea arabica* L.). Magnetski tretman poboljšao je integritet membrane, aktivirao antioksidativne enzime te povećao klijanje, indeks brzine klijanja i indeks brzine nicanja. Predtretman je doveo do bržeg i ujednačenijeg klijanja stimulacijom fizioloških i metaboličkih procesa u embriju sjemena.

Harb i sur. (2021.) istraživali su učinke statičkog magnetskog polja (1-100 mT) i trajanja izlaganja (5-30 minuta) na rast sjemenki leće (*Lens culinaris* Medik.). Uočena su tri odgovora: stimulacija, inhibicija i neutralan učinak na rast.

Tretman od 20 mT/20 minuta poboljšao je rast uz najnižu razinu lipidne peroksidacije (5,29 μmol MDA/g), dok je 50 mT/30 minuta inhibirao rast uz visoki oksidativni stres (42,6 μmol MDA/g). Tretman 20 mT/25 min. poboljšao je rast uz povećanu aktivnost antioksidativnih enzima (katalaza i SOD). Autori zaključuju da odgovarajući magnetski tretman može biti učinkovit i održiv način za stimulaciju rasta leće.

Abdolmaleki i sur. (2007.) utvrdili su da je stacionarno magnetsko polje (10 i 30 mT) zaustavilo rast stanica duhana (*Nicotiana tabacum*) uzgojenih u tekućem hranjivom mediju te povećalo staničnu smrt, uz povećanu aktivnost peroksidaze i lignifikaciju staničnih stijenki.

Sjeme graholika (*Lathyrus chrysanthus* Boiss.) tretirano je magnetskim poljem jakosti 125 mT tijekom 24, 48 i 72 sata, uz netretirano sjeme (kontrolu), te je potom zasijano u posude (Bahadir i sur., 2018.). Nakon 7 dana uzgoja, utvrđena je veća klijavost kod sjemena tretiranog tijekom 24 i 72 sata. Nakon 14 dana, svi vremenski predtretmani rezultirali su većim brojem razvijenih biljaka u odnosu na kontrolu. Također, visina klijanaca i duljine korijena bile su veće u odnosu na netretirano sjeme.

Ćwintal i sur. (2017.) istraživali su utjecaj laserskog svjetla i elektromagnetskog polja (jakosti 30 mT i vremena izloženosti od 60 s) te kombinaciju ova dva tretmana na sjeme dva kultivara bijele djeteline (Barda i Cyma). Promatrali su sljedeća svojstva: energija klijavosti i klijavost sjemena, udio normalno i nenormalno razvijenih klijanaca, tvrdih sjemenki i sjemenki zaraženih gljivičnim bolestima. Elektromagnetska stimulacija značajno je povećala udio normalno klijavih sjemenki kod kultivara Barda, a kod kultivara Cyme bolje rezultate dala je kombinacija lasera i elektromagneta.

Carbonell i sur. (2011.) istraživali su utjecaj stacionarnog magnetskog polja jakosti 125 mT i 250 mT tijekom 1, 10 i 20 minuta, 1 i 24 sata i kontinuiranoj izloženosti sjemena graška (*Pisum sativum* L.). U odnosu na kontrolu, biljke tretiranog sjemena bile su duže i teže, a najveće vrijednosti dobivene su kada je sjeme bilo kontinuirano izloženo magnetskom polju.

Ijaz i sur. (2012.) istraživali su promjene u klijanju sjemena pšenice (*Triticum aestivum* L.) niske klijavosti (45 %) izloženog magnetskom polju i magnetiziranoj vodi. Za tretman magnetskim poljem, sjeme i voda propušteni su kroz magnetske lijevke. U odnosu na kontrolu, tretman magnetiziranom vodom izazvao je veću klijavost sjemena (13,3 %), dok na sjemenu izloženom magnetskom polju nije zabilježeno povećanje klijavosti.

1.1.2 Fiziološki i biokemijski učinci magnetskog polja

Brojni autori bavili su se istraživanjem biokemijskih promjena izazvanih magnetskim poljem.

Tako su Bhardwaj i sur. (2012.) zabilježili povećanu aktivnost hidrolitičkih i antioksidativnih enzima u sjemenu krastavca (*Cucumis sativus*) tretiranom magnetskim poljem jakosti 200 mT tijekom 1 sata.

Balakhnina i sur. (2015.) nisu zabilježili stimulaciju klijanja pšenice (*Triticum aestivum*), ali su utvrdili povećanje antioksidativnog potencijala u uvjetima plavljenja tla.

Podlešna i sur. (2019.) utvrdili su povećanje aktivnosti amilolitičkih enzima i fitohormona u sjemenu boba (*Vicia faba* L. spp. minor) nakon predsjetvene stimulacije magnetskim poljem jakosti 30 i 85 mT tijekom 15 sekundi.

U istraživanju Radhakrishnana (2018.) ispitivan je utjecaj predtretmana sjemena soje (*Glycine max*) MP jakosti 1500 nT na skladištenje bjelančevina i masnih kiselina. Utvrđeno je da izloženost magnetskom polju poticala sintezu globulina, dok je istovremeno inhibirala sintezu prolamina. Također je zabilježeno povećanje sadržaja lipida u sjemenu, što se dovodi u vezu s porastom koncentracije pojedinih masnih kiselina.

Radhakrishnan i Kumari (2012.) istraživali su utjecaj predtretmana pulsirajućim magnetskim poljem (PMF) na razvoj i prinos soje (*Glycine max*). Sjeme je tretirano 20 dana s 1500 nT na 10,0 Hz PMF-a 5 sati dnevno. Predtretman pulsirajućim magnetskim poljem kod sadnica starih 8 dana povećao je visinu biljke, svježiu i suhu masu te sadržaj proteina. Također, utvrđena je i veća aktivnost enzima β -amilaze, kisele fosfataze, polifenol oksidaze i katalaze te smanjenu aktivnost α -amilaze, alkalne fosfataze, proteaze i nitrat reduktaze. Nadalje, tretiranjem pulsirajućim magnetskim poljem značajno su povećali sadržaj željeza (Fe), bakra (Cu), mangana (Mn), cinka (Zn), magnezija (Mg), kalija (K) i natrija (Na), a smanjili sadržaj kalcija (Ca) u sadnicama. Broj listova, mahuna, sjemenki te duljina mahuna i težina sjemenki također su bili značajno veći pri tretmanu s pulsirajućim magnetskim poljem u usporedbi s kontrolama.

Abdel Latef i sur. (2020.) ispitivali su učinak predtretmana sjemena salate (*Lactuca sativa* var. capitata L.) statičkim magnetskim poljem različitih jakosti (0 T, 0,44 T i 0,77 T) te varijabilnog trajanja izloženosti (1, 2 i 3 sata) na rast, sadržaj fotosintetskih pigmenata, koncentraciju osmolita, razine dušikova oksida i sumporovodika, aktivnost fenilalanin amonij-liaze, antioksidativni obrambeni sustav i prinos.

Rezultati su pokazali da su sadnice razvijene iz tretiranog sjemena imale značajno poboljšane morfološke i fiziološke parametre u odnosu na kontrolu. Svi analizirani fotosintetski pigmenti bili su značajno povećani djelovanjem magnetskog polja, pri čemu je klorofil *a* pokazao najsnažniji odgovor.

Khaleedi i sur. (2019.) istraživali su učinke šest predtretmana sjemena lucerne (*Medicago sativa* L.) na parametre rasta: kontrolnog (bez magnetskog polja i inokulanta), tretmana magnetskim poljem (MP) jakosti 0,75 mT, kombinacije 0,75 mT i inokulanta, 1,5 mT, 1,5 mT s inokulantom te samog inokulanta. Uz parametre rasta (masa svježeg i suhog lišća, masa svježeg i suhog korijenja) analizirani su i sadržaj bjelančevina, aktivnost antioksidativnih enzima, lipidna peroksidacija i sadržaj reducirajućih šećera. Nakon 60 dana vegetacije u posudama, rezultati su pokazali da primjena MP i rizobijalnog inokulanta značajno utječe na sve ispitivane parametre. Magnetsko polje od 1,5 mT imalo je stresan učinak na biljke, no primjena rizobijalnog inokulanta ublažila je stres. S druge strane, MP od 0,75 mT i tretman rizobijalnim inokulantom (pojedinačno ili u kombinaciji) poboljšali su kvalitetu biljaka (putem fiksacije dušika) i parametre rasta.

U istraživanju Podlešny i sur. (2021.) ispitivan je utjecaj predtretmana sjemena graška (*Pisum sativum* L.) MP jakosti 30 i 85 mT tijekom 15 sekundi na enzimsku aktivnost i razinu fitohormona tijekom klijanja i rasta sadnica. Utvrđen je povoljan učinak stimulacije sjemena MP na biokemijske procese u klijavom sjemenu i sadnicama graška. Upotreba MP također je utjecala na povećanje sadržaja hormona u sjemenu i organima sadnica, ali se vrijednosti između tretmana različitih doza nisu značajno razlikovale.

Selim i sur. (2019.) istraživali su utjecaj navodnjavanja magnetiziranom vodom pri dvije razine sušnog stresa, koristeći dva kultivara pšenice (*Triticum aestivum* L.) uzgojena u posudama. Navodnjavanje magnetiziranom vodom u odnosu na kontrolu ublažilo je negativne posljedice stresa pri obje razine suše te povećalo rast i druge proučavane parametre kod oba kultivara. Međutim, vrijednosti mjerenih svojstava razlikovale su se između kultivara. Rezultati su ukazali da magnetski tretman, bilo primjenom na sjeme ili vodu za navodnjavanje, može povećati antioksidativni kapacitet i održati rast u stresnim uvjetima.

U istraživanju Michalak i sur. (2019.) analiziran je utjecaj statičkog i izmjeničnog MP, primijenjenih zasebno i u kombinaciji s ekstraktom alge *Cladophora glomerata*, na klijavost sjemena soje (*Glycine max* L. Merrill) i sadržaj klorofila u sadnicama.

Sjeme je bilo izloženo statičkom MP u trajanju od 3, 6 i 12 minuta, dok je izmjenično MP primijenjeno tijekom 1, 2,5 i 5 minuta. Najpovoljniji učinci na klijanje i sadržaj klorofila postignuti su sinergijskim djelovanjem: statičko MP (3 minute) u kombinaciji s algnim ekstraktom i izmjeničnim MP (2,5 minute).

1.1.3 Magnetsko polje i solni stres

Salinizacija tla predstavlja jedan od ograničavajućih čimbenika biljne proizvodnje. Prema Mickelbart i sur. (2015.), više od 20 % svjetskog poljoprivrednog tla zahvaćeno je salinitetom, dok Shrivastava i Kumar (2015.) procjenjuju da bi do 2050. godine taj udio mogao dosegnuti i 50 % obradivih površina. Brojna istraživanja ukazuju da bi magnetsko polje moglo ublažiti negativne učinke saliniteta. Bijela djetelina osjetljiva je na zaslanjenost tla, iako među genotipovima postoje razlike u toleranciji (Li i sur., 2022).

Istraživanja Kataria i sur. (2017.) pokazala su da predtretman sjemena kukuruza (*Zea mays* L.) i soje (*Glicine max* L. Merrill) magnetskim poljem poboljšava klijavost i rani rast u uvjetima solnog stresa pri različitim razinama zaslanjenosti (0-100 mM NaCl). Sjeme je bilo tretirano statičkim magnetskim poljem jakosti 200 mT tijekom 1 sata. Kod tretiranog sjemena zabilježen je viši postotak klijanja, veća duljina korijena i izdanka te veći indeksi snage. Autori navode kako bi povećana klijavost i vitalnost sadnica mogli biti rezultat kombiniranog učinka pojačane aktivnosti α -amilaze i proteaze te povećane razine slobodnih radikala u sjemenu.

Hozayn i sur. (2019.) koristili su za sjetvu sjeme lucerne (*Medicago sativa* L.) tretirano bočatom i magnetiziranom (350 mT) bočatom vodom. Predtretman sjemena obavljen je namakanjem tijekom 2 h, a zatim je obavljeno sušenje sjemena i sjetva u poljske uvjete. Ispitivan je utjecaj predtretmana na klijanje, rast i prinos lucerne pod stresom izazvanim salinitetom. Tretman sjemena magnetiziranom vodom rezultirao je poboljšanom klijavošću, većom duljinom korijena i izdanka, kao i većom svježom i suhom masom sadnica u uvjetima povišene koncentracije soli. Također, zabilježen je pozitivan utjecaj na prinos biljaka.

Hozayn i sur. (2021.) istraživali su učinak magnetizirane vode na rast i prinos ječma (*Hordeum vulgare* L.) na pet razina saliniteta (320-8000 mg/L). Magnetizirana voda (0,35 T) smanjila je negativan učinak solnog stresa i povećala prinos zrna za 12,97-16,06 %, ovisno o razini saliniteta, u usporedbi s nemagnetiziranom vodom. Poboljšani su i svi ostali morfološki i fiziološki parametri, uključujući fotosintetske pigmente. Zaključeno je da magnetizirana voda ublažava učinke saliniteta i povećava produktivnost ječma.

Massah i sur. (2019.) ispitivali su učinke MP (400, 500 i 600 mT) i vrste vode (destilirana i slana) na klijanje i rast pšenice (*Triticum aestivum* L.). Utvrđen je značajan utjecaj jakosti polja i vrste vode na morfološka svojstva biljaka. Najveća klijavost (53,3 %) zabilježena je kod sjemena tretiranog destiliranom vodom pri 400 mT, dok je najniža (20 %) bila u kontroli s podzemnom vodom. Najdulji korijen (155,3 mm) ostvaren je također pri tretmanu destiliranom vodom i 400 mT, a najkraći (20 mm) u kontrolnim uvjetima. Najveća svježa masa sadnica dobivena je pri tretmanu destiliranom vodom uz magnetsko polje od 600 mT.

Ben Hassen i sur. (2020.) proveli su dva staklenička pokusa radi ispitivanja učinka magnetizirane slane vode (320, 3000 i 6000 mg/L), na rast i prinos pšenice (*Triticum aestivum* L.). Magnetizacija je značajno smanjila negativan utjecaj saliniteta na prinos zrna, osobito pri 3000 mg/L (smanjenje štete s 66,12 % na 25,96 %) i 9,38 dS m⁻¹ (s 87,68 % na 69,30 %). Svi mjerljivi parametri pokazali su slične trendove. Zaključili su da salinitet smanjuje rast i prinos, dok magnetski tretman ublažava te učinke.

Samarah i sur. (2021.) ispitivali su učinke magnetske obrade slane vode i sjemena na klijavost i rast rajčice (*Solanum lycopersicum* L.) pod solnim stresom (NaCl: 0, 5, 10 i 15 dS m⁻¹). Magnetsko polje (3,5-136 mT) poboljšalo je klijavost, rast sadnica i prinos, osobito pri 5 i 10 dS/m. U stakleniku, navodnjavanje tretiranom vodom povećalo je visinu biljaka, debljinu stabljike i prinos pri nižem salinitetu. Zaključeno je da magnetska obrada ublažava negativne učinke zaslanjenosti.

Hozayn i sur. (2018.) proveli su istraživanja u laboratorijskim i poljskim uvjetima o učinkovitosti predtretmana MP sjemena ječma (*Hordeum vulgare* L.) na klijanje, svojstva sadnica i poljske performanse ječma pod stresom uzrokovanim salinitetom. Cilj je bio procijeniti učinke predtretmana sjemena ječma MP, MP+voda te aminokiselinama prolinom i argininom, pri različitim razinama zaslanjenosti (324, 2000, 4000, 6000 i 8000 mg/L), na klijavost, rast i vitalnost sadnica, aktivnost antioksidativnih enzima te agronomska svojstva ječma. Rezultati su pokazali da je predtretman sjemena MP-a značajno poboljšao sve ispitivane pokazatelje klijanja u usporedbi s kontrolom (bez predtretmana), MP+vodom, prolinom i argininom.

1.1.4 Učinci magnetskog polja na agronomska svojstva i prinos

Himoud i sur. (2022.) ispitivali su utjecaj dubine obrade tla (20, 25 i 30 cm) i izloženosti sjemena kukuruza (*Zea mays* L., sorta Bohooth 106) statičkom MP (125 mT tijekom 0, 3 i 6 sati) na rast i prinos.

Najbolji rezultati postignuti su kombinacijom duboke obrade tla (30 cm) i magnetskog tretmana od 6 sati, pri čemu su svi morfološki i proizvodni parametri (visina biljaka, površina lista, broj i masa zrna, prinos) bili značajno poboljšani.

Joshi-Paneri i sur. (2023.) u poljskom su pokusu istraživali učinak predtretmana sjemena soje magnetskim poljem jakosti 150 mT i 200 mT tijekom jednog sata. Oba tretmana poboljšala su rast te fiksaciju ugljika i dušika (parametre rasta izdanka i korijena), pri čemu se jakost od 200 mT pokazala učinkovitijom u odnosu na 150 mT.

Afzal i sur. (2021.) istraživali su utjecaj različitih predtretmana sjemena suncokreta (*Helianthus annuus* L.) na nicanje, brzinu rasta usjeva i prinos suncokreta. Za predtretmane sjemena koristili su MP jakosti 50, 100 i 150 mT tijekom 5, 10 i 15 minuta, magnetiziranom vodom (10 minuta), 3 % ekstraktom lista moringe (*Moringa oleifera*) te kombinaciju vode i ekstrakta moringe. Rezultati istraživanja pokazali su da magnetski tretman sjemena sa 100 mT tijekom 10 minuta i predtretman sjemena s 3 %-tnom otopinom MLE u magnetski tretiranoj vodi (MTW + MLE) značajno poboljšavaju nicanje, brzinu rasta usjeva i prinos suncokreta.

Zagała i sur. (2017.) istraživali su utjecaj primjene gnojiva i predstjetvenog tretmana magnetskim poljem (50 mT, 60 sekundi) na prinos korijena šećerne repe (*Beta vulgaris* var. *Saccharifera*) i sadržaj 11 elemenata u tri kultivara. Iako je utvrđen značajan utjecaj magnetskog polja na prinos korijena šećerne repe, tretman mineralnim gnojivom rezultirao je najvećim prinosom korijena. Tretman magnetskim poljem gotovo je potpuno blokirao usvajanje štetnih elemenata poput aluminija, olova i kadmija iz tla u biljku, uz neznatno smanjenje usvajanja makroelemenata.

Iako laboratorijska istraživanja često bilježe pozitivne učinke magnetskog polja, njihova primjena u poljskim uvjetima zahtijeva preciznu optimizaciju parametara. Phirke i sur. (1996a, 1996b) ističu da je vrijeme izloženosti često značajniji čimbenik od same jakosti polja. U njihovim poljskim pokusima optimalni tretmani povećali su prinos soje, pamuka i pšenice za 32-46 %.

Ahamed i sur. (2013.) istražili su utjecaj magnetskog predtretmana sjemena na postotak klijavosti i parametre prinosa tretiranih i netretiranih biljaka paprike (*Capsicum annuum*). Sjeme paprike ili voda za navodnjavanje propušteni su kroz magnetski lijevak. Tretirano sjeme proklijalo je dan ranije od netretiranog, a njegov postotak klijavosti bio je 33,7 do 44,9 % veći. Predtretman sjemena magnetskim poljem značajno je utjecao na ispitivane parametre kvalitete, ali nije imao značajan utjecaj na duljinu, promjer i debljinu plodova paprike.

Grewal i Maheshwari (2011.) istraživali su rani porast i sadržaj hraniva poput N, K, Ca, Mg, S, Na, Zn, Fe i Mn u sadnicama graška (*Pisum sativum* L. var. Macrocarpon) i slanutka (*Cicer arietinum* L.) u stakleničkim uvjetima pod utjecajem magnetizirane vode za navodnjavanje, magnetiziranja sjemena i kombinacije. Temeljem dobivenih rezultata, istraživači su zaključili da magnetom tretirana voda za navodnjavanje i magnetom tretirano sjeme imaju potencijal poboljšati rani rast sadnica i sadržaj hranjivih tvari u sadnicama obje vrste.

Prema Teixeira da Silva i Dobránszki (2016.) odgovor na tretiranje magnetskim poljem ovisi o biljnoj vrsti, ali i o genotipu unutar vrste, a istraživanja različitih kultivara pšenice, suncokreta, soje i graška potvrđuju postojanje sortnih razlika u intenzitetu i smjeru odgovora.

Almaghrabi i Elbeshehy (2012.) ispitivali su utjecaj predtretmana sjemena devet kultivara pšenice (*Triticum aestivum* L.) elektromagnetskim poljem jakosti 0,3 T tijekom 30 minuta na brzinu klijanja i klijavost. Analizom duljine korijena, duljine izdanaka, mase klijanaca i postotka klijavosti utvrđene su značajne razlike među kultivarima te u njihovoj reakciji na izloženost magnetskom polju.

Bukhari i sur. (2021.) ispitivali su utjecaj predtretmana sjemena kod tri hibrida suncokreta (*Helianthus annuus* L.) različite jakosti magnetskog polja (50 mT, 80 mT i 100 mT) i vremena izloženosti (45, 30 i 15 minuta) na biomasu, duljinu korijena i izdanka, svježiu i suhu masu korijena, izdanaka, lista i visinu biljaka te antioksidativnu aktivnost. Magnetski tretman sjemena pri 50 mT – 45 minuta u najvećoj mjeri utjecao je na parametre rasta, konačnu brzinu nicanja kao i koncentraciju vitamina E u usporedbi s kontrolom. Hibridi suncokreta različito su reagirali na jakost i vrijeme izloženosti magnetskom polju.

Yalçın (2018.) istraživao je utjecaj različitog broja propuštanja (0, 1, 3, 9 i 15 puta) sjemena tri sorte soje kroz magnetsko polje (3,8-4,8 mT) na klijavost i duljinu korijena klijanaca 24, 48, 72 i 96 sati nakon tretmana. Sorte su različito reagirale na broj propuštanja kroz magnetsko polje tijekom različitih vremena mjerenja klijavosti i duljine korijena.

Hamakareem (2020.) je utvrdio značajne sortne razlike u odgovoru pet sorti graška na predtretmane sjemena statičkim magnetskim poljem (3 T) tijekom 15, 30 i 45 minuta. Sve su sorte pokazale povećanje duljine korijena i izdanka te mase svježih i suhих organa u odnosu na kontrolu, ali s različitim intenzitetom reakcije. Najveća masa korijena i svježeg izdanka postignuta je tretmanom od 45 minuta, dok je najveća suha masa izdanka zabilježena nakon 30 minuta, što potvrđuje različitu osjetljivost sorti na trajanje izlaganja magnetskom polju.

Razlike su se očitovale u intenzitetu odgovora na različite jakosti i trajanja izlaganja magnetskom polju, što potvrđuje potrebu za optimizacijom tretmana za pojedine genotipove.

1.1.5 Modeliranje pomoću neuronskih mreža

Neuronske mreže definiraju se kao računalni programi koji simuliraju način na koji ljudski mozak obrađuje informacije. Temelje se na prepoznavanju obrazaca i odnosa među podacima te uče kroz proces treniranja. Neuronske mreže sastoje se od velikog broja međusobno povezanih neurona organiziranih u slojeve, pri čemu svaki neuron prima ulazne informacije, obrađuje ih i daje određeni izlaz. Autori također navode da su za učinkovito treniranje neuronskih mreža potrebni veliki skupovi podataka zbog procjene velikog broja težina koje određuju međusobne veze i utjecaj ulaznih varijabli u mreži (Agatonovic-Kustrin i Beresford, 2000.).

Castillo-Girones i sur. (2025.) navode da unatoč potrebi za velikom količinom podataka za treniranje, modeli neuronskih mreža s manjim brojem skrivenih slojeva mogu ostvariti vrlo dobre rezultate u usporedbi s konvencionalnim metodama strojnog učenja.

Prema Almeida (2002.), neuronske mreže mogu se opisati kao algebarske funkcije koje u eksperimentalnim podacima razlikuju signal od šuma. Neuronske mreže korisne su u proučavanju bioloških sustava, gdje su odnosi između varijabli često toliko složeni da ih je teško ili nije moguće opisati klasičnim metodama. Cilj neuronskih mreža je modeliranje složenih i nelinearnih odnosa između varijabli, a pokazale su se kao učinkovit alat u uvjetima s velikim brojem međusobno povezanih i teško mjerljivih parametara.

Razvoj precizne i digitalne poljoprivrede doveo je do povećane primjene alata temeljenih na umjetnoj inteligenciji. Neuronske mreže zbog mogućnosti obrade složenih podataka i modeliranja odnosa među velikim brojem varijabli, predstavljaju alternativu klasičnim matematičkim modelima, a sve se češće primjenjuju u suvremenoj biljnoj i stočarskoj poljoprivredi (Kujawa i Niedbała, 2021.).

Niazian i Niedbała (2020.) istaknuli su široku primjenu neuronskih mreža i drugih metoda strojnog učenja u poljoprivredi, uključujući procjenu prinosa, fenotipizaciju biljaka, procjenu abiotičkog i biotičkog stresa te preciznu poljoprivredu.

García-Martínez i sur. (2020.) primijenili su neuronske mreže za procjenu prinosa zrna kukuruza na temelju vegetacijskih indeksa, pokrovnosti sklopa i gustoće biljaka dobivenih pomoću bespilotnih letjelica. Zaključili su da informacije dobivene daljinskim senzorima

omogućuju uspješnu karakterizaciju usjeva i preciznu procjenu prinosa kukuruza.

Modele neuronskih mreža za predviđanje površine pod sojom, prinosa i ukupne proizvodnje soje na temelju vremenskih podataka iz razdoblja od 1961. do 2016. godine, razvili su Abraham i sur. (2020.) Rezultati istraživanja pokazali su da su neuronske mreže bile uspješnije u procjeni proizvodnje soje u odnosu na klasične linearne modele.

1.2 Cilj istraživanja

Ciljevi istraživanja bili su sljedeći:

1. utvrditi utjecaj predtretmana sjemena magnetskim poljem različitog nivoa indukcije, na produkciju i kemijski sastav tri kultivara bijele djeteline
2. utvrditi utjecaj različitog vremena izloženosti sjemena predtretmanu magnetskim poljem na produkciju i kemijski sastav tri kultivara bijele djeteline
3. kreirati računalni model za optimiziranje produkcije temeljen na parametrima predtretmana magnetskim poljem

Postavljene su sljedeće hipoteze:

1. Nivo indukcije magnetskog polja utječe na sjeme i produkciju bijele djeteline.
2. Vrijeme izloženosti magnetskom polju utječe na sjeme i produkciju bijele djeteline.
3. Optimalna jakost magnetskog polja i vrijeme izloženosti imaju sinergijski učinak na klijavost sjemena i razvoj bijele djeteline.

2. MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanje je provedeno na sjemenu tri kultivara bijele djeteline (*Trifolium repens* L.): Apolo, Jura i Rivendel. Kultivari Apolo i Jura njemačkog su podrijetla, proizvođača Feldsaaten Freudenberger GmbH & Co. KG, dok je kultivar Rivendel danskog podrijetla, proizvođača DLF.

Kultivar Apolo odlikuje se srednje visokim habitusom rasta te stabilnom proizvodnjom biomase u travno-djetelinskim smjesama. Prema navodima proizvođača, kultivar pokazuje dobru tolerantnost na izmrzavanje i povoljan sadržaj sirovih proteina. Klijavost sjemena određena je sukladno ISTA pravilima (ISTA, 2024.) te je iznosila 79 %, dok je izvagana masa 1000 sjemenki iznosila 0,66 g.

Kultivar Jura odlikuje se snažnim početnim porastom, dobrim uspostavljanjem sklopa te stabilnom proizvodnjom biomase u travno-djetelinskim smjesama. Prema deklariranim podacima, kultivar pokazuje visok sadržaj sirovih proteina i ujednačenu proizvodnju suhe tvari (ST) tijekom vegetacije. Klijavost sjemena određena je sukladno ISTA pravilima (ISTA, 2024.) te je iznosila 69 %, dok je izvagana masa 1000 sjemenki iznosila 0,83 g.

Kultivar Rivendel odlikuje se sitnijim listovima, dobrom postojanošću u travnjaku te dobrom tolerantnošću na učestalu ispašu i nisku košnju. Prema podacima proizvođača, kultivar pokazuje dobru tolerantnost na niske temperature i pojedine bolesti bijele djeteline. Klijavost sjemena određena je sukladno ISTA pravilima (ISTA, 2024.) te je iznosila 50 %, dok je izvagana masa 1000 sjemenki iznosila 0,65 g.

2.1 Postavljanje pokusa

Postavljanje pokusa i istraživanje provedeno je u Centralnoj agrobiotehničkoj analitičkoj jedinici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. Biljke su bile uzgajane u kontroliranim uvjetima u fitotronu Fitoclima PLH (Aralab), prema unaprijed definiranom 24-satnom dnevno-noćnom ciklusu. Ciklus se sastojao od šest segmenata različitog vremenskog trajanja i uvjeta te se neprekidno ponavljao tijekom pet tjedana uzgoja biljaka. Klijavost sjemena bila je sukladna minimalnim vrijednostima propisanim Pravilnikom o stavljanju na tržište sjemena krmnog bilja (NN 33/2022) te je na taj način osigurana dostatna klijavost sjemena za provođenje pokusa.

Najniža temperatura tijekom vegetacije iznosila je 18 °C, a najviša 24 °C. Tijekom noćnog režima relativna vlaga zraka (rH) iznosila je 80 %, dok je tijekom dnevnog režima relativna vlaga zraka iznosila 70 %. Korištena je LED rasvjeta, pri čemu se dnevni intenzitet kretao od 30 do 100 % kapaciteta rasvjete, a noćni je iznosio 0 % (tablica 1.).

Tablica 1. Dnevno-noćni ciklus uzgoja biljaka u fitotronu

Program	Trajanje segmenta	Temperatura	Relativna vlažnost zraka (rH)	Intenzitet LED rasvjete
Segment 1	0,5 sata	18 °C	70 % rH	30 %
Segment 2	0,5 sata	20 °C	70 % rH	60 %
Segment 3	11 sati	24 °C	70 % rH	100 %
Segment 4	0,5 sata	20 °C	70 % rH	60 %
Segment 5	0,5 sata	18 °C	70 % rH	30 %
Segment 6	11 sati	18 °C	80 % rH	0 %

2.2 Magnetski tretman sjemena

Sjeme bijele djeteline bilo je izloženo stacionarnom magnetskom polju, koje je dobiveno neodimijskim magnetima. Tretman magnetskim poljem uključivao je dva čimbenika: jakost magnetskog polja (MP; mT) i vrijeme izloženosti sjemena (h).

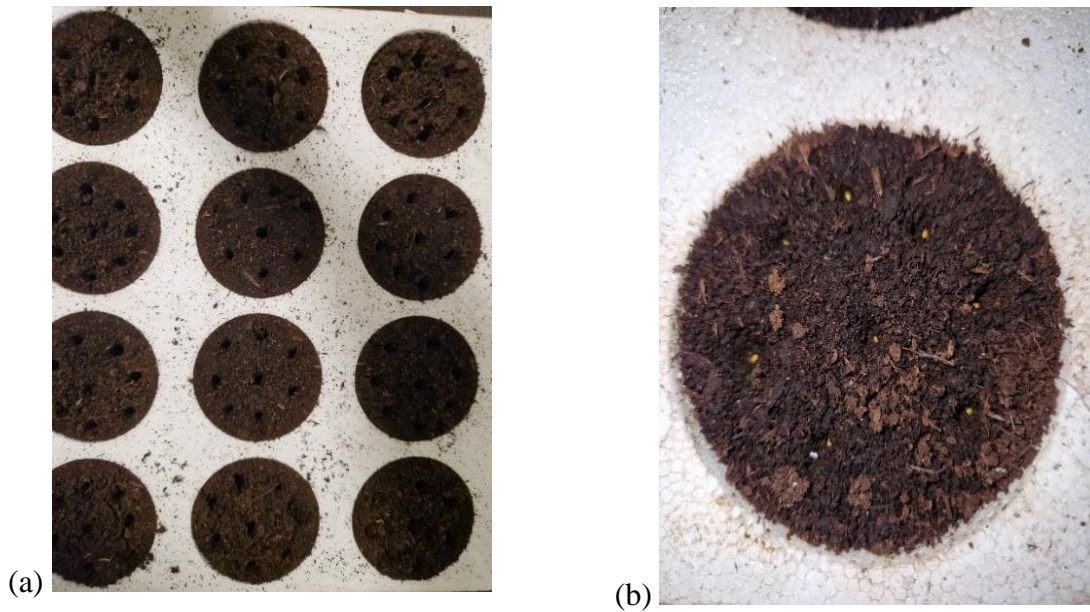
Svaki tretman predstavljao je kombinaciju jakosti magnetskog polja i vremena izloženosti, dok je kontrolu predstavljalo netretirano sjeme. Ukupno je primijenjeno 30 kombinacija, koje su obuhvaćale pet razina jakosti magnetskog polja i šest vremena izloženosti, uz dodatni kontrolni tretman bez izloženosti magnetskom polju. Razine jakosti magnetskog polja bile su 50, 100, 150, 250 i 350 militesla (mT), dok je vrijeme izloženosti iznosilo 0,5, 1, 3, 6, 12 i 24 sata (h). Sjeme je postavljeno u središnji dio između dva nasuprotno postavljena magneta, a jakost magnetskog polja mjerena je uvijek u istoj točki na jednom i drugom magnetu. Jakost magnetskog polja mjerena je pomoću digitalnog prijenosnog teslametra (VICTOR 862B) (slika 1.). Po završetku tretmana sjeme je posijano u polistirenske kontejnere.



Slika 1. Sustav za primjenu tretmana stacionarnim magnetskim poljem
(Foto: G. Herman, 2022.)

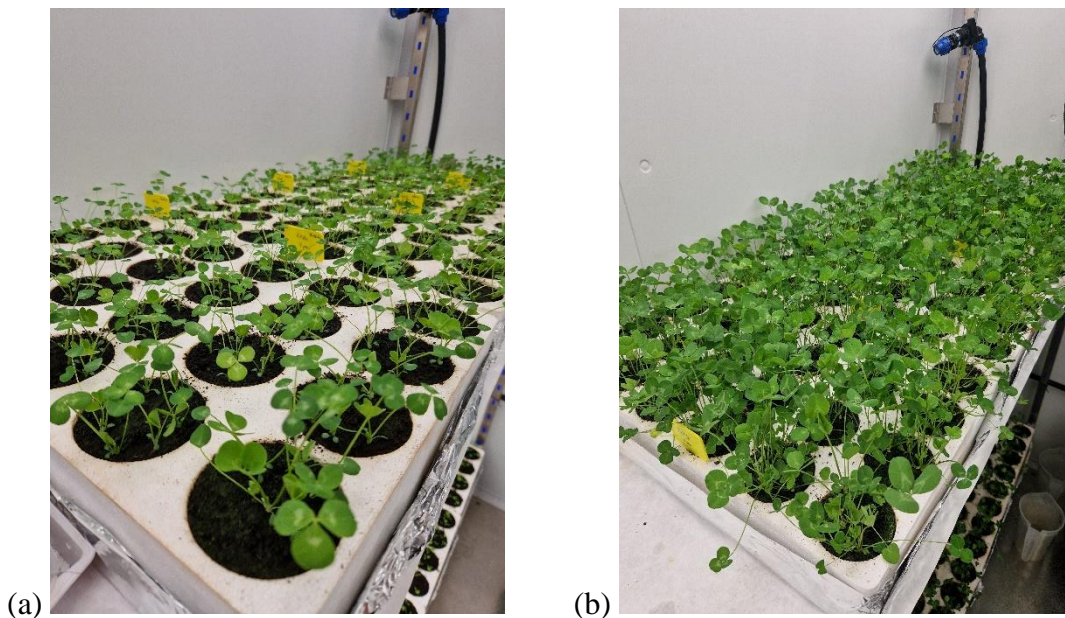
2.3 Sjetva i uzgoj biljaka

Pokus je bio postavljen kao dvofaktorijalni pokus s četiri ponavljanja. Sjetva sjemena obavljena je u polistirenske kontejnere s 24 sjetvena mjesta, pri čemu je volumen pojedinog sjetvenog mjesta iznosio 180 cm^3 , a dubina sjetve 1 cm. Svaki tretman proveden je u četiri ponavljanja, a svako ponavljanje sastojalo se od 12 sjetvenih mjesta (slika 2a.). U svako sjetveno mjesto posijano je osam sjemenki (slika 2b.), odnosno 96 sjemenki po ponavljanju. Kako bi se smanjile mikroklimatske razlike u fitotronu, jednom tjedno provedena je rotacija, odnosno premještanje položaja polistirenskih kontejnera.



Slika 2. Sjetva sjemena bijele djeteline u polistirenskim kontejnerima:
(a) priprema sjetvenih mjesta u supstratu, (b) raspored sjemena u sjetvenim mjestima
(Foto: G. Herman, 2022.)

Biljke su bile zalijevane vodovodnom vodom jednako za sve tretmane do optimalne vlažnosti supstrata. Razvoj biljaka tijekom pokusa u kontroliranim uvjetima fitotrona prikazan je na slici 3a i 3b.



Slika 3. Uzgoj biljaka bijele djeteline u kontroliranim uvjetima fitotrona:
(a) rani razvoj biljaka, (b) razvoj biljaka u kasnijoj fazi pokusa
(Foto: G. Herman, 2022.)

2.4 Svojstva supstrata

Kao medij za uzgoj biljaka korišten je supstrat Klasmann Potgrond H. Supstrat je odabran zbog povoljnih deklariranih kemijskih svojstava. Budući da kompaktna gustoća supstrata nije navedena u deklaraciji ista je određena analitičkom metodom u laboratoriju (tablica 2.).

Tablica 2. Svojstva supstrata Klasmann Potgrond H

Svojstva	Vrijednost	Jedinica
pH (H ₂ O)	6,0	-
EC	40	mS/m
N	210	mg/L
P ₂ O ₅	150	mg/L
K ₂ O	270	mg/L
Kompaktna gustoća (L _D)	398,3	g/L

2.4.1 Određivanje kompaktne gustoće supstrata

Svježi uzorak supstrata homogeniziran je, a zatim je izdvojen laboratorijski uzorak za provedbu fizikalnih analiza. Suhi uzorak pripremljen je sušenjem dijela svježeg uzorka na 75 °C do konstantne mase, nakon čega je samljeven i prosijan kroz sito promjera 2 mm, prema normi EN 13040:1999. Kompaktna gustoća određena je na svježem uzorku pomoću cilindra od jedne litre s nastavkom i lijevkom prema normi EN 13040:1999. Homogenizirani uzorak je napunjen u cilindar, poravnat i opterećen utegom tijekom 180 sekundi (s), nakon čega je cilindar ponovno odvagan. Postupak je ponovljen tri puta sa svježim materijalom, a kompaktna gustoća LD izražena je g/L.

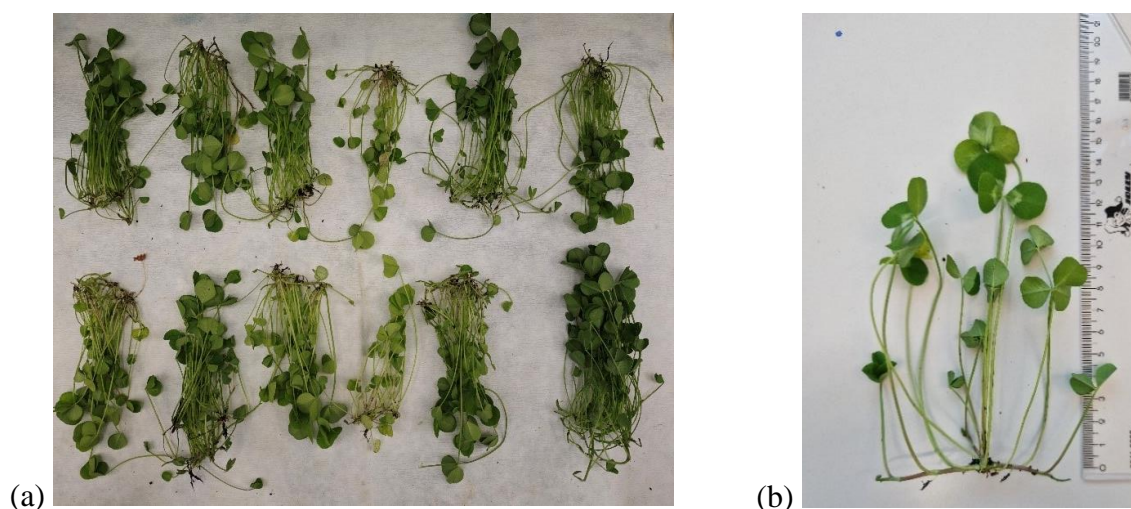
2.5 Uzorkovanje i analiza biljnog materijala

Morfološka i biometrijska mjerenja provedena su na svim biljkama koje su se razvile unutar svakog tretmana i ponavljanja. Na uzorkovanom materijalu provedene su i analize kemijskih svojstava, primarno analiza makroelemenata (N, K, P, Ca, Mg, Na) i mikroelemenata (Fe, Zn, Mn, Cu).

2.5.1 Uzorkovanje i određivanje morfoloških svojstava biljaka

Nakon 5 tjedana uzgoja u fitotronu, obavljeno je uzorkovanje cijelih biljaka bijele djeteline te su provedena određivanja morfoloških svojstava po ponavljanjima na kontroli i tretmanima. Nadzemni dio biljaka odvojen je od korijena, a korijen je pažljivo ispran pod mlazom vode.

Nakon toga je utvrđen broj biljaka bijele djeteline po ponavljanju, također, za svaku biljku utvrđen je broj stolona i listova po biljci te je izmjerena visina nadzemnog dijela svake biljke, kao i duljina korijena u centimetrima. Postupak uzorkovanja biljaka i mjerenje visine nadzemnog dijela prikazan je na slici 4a i 4b.



Slika 4. Uzorkovanje i mjerenje morfoloških svojstava biljaka bijele djeteline:
(a) uzorkovane biljke prije analize, (b) mjerenje visine nadzemnog dijela biljke

(Foto: G. Herman, 2022.)

2.5.2 Određivanje svježe i suhe mase nadzemnog dijela i korijena

Nakon uzorkovanja vaganjem je određena svježa masa nadzemnog dijela biljaka i korijena te izražena u gramima (g). Uzorci su zatim stavljeni u papirnate vrećice s oznakama i odgovarajućim laboratorijskim brojem te sušeni na 105 °C 1 h + 70 °C do konstantne mase kako bi se odredila suha masa uzorka. Osušeni uzorci biljnog materijala bili su samljeveni u heavy metal free mlinu kako bi se spriječila kontaminacija teškim metalima, te se u tako pripremljenim uzorcima pristupilo određivanju makro i mikro elemenata.

2.5.3 Određivanje ukupnog dušika

Ukupni sadržaj dušika određen je prema Dumasovoj metodi, u skladu s normom HRN EN 13654-2:2001 (CEN, 2001). Analiza je provedena korištenjem C/N analizatora Skalar Primacs SNC 100-IC (Skalar Analytical B.V., Breda, Nizozemska). Ovaj uređaj radi na principu suhog spaljivanja uzoraka u struji kisika pri visokoj temperaturi ($\approx 900-1100$ °C). Nastali plinovi dalje se reduciranjem pretvaraju u elementarni dušik (N₂), koji se zatim kvantificira pomoću detektora toplinske vodljivosti (TCD). Rezultati ukupnog dušika izraženi su u postotcima (%).

2.5.4 Određivanje preostalih makroelemenata i mikroelemenata

Za određivanje makroelemenata (K, P, Ca, Mg, Na), kao i mikroelemenata (Fe, Zn, Mn, Cu) uzorak je pripremljen metodom mokre digestije. Svaki uzorak mase 200 mg odvagano u PTFE kivetu mikrovalne digestijske jedinice Sineo Tank 40, uz dodatak 6 mL koncentrirane (65 %) dušične kiseline (HNO_3 , Fisher Scientific) i 2 mL 30 % vodikovog peroksida (H_2O_2 , Fisher Scientific). Program mikrovalne digestije proveden je u dvije faze zagrijavanja (1. faza, 150 °C tijekom 10 minuta i 2. faza na 190 °C tijekom 25 minuta). Nakon hlađenja, otopine su kvantitativno prenesene u tube za centrifugiranje i nadopunjene ultračistom destiliranom vodom do konačnog volumena od 50 mL. Iz dobivene otopine određen je sadržaj makroelemenata i koncentracija mikroelemenata izravno pomoću ICP MS sustava Agilent 7800 (Agilent Technologies, Santa Clara, SAD). Sadržaj makroelemenata izražen je u postotku (%), dok su koncentracije mikroelemenata izražene u mg kg^{-1} .

2.5.5 Određivanje koncentracije klorofila

Za određivanje koncentracije klorofila u svježim listovima korišten je prijenosni SPAD-502 uređaj, prethodno iskalibriran. Ova metoda je brza, ne invazivna i široko prihvaćena za mjerenje relativne koncentracije klorofila u listu. Princip rada temelji se na dva LED izvora svjetlosti (650 nm i 940 nm), koji prilikom mjerenja kroz list omogućavaju dobivanje SPAD-vrijednosti. Za određivanje klorofila laboratorijskom metodom, odabran je uzorak biljaka na temelju kojeg je izrađena kalibracijska krivulja, a SPAD vrijednosti su preračunate u koncentraciju klorofila pomoću jednadžbe pravca ($y = ax + b$). Ove vrijednosti mogu se, uz odgovarajuću kalibraciju, povezati sa stvarnom koncentracijom klorofila (Markwell, 1995.). Koncentracija klorofila izražena je u mg g^{-1} .

2.6 Statistička obrada podataka

Statistička obrada podataka provedena je korištenjem statističkog programa SAS 7.1 (SAS Enterprise Guide 7.1., SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Podaci su analizirani analizom varijance zasebno za svaki kultivar, uzimajući u obzir čimbenike jakost magnetskog polja i vremena izloženosti sjemena magnetskom polju. Usporedba svojstava između kultivara provedena je na temelju podataka iz kontrolnog tretmana, pri čemu je kultivar uključen kao jedini čimbenik u analizi (prilog 7-8.).

Prije provođenja analize varijance provjerene su pretpostavke normalnosti raspodjele i homogenosti varijance. Rezultati su izraženi kao aritmetička sredina (M) uz pripadajuću standardnu pogrešku aritmetičke sredine (SPM). Dvofaktorska analiza varijance (two-way ANOVA) korištena je za ispitivanje utjecaja jakosti magnetskog polja (mT), vremena izloženosti (h) i njihove međusobne interakcije. Višestruka usporedba sredina provedena je Tukey HSD testom radi utvrđivanja razlika između tretmana. Statistički značajnim smatrane su vrijednosti $p < 0,05$. Statistički testovi provedeni su kao dvosmjerni.

2.6.1 Modeli neuronske mreže

Za procjenu optimizacije produkcije provedeno je dodatno modeliranje primjenom neuronskih mreža korištenjem programa NeuroShell Predictor (Ward Systems Group, Frederick, MD, USA), u cilju procjene optimalnog tretmana temeljenog na parametrima predtretmana sjemena.

Radi procjene odgovora biljaka bijele djeteline na djelovanje tretmana magnetskim poljem i vremenom izloženosti, kreiran je kompozitni indeks (CI_{12}) koji obuhvaća 12 promatranih svojstava. U indeks su uključena sljedeća svojstva: visina biljaka, broj listova po biljci, suha masa po biljci, suha masa korijena po biljci, sadržaj dušika, kalija, kalcija i magnezija, koncentracija mikroelemenata cinka, mangana i bakra te koncentracija klorofila.

Prethodno, sva svojstva standardizirana su primjenom Z-transformacije podataka te svedena na zajedničku bezdimenzionalnu skalu. Kompozitni indeks izračunat je kao aritmetički prosjek standardiziranih vrijednosti svih 12 varijabli.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju prikazani su rezultati istraživanja utjecaja različitih jakosti magnetskog polja (MP) i vremena izloženosti sjemena na morfološka i kemijska svojstva triju kultivara bijele djeteline.

3.1 Morfološka svojstva

Za svaki ispitivani kultivar statističkom analizom dobivenih podataka testirane su razlike između vremena izloženosti sjemena za pojedinačne jakosti MP, prosječne vrijednosti vremena izloženosti za svaku jakost MP i kontrolu, kao i prosječne vrijednosti za svaku jakost MP.

Dvofaktorskom analizom varijance utvrđen je statistički značajan utjecaj ($p < 0,05$) jakosti MP (mT), vremena izloženosti (h) te njihove interakcije (mT \times h) na sva promatrana svojstva kultivara Apolo. Statistički značajan utjecaj ($p < 0,05$) jakosti MP (mT) te interakcije MP i vremena izloženosti (mT \times h) kod kultivara Jura utvrđen je na sva promatrana svojstva, a vrijeme izloženosti (h) pokazalo je statistički značajan utjecaj na sva svojstva, osim na broj biljaka, udio suhe tvari nadzemnog dijela te sadržaj N, P, K, Na. Kod kultivara Rivendel utvrđen je statistički značajan utjecaj ($p < 0,05$) jakosti MP (mT) te interakcije MP i vremena izloženosti (mT \times h) na sva promatrana svojstva, dok vrijeme izloženosti (h) nije imalo statistički značajan utjecaj na sadržaj Mg i koncentraciju Fe (prilog 1-6.).

Rezultati svih analiziranih svojstava prikazani su po kultivarima, pri čemu su izdvojene samo statistički značajne ($p < 0,05$) razlike za svako svojstvo.

3.1.1 Visina biljaka

Prosječna visina biljaka kod kultivara Apolo iznosila je 15,2 cm (tablica 4.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća vrijednost za visinu biljaka utvrđena je pri tretmanu 0,5 h, dok su pri tretmanima 6, 12 i 24 h utvrđene značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 6-15 %. Pri jakosti MP 100 mT najveća visina biljaka utvrđena je kod tretmana 3 h, dok su tretmani 0,5, 1, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti (8-21 %). Kod jakosti 150 mT najveće vrijednosti utvrđene su kod tretmana 0,5 i 24 h, dok su kod tretmana 1, 3, 6 i 12 h utvrđene značajno manje vrijednosti, s razlikama od 7 do 22 %, pri čemu je najmanja visina biljaka utvrđena kod tretmana 6 h. Pri jakosti MP 250 mT najveća visina biljaka utvrđena je kod tretmana 3 h, dok su svi ostali tretmani imali značajno manje vrijednosti (7-21 %). Kod jakosti MP 350 mT najveće vrijednosti utvrđene su kod tretmana 3 i 6 h, dok su tretmani 0,5,

1, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 13-28 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, jakost MP značajno je utjecala ($p < 0,05$) na visinu biljaka kultivara Apolo. U odnosu na kontrolu, tretmani 100 i 150 mT rezultirali su značajno većom visinom biljaka, za 8,5 % odnosno 9,9 %. U prosjeku za jakost MP, vrijeme izloženosti također je značajno utjecalo na visinu biljaka, pri čemu je najveća vrijednost utvrđena kod tretmana 3 h, dok su tretmani 0,5, 1, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti (7-9 %).

Prosječna visina biljaka kultivara Jura iznosila je 14,0 cm (tablica 4.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća vrijednost za visinu biljaka utvrđena je kod tretmana 3 h, dok su tretmani 1, 6 i 12 h imali značajno manje vrijednosti (5-10 %). Pri jakosti 100 mT najveća visina biljaka utvrđena je kod tretmana 1 h, dok su svi ostali tretmani imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 5-19 %. Kod jakosti MP 150 mT najveće vrijednosti utvrđene su pri tretmanima 0,5 i 1 h, dok su tretmani 3, 6, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti (10-20 %), pri čemu je najmanja visina biljaka dobivena je kod tretmana 6 h. Pri jakosti 250 mT najveća vrijednost za visinu biljaka utvrđena je kod tretmana 24 h, dok su tretmani 0,5 i 12 h imali značajno manje vrijednosti (6-8 %). Kod MP jakosti 350 mT najveća visina biljaka dobivena je kod tretmana 1 h, dok su tretmani 0,5, 6, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 8-15 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, jakost MP značajno je utjecala ($p < 0,05$) na visinu biljaka kultivara Jura. Najveća vrijednost utvrđena je kod tretmana 150 mT, dok je najmanja utvrđena kod tretmana 50 mT. U odnosu na kontrolu, tretman 150 mT rezultirao je većom visinom biljaka za 5 %, dok je kod tretmana 50 mT utvrđena manja vrijednost za 8,5 %. Vrijeme izloženosti također je značajno utjecalo na visinu biljaka, pri čemu je najveća vrijednost dobivena kod tretmana 1 h, dok su tretmani 6, 12 i 24 h imali manje vrijednosti za oko 8 %.

Prosječna visina biljaka kultivara Rivendel iznosila je 11,7 cm (tablica 4.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća vrijednost za visinu biljaka utvrđena je kod tretmana 0,5 h, dok su svi ostali tretmani imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 6-34 %. Najmanja vrijednost utvrđena je kod tretmana 12 h. Pri jakosti 100 mT najveća visina biljaka utvrđena je kod tretmana 0,5 h, dok je kod tretmana 3 h utvrđena značajno manja vrijednost (9 %). Kod jakosti MP 250 mT najveća vrijednost za visinu biljaka utvrđena je kod tretmana 24

h, dok su tretmani 0,5, 3, 6 i 12 h imali značajno manje vrijednosti (5-14 %). Kod jakosti MP 350 mT najveća visina biljaka dobivena je kod tretmana 0,5 h, dok je tretman 24 h imao značajno manju vrijednost (14 %).

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, između pojedinih jakosti MP utvrđene su značajne razlike ($p < 0,05$) u visini biljaka kultivara Rivendel. Najveća vrijednost utvrđena je kod kontrolnog tretmana, dok su tretmani 100, 150 i 350 mT imali značajno manje vrijednosti u odnosu na kontrolu (10-12 %). Vrijeme izloženosti također je značajno utjecalo na visinu biljaka, pri čemu je najveća visina utvrđena kod tretmana 0,5 h, dok su kod tretmana 12 i 24 h utvrđene manje vrijednosti (7-10 %).

3.1.2 Duljina korijena

Prosječna duljina korijena kultivara Apolo iznosila je 6,8 cm (tablica 5.).

Kod jakosti 50 mT najveća duljina korijena dobivena je pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 3, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 8-11 %. Pri jakosti MP 100 mT najveća duljina korijena utvrđena je kod tretmana 12 h, dok su tretmani 0,5, 1 i 24 h imali značajno manje vrijednosti (7-10 %). Kod jakosti 150 mT najveća vrijednost dobivena je pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 0,5, 1, 3, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 7-11 %. Najmanja vrijednost utvrđena je kod tretmana 1 h. Pri jakosti MP 250 mT najveća duljina korijena dobivena je kod tretmana 12 h, a tretmani 0,5, 1, 3 i 6 h imali su značajno manje vrijednosti (6-7 %). Kod jakosti 350 mT najveća vrijednost utvrđena je kod tretmana 6 h, dok su svi ostali tretmani imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 4-9 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, najveća duljina korijena utvrđena je kod tretmana 50 i 250 mT. U odnosu na kontrolu i tretman 350 mT utvrđene su značajno veće vrijednosti, pri čemu je razlika u odnosu na kontrolu iznosila 7,2 %, a u odnosu na tretman 350 mT 5,8 %. Tretmani 100 i 150 mT također su imali veću duljinu korijena u odnosu na kontrolu (4,7 %). U prosjeku za ispitivane jakosti MP, vrijeme izloženosti značajno je utjecalo ($p < 0,05$) na duljinu korijena, pri čemu je najveća duljina utvrđena kod tretmana 6 h, dok su tretmani 1, 3 i 24 h imali manje vrijednosti za 4,3 %.

Prosječna duljina korijena kod kultivara Jura iznosila je 7 cm (tablica 5.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća vrijednost utvrđena je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 3 i 6 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 13-25 %.

Tablica 4. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na visinu biljaka (cm).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
Kontrola		14,1 ± 0,03	B	14,1 ± 0,01	BC	12,7 ± 0,10	A
50 mT	0,5	15,8 ± 0,22	a	13,0 ± 0,23	ab	15,1 ± 0,17	a
	1	14,9 ± 0,16	abc	12,3 ± 0,11	c	14,2 ± 0,24	b
	3	15,4 ± 0,21	ab	13,6 ± 0,13	a	13,4 ± 0,04	c
	6	14,8 ± 0,18	bc	12,9 ± 0,11	bc	12,2 ± 0,09	d
	12	13,5 ± 0,20	d	12,5 ± 0,17	bc	9,9 ± 0,11	f
	24	14,2 ± 0,20	cd	13,0 ± 0,04	ab	11,0 ± 0,10	e
	\bar{x}_{mT}	14,8 ± 0,17	AB	12,9 ± 0,10	D	12,6 ± 0,38	A
100 mT	0,5	13,4 ± 0,14	d	15,2 ± 0,32	b	11,7 ± 0,30	a
	1	14,2 ± 0,24	cd	16,0 ± 0,23	a	10,9 ± 0,23	ab
	3	17,3 ± 0,19	a	13,2 ± 0,08	c	10,7 ± 0,08	b
	6	16,5 ± 0,19	a	13,2 ± 0,04	c	11,1 ± 0,12	ab
	12	15,6 ± 0,28	b	14,5 ± 0,20	b	11,3 ± 0,09	ab
	24	14,5 ± 0,19	c	13,0 ± 0,07	c	11,3 ± 0,09	ab
	\bar{x}_{mT}	15,3 ± 0,29	A	14,2 ± 0,24	ABC	11,2 ± 0,09	B
150 mT	0,5	17,4 ± 0,18	a	15,9 ± 0,20	a	11,8 ± 0,07	a
	1	16,1 ± 0,20	b	16,5 ± 0,19	a	10,7 ± 0,14	b
	3	14,6 ± 0,19	c	14,9 ± 0,19	b	10,8 ± 0,06	b
	6	13,5 ± 0,09	d	13,2 ± 0,21	d	11,8 ± 0,09	a
	12	14,4 ± 0,20	c	14,4 ± 0,14	bc	10,8 ± 0,02	b
	24	17,4 ± 0,29	a	13,9 ± 0,05	cd	11,7 ± 0,25	a
	\bar{x}_{mT}	15,5 ± 0,32	A	14,8 ± 0,24	A	11,3 ± 0,11	B
250 mT	0,5	14,5 ± 0,21	c	12,9 ± 0,12	c	12,4 ± 0,06	b
	1	14,2 ± 0,10	c	13,9 ± 0,23	a	12,9 ± 0,09	a
	3	17,5 ± 0,19	a	13,9 ± 0,13	a	11,4 ± 0,08	c
	6	16,2 ± 0,09	b	13,6 ± 0,12	ab	11,3 ± 0,16	c
	12	13,9 ± 0,40	c	13,1 ± 0,09	bc	12,1 ± 0,11	b
	24	14,1 ± 0,16	c	14,0 ± 0,09	a	13,3 ± 0,11	a
	\bar{x}_{mT}	15,1 ± 0,29	AB	13,5 ± 0,11	C	12,2 ± 0,16	A
350 mT	0,5	13,7 ± 0,06	c	14,5 ± 0,14	b	12,0 ± 0,07	a
	1	14,3 ± 0,18	c	15,7 ± 0,26	a	11,5 ± 0,22	ab
	3	17,3 ± 0,13	a	14,9 ± 0,23	ab	11,6 ± 0,11	ab
	6	17,8 ± 0,10	a	14,5 ± 0,19	b	11,3 ± 0,05	b
	12	15,3 ± 0,21	b	13,3 ± 0,10	c	11,4 ± 0,17	ab
	24	12,6 ± 0,11	d	13,6 ± 0,14	c	10,3 ± 0,16	c
	\bar{x}_{mT}	15,1 ± 0,39	AB	14,4 ± 0,18	AB	11,4 ± 0,12	B
\bar{x}_h	0,5	14,8 ± 0,29	b	14,3 ± 0,24	ab	12,6 ± 0,25	a
	1	14,6 ± 0,16	b	14,8 ± 0,31	a	12,2 ± 0,27	ab
	3	16,0 ± 0,29	a	14,1 ± 0,15	ab	11,8 ± 0,21	ab
	6	15,5 ± 0,31	ab	13,6 ± 0,13	b	11,7 ± 0,13	ab
	12	14,5 ± 0,18	b	13,6 ± 0,16	b	11,4 ± 0,20	b
	24	14,5 ± 0,31	b	13,6 ± 0,10	b	11,7 ± 0,22	b

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x}_{mT} - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x}_h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

Pri jakosti 100 mT najveća duljina korijena također je utvrđena kod tretmana 1 h, dok su tretmani 0,5, 3, 6 i 24 h imali značajno manje vrijednosti (7-10 %). Kod jakosti MP 150 mT nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti. Pri jakosti MP 250 mT najveća vrijednost dobivena je kod tretmana 0,5 h, dok su tretmani 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti (9-10 %). Kod jakosti MP 350 mT najveća duljina korijena dobivena je pri tretmanu 1 h, a svi ostali tretmani imali su značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 9-18 %. Najmanja vrijednost utvrđena je kod tretmana 24 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, između pojedinih jakosti MP utvrđene su značajne razlike ($p < 0,05$) u duljini korijena kultivara Jura. Najveće vrijednosti dobivene su kod tretmana 150 i 250 mT, dok je najmanja vrijednost utvrđena kod tretmana 50 mT. U odnosu na kontrolu, tretmani 150 i 250 mT imali su veću duljinu korijena za 9 %, dok je kod tretmana 350 mT razlika iznosila 4,5 %. U odnosu na tretman 50 mT, tretmani 150 i 250 mT imali su veću duljinu korijena za 14,1 %. Vrijeme izloženosti također je značajno utjecalo na duljinu korijena, pri čemu je najveća vrijednost dobivena kod tretmana 1 h, dok su tretmani 3, 6 i 24 h imali manje vrijednosti (7-10 %).

Prosječna duljina korijena kod kultivara Rivendel iznosila je 7 cm (tablica 5.).

Kod jakosti 50 mT najveća duljina korijena dobivena je pri tretmanima 0,5 i 3 h, dok su tretmani 1, 6, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 7-10 %. Pri jakosti MP 100 mT najveća vrijednost utvrđena je kod tretmana 3 h, dok su tretmani 0,5, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti (8-13 %). Kod jakosti 150 mT najveća duljina korijena utvrđena je pri tretmanu 12 h, dok su tretmani 3, 6 i 24 h imali značajno manje vrijednosti (7-10 %). Pri jakosti MP 250 mT najveća vrijednost dobivena je kod tretmana 3 h, dok su tretmani 0,5, 1 i 12 h imali značajno manje vrijednosti (6-7 %). Kod jakosti 350 mT utvrđena je značajna razlika između tretmana 12 i 6 h, pri čemu je tretman 6 h imao manju duljinu korijena za 20,5 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, između pojedinih jakosti MP utvrđene su značajne razlike u duljini korijena. Najveća vrijednost utvrđena je kod tretmana 350 mT, dok su svi ostali tretmani, uključujući kontrolu, imali manje vrijednosti. U odnosu na kontrolu, tretman 350 mT imao je veću duljinu korijena za 13,6 %, dok su u odnosu na tretmane 50, 100, 150 i 250 mT razlike iznosile 9-14 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

Tablica 5. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na duljinu korijena (cm).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
Kontrola		6,4 ± 0,02	C	6,7 ± 0,03	BC	6,6 ± 0,05	C
50 mT	0,5	7,2 ± 0,16	a	6,7 ± 0,16	a	7,3 ± 0,10	a
	1	7,1 ± 0,04	ab	7,1 ± 0,06	a	6,6 ± 0,09	b
	3	6,6 ± 0,06	c	5,1 ± 0,03	c	7,3 ± 0,06	a
	6	7,4 ± 0,17	a	5,9 ± 0,05	b	6,8 ± 0,09	b
	12	6,5 ± 0,09	c	6,8 ± 0,06	a	6,7 ± 0,10	b
	24	6,7 ± 0,11	bc	6,7 ± 0,04	a	6,7 ± 0,10	b
	\bar{x}_{mT}	6,9 ± 0,08	A	6,4 ± 0,14	C	6,9 ± 0,06	BC
100 mT	0,5	6,7 ± 0,03	b	6,7 ± 0,15	b	6,6 ± 0,05	c
	1	6,6 ± 0,09	b	7,4 ± 0,13	a	7,1 ± 0,17	ab
	3	6,7 ± 0,09	ab	6,8 ± 0,12	b	7,6 ± 0,18	a
	6	6,9 ± 0,16	ab	6,7 ± 0,04	b	7,1 ± 0,09	abc
	12	7,2 ± 0,16	a	7,1 ± 0,11	ab	7,0 ± 0,11	bc
	24	6,5 ± 0,05	b	6,9 ± 0,11	b	6,7 ± 0,06	bc
	\bar{x}_{mT}	6,7 ± 0,06	AB	6,9 ± 0,07	AB	7,0 ± 0,08	B
150 mT	0,5	6,8 ± 0,03	bc	7,4 ± 0,11	a	6,9 ± 0,09	ab
	1	6,5 ± 0,06	d	7,3 ± 0,05	a	6,9 ± 0,15	ab
	3	6,8 ± 0,03	b	7,2 ± 0,06	a	6,6 ± 0,07	b
	6	7,3 ± 0,05	a	7,5 ± 0,22	a	6,8 ± 0,07	b
	12	6,6 ± 0,06	cd	7,1 ± 0,10	a	7,3 ± 0,07	a
	24	6,6 ± 0,03	cd	7,1 ± 0,07	a	6,6 ± 0,10	b
	\bar{x}_{mT}	6,7 ± 0,06	AB	7,3 ± 0,05	A	6,9 ± 0,06	BC
250 mT	0,5	6,8 ± 0,07	b	7,7 ± 0,03	a	6,4 ± 0,11	c
	1	6,7 ± 0,09	b	7,5 ± 0,13	a	6,4 ± 0,06	bc
	3	6,7 ± 0,06	b	7,3 ± 0,10	ab	6,9 ± 0,08	a
	6	6,8 ± 0,02	b	7,5 ± 0,16	a	6,8 ± 0,03	ab
	12	7,2 ± 0,09	a	6,9 ± 0,09	b	6,5 ± 0,10	bc
	24	6,9 ± 0,05	ab	6,8 ± 0,04	b	6,6 ± 0,06	abc
	\bar{x}_{mT}	6,9 ± 0,04	A	7,3 ± 0,07	A	6,6 ± 0,05	C
350 mT	0,5	6,5 ± 0,04	b	7,1 ± 0,03	b	7,9 ± 0,10	ab
	1	6,6 ± 0,05	b	7,8 ± 0,12	a	7,6 ± 0,10	ab
	3	6,4 ± 0,09	b	6,8 ± 0,10	b	7,6 ± 0,06	ab
	6	6,9 ± 0,09	a	6,8 ± 0,10	b	6,6 ± 0,19	b
	12	6,5 ± 0,04	b	7,1 ± 0,06	b	8,3 ± 0,72	a
	24	6,3 ± 0,05	b	6,4 ± 0,03	c	7,0 ± 0,12	ab
	\bar{x}_{mT}	6,5 ± 0,04	BC	7,0 ± 0,09	A	7,5 ± 0,16	A
\bar{x}_h	0,5	6,7 ± 0,06	ab	7,0 ± 0,09	ab	6,9 ± 0,11	a
	1	6,6 ± 0,05	b	7,3 ± 0,08	a	6,8 ± 0,09	a
	3	6,6 ± 0,04	b	6,6 ± 0,15	b	7,1 ± 0,09	a
	6	6,9 ± 0,08	a	6,8 ± 0,12	b	6,6 ± 0,05	a
	12	6,7 ± 0,08	ab	6,9 ± 0,05	ab	7,0 ± 0,17	a
	24	6,6 ± 0,05	b	6,8 ± 0,05	b	6,7 ± 0,05	a

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x}_{mT} - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x}_h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

3.1.3 Broj biljaka

Klijavost sjemena tretiranog magnetskim poljem nije izravno određena prema ISTA pravilima, već je broj razvijenih biljaka korišten kao pokazatelj uspješnosti klijanja i početnog razvoja biljaka.

Prosječan broj biljaka kod kultivara Apolo iznosio je 68 (tablica 6.).

Kod jakosti MP 50 mT najveći broj biljaka dobiven je pri tretmanu 24 h, dok su tretmani 1, 3 i 6 h imali značajno manji broj biljaka, pri čemu su razlike iznosile 8,2 %. Pri jakosti MP 100 mT najveća vrijednost utvrđena je kod tretmana 1 h, dok su tretmani 3, 6, 12 i 24 h imali značajno manji broj biljaka, s razlikama 9-16 %.

Kod jakosti MP 150 mT najveći broj biljaka također je utvrđen pri tretmanu 24 h, dok je tretman 3 h imao značajno manju vrijednost (8,3 %). Pri jakostima 250 i 350 mT nisu utvrđene značajne razlike između pojedinih vremena izloženosti.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, jakost MP značajno je utjecala ($p < 0,05$) na broj biljaka kultivara Apolo. Najveći broj biljaka utvrđen je u kontroli, dok je najmanja vrijednost utvrđena kod tretmana 350 mT, pri čemu je broj biljaka bio 4,3 % manji u odnosu na kontrolu i tretman 150 mT. U prosjeku za ispitivane jakosti MP nisu utvrđene značajne razlike između pojedinih vremena izloženosti.

Prosječan broj biljaka za kultivar Jura iznosio je 55 (tablica 6.).

Kod jakosti 50 mT najveći broj biljaka utvrđen je pri tretmanu 12 h, dok su tretmani 0,5, 1, 6 i 24 h imali značajno manji broj biljaka pri čemu su razlike iznosile 12-13 %. Pri jakosti MP 150 mT najveća vrijednost utvrđena je pri tretmanu 0,5 h, dok je tretman 3 h imao značajno manji broj biljaka (10,3 %). Kod jakosti MP 250 mT najveći broj biljaka dobiven je pri tretmanima 1 i 12 h, dok je tretman 0,5 h imao značajno manju vrijednost (9-14 %). Pri jakosti 350 mT najveći broj biljaka utvrđen je kod tretmana 1 h, dok je tretman 12 h imao značajno manju vrijednost (10,2 %).

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, tretmani 100, 250 i 350 mT imali su značajno veći broj biljaka u odnosu na kontrolu. U odnosu na kontrolu, broj biljaka bio je veći za 7,7 % kod tretmana 100 i 350 mT, odnosno za 5,8 % kod tretmana 250 mT. U prosjeku za ispitivane jakosti MP nisu utvrđene značajne razlike između pojedinih vremena izloženosti.

Tablica 6. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na broj biljaka.

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
Kontrola		69 ± 0,45	A	52 ± 0,52	B	50 ± 0,65	A
50 mT	0,5	71 ± 1,55	ab	54 ± 0,65	b	52 ± 0,50	ab
	1	67 ± 1,32	b	53 ± 1,70	b	53 ± 1,38	ab
	3	67 ± 0,65	b	56 ± 0,65	ab	48 ± 0,50	b
	6	67 ± 1,00	b	53 ± 1,55	b	52 ± 0,75	ab
	12	68 ± 0,58	ab	61 ± 1,60	a	51 ± 1,04	ab
	24	73 ± 1,55	a	53 ± 2,02	b	53 ± 2,10	a
	\bar{x}_{mT}	69 ± 0,63	AB	55 ± 0,82	A	51 ± 0,58	A
100 mT	0,5	71 ± 0,85	ab	57 ± 1,25	a	56 ± 1,19	ab
	1	75 ± 0,87	a	55 ± 0,85	a	50 ± 1,11	bc
	3	63 ± 0,65	c	55 ± 0,65	a	48 ± 1,03	c
	6	68 ± 1,85	bc	57 ± 1,94	a	58 ± 1,68	a
	12	67 ± 1,31	bc	56 ± 1,31	a	45 ± 1,85	c
	24	67 ± 0,65	bc	59 ± 1,32	a	57 ± 0,87	a
	\bar{x}_{mT}	68 ± 0,89	AB	56 ± 0,54	A	52 ± 1,12	A
150 mT	0,5	70 ± 0,29	ab	58 ± 0,48	a	56 ± 0,87	a
	1	70 ± 1,55	ab	55 ± 1,89	ab	56 ± 0,87	a
	3	66 ± 1,93	b	52 ± 1,25	b	48 ± 1,65	bc
	6	69 ± 1,32	ab	54 ± 0,65	ab	54 ± 0,96	ab
	12	70 ± 1,04	ab	54 ± 1,66	ab	48 ± 2,10	c
	24	72 ± 0,85	a	54 ± 0,87	ab	44 ± 0,63	c
	\bar{x}_{mT}	69 ± 0,59	A	54 ± 0,60	AB	51 ± 1,04	A
250 mT	0,5	69 ± 1,71	a	51 ± 0,48	c	53 ± 1,50	a
	1	68 ± 0,65	a	56 ± 0,95	ab	53 ± 0,65	a
	3	68 ± 0,63	a	56 ± 1,55	abc	51 ± 2,56	a
	6	69 ± 2,29	a	52 ± 0,75	bc	47 ± 1,71	a
	12	64 ± 1,19	a	59 ± 0,65	a	47 ± 1,25	a
	24	70 ± 0,96	a	54 ± 1,65	abc	48 ± 2,50	a
	\bar{x}_{mT}	68 ± 0,64	AB	55 ± 0,64	A	49 ± 0,85	A
350 mT	0,5	67 ± 2,14	a	58 ± 0,95	ab	44 ± 0,50	b
	1	66 ± 0,50	a	59 ± 1,19	a	43 ± 2,60	b
	3	68 ± 2,22	a	57 ± 0,75	ab	41 ± 0,85	b
	6	69 ± 0,65	a	57 ± 1,50	ab	54 ± 1,04	a
	12	67 ± 2,36	a	53 ± 1,11	b	44 ± 1,89	b
	24	62 ± 0,87	a	56 ± 1,31	ab	46 ± 1,85	b
	\bar{x}_{mT}	66 ± 0,77	B	56 ± 0,57	A	45 ± 1,04	B
\bar{x}_h	0,5	69 ± 0,58	a	55 ± 0,69	a	51 ± 0,95	ab
	1	69 ± 0,72	a	55 ± 0,67	a	51 ± 1,01	abc
	3	67 ± 0,67	a	54 ± 0,55	a	48 ± 0,88	bc
	6	68 ± 0,56	a	54 ± 0,64	a	52 ± 0,89	a
	12	67 ± 0,65	a	56 ± 0,85	a	47 ± 0,81	c
	24	69 ± 0,86	a	55 ± 0,70	a	49 ± 1,11	abc

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x}_{mT} - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x}_h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

Prosječan broj biljaka kod kultivara Rivendel iznosio je 50 (tablica 6.).

Kod jakosti 50 mT najveći broj biljaka utvrđen je pri tretmanu 24 h, dok je tretman 3 h imao značajno manju vrijednost (9,4 %). Pri jakosti 100 mT najveći broj biljaka dobiven je kod tretmana 6 i 24 h, dok su tretmani 1, 3 i 12 h imali značajno manji broj biljaka, pri čemu su razlike iznosile 12-22 %. Kod jakosti MP 150 mT najveće vrijednosti utvrđene su pri tretmanima 0,5 i 1 h, dok su tretmani 3, 12 i 24 h imali značajno manji broj biljaka, s razlikama od 14-21 %. Pri jakosti MP 250 mT nisu utvrđene značajne razlike između pojedinih vremena izloženosti. Kod jakosti 350 mT najveći broj biljaka dobiven je pri tretmanu 6 h, dok su svi ostali tretmani imali značajno manji broj biljaka, pri čemu su razlike iznosile 15-24 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, značajno manji broj biljaka dobiven je kod tretmana 350 mT u odnosu na kontrolu i sve ostale tretmane MP. U odnosu na tretman 100 mT, kod kojeg je utvrđen najveći broj biljaka, tretman 350 mT imao je 13,5 % manji broj biljaka. U odnosu na kontrolu, razlika je iznosila 10 %, dok je u odnosu na tretmane 150 i 250 mT razlika iznosila 12 % odnosno 8 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP, broj biljaka značajno se razlikovao između pojedinih vremena izloženosti, pri čemu su tretmani 3 i 12 h imali manje vrijednosti u odnosu na tretman 6 h (8-10 %).

3.1.4 Broj listova

Prosječan broj listova po biljci kod kultivara Apolo iznosio je 8,4 (tablica 7.).

Kod jakosti MP 50 mT najveći broj listova/biljci dobiven je pri tretmanima 1 i 6 h, dok su tretmani 3 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 10-14 %. Pri jakostima MP 100 i 150 mT nije utvrđena značajna razlika u broju listova/biljci ovisno o vremenu izloženosti. Kod jakosti MP 250 mT najveći broj listova/biljci utvrđen je pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 0,5, 1 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 7-16 %. Najmanja vrijednost utvrđena je kod tretmana 24 h. Kod jakosti MP 350 mT najveći broj listova/biljci dobiven je pri tretmanu 12 h, dok su tretmani 1, 3, 6 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 8-21 %. Najmanji broj listova/biljci utvrđen je kod tretmana 3 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, između pojedinih jakosti MP utvrđene su značajne razlike ($p < 0,05$) u broju listova/biljci. Tretmani 50 i 100 mT imali su značajno veći broj listova/biljci u odnosu na kontrolu te tretmane 150, 250 i 350 mT. U odnosu na kontrolu, tretmani 50 i 100 mT imali su veće vrijednosti za 20 % odnosno 24 %. U prosjeku za ispitivane

jakosti MP, broj listova/biljci značajno se razlikovao između tretmana 6 i 24 h, pri čemu je tretman 24 h imao 7,7 % manji broj listova/biljci.

Prosječan broj listova po biljci kod kultivara Jura iznosio je 8,9 (tablica 7.).

Kod jakosti MP 50 mT tretman 24 h imao je značajno manji broj listova/biljci u odnosu na ostale tretmane, pri čemu je razlika iznosila 10,7 %. Pri jakosti MP 100 mT najveći broj listova/biljci utvrđen je kod tretmana 1 h, dok su tretmani 0,5, 3, 6 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 10-18 %. Kod jakosti MP 150 mT najveće vrijednosti utvrđene su pri tretmanima 12 i 24 h, dok su tretmani 0,5, 1, 3 i 6 h imali značajno manje vrijednosti, s razlikama od 11-20 %. Pri jakosti 250 mT najveći broj listova/biljci utvrđen je kod tretmana 3 h, dok su tretmani 1, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 10-19 %. Kod jakosti 350 mT najveći broj listova/biljci utvrđen je pri tretmanima 3 i 6 h, dok je tretman 24 h imao značajno manju vrijednost (28 %).

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, broj listova/biljci značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. Najveći broj listova/biljci utvrđen je kod tretmana 250 mT, koji je imao značajno veće vrijednosti u odnosu na kontrolu i sve ostale tretmane MP. U odnosu na kontrolu, razlika je iznosila 10,7 %, dok su u odnosu na tretmane 50, 100, 150 i 350 mT razlike iznosile 24-30 %. Tretmani 50, 100, 150 i 350 mT imali su značajno manji broj listova/biljci u odnosu na kontrolu (11-15 %). U prosjeku za ispitivane jakosti MP nisu utvrđene značajne razlike između pojedinih vremena izloženosti.

Prosječan broj listova po biljci kod kultivara Rivendel iznosio je 10,7 (tablica 7.).

Kod jakosti 50 mT najveći broj listova/biljci utvrđen je pri tretmanima 0,5 i 3 h, dok su tretmani 1, 6, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 12-23 %. Najmanji broj listova/biljci utvrđen je kod tretmana 12 h. Pri jakosti 100 mT tretmani 1, 12 i 24 h imali su značajno veći broj listova/biljci u odnosu na tretmane 0,5 i 6 h, pri čemu su razlike iznosile 15 %. Kod jakosti MP 150 mT najveći broj listova/biljci utvrđen je pri tretmanu 6 h, dok su svi ostali tretmani imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 13-23 %. Najmanja vrijednost utvrđena je kod tretmana 0,5 h. Pri jakosti MP 250 mT najveći broj listova/biljci utvrđen je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 0,5, 3, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 11-29 %. Kod jakosti 350 mT tretmani 0,5, 1 i 3 h imali su značajno veći broj listova/biljci u odnosu na tretmane 6, 12 i 24 h, pri čemu su razlike iznosile 17-22 %.

Tablica 7. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na broj listova/biljci.

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
Kontrola		7,39 ± 0,08	C	9,59 ± 0,07	B	10,99 ± 0,19	A
50 mT	0,5	8,95 ± 0,16	ab	8,19 ± 0,17	a	12,18 ± 0,13	a
	1	9,43 ± 0,20	a	8,30 ± 0,14	a	9,57 ± 0,39	bc
	3	8,48 ± 0,23	b	8,17 ± 0,16	a	11,83 ± 0,08	a
	6	9,45 ± 0,16	a	8,61 ± 0,02	a	10,62 ± 0,09	b
	12	8,63 ± 0,22	ab	8,34 ± 0,14	a	9,23 ± 0,26	c
	24	8,16 ± 0,19	b	7,43 ± 0,04	b	9,84 ± 0,29	bc
	\bar{x}_{mT}	8,85 ± 0,12	A	8,17 ± 0,09	C	10,54 ± 0,25	A
100 mT	0,5	9,48 ± 0,26	a	8,26 ± 0,18	cd	9,11 ± 0,25	b
	1	8,96 ± 0,18	a	9,44 ± 0,16	a	10,46 ± 0,07	a
	3	9,48 ± 0,18	a	8,53 ± 0,08	bc	10,19 ± 0,20	ab
	6	8,98 ± 0,06	a	7,75 ± 0,10	d	9,19 ± 0,22	b
	12	8,84 ± 0,19	a	9,17 ± 0,22	ab	11,07 ± 0,27	a
	24	9,25 ± 0,17	a	8,18 ± 0,08	cd	10,77 ± 0,34	a
	\bar{x}_{mT}	9,17 ± 0,08	A	8,56 ± 0,13	C	10,13 ± 0,18	A
150 mT	0,5	7,75 ± 0,14	a	7,55 ± 0,14	d	10,01 ± 0,15	c
	1	7,82 ± 0,14	a	8,49 ± 0,05	b	10,49 ± 0,23	bc
	3	7,84 ± 0,16	a	8,44 ± 0,21	bc	10,85 ± 0,24	bc
	6	8,17 ± 0,08	a	7,86 ± 0,12	cd	13,02 ± 0,26	a
	12	7,52 ± 0,14	a	9,42 ± 0,07	a	10,75 ± 0,16	bc
	24	7,75 ± 0,31	a	9,56 ± 0,15	a	11,28 ± 0,41	b
	\bar{x}_{mT}	7,81 ± 0,08	BC	8,55 ± 0,16	C	11,06 ± 0,22	A
250 mT	0,5	7,79 ± 0,15	cd	10,62 ± 0,20	ab	8,76 ± 0,35	c
	1	8,25 ± 0,09	bc	10,24 ± 0,18	bc	12,32 ± 0,38	a
	3	8,34 ± 0,18	abc	11,67 ± 0,45	a	10,92 ± 0,38	b
	6	8,87 ± 0,13	a	11,19 ± 0,05	ab	11,62 ± 0,16	ab
	12	8,40 ± 0,06	ab	10,52 ± 0,20	bc	9,12 ± 0,11	c
	24	7,42 ± 0,10	d	9,48 ± 0,24	c	10,59 ± 0,09	b
	\bar{x}_{mT}	8,18 ± 0,11	B	10,62 ± 0,17	A	10,55 ± 0,28	A
350 mT	0,5	8,62 ± 0,14	ab	8,31 ± 0,11	b	12,32 ± 0,34	a
	1	8,01 ± 0,22	b	8,46 ± 0,09	ab	11,76 ± 0,33	a
	3	7,18 ± 0,15	c	9,21 ± 0,23	a	12,88 ± 0,25	a
	6	8,35 ± 0,09	b	9,20 ± 0,36	a	10,23 ± 0,32	b
	12	9,05 ± 0,09	a	8,74 ± 0,14	ab	9,70 ± 0,07	b
	24	7,29 ± 0,12	c	6,68 ± 0,09	c	9,56 ± 0,43	b
	\bar{x}_{mT}	8,08 ± 0,15	B	8,43 ± 0,19	C	11,08 ± 0,29	A
\bar{x}_h	0,5	8,33 ± 0,17	ab	8,75 ± 0,22	a	10,56 ± 0,31	ab
	1	8,31 ± 0,16	ab	9,09 ± 0,16	a	10,93 ± 0,23	ab
	3	8,12 ± 0,17	ab	9,27 ± 0,26	a	11,28 ± 0,21	a
	6	8,54 ± 0,15	a	9,03 ± 0,25	a	10,95 ± 0,27	ab
	12	8,31 ± 0,15	ab	9,30 ± 0,16	a	10,14 ± 0,20	b
	24	7,88 ± 0,16	b	8,49 ± 0,24	a	10,50 ± 0,19	ab

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x}_{mT} - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x}_h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, između pojedinih jakosti MP nije utvrđena značajna razlika u broju listova/biljci. U prosjeku za ispitivane jakosti MP, broj listova/biljci značajno se razlikovao između tretmana 3 i 12 h, pri čemu je tretman 12 h imao 10,1 % manji broj listova/biljci.

3.1.5 Broj stolona

Prosječan broj stolona po biljci kod kultivara Apolo iznosio je 0,68 (tablica 8.).

Kod jakosti MP 50 mT najveći broj stolona/biljci utvrđen je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 0,5, 3 i 24 h imali značajno manji broj stolona/biljci, pri čemu su razlike iznosile 40-49 %. Najmanji broj stolona/biljci dobiven je kod tretmana 3 h. Pri jakosti 100 mT veći broj stolona/biljci utvrđen je pri tretmanu 6 h, dok je tretman 1 h imao 29,6 % manju vrijednost. Kod jakosti MP 150 mT najveći broj stolona/biljci utvrđen je kod tretmana 6 h, dok su tretmani 0,5, 1, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 28-52 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 24 h. Kod jakosti 250 mT tretman 24 h imao je manji broj stolona/biljci u odnosu na tretman 6 i 12 h, za 30-50 %. Kod jakosti 350 mT najveći broj stolona/biljci utvrđen je pri tretmanu 12 h, dok su tretmani 1, 3, 6 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 20-57 %. Najmanji broj stolona/biljci utvrđen je kod tretmana 3 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, broj stolona/biljci značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. Najveći broj stolona/biljci utvrđen je kod tretmana 250 mT, koji je imao značajno veće vrijednosti u odnosu na kontrolu i tretman 150 mT, pri čemu su razlike iznosile od 24-30 %. U odnosu na kontrolu, tretmani 50 i 100 mT imali su veći broj stolona/biljci za 26,8 %. U prosjeku za jakosti MP, između pojedinih vremena izloženosti utvrđene su značajne razlike, pri čemu je najveći broj stolona/biljci dobiven pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 0,5, 3 i 24 h imali manje vrijednosti za 21-28 %. Najmanja vrijednost dobivena je kod tretmana 24 h.

Prosječan broj stolona po biljci kod kultivara Jura iznosio je 0,80 (tablica 8.).

Kod jakosti MP 50 mT tretman 3 h imao je značajno manji broj stolona/biljci u odnosu na tretmane 0,5, 1, 6 i 12 h, pri čemu je razlika iznosila 30,4 %. Pri jakosti MP 100 mT tretmani 1, 12 i 24 h imali su značajno veći broj stolona/biljci u odnosu na tretmane 0,5 i 6 h, pri čemu je razlika iznosila 33,3 %. Kod jakosti 150 mT nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

Tablica 8. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na broj stolona/biljci.

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
Kontrola		0,56 ± 0,01	C	0,93 ± 0,01	AB	1,34 ± 0,03	B
50 mT	0,5	0,59 ± 0,05	bc	0,82 ± 0,04	a	1,72 ± 0,04	b
	1	0,98 ± 0,08	a	0,82 ± 0,05	a	1,28 ± 0,10	c
	3	0,50 ± 0,07	c	0,55 ± 0,06	b	1,95 ± 0,03	a
	6	0,86 ± 0,09	ab	0,77 ± 0,02	a	1,84 ± 0,03	ab
	12	0,74 ± 0,09	abc	0,75 ± 0,04	a	1,39 ± 0,03	c
	24	0,57 ± 0,06	bc	0,68 ± 0,02	ab	1,30 ± 0,01	c
	\bar{x}_{mT}	0,71 ± 0,04	AB	0,73 ± 0,02	C	1,58 ± 0,06	A
100 mT	0,5	0,69 ± 0,06	ab	0,58 ± 0,04	b	1,37 ± 0,04	c
	1	0,57 ± 0,06	b	0,92 ± 0,05	a	1,60 ± 0,02	a
	3	0,75 ± 0,04	ab	0,74 ± 0,03	ab	1,61 ± 0,02	a
	6	0,81 ± 0,03	a	0,58 ± 0,03	b	1,40 ± 0,02	bc
	12	0,70 ± 0,04	ab	0,88 ± 0,06	a	1,55 ± 0,05	ab
	24	0,74 ± 0,06	ab	0,82 ± 0,00	a	1,34 ± 0,04	c
	\bar{x}_{mT}	0,71 ± 0,02	AB	0,76 ± 0,03	C	1,48 ± 0,03	AB
150 mT	0,5	0,46 ± 0,03	cd	0,63 ± 0,01	a	1,36 ± 0,05	cd
	1	0,61 ± 0,04	bc	0,90 ± 0,01	a	1,40 ± 0,02	bcd
	3	0,67 ± 0,06	ab	0,58 ± 0,13	a	1,30 ± 0,05	d
	6	0,85 ± 0,02	a	0,72 ± 0,05	a	1,57 ± 0,01	abc
	12	0,54 ± 0,03	bcd	0,89 ± 0,04	a	1,68 ± 0,11	a
	24	0,41 ± 0,06	d	0,85 ± 0,15	a	1,63 ± 0,06	ab
	\bar{x}_{mT}	0,59 ± 0,03	BC	0,76 ± 0,04	C	1,49 ± 0,04	AB
250 mT	0,5	0,64 ± 0,08	bc	0,81 ± 0,03	b	1,19 ± 0,05	c
	1	0,74 ± 0,05	abc	0,77 ± 0,08	b	1,55 ± 0,04	ab
	3	0,75 ± 0,06	abc	1,09 ± 0,04	a	1,36 ± 0,06	bc
	6	0,92 ± 0,04	a	1,03 ± 0,04	a	1,43 ± 0,05	b
	12	0,79 ± 0,03	ab	0,95 ± 0,03	ab	1,40 ± 0,06	bc
	24	0,55 ± 0,03	c	1,05 ± 0,05	a	1,73 ± 0,03	a
	\bar{x}_{mT}	0,73 ± 0,03	A	0,95 ± 0,03	A	1,44 ± 0,04	AB
350 mT	0,5	0,83 ± 0,06	ab	0,83 ± 0,03	a	1,57 ± 0,03	b
	1	0,53 ± 0,06	c	0,79 ± 0,05	ab	1,50 ± 0,05	bc
	3	0,41 ± 0,03	c	0,84 ± 0,05	a	1,88 ± 0,03	a
	6	0,76 ± 0,04	b	0,95 ± 0,05	a	1,46 ± 0,04	bc
	12	0,95 ± 0,03	a	0,94 ± 0,02	a	1,41 ± 0,05	bc
	24	0,57 ± 0,01	c	0,60 ± 0,04	b	1,33 ± 0,07	c
	\bar{x}_{mT}	0,67 ± 0,04	ABC	0,82 ± 0,03	BC	1,53 ± 0,04	A
\bar{x}_h	0,5	0,63 ± 0,03	bc	0,77 ± 0,03	a	1,43 ± 0,04	a
	1	0,67 ± 0,04	abc	0,86 ± 0,02	a	1,44 ± 0,03	a
	3	0,61 ± 0,03	bc	0,79 ± 0,05	a	1,57 ± 0,06	a
	6	0,79 ± 0,03	a	0,83 ± 0,03	a	1,51 ± 0,04	a
	12	0,71 ± 0,03	ab	0,89 ± 0,02	a	1,46 ± 0,03	a
	24	0,57 ± 0,03	c	0,82 ± 0,04	a	1,44 ± 0,04	a

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x}_{mT} - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x}_h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

Pri jakosti MP 250 mT najveći broj stolona/biljci utvrđen je kod tretmana 3 h, dok je tretman 0,5 h imao značajno manju vrijednost (21-26 %). Kod jakosti 350 mT tretman 24 h imao je značajno manji broj stolona/biljci u odnosu na tretmane 0,5, 3, 6 i 12 h, pri čemu su razlike iznosile 28-37 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, broj stolona/biljci značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. Najveći broj stolona/biljci utvrđen je kod tretmana 250 mT, koji je imao značajno veće vrijednosti u odnosu na kontrolu i tretman 150 mT, pri čemu su razlike iznosile 30,4 % i 23,7 %. U odnosu na kontrolu, tretmani 50 i 100 mT imali su veći broj stolona/biljci za 26,8 %. U prosjeku za jakosti MP utvrđene su značajne razlike između pojedinih vremena izloženosti, pri čemu je najveći broj stolona/biljci utvrđen pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 0,5, 3 i 24 h imali manje vrijednosti (21-28 %). Najmanja vrijednost utvrđena je kod tretmana 24 h.

Prosječan broj stolona po biljci kod kultivara Rivendel iznosio je 1,5 (tablica 8.).

Kod jakosti MP 50 mT najveći broj stolona/biljci utvrđen je pri tretmanu 3 h, dok su tretmani 0,5, 1, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 12-34 %. Najmanja vrijednost utvrđena je kod tretmana 1 h. Pri jakosti 100 mT najveći broj stolona/biljci utvrđen je pri tretmanima 1 i 3 h, dok su tretmani 0,5, 6 i 24 h imali značajno manje vrijednosti (13-17 %). Kod jakosti MP 150 mT najveći broj stolona/biljci utvrđen je pri tretmanu 12 h, dok su tretmani 0,5, 1 i 3 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 17-23 %. Pri jakosti MP 250 mT najveći broj stolona/biljci dobiven je pri tretmanu 24 h, dok su tretmani 0,5, 3, 6 i 12 h imali značajno manje vrijednosti (17-31 %). Kod jakosti MP 350 mT najveći broj stolona/biljci utvrđen je pri tretmanu 3 h, dok su svi ostali tretmani imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 17-29 %. Najmanji broj stolona/biljci utvrđen je kod tretmana 24 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, broj stolona/biljci značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. U odnosu na kontrolu, tretmani 50 i 350 mT imali su veći broj stolona/biljci, pri čemu su razlike iznosile 17,9 % i 14,2 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP nisu utvrđene značajne razlike između pojedinih vremena izloženosti.

3.2 Svježa i suha masa biljaka

3.2.1 Svježa masa

Prosječna svježa masa po biljci kod kultivara Apolo iznosila je 948 mg (tablica 9.).

Kod jakosti MP 50 mT tretmani 3 i 24 h imali su značajno manju svježu masu/biljci u odnosu na tretman 1 h, pri čemu je razlika iznosila 22,7 %. Pri jakosti 100 mT najveća svježa masa/biljci utvrđena je pri tretmanu 3 h, dok su tretmani 0,5, 1 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 19-33 %. Kod jakosti MP 150 mT nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti. Pri jakosti 250 mT najveća vrijednost dobivena je pri tretmanu 3 h, dok su svi ostali tretmani imali manju svježu masu/biljci, pri čemu su razlike iznosile 11-28 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 0,5 h. Kod jakosti 350 mT najveća svježa masa/biljci dobivena je kod tretmana 6 h, dok su svi ostali tretmani imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 15-37 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 24 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, svi tretmani magnetskim poljem imali su značajno veću ($p < 0,05$) svježu masu/biljci u odnosu na kontrolu. U odnosu na kontrolu, povećanje svježe mase/biljci iznosilo je 30 % kod tretmana 50 i 150 mT, 39 % kod tretmana 100 mT, 37 % kod tretmana 250 mT te 32 % kod tretmana 350 mT. U prosjeku za sve jakosti MP, najveća svježa masa/biljci utvrđena je pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 0,5 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile oko 15 %.

Prosječna svježa masa po biljci kod kultivara Jura iznosila je 890 mg (tablica 9.).

Kod jakosti MP 50 mT nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti. Pri jakosti MP 100 mT najveća svježa masa/biljci dobivena je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 3, 6 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 24-32 %. Kod jakosti 150 mT najveća vrijednost također je utvrđena pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 0,5 i 6 h imali značajno manju svježu masu/biljci, pri čemu su razlike iznosile 20-27 %. Pri jakostima MP 250 i 350 mT nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, svježa masa/biljci značajno se razlikovala između pojedinih jakosti MP. Najveća vrijednost utvrđena je pri tretmanu 150 mT, dok je najmanja utvrđena pri tretmanu 50 mT. U odnosu na tretman 150 mT i kontrolu, tretman 50 mT imao je manju svježu masu/biljci za 15 % odnosno 12 %.

Tablica 9. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na svježju masu nadzemnog dijela biljaka (mg/biljci).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
Kontrola		710,8 ± 4,45	B	922,5 ± 4,82	A	908,8 ± 25,43	A
50 mT	0,5	893,1 ± 35,42	ab	764,8 ± 59,5	a	1115,9 ± 48,08	a
	1	1067,1 ± 39,14	a	796,5 ± 35,4	a	901,0 ± 91,36	bc
	3	825,1 ± 43,47	b	809,1 ± 48,8	a	1099,0 ± 33,66	ab
	6	1032,3 ± 77,78	ab	871,4 ± 29,7	a	890,3 ± 13,87	bcd
	12	893,0 ± 50,73	ab	812,8 ± 12,2	a	662,6 ± 23,42	d
	24	824,8 ± 45,92	b	828,8 ± 35,6	a	742,6 ± 60,60	cd
	\bar{x} mT	922,6 ± 26,9	A	813,9 ± 15,8	B	908,4 ± 41,18	A
100 mT	0,5	801,1 ± 33,3	c	865,0 ± 68,5	abc	678,2 ± 58,76	a
	1	818,2 ± 49,4	c	1083,6 ± 33,9	a	780,7 ± 52,07	a
	3	1189,4 ± 40,7	a	821,3 ± 36,1	bc	801,0 ± 36,86	a
	6	1116,5 ± 39,1	ab	736,9 ± 37,0	c	687,3 ± 29,56	a
	12	1037,8 ± 51,1	ab	1034,7 ± 81,1	ab	821,0 ± 13,37	a
	24	957,7 ± 58,3	bc	798,8 ± 7,6	c	684,6 ± 27,87	a
	\bar{x} mT	986,8 ± 34,3	A	890,0 ± 31,9	AB	742,1 ± 18,96	B
150 mT	0,5	1004,3 ± 15,8	a	833,5 ± 39,7	b	733,0 ± 12,16	b
	1	962,5 ± 37,6	a	1104,9 ± 46,7	a	702,1 ± 33,71	b
	3	848,6 ± 50,7	a	952,7 ± 71,9	ab	691,0 ± 22,09	b
	6	900,3 ± 26,1	a	810,5 ± 23,9	b	792,8 ± 26,72	ab
	12	857,8 ± 33,8	a	991,3 ± 40,7	ab	798,9 ± 28,10	ab
	24	960,3 ± 50,8	a	1046,0 ± 23,9	a	921,9 ± 65,87	a
	\bar{x} mT	922,3 ± 18,2	A	956,5 ± 27,3	A	773,3 ± 20,75	B
250 mT	0,5	841,6 ± 34,6	d	912,5 ± 24,5	a	627,4 ± 36,41	b
	1	918,1 ± 19,9	cd	860,9 ± 25,3	a	787,4 ± 27,12	ab
	3	1168,4 ± 33,9	a	872,3 ± 49,1	a	655,5 ± 41,47	b
	6	1044,0 ± 20,1	b	938,2 ± 38,6	a	643,2 ± 26,88	b
	12	967,6 ± 19,1	bc	818,2 ± 27,5	a	786,7 ± 58,49	ab
	24	885,5 ± 15,4	cd	920,1 ± 40,2	a	881,7 ± 23,02	a
	\bar{x} mT	970,9 ± 24,4	A	887,0 ± 15,3	AB	730,3 ± 23,9	B
350 mT	0,5	861,2 ± 20,8	bc	884,6 ± 42,7	a	869,3 ± 54,85	ab
	1	851,6 ± 42,7	bc	1048,1 ± 50,8	a	810,4 ± 13,14	abc
	3	930,4 ± 30,8	bc	990,5 ± 66,1	a	987,4 ± 32,65	a
	6	1197,3 ± 41,0	a	837,1 ± 146,5	a	735,3 ± 41,92	bc
	12	1020,4 ± 55,7	b	927,9 ± 5,0	a	684,9 ± 48,71	bc
	24	758,6 ± 28,4	c	729,6 ± 27,7	a	634,5 ± 44,15	c
	\bar{x} mT	936,6 ± 32,5	A	903,0 ± 33,7	AB	787,0 ± 28,85	B
\bar{x} h	0,5	852,0 ± 21,0	b	863,8 ± 19,8	b	828,6 ± 41,3	a
	1	888,1 ± 26,9	ab	969,4 ± 27,7	a	815,1 ± 25,2	a
	3	945,5 ± 39,3	ab	894,8 ± 23,2	ab	857,1 ± 36,6	a
	6	1000,2 ± 36,2	a	852,8 ± 27,7	b	776,3 ± 25,3	a
	12	914,6 ± 27,5	ab	917,9 ± 22,2	ab	777,2 ± 24,2	a
	24	849,6 ± 24,3	b	874,3 ± 23,5	ab	795,7 ± 30,5	a

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x} mT - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x} h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

U prosjeku za ispitivane jakosti MP, najveća svježa masa/biljci utvrđena je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 0,5 i 6 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 11 % i 12 %.

Prosječna svježa masa po biljci kod kultivara Rivendel iznosila je 787 mg (tablica 9.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća svježa masa/biljci utvrđena je pri tretmanu 0,5 h, dok su tretmani 1, 6, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 19-41 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 12 h. Pri jakosti MP 100 mT nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti. Kod jakosti MP 150 mT najveća vrijednost utvrđena je pri tretmanu 24 h, dok su tretmani 0,5, 1 i 3 h imali značajno manju svježju masu/biljci, pri čemu su razlike iznosile 21-25 %. Pri jakosti MP 250 mT najveća vrijednost također je dobivena kod tretmana 24 h, dok su tretmani 0,5, 3 i 6 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 26-29 %. Kod jakosti MP 350 mT najveća svježa masa/biljci utvrđena je pri tretmanu 3 h, dok su tretmani 6, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 26-36 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 24 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, najveća svježa masa/biljci dobivena je kod kontrolnog tretmana i tretmana 50 mT, dok je najmanja utvrđena kod tretmana 250 mT. U odnosu na kontrolu i tretman 50 mT, tretmani 100, 150, 250 i 350 mT imali su manju svježju masu/biljci, pri čemu su razlike iznosile 13-20 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

3.2.2 Masa suhe tvari

Prosječna masa suhe tvari po biljci kod kultivara Apolo iznosila je 121 mg (tablica 10.).

Kod jakosti 50 mT najveća masa suhe tvari/biljci dobivena je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 0,5 i 3 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 18 % i 20 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 3 h. Pri jakosti MP 100 mT najveća masa suhe tvari/biljci utvrđena je pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 0,5 i 1 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile oko 24 %. Kod jakosti MP 150 mT nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti. Pri jakosti MP 250 mT najveće vrijednosti utvrđene su pri tretmanima 6 i 12 h, dok su tretmani 0,5 i 1 h imali značajno manju masu suhe tvari/biljci, pri čemu su razlike iznosile 17-21 %.

Tablica 10. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na masu suhe tvari nadzemnog dijela biljaka (mg/biljci).

MP	h	Kultivar Apolo	Kultivar Jura	Kultivar Rivendel
Kontrola		99,4 ± 1,12 C	133,8 ± 1,36 AB	154,9 ± 19,4 A
50 mT	0,5	100,8 ± 3,78 bc	102,9 ± 9,21 a	157,6 ± 3,89 a
	1	122,9 ± 3,57 a	117,2 ± 5,29 a	114,2 ± 10,11 c
	3	98,6 ± 5,54 c	108,8 ± 7,54 a	168,4 ± 5,29 a
	6	119,3 ± 4,01 abc	126,6 ± 5,14 a	147,5 ± 2,12 ab
	12	119,9 ± 3,65 ab	123,3 ± 4,06 a	99,8 ± 4,88 c
	24	104,0 ± 6,76 abc	119,5 ± 2,55 a	116,8 ± 11,61 bc
	\bar{x} mT	110,9 ± 2,69 BC	116,4 ± 2,77 C	134,1 ± 5,84 B
100 mT	0,5	104,5 ± 5,04 b	130,5 ± 4,64 ab	96,7 ± 4,58 b
	1	105,4 ± 4,92 b	153,0 ± 2,55 a	115,6 ± 5,09 a
	3	140,6 ± 2,21 a	111,8 ± 5,50 bc	116,6 ± 3,87 a
	6	145,3 ± 2,56 a	104,6 ± 4,15 c	95,6 ± 2,60 b
	12	129,1 ± 5,56 a	152,0 ± 6,63 a	107,2 ± 3,81 ab
	24	139,7 ± 4,62 a	130,3 ± 6,60 ab	93,9 ± 3,78 b
	\bar{x} mT	127,4 ± 3,80 A	130,4 ± 4,24 ABC	104,3 ± 2,43 D
150 mT	0,5	125,5 ± 3,99 a	114,0 ± 4,68 c	104,7 ± 6,19 ab
	1	134,0 ± 6,88 a	146,3 ± 7,32 ab	112,0 ± 4,77 ab
	3	109,9 ± 7,79 a	166,1 ± 6,37 a	102,7 ± 3,23 b
	6	128,8 ± 4,39 a	146,6 ± 5,14 ab	112,8 ± 5,79 ab
	12	128,8 ± 5,75 a	135,5 ± 1,70 bc	126,0 ± 6,52 ab
	24	113,2 ± 6,05 a	151,6 ± 3,44 ab	128,7 ± 5,57 a
	\bar{x} mT	123,4 ± 2,82 A	143,3 ± 3,80 A	114,5 ± 2,84 CD
250 mT	0,5	108,9 ± 4,83 b	130,2 ± 6,23 a	76,8 ± 5,05 b
	1	113,7 ± 3,90 b	109,4 ± 9,17 a	121,0 ± 3,35 a
	3	123,5 ± 5,99 ab	110,3 ± 8,51 a	113,9 ± 8,40 a
	6	137,2 ± 5,06 a	122,4 ± 6,02 a	111,6 ± 6,33 a
	12	136,3 ± 4,77 a	107,1 ± 4,80 a	103,7 ± 7,63 ab
	24	116,5 ± 2,36 ab	121,8 ± 6,38 a	112,3 ± 5,28 a
	\bar{x} mT	122,7 ± 2,81 A	116,9 ± 3,09 C	106,5 ± 3,72 D
350 mT	0,5	113,9 ± 5,20 c	144,8 ± 8,13 ab	137,4 ± 7,92 ab
	1	116,4 ± 5,19 bc	154,2 ± 6,60 a	152,2 ± 5,18 a
	3	109,8 ± 5,34 c	123,3 ± 7,30 bc	141,8 ± 2,09 a
	6	142,9 ± 3,43 a	127,0 ± 4,65 bc	113,7 ± 6,75 bc
	12	137,3 ± 5,44 ab	114,3 ± 1,97 cd	99,6 ± 4,91 c
	24	111,7 ± 4,43 c	114,3 ± 3,92 d	109,8 ± 1,99 c
	\bar{x} mT	122,0 ± 3,24 AB	125,7 ± 4,77 BC	125,7 ± 4,40 BC
\bar{x} h	0,5	108,8 ± 2,5 c	126,0 ± 3,7 a	121,4 ± 6,7 a
	1	115,3 ± 2,9 bc	135,6 ± 4,2 a	128,3 ± 4,4 a
	3	113,6 ± 3,6 bc	125,7 ± 4,8 a	133,0 ± 5,3 a
	6	128,8 ± 3,6 a	126,8 ± 3,2 a	122,7 ± 4,8 a
	12	125,1 ± 3,2 ab	127,6 ± 3,4 a	115,2 ± 4,6 a
	24	114,1 ± 3,19 bc	124,6 ± 4,2 a	119,4 ± 4,6 a

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x} mT - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x} h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

Kod jakosti MP 350 mT najveća vrijednost utvrđena je pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 0,5, 1, 3 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 19-23 %. Najmanja masa suhe tvari/biljci utvrđena je pri tretmanu 3 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, masa suhe tvari/biljci značajno se razlikovala ($p < 0,05$) između pojedinih jakosti MP. Tretmani 100, 150 i 250 mT imali su veću masu suhe tvari/biljci u odnosu na kontrolu, pri čemu su razlike iznosile 23-28 %. U odnosu na tretman 50 mT, tretmani 100, 150 i 250 mT imali su veću masu suhe tvari/biljci za 11-15 %. Također, tretman 350 mT imao je 22,7 % veću masu suhe tvari/biljci u odnosu na kontrolu. U prosjeku za ispitivane jakosti MP najveća masa suhe tvari/biljci utvrđena je pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 0,5, 1, 3 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 11-16 %.

Prosječna masa suhe tvari po biljci kod kultivara Jura iznosila je 127 mg (tablica 10.).

Kod jakosti MP 50 mT i 250 mT nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti. Pri jakosti MP 100 mT najveće vrijednosti utvrđene su pri tretmanima 1 i 12 h, dok su tretmani 3 i 6 h imali značajno manju masu suhe tvari/biljci, pri čemu su razlike iznosile 27-32 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 6 h. Kod jakosti MP 150 mT najveća masa suhe tvari/biljci utvrđena je pri tretmanu 3 h, dok su tretmani 0,5 i 12 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 18-31 %. Najmanja vrijednost dobivena je pri tretmanu 0,5 h. Pri jakosti MP 350 mT najveća vrijednost utvrđena je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 3, 6, 12 i 24 h imali značajno manju masu suhe tvari/biljci, pri čemu su razlike iznosile 18-26 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 24 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, masa suhe tvari/biljci značajno se razlikovala između pojedinih jakosti MP. Najveća vrijednost utvrđena je pri tretmanu 150 mT, dok su tretmani 50 i 250 mT imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile oko 23 %. U odnosu na kontrolu, tretmani 50 i 250 mT imali su manju masu suhe tvari/biljci za oko 13 %.

U prosjeku za ispitivane jakosti MP nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

Prosječna masa suhe tvari po biljci kod kultivara Rivendel iznosila je 117 mg (tablica 10.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća masa suhe tvari/biljci utvrđena je pri tretmanu 3 h, dok su tretmani 1, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 26-41 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 12 h. Pri jakosti MP 100 mT najveće vrijednosti

utvrđene su pri tretmanima 1 i 3 h, dok su tretmani 0,5, 6 i 24 h imali značajno manju masu suhe tvari/biljci, pri čemu su razlike iznosile 17-20 %. Kod jakosti MP 150 mT najveća vrijednost utvrđena je pri tretmanu 24 h, dok je tretman 3 h imao 20,2 % manju masu suhe tvari/biljci. Pri jakosti 250 mT tretman 0,5 h imao je značajno manju masu suhe tvari/biljci u odnosu na tretmane 1, 3, 6 i 24 h, pri čemu je razlika iznosila 33,1 %. Kod jakosti MP 350 mT najveća masa suhe tvari/biljci utvrđena je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 6, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 25-35 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 12 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, masa suhe tvari/biljci značajno se razlikovala između kontrole i pojedinih tretmana MP. U odnosu na kontrolu, svi tretmani MP imali su značajno manju masu suhe tvari/biljci, pri čemu su razlike iznosile 13-33 %. U odnosu na tretman 50 mT, tretmani 100, 150, 250 mT imali su manju masu suhe tvari/biljci, pri čemu su razlike iznosile 15-22 %. Također, tretmani 100 i 250 mT imali su manju masu suhe tvari/biljci u odnosu na tretman 350 mT, pri čemu su razlike iznosile 15-17 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

3.2.3 Sadržaj suhe tvari nadzemnog dijela

Prosječan sadržaj suhe tvari nadzemnog dijela kod kultivara Apolo iznosio je 12,9 % (tablica 11.).

Kod jakosti MP 50 mT najveći sadržaj ST nadzemnog dijela utvrđen je pri tretmanu 12 h, dok su tretmani 0,5, 1 i 6 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 14-16 %. Pri jakosti MP 100 mT najveći sadržaj ST utvrđen je pri tretmanu 24 h, dok je tretman 3 h imao 19,1 % manju vrijednost. Kod jakosti MP 150 mT najveći sadržaj ST nadzemnog dijela dobiven je pri tretmanu 12 h, dok su tretmani 0,5 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 17 % i 21 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 24 h. Pri jakosti MP 250 mT najveći sadržaj ST utvrđen je pri tretmanu 12 h, dok je najmanja vrijednost utvrđena pri tretmanu 3 h, koji je imao 19,5 % manji sadržaj ST nadzemnog dijela u odnosu na ostale tretmane. Kod jakosti 350 mT tretman 3 h imao je značajno manji sadržaj ST nadzemnog dijela u odnosu na tretmane 12 i 24 h, pri čemu su razlike iznosile 13 % i 20 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, utvrđene su značajne razlike ($p < 0,05$) u sadržaju ST nadzemnog dijela između pojedinih jakosti MP. U odnosu na kontrolu, tretmani 50 i 250 mT imali su manji sadržaj ST nadzemnog dijela, pri čemu su razlike iznosile 13,8 % i 9,3 %.

Tablica 11. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na sadržaj suhe tvari nadzemnog dijela biljaka (%).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
	Kontrola	14,03 ± 0,26	A	14,52 ± 0,18	AB	17,29 ± 0,39	A
50 mT	0,5	11,29 ± 0,04	b	13,42 ± 0,34	a	13,71 ± 0,63	a
	1	11,53 ± 0,10	b	14,74 ± 0,47	a	12,74 ± 0,30	a
	3	11,95 ± 0,19	ab	13,43 ± 0,27	a	15,35 ± 0,57	a
	6	11,67 ± 0,52	b	14,52 ± 0,17	a	16,57 ± 0,18	a
	12	13,50 ± 0,52	a	15,16 ± 0,40	a	15,05 ± 0,38	a
	24	12,61 ± 0,37	ab	14,50 ± 0,71	a	16,07 ± 2,03	a
	\bar{x} mT	12,09 ± 0,20	C	14,29 ± 0,21	AB	14,91 ± 0,43	BC
100 mT	0,5	13,03 ± 0,11	ab	15,49 ± 1,76	a	14,42 ± 0,71	a
	1	13,00 ± 0,90	ab	14,14 ± 0,29	a	14,86 ± 0,34	a
	3	11,88 ± 0,60	b	13,61 ± 0,30	a	14,69 ± 1,07	a
	6	13,07 ± 0,58	ab	14,23 ± 0,33	a	13,95 ± 0,38	a
	12	12,46 ± 0,39	ab	14,96 ± 1,30	a	13,04 ± 0,32	a
	24	14,69 ± 0,67	a	16,31 ± 0,86	a	13,73 ± 0,12	a
	\bar{x} mT	13,02 ± 0,28	ABC	14,79 ± 0,40	AB	14,12 ± 0,25	C
150 mT	0,5	12,51 ± 0,55	bc	13,71 ± 0,50	b	14,26 ± 0,61	a
	1	13,90 ± 0,20	abc	13,23 ± 0,48	b	15,98 ± 0,32	a
	3	12,96 ± 0,56	abc	17,61 ± 0,90	a	14,86 ± 0,20	a
	6	14,38 ± 0,88	ab	18,09 ± 0,34	a	14,21 ± 0,32	a
	12	15,01 ± 0,28	a	13,72 ± 0,49	b	15,77 ± 0,58	a
	24	11,81 ± 0,47	c	14,49 ± 0,08	b	14,05 ± 0,46	a
	\bar{x} mT	13,43 ± 0,30	AB	15,14 ± 0,45	A	14,85 ± 0,23	BC
250 mT	0,5	12,97 ± 0,56	a	14,26 ± 0,46	a	12,23 ± 0,13	c
	1	12,38 ± 0,25	a	12,66 ± 0,74	a	15,38 ± 0,29	ab
	3	10,58 ± 0,49	b	12,63 ± 0,57	a	17,35 ± 0,39	a
	6	13,14 ± 0,32	a	13,06 ± 0,43	a	17,36 ± 0,71	a
	12	14,09 ± 0,44	a	13,07 ± 0,23	a	13,24 ± 0,66	bc
	24	13,16 ± 0,08	a	13,24 ± 0,30	a	12,77 ± 0,69	c
	\bar{x} mT	12,72 ± 0,27	BC	13,15 ± 0,21	B	14,72 ± 0,48	BC
350 mT	0,5	13,21 ± 0,33	ab	16,36 ± 0,39	a	15,82 ± 0,12	abc
	1	13,69 ± 0,21	ab	14,85 ± 1,12	a	18,76 ± 0,41	a
	3	11,80 ± 0,41	b	12,47 ± 0,12	a	14,41 ± 0,55	c
	6	11,98 ± 0,57	b	17,06 ± 3,62	a	15,47 ± 0,33	bc
	12	13,52 ± 0,56	ab	12,31 ± 0,15	a	14,63 ± 0,48	bc
	24	14,74 ± 0,49	a	12,45 ± 0,22	a	17,57 ± 1,37	ab
	\bar{x} mT	13,16 ± 0,27	ABC	14,25 ± 0,70	AB	16,11 ± 0,41	AB
\bar{x} h	0,5	12,84 ± 0,24	ab	14,63 ± 0,37	a	14,62 ± 0,41	a
	1	13,09 ± 0,26	ab	14,02 ± 0,29	a	15,84 ± 0,44	a
	3	12,20 ± 0,29	b	14,04 ± 0,41	a	15,66 ± 0,36	a
	6	13,04 ± 0,30	ab	15,25 ± 0,66	a	15,81 ± 0,36	a
	12	13,77 ± 0,24	a	13,96 ± 0,31	a	14,84 ± 0,38	a
	24	13,50 ± 0,29	a	14,25 ± 0,31	a	15,25 ± 0,56	a

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x} mT - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x} h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

U prosjeku za sve jakosti MP, tretman 3 h imao je značajno manji sadržaj ST nadzemnog dijela u odnosu na tretmane 12 i 24 h, pri čemu su razlike iznosile 11,4 % i 9,6 %.

Prosječan sadržaj suhe tvari nadzemnog dijela kod kultivara Jura iznosio je 14,3 % (tablica 11.).

Kod jakosti MP 50, 100, 250 i 350 mT nije utvrđena značajna razlika u sadržaju ST nadzemnog dijela između pojedinih vremena izloženosti. Pri jakosti MP 150 mT najveći sadržaj ST nadzemnog dijela utvrđen je pri tretmanima 3 i 6 h, dok su tretmani 0,5, 1, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 18-27 %. Najmanja vrijednost dobivena je pri tretmanu 1 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, značajna razlika u sadržaju ST nadzemnog dijela utvrđena je između tretmana 150 i 250 mT, pri čemu je tretman 250 mT imao 13,1 % manju vrijednost. U prosjeku za ispitivane jakosti MP nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

Prosječan sadržaj suhe tvari nadzemnog dijela kod kultivara Rivendel iznosio je 14,9 % (tablica 11.).

Kod jakosti MP 50, 100 i 150 mT nije utvrđena značajna razlika u sadržaju ST nadzemnog dijela između pojedinih vremena izloženosti. Pri jakosti 250 mT najveći sadržaj ST nadzemnog dijela dobiven je pri tretmanima 3 i 6 h, dok su tretmani 0,5, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 24-30 %. U odnosu na tretman 1 h, tretmani 0,5 i 24 h imali su manji sadržaj ST nadzemnog dijela za 17-21 %. Kod jakosti MP 350 mT najveći sadržaj ST nadzemnog dijela utvrđen je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 3, 6 i 12 h imali značajno manje vrijednosti, a razlike su iznosile od 18 do 23 %. Najmanja vrijednost dobivena je kod tretmana 3 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, sadržaj ST nadzemnog dijela značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. Najveći sadržaj ST nadzemnog dijela utvrđen je kod kontrolnog tretmana, dok su tretmani 50, 100, 150 i 250 mT imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 14-18 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

3.2.4 Masa suhe tvari korijena

Prosječna masa suhe tvari korijena po biljci kod kultivara Apolo iznosila je 22,3 mg (tablica 12.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća masa ST korijena/biljci dobivena je kod tretmana 1 h, dok su tretmani 0,5, 3, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 29-37 %. Najmanja vrijednost dobivena je pri tretmanu 3 h. Pri jakosti MP 100 mT najveća vrijednost dobivena je pri tretmanu 24 h, dok je najmanja utvrđena pri tretmanu 3 h, pri čemu su razlike u odnosu na tretmane 0,5 i 24 h iznosile 20 % i 23 %. Kod jakosti 150 mT tretmani 3 i 24 h imali su značajno manju masu ST korijena/biljci u odnosu na tretmane 0,5, 1, 6 i 12 h, a razlike su iznosile od 41 do 53 %. Pri jakosti MP 250 mT najveća masa ST korijena/biljci dobivena je pri tretmanu 12 h, dok je tretman 3 h imao 34,8 % manju vrijednost. Kod jakosti 350 mT tretman 3 h imao je značajno manju masu ST korijena/biljci u odnosu na ostale tretmane, pri čemu je razlika iznosila 39 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, svi tretmani MP imali su značajno veću ($p < 0,05$) masu ST korijena/biljci u odnosu na kontrolu. Najveća vrijednost dobivena je pri tretmanu 150 mT, a svi tretmani magnetskim poljem imali su od 89 do 107 % veću masu ST korijena/biljci u odnosu na kontrolu. U prosjeku za sve ispitivane jakosti MP najveća masa ST korijena/biljci utvrđena je pri tretmanu 1 h, dok je tretman 3 h imao značajno manju vrijednost u odnosu na tretmane 0,5, 1, 6 i 12 h, pri čemu su razlike iznosile 23-29 %.

Prosječna masa suhe tvari korijena po biljci kod kultivara Jura iznosila je 22,4 mg (tablica 12.).

Kod jakosti 50 mT najveće vrijednosti dobivene su kod tretmana 1 i 6 h, dok su tretmani 0,5, 3, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 33-44 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 3 h. Pri jakosti MP 100 i 250 mT nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti. Kod jakosti 150 mT najveća masa ST korijena/biljci dobivena je pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 0,5, 1, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 22-38 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 0,5 h. Kod jakosti MP 350 mT najveća vrijednost dobivena je pri tretmanu 0,5 h, dok je najmanja dobivena pri tretmanu 24 h, pri čemu je razlika iznosila 54,3 %. U odnosu na tretman 0,5 h, tretmani 3, 6 i 12 h imali su 31-38 % manju masu ST korijena/biljci.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, masa ST korijena/biljci bila je značajno veća ($p < 0,05$) pri tretmanima 100, 150 i 250 mT u odnosu na kontrolu, pri čemu su razlike iznosile 37-44 %. U odnosu na tretman 350 mT, navedeni tretmani imali su veću masu ST korijena/biljci za 30-37 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

Prosječna masa suhe tvari korijena po biljci kod kultivara Rivendel iznosila je 20 mg (tablica 12.).

Pri jakosti MP 50 mT najveća masa ST korijena/biljci utvrđena je pri tretmanu 6 h, dok je najmanja utvrđena pri tretmanu 1 h. U odnosu na tretman 6 h, tretmani 0,5, 1 i 24 h imali su značajno manju masu, pri čemu su razlike iznosile 21-44 %. Pri jakosti MP 100 mT najveća vrijednost utvrđena je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 0,5 i 24 h imali značajno manju masu ST korijena/biljci, pri čemu su razlike iznosile 31-41 %. Kod jakosti 150 mT najveća vrijednost utvrđena je kod tretmana 12 h, dok su svi ostali tretmani imali značajno manju masu ST korijena/biljci, pri čemu su razlike iznosile 21-45 %. Najmanja vrijednost dobivena je pri tretmanu 0,5 h. Pri jakosti 250 mT najveća masa ST korijena/biljci utvrđena je kod tretmana 6 h, dok su tretmani 0,5, 1 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 22-53 %. Kod jakosti MP 350 mT najveća vrijednost utvrđena je pri tretmanu 3 h, dok je najmanja dobivena pri tretmanu 12 h. U odnosu na tretman 3 h, tretmani 0,5, 6, 12 i 24 h imali su značajno manju masu ST korijena/biljci, pri čemu su razlike iznosile 19-47 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, masa ST korijena/biljci značajno se razlikovala ($p < 0,05$) između pojedinih jakosti MP. Najveća vrijednost zabilježena je pri tretmanu 350 mT, dok su tretmani 50, 100, 150 i 250 mT imali značajno manju masu ST korijena/biljci, pri čemu su razlike iznosile 34-70 %. U odnosu na kontrolu, tretman 350 mT imao je 20 % veću masu ST korijena/biljci, dok su ostali tretmani imali od 10 do 29 % manju vrijednost. U prosjeku za ispitivane jakosti MP najveća masa ST korijena/biljci utvrđena je pri tretmanu 3 h, dok je tretman 0,5 h imao 24,1 % manju vrijednost.

Tablica 12. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na masu suhe tvari korijena (mg/biljci).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
	Kontrola	11,30 ± 0,32	B	17,19 ± 0,22	B	23,38 ± 0,19	B
50 mT	0,5	19,53 ± 1,90	bc	16,97 ± 1,19	b	14,72 ± 0,85	cd
	1	28,58 ± 1,59	a	29,48 ± 0,44	a	11,59 ± 1,05	d
	3	17,91 ± 0,84	c	15,58 ± 0,58	b	17,52 ± 0,64	abc
	6	24,76 ± 2,07	ab	26,36 ± 1,28	a	20,54 ± 0,91	a
	12	20,22 ± 0,23	bc	18,28 ± 1,28	b	18,94 ± 0,65	ab
	24	18,65 ± 1,17	bc	18,60 ± 0,79	b	16,29 ± 0,36	bc
	\bar{x} mT	21,61 ± 0,95	A	20,88 ± 1,13	AB	16,60 ± 0,67	D
100 mT	0,5	24,01 ± 1,06	a	24,98 ± 2,97	a	13,29 ± 1,34	c
	1	23,22 ± 1,08	ab	24,54 ± 1,15	a	22,67 ± 1,19	a
	3	19,29 ± 1,12	b	23,55 ± 0,79	a	20,81 ± 1,54	ab
	6	21,89 ± 0,64	ab	23,33 ± 1,22	a	17,08 ± 1,40	abc
	12	21,31 ± 0,77	ab	24,71 ± 0,83	a	18,33 ± 1,68	abc
	24	25,08 ± 0,88	a	26,78 ± 1,29	a	15,73 ± 0,53	bc
	\bar{x} mT	22,47 ± 0,52	A	24,65 ± 0,61	A	17,99 ± 0,81	CD
150 mT	0,5	26,08 ± 0,50	a	18,95 ± 0,96	d	14,94 ± 1,08	c
	1	26,27 ± 0,91	a	19,69 ± 0,85	d	21,09 ± 0,17	b
	3	15,43 ± 1,71	b	27,63 ± 1,23	ab	20,84 ± 0,90	b
	6	30,40 ± 0,60	a	30,47 ± 0,99	a	20,02 ± 0,72	b
	12	27,94 ± 0,91	a	20,55 ± 0,83	cd	27,21 ± 0,96	a
	24	14,32 ± 1,16	b	23,88 ± 0,31	bc	21,53 ± 1,59	b
	\bar{x} mT	23,41 ± 1,35	A	23,53 ± 0,95	A	20,94 ± 0,83	BC
250 mT	0,5	22,29 ± 3,43	ab	31,21 ± 4,35	a	9,93 ± 0,34	d
	1	22,59 ± 1,58	ab	20,49 ± 4,98	a	16,65 ± 1,01	bc
	3	17,64 ± 0,81	b	21,52 ± 1,98	a	20,54 ± 1,24	ab
	6	21,43 ± 0,56	ab	31,60 ± 0,94	a	21,28 ± 0,55	a
	12	27,07 ± 1,17	a	21,26 ± 0,91	a	17,12 ± 0,73	abc
	24	25,27 ± 0,83	ab	22,91 ± 0,56	a	13,77 ± 1,33	cd
	\bar{x} mT	22,72 ± 0,87	A	24,83 ± 1,43	A	16,55 ± 0,88	D
350 mT	0,5	21,42 ± 0,93	a	25,15 ± 0,91	a	29,23 ± 1,10	b
	1	21,58 ± 0,88	a	21,79 ± 1,40	ab	31,27 ± 1,59	ab
	3	13,91 ± 1,29	b	15,67 ± 1,77	cd	35,88 ± 1,00	a
	6	22,77 ± 1,49	a	17,48 ± 0,62	bc	28,93 ± 0,34	bc
	12	23,24 ± 0,73	a	17,30 ± 1,46	bc	18,92 ± 0,62	d
	24	25,05 ± 0,23	a	11,48 ± 0,71	d	24,08 ± 1,53	c
	\bar{x} mT	21,33 ± 0,82	A	18,15 ± 1,01	B	28,05 ± 1,19	A
\bar{x} h	0,5	20,77 ± 1,17	a	22,41 ± 1,36	a	17,58 ± 1,42	b
	1	22,26 ± 1,21	a	22,20 ± 1,14	a	21,11 ± 1,32	ab
	3	15,91 ± 0,70	b	20,19 ± 1,04	a	23,16 ± 1,29	a
	6	22,09 ± 1,26	a	24,41 ± 1,24	a	21,87 ± 0,82	ab
	12	21,85 ± 1,18	a	19,88 ± 0,67	a	20,65 ± 0,81	ab
	24	19,94 ± 1,22	ab	20,14 ± 1,08	a	19,13 ± 0,93	ab

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x} mT - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x} h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

3.3 Sadržaj makroelemenata

U ovom poglavlju prikazani su rezultati istraživanja utjecaja različitih jakosti magnetskog polja (MP) i vremena izloženosti sjemena na sadržaja makroelemenata.

3.3.1 Dušik

Prosječan sadržaj dušika (N) kod kultivara Apolo iznosio je 3,5 % (tablica 13.).

Kod jakosti MP 50 mT nije utvrđena značajna razlika u sadržaju N između pojedinih vremena izloženosti. Kod jakosti MP 100 mT najveći sadržaj N dobiven je pri tretmanu 0,5 h, dok je tretman 24 h imao značajno manju vrijednost, pri čemu su razlike u odnosu na tretmane 0,5 i 1 h iznosile oko 25 %. Kod jakosti 150 mT najveći sadržaj N utvrđen je pri tretmanu 24 h, dok je tretman 6 h imao značajno manju vrijednost, s razlikom oko 38 %. Pri jakosti MP 250 mT najveći sadržaj N dobiven je kod tretmana 1 h, dok su tretmani 6, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 32-41 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 12 h. Kod jakosti 350 mT najveći sadržaj N utvrđen je pri tretmanu 0,5 h, dok su tretmani 6, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile oko 22 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, sadržaj N se značajno razlikovao ($p < 0,05$) između pojedinih jakosti MP. Najveći sadržaj N utvrđen je pri tretmanu 50 mT, dok je najmanja vrijednost utvrđena kod kontrolnog tretmana. U odnosu na kontrolu, tretman 50 mT imao je 56,5 % veći sadržaj N, dok su tretmani 100 i 350 mT imali veće vrijednosti za 33,2 % i 21,4 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

Prosječan sadržaj dušika kod kultivara Jura iznosio je 3,1 % (tablica 13.).

Kod jakosti 50, 100 i 250 mT nije utvrđena značajna razlika u sadržaju N između pojedinih vremena izloženosti. Pri jakosti MP 150 mT najveći sadržaj N utvrđen je pri tretmanu 12 h, dok je najmanja vrijednost dobivena kod tretmana 3 h. U odnosu na tretmane 0,5, 12 i 24 h, tretman 3 h imao je značajno manji sadržaj N, uz razlike 36-38 %. Kod jakosti MP 350 mT najveći sadržaj N utvrđen je pri tretmanu 24 h, a tretmani 0,5 i 1 h imali značajno manje vrijednosti (32 % i 35 %). Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 1 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, sadržaj N značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. Najveća vrijednost zabilježena je pri tretmanu 350 mT, dok je najmanja kod tretmana 150 mT.

Tablica 13. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na sadržaj N (%).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
50 _{mT}	Kontrola	2,71 ± 0,09	D	2,74 ± 0,09	BC	1,88 ± 0,04	C
	0,5	4,58 ± 0,23	a	3,64 ± 0,23	a	2,41 ± 0,19	b
	1	4,19 ± 0,20	a	2,86 ± 0,17	a	3,35 ± 0,20	ab
	3	4,48 ± 0,07	a	3,53 ± 0,23	a	2,52 ± 0,30	ab
	6	4,05 ± 0,25	a	3,00 ± 0,26	a	2,59 ± 0,11	ab
	12	4,25 ± 0,28	a	2,72 ± 0,26	a	2,77 ± 0,21	ab
	24	3,89 ± 0,30	a	3,17 ± 0,26	a	3,51 ± 0,31	a
	\bar{x}_{mT}	4,24 ± 0,10	A	3,16 ± 0,11	AB	2,86 ± 0,12	AB
100 _{mT}	0,5	4,12 ± 0,14	a	2,31 ± 0,35	a	3,21 ± 0,34	a
	1	4,05 ± 0,08	a	2,40 ± 0,24	a	3,12 ± 0,23	a
	3	3,58 ± 0,30	ab	3,47 ± 0,10	a	3,14 ± 0,32	a
	6	3,35 ± 0,12	ab	3,29 ± 0,34	a	3,44 ± 0,21	a
	12	3,46 ± 0,25	ab	2,58 ± 0,30	a	3,46 ± 0,16	a
	24	3,06 ± 0,17	b	2,47 ± 0,30	a	3,39 ± 0,08	a
	\bar{x}_{mT}	3,61 ± 0,10	B	2,75 ± 0,14	BC	3,29 ± 0,09	A
	150 _{mT}	0,5	3,07 ± 0,16	ab	2,94 ± 0,27	a	2,92 ± 0,24
1		2,74 ± 0,34	ab	2,59 ± 0,15	ab	2,52 ± 0,14	ab
3		3,74 ± 0,44	a	1,88 ± 0,32	b	2,85 ± 0,09	ab
6		2,35 ± 0,33	b	2,16 ± 0,17	ab	3,04 ± 0,24	a
12		2,88 ± 0,22	ab	3,02 ± 0,28	a	1,98 ± 0,20	b
24		3,77 ± 0,24	a	2,94 ± 0,09	a	3,25 ± 0,22	a
\bar{x}_{mT}		3,09 ± 0,15	CD	2,59 ± 0,12	C	2,76 ± 0,11	B
250 _{mT}		0,5	3,15 ± 0,33	abc	2,54 ± 0,18	a	4,03 ± 0,07
	1	3,88 ± 0,25	a	3,65 ± 0,29	a	2,36 ± 0,04	bc
	3	3,59 ± 0,16	ab	3,40 ± 0,30	a	2,10 ± 0,26	c
	6	2,64 ± 0,14	bc	3,17 ± 0,31	a	2,31 ± 0,25	bc
	12	2,31 ± 0,19	c	3,45 ± 0,24	a	3,15 ± 0,28	ab
	24	2,58 ± 0,33	bc	3,45 ± 0,30	a	3,57 ± 0,29	a
	\bar{x}_{mT}	3,02 ± 0,15	CD	3,28 ± 0,12	A	2,92 ± 0,17	AB
	350 _{mT}	0,5	3,89 ± 0,22	a	2,87 ± 0,20	bc	1,92 ± 0,09
1		3,65 ± 0,17	ab	2,75 ± 0,49	c	1,68 ± 0,16	a
3		3,19 ± 0,18	ab	3,54 ± 0,29	abc	2,39 ± 0,18	a
6		3,03 ± 0,07	b	3,50 ± 0,21	abc	2,27 ± 0,13	a
12		3,00 ± 0,19	b	4,03 ± 0,14	ab	2,55 ± 0,21	a
24		3,01 ± 0,18	b	4,22 ± 0,23	a	1,98 ± 0,33	a
\bar{x}_{mT}		3,29 ± 0,10	BC	3,49 ± 0,15	A	2,13 ± 0,10	C
\bar{x}_h		0,5	3,59 ± 0,16	a	2,84 ± 0,13	a	2,73 ± 0,17
	1	3,54 ± 0,15	a	2,83 ± 0,13	a	2,49 ± 0,14	a
	3	3,55 ± 0,15	a	3,09 ± 0,16	a	2,48 ± 0,12	a
	6	3,02 ± 0,14	a	2,98 ± 0,13	a	2,59 ± 0,13	a
	12	3,10 ± 0,15	a	3,09 ± 0,14	a	2,63 ± 0,14	a
	24	3,17 ± 0,14	a	3,16 ± 0,15	a	2,93 ± 0,17	a

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x}_{mT} - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x}_h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

U odnosu na kontrolu, tretmani 250 mT i 350 mT imali su veći sadržaj N za 19,7 % odnosno 27,4 %. Također, u odnosu na tretman 100 mT, tretmani 250 i 350 mT imali su veće vrijednosti za 19,3 % i 26,9 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

Prosječan sadržaj N kod kultivara Rivendel iznosio je 2,8 % (tablica 13.).

Kod jakosti 50 mT najveći sadržaj N zabilježen je kod tretmana 24 h, dok je tretman 0,5 h imao 31,3 % manju vrijednost. Pri jakosti 100 i 350 mT nije utvrđena značajna razlika u sadržaju N između pojedinih vremena izloženosti. Kod jakosti 150 mT najveći sadržaj N utvrđen je pri tretmanu 24 h, dok je najmanja vrijednost dobivena kod tretmana 12 h. U odnosu na tretmane 0,5, 6 i 24 h, tretman 12 h imao je značajno manji sadržaj N, pri čemu su razlike iznosile 32-39 %. Pri jakosti 250 mT najveći sadržaj N dobiven je pri tretmanu 0,5 h, dok su tretmani 1, 3 i 6 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 41-48 %. Najmanji sadržaj N utvrđen je kod tretmana 3 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, sadržaj N značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. Najveći sadržaj N utvrđen je pri tretmanu 100 mT, dok je najmanja vrijednost dobivena kod kontrole. U odnosu na kontrolu, tretmani 50, 100, 150 i 250 mT imali su veći sadržaj N, pri čemu su razlike iznosile 47-75 %. Također, u odnosu na tretman 350 mT, tretmani 50, 100 i 250 mT imali su veći sadržaj N za 34-55 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

3.3.2 Fosfor

Prosječan sadržaj fosfora (P) kod kultivara Apolo iznosio je 0,62 % (tablica 14.).

Kod jakosti MP 50 mT najveći sadržaj P utvrđen je kod tretmana 3 h, dok je tretman 1 h imao značajno manju vrijednost, pri čemu je razlika iznosila 17,1 %. Pri jakosti MP 100 mT najveći sadržaj P dobiven je pri tretmanu 0,5 h, dok je najmanja vrijednost utvrđena pri tretmanu 24 h. U odnosu na tretmane 0,5, 1 i 3 h, tretman 24 h imao je značajno manji sadržaj P, pri čemu su razlike iznosile 18-22 %. Kod jakosti MP 150 mT najveći sadržaj P utvrđen je pri tretmanu 3 h, dok su tretmani 1 i 12 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile oko 26 %. Pri jakosti MP 250 mT utvrđena je značajna razlika između tretmana s najvećom (3 h) i najmanjom (6 i 12 h) vrijednošću sadržaja P, uz razliku 23 %. Kod jakosti MP 350 mT najveći sadržaj P dobiven je pri tretmanu 3 h, dok su tretmani 6, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti (15-21 %). Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 24 h.

Tablica 14. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na sadržaj P (%).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
Kontrola		0,46 ± 0,01	D	0,43 ± 0,01	D	0,36 ± 0,01	C
50 mT	0,5	0,67 ± 0,02	ab	0,51 ± 0,04	a	0,48 ± 0,02	abc
	1	0,63 ± 0,02	b	0,46 ± 0,02	a	0,56 ± 0,01	a
	3	0,76 ± 0,01	a	0,58 ± 0,04	a	0,43 ± 0,03	bc
	6	0,71 ± 0,03	ab	0,51 ± 0,03	a	0,37 ± 0,01	c
	12	0,74 ± 0,04	ab	0,47 ± 0,03	a	0,50 ± 0,02	ab
	24	0,65 ± 0,04	ab	0,51 ± 0,04	a	0,57 ± 0,05	a
	\bar{x} mT	0,69 ± 0,01	A	0,51 ± 0,01	BC	0,49 ± 0,02	B
100 mT	0,5	0,67 ± 0,01	a	0,46 ± 0,03	a	0,63 ± 0,02	a
	1	0,63 ± 0,02	a	0,44 ± 0,03	a	0,57 ± 0,04	ab
	3	0,63 ± 0,03	a	0,53 ± 0,01	a	0,53 ± 0,04	ab
	6	0,59 ± 0,01	ab	0,51 ± 0,03	a	0,62 ± 0,05	ab
	12	0,60 ± 0,03	ab	0,46 ± 0,04	a	0,50 ± 0,02	ab
	24	0,52 ± 0,02	b	0,41 ± 0,03	a	0,47 ± 0,03	b
	\bar{x} mT	0,60 ± 0,01	BC	0,47 ± 0,01	CD	0,55 ± 0,02	A
150 mT	0,5	0,57 ± 0,02	ab	0,51 ± 0,03	a	0,50 ± 0,03	a
	1	0,49 ± 0,03	b	0,49 ± 0,03	a	0,46 ± 0,03	a
	3	0,66 ± 0,03	a	0,36 ± 0,02	b	0,42 ± 0,02	a
	6	0,53 ± 0,05	ab	0,35 ± 0,02	b	0,47 ± 0,02	a
	12	0,49 ± 0,02	b	0,51 ± 0,02	a	0,41 ± 0,02	a
	24	0,63 ± 0,03	a	0,44 ± 0,02	ab	0,42 ± 0,02	a
	\bar{x} mT	0,56 ± 0,02	C	0,44 ± 0,02	D	0,45 ± 0,01	B
250 mT	0,5	0,66 ± 0,05	ab	0,46 ± 0,01	b	0,51 ± 0,01	a
	1	0,66 ± 0,03	ab	0,60 ± 0,04	a	0,42 ± 0,02	ab
	3	0,74 ± 0,04	a	0,56 ± 0,02	ab	0,35 ± 0,02	b
	6	0,57 ± 0,01	b	0,57 ± 0,03	ab	0,41 ± 0,02	ab
	12	0,57 ± 0,04	b	0,56 ± 0,01	ab	0,47 ± 0,03	a
	24	0,63 ± 0,05	ab	0,54 ± 0,03	ab	0,50 ± 0,03	a
	\bar{x} mT	0,64 ± 0,02	AB	0,55 ± 0,01	AB	0,44 ± 0,01	B
350 mT	0,5	0,65 ± 0,01	ab	0,53 ± 0,02	a	0,41 ± 0,02	ab
	1	0,60 ± 0,01	abc	0,57 ± 0,05	a	0,36 ± 0,02	b
	3	0,67 ± 0,04	a	0,60 ± 0,03	a	0,46 ± 0,01	a
	6	0,57 ± 0,02	bc	0,63 ± 0,01	a	0,43 ± 0,01	ab
	12	0,54 ± 0,01	c	0,62 ± 0,01	a	0,49 ± 0,02	a
	24	0,53 ± 0,02	c	0,65 ± 0,03	a	0,45 ± 0,04	ab
	\bar{x} mT	0,59 ± 0,01	BC	0,60 ± 0,01	A	0,43 ± 0,01	B
\bar{x} h	0,5	0,61 ± 0,02	ab	0,48 ± 0,01	a	0,48 ± 0,02	a
	1	0,58 ± 0,02	ab	0,50 ± 0,02	a	0,45 ± 0,02	a
	3	0,65 ± 0,02	a	0,51 ± 0,02	a	0,42 ± 0,02	a
	6	0,57 ± 0,02	b	0,50 ± 0,02	a	0,44 ± 0,02	a
	12	0,57 ± 0,02	b	0,51 ± 0,02	a	0,45 ± 0,01	a
	24	0,57 ± 0,02	b	0,50 ± 0,02	a	0,46 ± 0,02	a

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x} mT - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x} h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, sadržaj P značajno se razlikovao ($p < 0,05$) između pojedinih jakosti MP. Svi tretmani magnetskim poljem imali su značajno veći sadržaj P u odnosu na kontrolu. Najveća vrijednost utvrđena je kod tretmana 50 mT, koji je imao 50 % veći sadržaj P u odnosu na kontrolu. Također, tretman 250 mT imao je 39,1 % veći sadržaj P u odnosu na kontrolu, dok su tretmani 100, 150 i 350 mT imali veće vrijednosti za 22-30 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP najveći sadržaj P utvrđen je pri tretmanu 3 h, dok su tretmani 6, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 12,3 %.

Prosječan sadržaj fosfora kod kultivara Jura iznosio je 0,51 % (tablica 14.).

Kod jakosti MP 50, 100 i 350 mT nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti. Pri jakosti MP 150 mT najveći sadržaj P utvrđen je pri tretmanima 0,5 i 12 h, dok su tretmani 3 i 6 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 26-31 %. Također, u odnosu na tretman 1 h, tretmani 3 i 6 h imali su manji sadržaj P za 27 % odnosno 29 %. Pri jakosti 250 mT najveći sadržaj P utvrđen je pri tretmanu 1 h, dok je najmanja vrijednost utvrđena pri tretmanu 0,5 h, pri čemu je razlika iznosila 23,3 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, sadržaj P značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. Tretman 350 mT imao je veći sadržaj P u odnosu na kontrolu te tretmane 100 i 150 mT, pri čemu su razlike iznosile 16-27 %. Tretman 250 mT također je imao veći sadržaj P u odnosu na kontrolu i tretmane 100 i 150 mT, pri čemu su razlike iznosile 12-20 %. Također, tretman 50 mT imao je 14,6 % veći sadržaj P u odnosu na kontrolu.

U prosjeku za ispitivane jakosti MP nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

Prosječan sadržaj fosfora kod kultivara Rivendel iznosio je 0,47 % (tablica 14.).

Kod jakosti magnetskog polja 50 mT najveći sadržaj P dobiven je pri tretmanu 24 h, dok je najmanja vrijednost dobivena pri tretmanu 6 h. U odnosu na tretmane 1 i 24 h, tretmani 3 i 6 h imali su značajno manji sadržaj P, pri čemu su razlike iznosile 23-35 %. Također, tretman 6 h imao je 26 % manji sadržaj P u odnosu na tretman 12 h. Pri jakosti MP 150 mT nije utvrđena značajna razlika u sadržaju P između pojedinih vremena izloženosti. Kod jakosti MP 250 mT tretman 3 h imao je značajno manju vrijednost u odnosu na tretmane 0,5, 12 i 24 h, pri čemu su razlike iznosile 26-31 %. Kod jakosti MP 350 mT najveći sadržaj P utvrđen je pri tretmanu 12 h, dok je najmanja vrijednost dobivena kod tretmana 1 h. U odnosu na tretmane 3 i 12 h, tretman 1 h imao je značajno manji sadržaj P, a razlike su iznosile 22 % i 27 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena, sadržaj P značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. Najveći sadržaj P zabilježen je pri tretmanu 100 mT, dok je najmanja vrijednost zabilježena kod kontrole. U odnosu na kontrolu, svi tretmani MP imali su veći sadržaj P, pri čemu su razlike iznosile 19-53 %. Tretman 100 mT imao je najveću vrijednost te je u odnosu na tretmane 50, 150, 250 i 350 mT imao 12-28 % veći sadržaj P. U prosjeku za ispitivane jakosti MP nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

3.3.3 Kalij

Prosječan sadržaj kalija (K) kod kultivara Apolo iznosio je 4,76 % (tablica 15.).

Kod jakosti MP 50 i 350 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju K. Pri jakosti 100 mT najveći sadržaj K dobiven je pri tretmanu 0,5 h, dok su tretmani 3, 6, 12 i 24 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 19-29 %. Najmanji sadržaj K utvrđen je pri tretmanu 24 h, koji je imao 20,6 % manju vrijednost u odnosu na tretman 1 h. Kod jakosti 150 mT najmanja vrijednost dobivena je pri tretmanu 6 h, koji je imao 32,2 % i 30,5 % manji sadržaj K u odnosu na tretmane 3 i 24 h. Kod jakosti MP 250 mT najveći sadržaj K dobiven je pri tretmanu 3 h, dok je najmanja vrijednost dobivena kod tretmana 12 h. U odnosu na tretman 3 h, tretman 12 h imao je 27,9 % manji sadržaj K, dok je u odnosu na tretman 1 h razlika iznosila 25,5 %. Pri jakosti 350 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju K.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, sadržaj K značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. Najveći sadržaj K utvrđen je kod tretmana 50 mT, koji je imao 48,6 % veću vrijednost u odnosu na kontrolu. Također, tretmani 100 i 350 mT imali su veći sadržaj K u odnosu na kontrolu, za 20,2 % i 14 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP sadržaj K značajno se razlikovao između pojedinih vremena izloženosti. U odnosu na tretman 3 h, tretman 6 h imao je 14,3 % manji sadržaj K.

Prosječan sadržaj kalija kod kultivara Jura iznosio je 4,11 % (tablica 15.).

Kod jakosti MP 50, 100 i 250 mT nije utvrđena značajna razlika u sadržaju K između pojedinih vremena izloženosti. Kod jakosti 150 mT najveći sadržaj K dobiven je pri tretmanima 0,5 i 12 h, dok su tretmani 3 i 6 h imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 28-33 %. Kod jakosti MP 350 mT najveći sadržaj K dobiven je kod tretmana 24 h, dok su tretmani 0,5 i 1 h imali značajno manje vrijednosti, približno 22 %.

Tablica 15. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na sadržaj K (%).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
	Kontrola	3,93 ± 0,09	C	3,64 ± 0,07	C	2,76 ± 0,09	D
50 mT	0,5	5,89 ± 0,22	a	4,45 ± 0,29	a	3,60 ± 0,25	a
	1	5,50 ± 0,11	a	3,89 ± 0,22	a	4,34 ± 0,11	a
	3	6,41 ± 0,13	a	4,55 ± 0,31	a	3,52 ± 0,31	a
	6	5,81 ± 0,28	a	4,02 ± 0,24	a	3,50 ± 0,07	a
	12	5,68 ± 0,28	a	3,81 ± 0,24	a	3,92 ± 0,31	a
	24	5,77 ± 0,17	a	4,28 ± 0,29	a	4,41 ± 0,28	a
	\bar{x} mT	5,84 ± 0,10	A	4,17 ± 0,11	AB	3,88 ± 0,12	B
100 mT	0,5	5,72 ± 0,16	a	3,68 ± 0,28	a	4,82 ± 0,26	a
	1	5,15 ± 0,20	ab	3,50 ± 0,27	a	4,09 ± 0,25	a
	3	4,63 ± 0,25	bc	4,44 ± 0,10	a	3,98 ± 0,35	a
	6	4,30 ± 0,15	bc	4,30 ± 0,28	a	4,62 ± 0,27	a
	12	4,43 ± 0,29	bc	3,56 ± 0,25	a	4,39 ± 0,16	a
	24	4,09 ± 0,16	c	3,63 ± 0,22	a	4,17 ± 0,35	a
	\bar{x} mT	4,72 ± 0,14	B	3,85 ± 0,12	BC	4,35 ± 0,12	A
150 mT	0,5	4,33 ± 0,15	ab	4,17 ± 0,23	a	4,11 ± 0,21	a
	1	3,96 ± 0,23	ab	3,71 ± 0,14	ab	3,86 ± 0,26	a
	3	5,10 ± 0,59	a	2,85 ± 0,20	b	3,86 ± 0,17	a
	6	3,46 ± 0,32	b	3,04 ± 0,15	b	4,06 ± 0,22	a
	12	4,03 ± 0,19	ab	4,31 ± 0,27	a	3,46 ± 0,26	a
	24	4,98 ± 0,31	a	3,50 ± 0,23	ab	4,21 ± 0,31	a
	\bar{x} mT	4,31 ± 0,17	BC	3,60 ± 0,13	C	3,93 ± 0,10	AB
250 mT	0,5	4,50 ± 0,34	ab	3,71 ± 0,12	a	5,19 ± 0,16	a
	1	4,99 ± 0,28	a	4,69 ± 0,30	a	3,75 ± 0,14	bc
	3	5,16 ± 0,26	a	4,28 ± 0,22	a	3,47 ± 0,14	c
	6	4,13 ± 0,09	ab	4,44 ± 0,18	a	3,48 ± 0,20	c
	12	3,72 ± 0,20	b	4,51 ± 0,24	a	4,36 ± 0,28	abc
	24	4,11 ± 0,18	ab	4,46 ± 0,25	a	4,47 ± 0,32	ab
	\bar{x} mT	4,44 ± 0,14	BC	4,35 ± 0,10	A	4,12 ± 0,15	AB
350 mT	0,5	4,84 ± 0,26	a	4,05 ± 0,24	b	3,35 ± 0,04	ab
	1	4,80 ± 0,16	a	4,06 ± 0,38	b	2,75 ± 0,21	b
	3	4,62 ± 0,25	a	4,40 ± 0,22	ab	3,54 ± 0,15	ab
	6	3,93 ± 0,14	a	4,66 ± 0,04	ab	3,51 ± 0,07	ab
	12	4,23 ± 0,22	a	4,99 ± 0,07	ab	3,77 ± 0,18	a
	24	4,49 ± 0,18	a	5,23 ± 0,18	a	3,17 ± 0,29	ab
	\bar{x} mT	4,48 ± 0,10	B	4,56 ± 0,12	A	3,35 ± 0,09	C
\bar{x} h	0,5	4,87 ± 0,17	ab	3,95 ± 0,10	a	3,97 ± 0,19	a
	1	4,72 ± 0,14	ab	3,92 ± 0,12	a	3,59 ± 0,15	a
	3	4,97 ± 0,20	a	4,03 ± 0,15	a	3,52 ± 0,12	a
	6	4,26 ± 0,17	b	4,02 ± 0,13	a	3,65 ± 0,14	a
	12	4,34 ± 0,16	ab	4,14 ± 0,13	a	3,77 ± 0,15	a
	24	4,56 ± 0,15	ab	4,12 ± 0,15	a	3,87 ± 0,17	a

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x} mT - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x} h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, sadržaj K značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. Najveći sadržaj K dobiven je pri tretmanu 350 mT, dok je najmanja vrijednost zabilježena kod MP 150 mT. Tretmani 50, 250 i 350 mT imali su veći sadržaj K u odnosu na kontrolu te tretmane 100 i 150 mT, s razlikama od 8 do 27 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju K.

Prosječan sadržaj kalija kod kultivara Rivendel iznosio je 3,92 % (tablica 15.).

Pri jakosti MP 50, 100 i 150 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju K. Kod jakosti 250 mT najveći sadržaj K dobiven je kod tretmana 0,5 h, dok je najmanja vrijednost dobivena kod tretmana 3 h. U odnosu na tretman 0,5 h, tretmani 1, 3 i 6 h imali su značajno manji sadržaj K, pri čemu su razlike iznosile 28-33 %. Također, tretmani 3 i 6 h imali su manji sadržaj K u odnosu na tretman 24 h, pri čemu su razlike iznosile oko 22 %. Pri jakosti MP 350 mT najveći sadržaj K dobiven je pri tretmanu 12 h, dok je tretman 1 h imao 27,1 % manji sadržaj K.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena MP, svi tretmani magnetskim poljem imali su značajno veći sadržaj K u odnosu na kontrolu. Najveći sadržaj K dobiven je kod tretmana 100 mT, koji je imao 57,6 % veću vrijednost u odnosu na kontrolu. Tretmani 150 i 250 mT također su imali veći sadržaj K u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT, pri čemu su razlike iznosile 17-49 %. Tretman 50 mT imao je 40,6 % veći sadržaj K u odnosu na kontrolu, dok je tretman 350 mT imao 21,4 % veću vrijednost. U prosjeku za ispitivane jakosti MP između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju K.

3.3.4 Kalcij

Prosječan sadržaj kalcija (Ca) kod kultivara Apolo iznosio je 1,54 % (tablica 16.).

Kod jakosti MP 50 mT najveći sadržaj Ca dobiven je kod tretmana 3 h, dok su tretmani 0,5 i 1 h imali manji sadržaj Ca, za 11,2 % i 10,7 %. Pri jakosti 100 mT najveći sadržaj Ca utvrđen je pri tretmanu 0,5 h, dok su tretmani 1, 12 i 24 h imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 9-21 %. Također, tretman 24 h imao je manji sadržaj Ca u odnosu na tretmane 1 i 12 h, za 13,5 % i 12,9 %. Kod jakosti MP 150 mT najveći sadržaj Ca dobiven je pri tretmanu 24 h, dok su tretmani 6 i 12 h imali 13,5 % manju vrijednost. Pri jakosti MP 250 mT najveći sadržaj Ca utvrđen je pri tretmanu 3 h, dok su tretmani 12 i 24 h imali manji sadržaj Ca, za 11 % i 12,2 %.

Tablica 16. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na sadržaj Ca (%).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
Kontrola		1,56 ± 0,02	B	1,42 ± 0,01	AB	1,17 ± 0,01	B
50 mT	0,5	1,58 ± 0,04	b	1,32 ± 0,03	ab	1,24 ± 0,02	abc
	1	1,59 ± 0,03	b	1,36 ± 0,02	ab	1,39 ± 0,02	a
	3	1,78 ± 0,02	a	1,46 ± 0,04	a	1,17 ± 0,06	bc
	6	1,72 ± 0,04	ab	1,40 ± 0,02	ab	1,11 ± 0,05	c
	12	1,69 ± 0,05	ab	1,30 ± 0,03	b	1,27 ± 0,03	abc
	24	1,61 ± 0,04	ab	1,33 ± 0,04	ab	1,32 ± 0,05	ab
	\bar{x}_{mT}	1,66 ± 0,02	A	1,36 ± 0,02	BC	1,25 ± 0,02	B
100 mT	0,5	1,71 ± 0,03	a	1,35 ± 0,06	ab	1,60 ± 0,02	a
	1	1,56 ± 0,04	b	1,37 ± 0,06	a	1,37 ± 0,04	bc
	3	1,63 ± 0,02	ab	1,42 ± 0,02	a	1,23 ± 0,05	c
	6	1,59 ± 0,04	ab	1,34 ± 0,05	ab	1,34 ± 0,06	bc
	12	1,55 ± 0,02	b	1,26 ± 0,05	ab	1,48 ± 0,02	ab
	24	1,35 ± 0,02	c	1,15 ± 0,06	b	1,36 ± 0,05	bc
	\bar{x}_{mT}	1,57 ± 0,03	B	1,31 ± 0,03	C	1,40 ± 0,03	A
150 mT	0,5	1,45 ± 0,05	ab	1,33 ± 0,06	a	1,46 ± 0,04	a
	1	1,43 ± 0,05	ab	1,35 ± 0,06	a	1,38 ± 0,05	a
	3	1,60 ± 0,02	ab	1,09 ± 0,02	c	1,35 ± 0,07	a
	6	1,41 ± 0,05	b	1,11 ± 0,04	bc	1,50 ± 0,04	a
	12	1,41 ± 0,05	b	1,32 ± 0,02	ab	1,33 ± 0,05	a
	24	1,63 ± 0,06	a	1,16 ± 0,06	abc	1,49 ± 0,06	a
	\bar{x}_{mT}	1,49 ± 0,03	BC	1,23 ± 0,03	D	1,42 ± 0,02	A
250 mT	0,5	1,56 ± 0,05	ab	1,45 ± 0,02	b	1,59 ± 0,07	a
	1	1,58 ± 0,04	ab	1,46 ± 0,02	b	1,43 ± 0,06	abc
	3	1,64 ± 0,03	a	1,49 ± 0,03	ab	1,35 ± 0,03	bc
	6	1,60 ± 0,06	ab	1,62 ± 0,02	a	1,27 ± 0,03	c
	12	1,46 ± 0,03	b	1,47 ± 0,03	b	1,45 ± 0,07	abc
	24	1,44 ± 0,02	b	1,47 ± 0,04	b	1,53 ± 0,05	ab
	\bar{x}_{mT}	1,55 ± 0,02	B	1,49 ± 0,02	A	1,44 ± 0,03	A
350 mT	0,5	1,47 ± 0,02	a	1,33 ± 0,04	a	1,35 ± 0,02	abc
	1	1,43 ± 0,04	ab	1,44 ± 0,08	a	1,18 ± 0,04	c
	3	1,53 ± 0,03	a	1,35 ± 0,02	a	1,48 ± 0,05	ab
	6	1,43 ± 0,02	ab	1,41 ± 0,06	a	1,52 ± 0,04	a
	12	1,45 ± 0,03	ab	1,44 ± 0,02	a	1,43 ± 0,02	ab
	24	1,33 ± 0,03	b	1,40 ± 0,04	a	1,35 ± 0,05	bc
	\bar{x}_{mT}	1,44 ± 0,02	C	1,39 ± 0,02	BC	1,38 ± 0,03	A
\bar{x}_h	0,5	1,55 ± 0,02	ab	1,37 ± 0,02	a	1,40 ± 0,04	a
	1	1,52 ± 0,02	ab	1,40 ± 0,02	a	1,32 ± 0,03	a
	3	1,62 ± 0,02	a	1,37 ± 0,03	a	1,29 ± 0,03	a
	6	1,55 ± 0,03	ab	1,38 ± 0,03	a	1,32 ± 0,04	a
	12	1,52 ± 0,03	b	1,37 ± 0,02	a	1,36 ± 0,03	a
	24	1,49 ± 0,03	b	1,32 ± 0,03	a	1,37 ± 0,03	a

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x}_{mT} - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x}_h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

Kod jakosti 350 mT najmanji sadržaj Ca dobiven je kod tretmana 24 h, koji je imao 9,5 % i 13,1 % manju vrijednost u odnosu na tretmane 0,5 i 3 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena MP, između pojedinih jakosti magnetskog polja utvrđena je značajna razlika u sadržaju Ca. Najveći sadržaj Ca dobiven je kod tretmana 50 mT, koji je imao veće vrijednosti u odnosu na kontrolu te tretmane 100, 150, 250 i 350 mT, pri čemu su razlike iznosile 6-15 %. Tretman 350 mT imao je manji sadržaj Ca u odnosu na kontrolu te tretmane 100 i 250 mT, za 7-8 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP sadržaj Ca značajno se razlikovao između pojedinih vremena izloženosti. Najveći sadržaj Ca dobiven je pri tretmanu 3 h, dok je najmanja vrijednost dobivena pri tretmanu 24 h, uz razliku 8 %.

Prosječan sadržaj kalcija kod kultivara Jura iznosio je 1,36 % (tablica 16.).

Kod jakosti MP 50 mT tretman 12 h imao je 11 % manji sadržaj Ca u odnosu na tretman 3 h. Pri jakosti 100 mT tretman 24 h imao je manji sadržaj Ca u odnosu na tretmane 1 i 3 h, za 16,1 % i 19 %. Kod jakosti 150 mT najveći sadržaj Ca dobiven je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 3 i 6 h imali manje vrijednosti. U odnosu na 0,5 i 1 h, tretmani 3 i 6 h imali su 16-19 % manji sadržaj Ca. Također, tretman 3 h imao je 17,4 % manju vrijednost u odnosu na tretman 12 h. Pri jakosti MP 250 mT najveći sadržaj Ca dobiven je pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 0,5, 1, 12 i 24 h imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile oko 9-11 %. Kod jakosti 350 mT nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena MP, utvrđena je značajna razlika u sadržaju Ca između pojedinih jakosti MP. Najveći sadržaj Ca dobiven je pri tretmanu 250 mT, koji je imao 7-21 % veće vrijednosti u odnosu na ostale tretmane MP. U odnosu na kontrolu, značajno manji sadržaj Ca utvrđen je pri tretmanima 100 i 150 mT, dok su razlike iznosile 7,7 % i 13,4 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju Ca.

Prosječan sadržaj kalcija kod kultivara Rivendel iznosio je 1,38 % (tablica 16.).

Kod jakosti MP 50 mT najveći sadržaj Ca dobiven je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 3 i 6 h imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 16-20 %. Također, tretman 6 h imao je 15,9 % manji sadržaj Ca u odnosu na tretman 24 h. Pri jakosti MP 100 mT najveći sadržaj Ca dobiven je pri tretmanu 0,5 h, dok su tretmani 1, 3, 6 i 24 h imali manje vrijednosti, uz razlike 14-23 %. Tretman 3 h imao je 9,6 % manji sadržaj Ca u odnosu na tretman 24 h. Kod jakosti MP 150 mT nije utvrđena značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti.

Pri jakosti MP 250 mT tretmani 3 i 6 h imali su manji sadržaj Ca u odnosu na tretman 0,5 h, za 15-20 %, dok je tretman 6 h imao 17 % manju vrijednost u odnosu na tretman 24 h. Kod jakosti MP 350 mT najveći sadržaj Ca dobiven je pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 1 i 24 h imali manje vrijednosti, za 22,4 % i 11,2 %. Tretman 1 h imao je manji sadržaj Ca i u odnosu na tretmane 3 i 12 h, pri čemu su razlike iznosile 20,3 % i 17,5 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, između pojedinih jakosti MP utvrđena je značajna razlika u sadržaju Ca. Značajno veći sadržaj Ca dobiven je pri tretmanima 100, 150, 250 i 350 mT u odnosu na kontrolu i tretman 50 mT. U odnosu na kontrolu, koja je imala najmanji sadržaj Ca, razlike su iznosile 18-23 %, dok su u odnosu na tretman 50 mT razlike iznosile 10-15 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju Ca.

3.3.5 Magnezij

Prosječan sadržaj magnezija (Mg) kod kultivara Apolo iznosio je 0,50 % (tablica 17.).

Kod jakosti 50 mT tretman 0,5 h imao je 15,5 % manji sadržaj Mg u odnosu na tretman 3 h. Pri jakosti MP 100 mT najveći sadržaj Mg dobiven je pri tretmanu 0,5 h, dok su tretmani 3 h, 6, 12 i 24 h imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 15-18 %. Također, tretmani 3, 12 i 24 h imali su 12,5 % manji sadržaj Mg u odnosu na tretman 1 h. Kod jakosti MP 150 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju Mg. Pri jakosti 250 mT najveći sadržaj Mg dobiven je kod tretmana 1 h, dok je najmanja vrijednost dobivena kod tretmana 12 h. U odnosu na tretman 1 h, tretmani 0,5, 3, 12 i 24 h imali su manji sadržaj Mg, pri čemu su razlike iznosile 14-25 %. Također, tretman 12 h imao je 15,7 % manji sadržaj Mg u odnosu na tretman 6 h. Kod jakosti MP 350 mT najveći sadržaj Mg dobiven je pri tretmanu 12 h, dok su najmanje vrijednosti utvrđene pri tretmanima 3 i 6 h. U odnosu na tretman 12 h, razlike su iznosile 23,5 % kod tretmana 3 h i 27,5 % kod tretmana 6 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, sadržaj Mg značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. Tretmani 50 i 100 mT imali su veći sadržaj Mg u odnosu na kontrolu te tretmane 150, 250 i 350 mT. U odnosu na kontrolu, razlike su iznosile 28,6 % kod tretmana 50 mT te 23,8 % kod tretmana 100 mT. Također, tretmani 150 i 250 mT imali su 14,3 % veći sadržaj Mg u odnosu na kontrolu. U prosjeku za ispitivane jakosti MP između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju Mg.

Prosječan sadržaj magnezija kod kultivara Jura iznosio je 0,45 % (tablica 17.).

Tablica 17. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na koncentraciju Mg (%).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
Kontrola		0,42 ± 0,01	C	0,44 ± 0,00	B	0,37 ± 0,01	D
50 mT	0,5	0,49 ± 0,02	b	0,40 ± 0,01	a	0,38 ± 0,02	a
	1	0,53 ± 0,02	ab	0,43 ± 0,01	a	0,45 ± 0,01	a
	3	0,58 ± 0,01	a	0,42 ± 0,02	a	0,42 ± 0,02	a
	6	0,54 ± 0,01	ab	0,44 ± 0,01	a	0,43 ± 0,01	a
	12	0,55 ± 0,02	ab	0,40 ± 0,02	a	0,42 ± 0,03	a
	24	0,53 ± 0,02	ab	0,39 ± 0,02	a	0,46 ± 0,03	a
	\bar{x}_{mT}	0,54 ± 0,01	A	0,41 ± 0,01	B	0,42 ± 0,01	C
100 mT	0,5	0,60 ± 0,01	a	0,37 ± 0,01	b	0,54 ± 0,02	a
	1	0,56 ± 0,02	ab	0,36 ± 0,02	b	0,48 ± 0,02	ab
	3	0,49 ± 0,01	c	0,46 ± 0,01	a	0,43 ± 0,02	b
	6	0,51 ± 0,01	bc	0,46 ± 0,01	a	0,44 ± 0,01	b
	12	0,49 ± 0,02	c	0,40 ± 0,02	ab	0,47 ± 0,02	ab
	24	0,49 ± 0,01	c	0,38 ± 0,01	b	0,48 ± 0,02	ab
	\bar{x}_{mT}	0,52 ± 0,01	A	0,40 ± 0,01	B	0,47 ± 0,01	A
150 mT	0,5	0,46 ± 0,01	a	0,38 ± 0,02	b	0,48 ± 0,01	a
	1	0,50 ± 0,03	a	0,42 ± 0,02	b	0,47 ± 0,02	a
	3	0,49 ± 0,01	a	0,35 ± 0,01	b	0,45 ± 0,03	a
	6	0,45 ± 0,02	a	0,37 ± 0,02	b	0,49 ± 0,02	a
	12	0,50 ± 0,02	a	0,53 ± 0,02	a	0,44 ± 0,01	a
	24	0,49 ± 0,02	a	0,43 ± 0,02	b	0,50 ± 0,02	a
	\bar{x}_{mT}	0,48 ± 0,01	B	0,41 ± 0,01	B	0,47 ± 0,01	A
250 mT	0,5	0,49 ± 0,02	bc	0,46 ± 0,01	a	0,48 ± 0,01	a
	1	0,57 ± 0,02	a	0,52 ± 0,02	a	0,43 ± 0,01	ab
	3	0,45 ± 0,01	bc	0,48 ± 0,01	a	0,40 ± 0,02	b
	6	0,51 ± 0,02	ab	0,52 ± 0,02	a	0,40 ± 0,02	b
	12	0,43 ± 0,01	c	0,53 ± 0,01	a	0,44 ± 0,01	ab
	24	0,44 ± 0,01	bc	0,48 ± 0,02	a	0,44 ± 0,01	ab
	\bar{x}_{mT}	0,48 ± 0,01	B	0,50 ± 0,01	A	0,43 ± 0,01	BC
350 mT	0,5	0,48 ± 0,01	a	0,48 ± 0,02	ab	0,45 ± 0,02	ab
	1	0,48 ± 0,02	a	0,45 ± 0,04	b	0,40 ± 0,01	b
	3	0,39 ± 0,02	b	0,53 ± 0,01	ab	0,50 ± 0,02	a
	6	0,37 ± 0,01	b	0,54 ± 0,02	ab	0,52 ± 0,02	a
	12	0,51 ± 0,01	a	0,57 ± 0,01	a	0,46 ± 0,03	ab
	24	0,49 ± 0,01	a	0,52 ± 0,03	ab	0,46 ± 0,02	ab
	\bar{x}_{mT}	0,45 ± 0,01	BC	0,51 ± 0,01	A	0,47 ± 0,01	AB
\bar{x}_h	0,5	0,49 ± 0,01	a	0,42 ± 0,01	b	0,45 ± 0,01	a
	1	0,51 ± 0,01	a	0,44 ± 0,01	ab	0,43 ± 0,01	a
	3	0,47 ± 0,01	a	0,44 ± 0,01	ab	0,43 ± 0,01	a
	6	0,47 ± 0,01	a	0,46 ± 0,01	ab	0,44 ± 0,01	a
	12	0,48 ± 0,01	a	0,48 ± 0,02	a	0,43 ± 0,01	a
	24	0,48 ± 0,01	a	0,44 ± 0,01	ab	0,45 ± 0,01	a

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x}_{mT} - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x}_h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

Kod jakosti MP 50 i 250 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju Mg. Pri jakosti MP 100 mT najveći sadržaj Mg dobiven je pri tretmanima 3 i 6 h, dok su tretmani 0,5, 1 i 24 h imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 17-22 %. Kod jakosti 150 mT najveći sadržaj Mg dobiven je pri tretmanu 12 h, dok su svi ostali tretmani imali manje vrijednosti. U odnosu na tretman 12 h, razlike su iznosile 19-34 %. Pri jakosti 350 mT tretman 1 h imao je 21,1 % manji sadržaj Mg u odnosu na tretman 12 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, sadržaj Mg značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. Najveći sadržaj Mg dobiven je pri tretmanu 350 mT, dok je najmanja vrijednost utvrđena pri tretmanu 100 mT. Tretmani 250 i 350 mT imali su veći sadržaj Mg u odnosu na kontrolu te tretmane 50, 100 i 150 mT, pri čemu su razlike iznosile 14-28 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP utvrđena je značajna razlika između pojedinih vremena izloženosti. U odnosu na tretman 12 h, tretman 0,5 h imao je 12,5 % manji sadržaj Mg.

Prosječan sadržaj magnezija kod kultivara Rivendel iznosio je 0,45 % (tablica 17.).

Kod jakosti MP 50 i 150 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju Mg. Pri jakosti 100 mT najveći sadržaj Mg dobiven je kod tretmana 0,5 h, dok su tretmani 3 i 6 h imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 20,4 % i 18,5 %. Kod jakosti 250 mT tretmani 3 i 6 h imali su 16,7 % manji sadržaj Mg u odnosu na tretman 0,5 h. Pri jakosti 350 mT tretman 1 h imao je manji sadržaj Mg u odnosu na tretmane 3 i 6 h, pri čemu su razlike iznosile 20-23 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, sadržaj Mg značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. Najveći sadržaj Mg dobiven je pri tretmanima 100 i 150 mT, dok je najmanja vrijednost utvrđena kod kontrole. Tretmani 100 i 150 mT imali su 27 % veći sadržaj Mg u odnosu na kontrolu, dok su u odnosu na tretmane 50 i 250 mT razlike iznosile 9-12 %. Tretman 350 mT također je imao veći sadržaj Mg u odnosu na kontrolu i tretman 50 mT, za 27 % i 11,9 %. Nadalje, tretman 250 mT imao je 16,2 % veći sadržaj Mg u odnosu na kontrolu. U prosjeku za ispitivane jakosti MP između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju Mg.

3.3.6 Natrij

Prosječan sadržaj natrija (Na) kod kultivara Apolo iznosio je 0,41 % (tablica 18.).

Kod jakosti 50 mT najveći sadržaj Na dobiven je pri tretmanu 1 h, dok je najmanji dobiven pri

tretmanu 12 h. U odnosu na tretmane 1 i 6 h, tretmani 3, 12 i 24 h imali su manji sadržaj Na, pri čemu su razlike iznosile 22-35 %. Također, tretmani 12 i 24 h imali su manji sadržaj Na u odnosu na tretman 0,5 h, za 21 % i 23 %. Pri jakosti MP 100 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju Na. Kod jakosti MP 150 mT najveći sadržaj Na dobiven je pri tretmanu 3 h, dok su tretmani 0,5 i 1 h imali manje vrijednosti, uz razlike od 21 i 23 %. Pri jakosti MP 250 mT najveći sadržaj dobiven je pri tretmanu 3 h, dok je najmanja vrijednost utvrđena pri tretmanu 12 h, a razlika je iznosila 33,3 %. U odnosu na tretman 3 h, tretmani 0,5, 6 i 24 h imali su manji sadržaj Na za 26-32 %. Kod jakosti MP 350 mT tretman 24 h imao je manji sadržaj Na u odnosu na tretman 6 h, uz razliku od 22,4 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, najveći sadržaj Na dobiven je pri tretmanima 250 i 350 mT, dok je najmanja vrijednost dobivena kod tretmana 100 mT. Tretmani 250 i 350 mT imali su veći sadržaj Na u odnosu na tretmane 100 i 150 mT, pri čemu su razlike iznosile 19-22 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP, sadržaj Na značajno se razlikovao između pojedinih vremena izloženosti. Najveći sadržaj dobiven je pri tretmanu 3 h, dok su tretmani 12 i 24 h imali manji sadržaj Na za 13,6 %.

Prosječan sadržaj natrija kod kultivara Jura iznosio je 0,31 % (tablica 18.).

Kod jakosti MP 50, 100, 250 i 350 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju Na. Pri jakosti MP 150 mT najveći sadržaj Na dobiven je pri tretmanu 12 h, dok je najmanja vrijednost dobivena pri tretmanu 3 h. U odnosu na tretman 12 h, tretmani 1, 3 i 6 h imali su manji sadržaj Na, pri čemu su razlike iznosile 25-44 %. Također, tretman 3 h imao je 42,9 % manji sadržaj Na u odnosu na tretman 24 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, sadržaj Na značajno se razlikovao između pojedinih jakosti MP. Najveći sadržaj dobiven je pri tretmanu 350 mT, dok je najmanji dobiven pri tretmanu 100 mT. Tretman 350 mT imao je veći sadržaj Na u odnosu na kontrolu te tretmane 50, 100 i 150 mT, pri čemu su razlike iznosile 28-32 %. Također, tretman 250 mT imao je veći sadržaj Na u odnosu na kontrolu te tretmane 50, 100 i 150 mT, uz razlike od 14-18 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP, između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju Na.

Prosječan sadržaj natrija kod kultivara Rivendel iznosio je 0,36 % (tablica 18.).

Kod jakosti MP 50 mT najveći sadržaj Na dobiven je kod tretmana 1 h, dok je najmanja vrijednost utvrđena pri tretmanu 12 h.

Tablica 18. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na sadržaj Na (%).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
Kontrola		0,41 ± 0,01	AB	0,29 ± 0,01	B	0,28 ± 0,01	B
50 mT	0,5	0,43 ± 0,03	ab	0,30 ± 0,01	a	0,38 ± 0,02	ab
	1	0,51 ± 0,02	a	0,31 ± 0,01	a	0,40 ± 0,01	a
	3	0,36 ± 0,01	bc	0,32 ± 0,02	a	0,35 ± 0,02	abc
	6	0,46 ± 0,02	a	0,30 ± 0,03	a	0,38 ± 0,01	ab
	12	0,33 ± 0,01	c	0,28 ± 0,01	a	0,30 ± 0,01	c
	24	0,34 ± 0,02	c	0,27 ± 0,02	a	0,34 ± 0,01	bc
	\bar{x}_{mT}	0,41 ± 0,02	AB	0,29 ± 0,01	B	0,36 ± 0,01	A
100 mT	0,5	0,38 ± 0,02	a	0,29 ± 0,02	a	0,37 ± 0,02	ab
	1	0,38 ± 0,02	a	0,25 ± 0,02	a	0,35 ± 0,01	ab
	3	0,38 ± 0,02	a	0,31 ± 0,02	a	0,33 ± 0,02	ab
	6	0,35 ± 0,03	a	0,27 ± 0,01	a	0,29 ± 0,01	b
	12	0,36 ± 0,02	a	0,27 ± 0,03	a	0,38 ± 0,03	a
	24	0,34 ± 0,01	a	0,27 ± 0,02	a	0,39 ± 0,01	a
	\bar{x}_{mT}	0,36 ± 0,01	B	0,28 ± 0,01	B	0,35 ± 0,01	A
150 mT	0,5	0,33 ± 0,02	b	0,28 ± 0,03	abc	0,32 ± 0,02	b
	1	0,34 ± 0,03	b	0,26 ± 0,02	bc	0,30 ± 0,02	b
	3	0,43 ± 0,01	a	0,20 ± 0,01	c	0,35 ± 0,02	ab
	6	0,38 ± 0,03	ab	0,27 ± 0,02	bc	0,32 ± 0,02	b
	12	0,36 ± 0,00	ab	0,36 ± 0,01	a	0,31 ± 0,03	b
	24	0,39 ± 0,01	ab	0,35 ± 0,03	ab	0,45 ± 0,03	a
	\bar{x}_{mT}	0,37 ± 0,01	B	0,29 ± 0,01	B	0,34 ± 0,01	A
250 mT	0,5	0,39 ± 0,02	b	0,32 ± 0,02	a	0,39 ± 0,02	ab
	1	0,47 ± 0,02	ab	0,37 ± 0,03	a	0,31 ± 0,02	b
	3	0,57 ± 0,04	a	0,34 ± 0,02	a	0,32 ± 0,02	b
	6	0,42 ± 0,02	b	0,31 ± 0,02	a	0,31 ± 0,02	b
	12	0,38 ± 0,02	b	0,33 ± 0,01	a	0,41 ± 0,03	a
	24	0,42 ± 0,02	b	0,32 ± 0,01	a	0,42 ± 0,02	a
	\bar{x}_{mT}	0,44 ± 0,02	A	0,33 ± 0,01	A	0,36 ± 0,01	A
350 mT	0,5	0,47 ± 0,03	ab	0,42 ± 0,02	a	0,38 ± 0,01	bc
	1	0,43 ± 0,01	ab	0,35 ± 0,03	a	0,28 ± 0,01	d
	3	0,46 ± 0,03	ab	0,38 ± 0,01	a	0,45 ± 0,01	ab
	6	0,49 ± 0,02	a	0,34 ± 0,01	a	0,41 ± 0,02	ab
	12	0,43 ± 0,01	ab	0,36 ± 0,01	a	0,46 ± 0,02	a
	24	0,38 ± 0,02	b	0,35 ± 0,02	a	0,33 ± 0,02	cd
	\bar{x}_{mT}	0,44 ± 0,01	A	0,37 ± 0,01	A	0,38 ± 0,01	A
\bar{x}_h	0,5	0,40 ± 0,01	ab	0,32 ± 0,01	a	0,35 ± 0,01	a
	1	0,42 ± 0,01	ab	0,31 ± 0,01	a	0,32 ± 0,01	a
	3	0,44 ± 0,02	a	0,31 ± 0,01	a	0,35 ± 0,01	a
	6	0,42 ± 0,01	ab	0,30 ± 0,01	a	0,33 ± 0,01	a
	12	0,38 ± 0,01	b	0,32 ± 0,01	a	0,36 ± 0,02	a
	24	0,38 ± 0,01	b	0,31 ± 0,01	a	0,37 ± 0,01	a

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x}_{mT} - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x}_h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

U odnosu na tretman 1 h, tretmani 12 i 24 h imali su manji sadržaj Na za 15 do 25 %. Pri jakosti MP 100 mT najveći sadržaj Na utvrđen je pri tretmanu 24 h, dok je najmanji dobiven kod tretmana 6 h. U odnosu na tretmane 24 i 12 h, tretman 6 h imao je manji sadržaj za 24-26 %. Kod jakosti 150 mT najveći sadržaj Na dobiven je kod tretmana 24 h, dok su tretmani 0,5, 1, 6 i 12 h imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 29-33 %. Pri jakosti 250 mT tretmani 1, 3 i 6 h imali su manji sadržaj Na u odnosu na tretmane 12 i 24 h, uz razlike 22-26 %. Kod jakosti 350 mT najveći sadržaj Na dobiven je pri tretmanu 12 h, dok je najmanja vrijednost utvrđena pri tretmanu 1 h. U odnosu na tretman 12 h, tretmani 0,5, 1 i 24 h imali su manji sadržaj Na, pri čemu su razlike iznosile 17-39 %. Također, tretman 1 h imao je manji sadržaj Na u odnosu na tretmane 3 i 6 h, za 32-38 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, svi tretmani magnetskim poljem imali su značajno veći sadržaj Na u odnosu na kontrolu. Razlike su iznosile 21-36 %, ovisno o jakosti MP. U prosjeku za ispitivane jakosti MP, između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u sadržaju Na (tablica 18.).

3.4 Koncentracija mikroelemenata

U nastavku su prikazani rezultati istraživanja utjecaja različitih jakosti magnetskog polja (MP) i vremena izloženosti sjemena na koncentraciju mikroelemenata.

3.4.1 Željezo

Prosječna koncentracija željeza (Fe) kod kultivara Apolo iznosila je $61,1 \text{ mg kg}^{-1}$ (tablica 19.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća koncentracija Fe dobivena je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 3, 12 i 24 h imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 20-24 %. Pri jakosti MP 100 mT tretman 24 h imao je manju koncentraciju Fe u odnosu na tretmane 3 i 6 h, za 18-20 %. Kod jakosti 150 mT najveća koncentracija Fe dobivena je kod tretmana 0,5 h, dok su tretmani 1, 3, 6 i 12 h imali manje vrijednosti, uz razlike 22-33 %. Također, tretmani 1 i 12 h imali su manju koncentraciju Fe u odnosu na tretman 24 h, za 19-24 %. Pri jakosti 250 mT najveća koncentracija Fe dobivena je pri tretmanu 3 h, dok su tretmani 0,5, 1, 6 i 24 h imali 24,2 % manje vrijednosti. Kod jakosti 350 mT najveća koncentracija Fe utvrđena je pri tretmanu 6 h, dok je najmanja vrijednost dobivena kod tretmana 12 h. U odnosu na tretman 6 h, tretmani 1, 12 i 24 h imali su manju koncentraciju Fe za 17-31 %. Također, tretman 12 h imao je manju koncentraciju Fe u odnosu na tretmane 0,5 i 24 h, za 18-27 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, između pojedinih jakosti MP utvrđena je značajna razlika u koncentraciji Fe. Tretman 50 mT imao je veću koncentraciju Fe u odnosu na kontrolu te tretmane 100 i 150 mT, pri čemu su razlike iznosile od 11 do 31 %. Tretmani 100, 150, 250 i 350 mT također su imali veće koncentracije Fe u odnosu na kontrolu, uz povećanje 14-21 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP najveća koncentracija Fe dobivena je pri tretmanu 0,5 h, dok je najmanja vrijednost utvrđena pri tretmanu 12 h. U odnosu na tretman 0,5 h, tretman 12 h imao je 15,1 % manju koncentraciju Fe.

Prosječna koncentracija željeza kod kultivara Jura iznosila je $53,7 \text{ mg kg}^{-1}$ (tablica 19.).

Kod jakosti MP 50 i 100 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u koncentraciji Fe. Pri jakosti 150 mT najveća koncentracija Fe dobivena je pri tretmanu 0,5 h, dok su tretmani 3 i 6 h imali manje vrijednosti, pri čemu su prosječne razlike iznosile oko 22 %. Kod jakosti MP 250 mT tretman 0,5 h imao je najveću koncentraciju Fe, dok su svi ostali tretmani imali 43-48 % manje vrijednosti. Pri jakosti MP 350 mT tretmani 0,5 h i 1 h imali su manju koncentraciju Fe u odnosu na tretman 6 h, za 18-21 %.

Tablica 19. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na koncentraciju Fe (mg kg^{-1}).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
Kontrola		50,63 ± 0,42	C	45,89 ± 1,01	C	40,82 ± 0,77	D
50 mT	0,5	72,14 ± 2,47	ab	56,67 ± 1,45	a	59,19 ± 2,58	ab
	1	76,22 ± 3,22	a	55,41 ± 2,03	a	53,81 ± 2,87	ab
	3	57,81 ± 1,52	b	60,55 ± 1,17	a	45,77 ± 3,20	b
	6	69,12 ± 5,85	ab	59,22 ± 2,63	a	48,55 ± 2,48	b
	12	60,74 ± 2,48	b	55,33 ± 1,95	a	64,70 ± 5,33	a
	24	60,61 ± 3,03	b	54,08 ± 2,54	a	60,75 ± 3,57	ab
	\bar{x}_{mT}	66,11 ± 1,87	A	56,88 ± 0,88	AB	55,46 ± 1,88	A
100 mT	0,5	58,54 ± 1,81	ab	52,13 ± 1,79	a	61,15 ± 2,29	bc
	1	60,43 ± 2,20	ab	50,42 ± 3,40	a	62,92 ± 2,55	ab
	3	65,07 ± 1,72	a	51,16 ± 0,59	a	60,36 ± 2,64	bc
	6	63,07 ± 2,68	a	54,03 ± 0,65	a	71,08 ± 1,53	a
	12	57,67 ± 1,00	ab	49,16 ± 4,11	a	52,97 ± 1,18	c
	24	51,94 ± 1,78	b	47,45 ± 2,76	a	52,16 ± 2,18	c
	\bar{x}_{mT}	59,45 ± 1,12	B	50,73 ± 1,03	BC	60,11 ± 1,53	A
150 mT	0,5	72,10 ± 2,69	a	55,89 ± 2,15	a	53,42 ± 2,21	a
	1	48,08 ± 1,40	c	54,06 ± 1,99	a	49,19 ± 2,35	a
	3	55,92 ± 1,57	bc	41,38 ± 1,50	b	48,15 ± 3,36	a
	6	55,70 ± 1,26	bc	41,26 ± 0,57	b	54,46 ± 2,82	a
	12	51,30 ± 2,55	c	49,44 ± 0,93	a	44,69 ± 2,75	a
	24	63,46 ± 3,26	ab	52,51 ± 2,34	a	47,37 ± 0,66	a
	\bar{x}_{mT}	57,76 ± 1,85	B	49,09 ± 1,36	C	49,55 ± 1,15	B
250 mT	0,5	61,22 ± 1,90	b	95,16 ± 8,04	a	52,43 ± 1,60	a
	1	54,21 ± 1,31	b	49,19 ± 2,23	b	44,04 ± 0,35	c
	3	77,79 ± 1,32	a	52,40 ± 1,24	b	42,95 ± 2,74	c
	6	62,39 ± 6,65	b	54,09 ± 1,38	b	44,59 ± 1,03	bc
	12	54,76 ± 1,95	b	53,50 ± 0,59	b	47,48 ± 1,44	abc
	24	58,14 ± 1,39	b	50,95 ± 1,29	b	51,96 ± 1,87	ab
	\bar{x}_{mT}	61,42 ± 1,99	AB	59,22 ± 3,60	A	47,24 ± 0,99	BC
350 mT	0,5	66,46 ± 2,40	ab	48,59 ± 1,97	b	41,42 ± 0,73	ab
	1	56,82 ± 1,73	cd	46,85 ± 2,57	b	36,91 ± 2,52	b
	3	64,34 ± 2,24	abc	53,41 ± 1,44	ab	47,63 ± 3,29	a
	6	70,74 ± 2,16	a	59,02 ± 1,92	a	45,20 ± 1,74	ab
	12	48,52 ± 1,21	d	50,76 ± 0,84	ab	47,55 ± 2,75	a
	24	58,89 ± 1,19	bc	55,75 ± 3,32	ab	43,87 ± 2,14	ab
	\bar{x}_{mT}	60,96 ± 1,65	AB	52,40 ± 1,17	ABC	43,76 ± 1,15	CD
\bar{x}_h	0,5	63,52 ± 1,77	a	59,06 ± 3,72	a	51,41 ± 1,80	a
	1	57,73 ± 2,04	ab	50,30 ± 1,17	b	47,95 ± 1,98	a
	3	61,93 ± 1,89	a	50,80 ± 1,38	b	47,61 ± 1,68	a
	6	61,94 ± 2,04	a	52,25 ± 1,54	ab	50,78 ± 2,21	a
	12	53,94 ± 1,11	b	50,68 ± 1,03	b	49,70 ± 1,91	a
	24	57,28 ± 1,23	ab	51,11 ± 1,18	b	49,49 ± 1,58	a

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x}_{mT} - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x}_h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju utvrđena je značajna razlika u koncentraciji Fe između pojedinih jakosti MP. Tretman 250 mT imao je veću koncentraciju Fe u odnosu na kontrolu te tretmane 100 i 150 mT, pri čemu su razlike iznosile 17-29 %. Također, tretman 50 mT imao je veću koncentraciju Fe u odnosu na kontrolu i tretman 150 mT, za 16-24 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP najveća koncentracija Fe dobivena je pri tretmanu 0,5 h, dok su tretmani 1, 3, 12 i 24 h imali 14-15 % manje vrijednosti.

Prosječna koncentracija željeza kod kultivara Rivendel iznosila je $51,2 \text{ mg kg}^{-1}$ (tablica 19.).

Kod jakosti MP 50 mT tretmani 3 i 6 h imali su manju koncentraciju Fe u odnosu na tretman 12 h, pri čemu su razlike iznosile 25-29 %. Pri jakosti 100 mT najveća koncentracija Fe dobivena je pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 0,5, 3, 12 i 24 h imali manje vrijednosti, 14-27 %. Također, tretmani 12 i 24 h imali su manje vrijednosti u odnosu na tretman 1 h, za 15,8 % i 17,1 %. Kod jakosti 150 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u koncentraciji Fe. Pri jakosti 250 mT tretmani 1, 3 i 6 h imali su manju koncentraciju Fe u odnosu na tretman 0,5 h, pri čemu su razlike iznosile 15-18 %. Također, tretmani 1 i 3 h imali su manje vrijednosti u odnosu na tretman 24 h, za 15,2 % i 17,3 %. Kod jakosti 350 mT tretman 1 h imao je manju koncentraciju Fe u odnosu na tretmane 3 i 12 h, uz razlike od približno 22 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju utvrđena je značajna razlika u koncentraciji Fe između pojedinih jakosti MP. Tretmani 50 i 100 mT imali su veće koncentracije Fe u odnosu na kontrolu te tretmane 150, 250 i 350 mT. Razlike kod tretmana 50 mT iznosile su 12-36 %, dok su kod tretmana 100 mT iznosile 21-47 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u koncentraciji Fe.

3.4.2 Mangan

Prosječna koncentracija mangana (Mn) kod kultivara Apolo iznosila je $40,4 \text{ mg kg}^{-1}$ (tablica 20.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća koncentracija Mn dobivena je pri tretmanu 0,5 h, dok je najmanja dobivena pri tretmanu 24 h. U odnosu na tretmane 0,5 i 3 h, tretman 24 h imao je manju koncentraciju Mn za 33,4 i 31,2 %. Pri jakosti 100 mT tretman 24 h imao je manju koncentraciju 36-41 % Mn u odnosu na tretmane 3 i 6 h. Kod jakosti MP 150 mT najveća koncentracija Mn dobivena je kod tretmana 6 h, dok su svi ostali tretmani imali manje vrijednosti. U odnosu na tretman 6 h, razlike su iznosile od 51 do 74 %, ovisno o tretmanu. Također, tretmani 1 i 12 h imali su manje koncentracije Mn u odnosu na tretmane 0,5 i 3 h, uz razlike približno 45-48 %.

Tablica 20. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na koncentraciju Mn (mg kg^{-1}).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
Kontrola		45,00 ± 1,04	AB	36,86 ± 0,93	D	38,53 ± 0,57	C
50 mT	0,5	55,99 ± 1,85	a	53,69 ± 6,02	b	24,62 ± 1,70	bc
	1	53,61 ± 3,83	ab	56,11 ± 2,89	b	30,39 ± 1,28	b
	3	54,17 ± 3,21	a	73,46 ± 4,95	ab	22,46 ± 1,86	bc
	6	52,33 ± 2,42	ab	94,78 ± 7,25	a	19,12 ± 0,99	c
	12	41,10 ± 6,60	ab	67,33 ± 4,95	b	71,92 ± 3,84	a
	24	37,28 ± 1,80	b	61,54 ± 4,95	b	70,43 ± 3,52	a
	\bar{x}_{mT}	49,08 ± 2,00	AB	67,82 ± 3,46	B	39,83 ± 4,76	C
100 mT	0,5	25,58 ± 0,38	ab	107,15 ± 2,32	a	92,61 ± 2,39	a
	1	26,84 ± 1,04	ab	34,44 ± 3,19	c	82,45 ± 3,19	ab
	3	30,98 ± 2,40	a	29,68 ± 2,75	c	73,48 ± 3,06	bc
	6	33,32 ± 2,99	a	73,24 ± 10,10	b	81,48 ± 2,70	ab
	12	25,51 ± 1,90	ab	25,75 ± 0,32	c	53,29 ± 4,83	d
	24	19,76 ± 0,52	b	43,87 ± 3,00	c	61,17 ± 3,12	cd
	\bar{x}_{mT}	27,00 ± 1,12	C	52,35 ± 6,29	C	74,08 ± 3,03	A
150 mT	0,5	40,40 ± 3,74	b	32,98 ± 2,72	a	57,92 ± 4,42	a
	1	21,54 ± 0,62	c	26,17 ± 1,68	ab	57,78 ± 4,08	a
	3	39,23 ± 5,08	b	21,80 ± 0,81	b	47,29 ± 5,47	ab
	6	82,00 ± 4,80	a	21,37 ± 1,56	b	62,40 ± 6,46	a
	12	21,12 ± 1,02	c	19,68 ± 0,26	b	57,31 ± 2,22	a
	24	26,87 ± 1,56	bc	30,75 ± 2,15	a	36,08 ± 1,81	b
	\bar{x}_{mT}	38,53 ± 4,52	BC	25,46 ± 1,21	D	53,13 ± 2,44	B
250 mT	0,5	64,75 ± 11,76	b	100,13 ± 4,65	a	27,78 ± 3,52	b
	1	23,37 ± 0,94	c	60,59 ± 10,56	a	28,43 ± 2,80	b
	3	38,33 ± 3,04	c	75,95 ± 12,29	a	26,97 ± 2,21	b
	6	25,33 ± 1,33	c	97,77 ± 3,84	a	37,49 ± 1,31	ab
	12	100,13 ± 1,45	a	61,86 ± 18,90	a	30,75 ± 3,39	ab
	24	100,94 ± 3,83	a	105,47 ± 3,04	a	41,19 ± 0,46	a
	\bar{x}_{mT}	58,81 ± 7,03	A	83,63 ± 5,39	A	32,10 ± 1,44	C
350 mT	0,5	30,94 ± 1,36	ab	19,53 ± 0,95	c	51,73 ± 3,47	ab
	1	27,88 ± 1,08	b	24,43 ± 0,76	ab	48,18 ± 2,40	b
	3	30,22 ± 1,29	ab	26,32 ± 1,62	a	57,74 ± 1,34	ab
	6	35,38 ± 1,05	a	23,37 ± 0,38	abc	61,45 ± 3,02	a
	12	21,83 ± 0,66	c	21,64 ± 0,52	bc	59,30 ± 2,40	ab
	24	26,23 ± 1,41	bc	22,71 ± 0,22	abc	63,33 ± 3,31	a
	\bar{x}_{mT}	28,75 ± 0,97	C	23,00 ± 0,54	D	56,95 ± 1,49	B
\bar{x}_h	0,5	43,78 ± 3,40	a	58,39 ± 7,12	a	48,87 ± 4,90	a
	1	33,04 ± 2,61	a	39,76 ± 3,38	a	47,63 ± 3,99	a
	3	39,65 ± 2,07	a	44,01 ± 5,06	a	44,41 ± 3,81	a
	6	45,56 ± 3,98	a	57,90 ± 6,96	a	50,08 ± 4,43	a
	12	42,45 ± 5,82	a	38,85 ± 4,92	a	51,85 ± 3,07	a
	24	42,68 ± 5,75	a	50,20 ± 5,83	a	51,79 ± 2,97	a

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x}_{mT} - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x}_h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

Pri jakosti 250 mT najveće koncentracije Mn dobivene su pri tretmanima 12 i 24 h, dok su tretmani 0,5, 1, 3 i 6 h imali manje vrijednosti. U odnosu na tretman 12 h razlike su iznosile 35-77 %, dok su u odnosu na tretman 24 h razlike iznosile 36-77 %. Kod jakosti MP 350 mT najveća koncentracija Mn dobivena je pri tretmanu 6 h, dok je najmanja vrijednost utvrđena pri tretmanu 12 h. U odnosu na tretman 6 h, tretmani 1, 12 i 24 h imali su manje vrijednosti za 21-38 %. Također, tretman 12 h imao je manju koncentraciju Mn u odnosu na tretmane 0,5, 1 i 3 h, uz razlike od 22 do 29 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, utvrđena je značajna razlika u koncentraciji Mn između pojedinih jakosti MP. Tretman 250 mT imao je veću koncentraciju Mn u odnosu na tretmane 100, 150 i 350 mT, pri čemu su razlike iznosile od 53-118 %. Suprotno tome, tretmani 100 i 350 mT imali su manje koncentracije Mn u odnosu na kontrolu i tretman 50 mT. Kod tretmana 100 mT razlike su iznosile od 40 do 45 %, dok su kod tretmana 350 mT iznosile 36-41 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u koncentraciji Mn.

Prosječna koncentracija Mn kod kultivara Jura iznosila je $50,5 \text{ mg kg}^{-1}$ (tablica 20.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća koncentracija Mn dobivena je pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 0,5, 1, 12 i 24 h imali manje vrijednosti za 35-43 %. Pri jakosti MP 100 mT najveća koncentracija Mn dobivena je pri tretmanu 0,5 h, dok su svi ostali tretmani (1, 3, 6, 12 i 24 h) imali manje vrijednosti. U odnosu na tretman 0,5 h, razlike su iznosile od 32 do 76 % ovisno o promatranom tretmanu. Također, tretmani 1, 3, 12 i 24 h imali su manje koncentracije Mn u odnosu na tretman 6 h, uz razlike od 40 do 65 %. Kod jakosti MP 150 mT tretmani 3, 6 i 12 h imali su manje koncentracije Mn u odnosu na tretmane 0,5 i 24 h. Razlike u odnosu na tretmane 0,5 iznosile su 34-40 %, dok su u odnosu na tretman 24 h iznosile 29-36 %. Pri jakosti MP 250 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u koncentraciji Mn. Kod jakosti 350 mT tretman 0,5 h imao je manju koncentraciju Mn u odnosu na tretmane 1 i 3 h, pri čemu su razlike iznosile 20-26 %. Također, tretman 12 h imao je 17,8 % manju koncentraciju Mn u odnosu na tretman 3 h.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju koncentracija Mn značajno se razlikovala između pojedinih jakosti MP. Tretman 250 mT imao je najveću koncentraciju Mn, uz povećanje od 126,9 % u odnosu na kontrolu, 23,2 % u odnosu na tretman 50 mT, 59,8 % u odnosu na 100 mT, 228,5 % u odnosu na 150 mT te 263,6 % u odnosu na tretman 350 mT.

Također, tretman 50 mT imao je veću koncentraciju Mn u odnosu na kontrolu te tretmane 100, 150 i 350 mT, dok je tretman 100 mT imao veću koncentraciju Mn u odnosu na kontrolu te tretmane 150 i 350 mT. U prosjeku za ispitivane jakosti MP između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u koncentraciji Mn.

Prosječna koncentracija Mn kod kultivara Rivendel iznosila je $51,2 \text{ mg kg}^{-1}$ (tablica 20.).

Kod jakosti MP 50 mT tretmani 0,5, 1, 3 i 6 h imali su manje koncentracije Mn u odnosu na zajednički prosjek tretmana 12 i 24 h. Razlike su iznosile od 57-73 %. Također, tretman 6 h imao je 37,1 % manju koncentraciju Mn u odnosu na tretman 1 h. Pri jakosti 100 mT najveća koncentracija Mn dobivena je pri tretmanu 0,5 h, dok su tretmani 3, 12 i 24 h imali manje vrijednosti za 21-43 %. Nadalje, tretmani 12 i 24 h imali su manje koncentracije Mn u odnosu na tretmane 1 i 6 h, uz razlike približno 25-35 %. Kod jakosti MP 150 mT najveća koncentracija utvrđena je kod tretmana 6 h, dok je najmanja vrijednost utvrđena kod tretmana 24 h. U odnosu na prosjek tretmana 0,5, 1, 6 i 12 h, tretman 24 h imao je 38,7 % manju koncentraciju Mn. Pri jakosti 250 mT najveća koncentracija Mn dobivena je pri tretmanu 24 h, dok su tretmani 0,5, 1 i 3 h imali manje vrijednosti za 31-35 %. Kod jakosti MP 350 mT tretman 1 h imao je manju koncentraciju Mn u odnosu na tretmane 6 i 24 h, pri čemu su razlike iznosile 21-24 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju utvrđena je značajna razlika u koncentraciji Mn između pojedinih jakosti MP. Tretman 100 mT imao je najveću koncentraciju Mn te je u odnosu na kontrolu i tretmane 50, 150, 250 i 350 mT imao veće vrijednosti za 30-131 %, ovisno o tretmanu. Također, tretmani 150 i 350 mT imali su veće koncentracije Mn u odnosu na kontrolu te tretmane 50 i 250 mT. U prosjeku za ispitivane jakosti MP između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u koncentraciji Mn.

3.4.3 Cink

Prosječna koncentracija cinka (Zn) kod kultivara Apolo iznosila je $46,7 \text{ mg kg}^{-1}$ (tablica 21.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća koncentracija Zn dobivena je kod tretmana 12 h, dok su tretmani 0,5, 1 i 6 h imali manje vrijednosti u odnosu na prosjek tretmana 3 i 12 h, pri čemu su razlike iznosile 13-17 %. Najmanja koncentracija Zn utvrđena je kod tretmana 1 h. Pri jakosti MP 100 mT najveća koncentracija Zn dobivena je pri tretmanu 3 h, dok su svi ostali tretmani imali manje vrijednosti, uz razlike od 11 do 29 %. Najmanja vrijednost dobivena je kod tretmana 0,5 h.

Tablica 21. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na koncentraciju Zn (mg kg^{-1}).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
	Kontrola	37,03 ± 0,33	C	36,69 ± 0,32	C	33,29 ± 0,40	C
50	0,5	43,34 ± 0,72	bc	52,08 ± 1,18	b	28,99 ± 0,98	bc
	1	41,14 ± 0,85	c	48,53 ± 0,27	b	36,78 ± 1,58	ab
	3	49,28 ± 1,33	a	60,20 ± 0,86	a	28,05 ± 1,39	c
	6	41,54 ± 1,83	c	50,30 ± 0,99	b	26,12 ± 1,93	c
	12	50,29 ± 1,19	a	48,27 ± 2,23	b	36,81 ± 2,43	ab
	24	47,70 ± 0,94	ab	52,38 ± 1,99	b	41,13 ± 1,88	a
	\bar{x}_{mT}	45,55 ± 0,88	B	51,96 ± 0,98	A	32,98 ± 1,31	C
100	0,5	42,45 ± 1,38	c	51,60 ± 1,45	a	52,55 ± 1,57	a
	1	50,81 ± 1,92	b	52,97 ± 2,09	a	48,27 ± 2,20	ab
	3	59,45 ± 1,73	a	51,27 ± 0,39	a	39,97 ± 1,23	c
	6	52,04 ± 0,75	b	52,28 ± 1,62	a	44,47 ± 2,18	bc
	12	53,15 ± 1,58	b	50,50 ± 1,47	a	37,06 ± 1,40	c
	24	44,40 ± 0,28	c	42,16 ± 1,10	b	38,85 ± 1,39	c
	\bar{x}_{mT}	50,38 ± 1,28	AB	50,13 ± 0,92	A	43,53 ± 1,30	A
150	0,5	40,58 ± 1,82	c	52,92 ± 1,55	a	45,22 ± 0,89	a
	1	38,81 ± 1,30	c	49,64 ± 2,06	ab	39,18 ± 0,93	b
	3	60,08 ± 1,10	a	44,15 ± 1,64	bc	34,75 ± 1,02	bcd
	6	60,53 ± 0,84	a	40,64 ± 1,70	c	38,16 ± 0,98	bc
	12	39,88 ± 1,18	c	32,11 ± 0,80	d	33,57 ± 0,80	d
	24	53,43 ± 1,67	b	26,58 ± 1,38	d	33,66 ± 1,34	cd
	\bar{x}_{mT}	48,88 ± 2,03	AB	41,01 ± 2,01	B	37,42 ± 0,93	B
250	0,5	61,44 ± 1,37	a	42,98 ± 2,08	a	35,46 ± 1,08	a
	1	49,33 ± 1,09	b	42,98 ± 1,23	a	34,70 ± 1,99	a
	3	39,16 ± 1,45	c	39,91 ± 1,26	a	33,55 ± 1,28	a
	6	49,26 ± 1,84	b	39,53 ± 0,66	a	35,95 ± 0,88	a
	12	57,55 ± 0,66	a	38,12 ± 0,51	a	35,14 ± 0,95	a
	24	59,28 ± 0,18	a	38,89 ± 1,03	a	38,20 ± 1,95	a
	\bar{x}_{mT}	52,67 ± 1,65	A	40,40 ± 0,60	BC	35,50 ± 0,59	BC
350	0,5	36,02 ± 0,25	ab	35,90 ± 1,31	a	41,44 ± 2,12	a
	1	35,73 ± 1,77	ab	35,34 ± 1,23	a	38,74 ± 1,18	ab
	3	40,47 ± 2,93	a	38,80 ± 1,00	a	33,47 ± 0,52	b
	6	31,99 ± 1,65	b	36,89 ± 1,26	a	36,62 ± 2,00	ab
	12	38,76 ± 1,59	ab	37,28 ± 1,42	a	41,18 ± 1,90	a
	24	33,34 ± 1,31	ab	36,58 ± 1,59	a	40,52 ± 1,54	ab
	\bar{x}_{mT}	36,05 ± 0,88	C	36,80 ± 0,53	BC	38,66 ± 0,84	B
\bar{x}_h	0,5	43,48 ± 1,82	a	45,36 ± 1,59	a	39,49 ± 1,71	a
	1	42,14 ± 1,32	a	44,36 ± 1,47	ab	38,49 ± 1,16	ab
	3	47,58 ± 2,06	a	45,17 ± 1,76	ab	33,85 ± 0,83	b
	6	45,40 ± 2,06	a	42,72 ± 1,38	ab	35,77 ± 1,29	ab
	12	46,11 ± 1,70	a	40,49 ± 1,46	ab	36,18 ± 0,79	ab
	24	45,86 ± 1,90	a	38,88 ± 1,68	b	37,61 ± 0,86	ab

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x}_{mT} - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x}_h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

Kod jakosti MP 150 mT najveća koncentracija Zn dobivena je pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 0,5, 1, 12 i 24 h imali manje vrijednosti u odnosu na prosjek tretmana 3 i 6 h, pri čemu su razlike iznosile 11-36 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 1 h. Pri jakosti MP 250 mT najveća koncentracija Zn dobivena je pri tretmanu 0,5 h, dok su tretmani 1, 3 i 6 h imali manju koncentraciju Zn u odnosu na prosjek tretmana 0,5, 12 i 24 h, pri čemu su razlike iznosile 17-34 %. Najmanja koncentracija Zn utvrđena je pri tretmanu 3 h. Pri jakosti MP 350 mT najveća koncentracija Zn utvrđena je pri tretmanu 3 h, dok je tretman 6 h imao 21 % manju vrijednost. Ostala vremena izloženosti nisu se značajno razlikovala od navedenih tretmana.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, između pojedinih jakosti MP utvrđena je značajna razlika u koncentraciji Zn. Najveća koncentracija Zn dobivena je pri tretmanu 250 mT, dok su manje vrijednosti utvrđene kod kontrole te tretmana 50 i 350 mT, pri čemu su razlike iznosile 16-46 %. Također, tretmani 100 i 150 mT imali su veću koncentraciju Zn u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT, pri čemu su razlike iznosile 36-40 % kod tretmana 100 mT, odnosno 32-36 % kod tretmana 150 mT. U prosjeku za ispitivane jakosti MP između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u koncentraciji Zn.

Prosječna koncentracija Zn kod kultivara Jura iznosila je 44,1 mg kg⁻¹ (tablica 21.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća koncentracija Zn dobivena je pri tretmanu 3 h, dok su svi ostali tretmani imali značajno manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 13-20 %. Pri jakosti MP 100 mT najveća koncentracija Zn dobivena je pri tretmanu 1 h, dok je tretman 24 h imao manju koncentraciju Zn u odnosu na prosjek tretmana 0,5, 1, 3, 6 i 12 h, pri čemu je razlika iznosila 18,5 %. Kod jakosti MP 150 mT najveća koncentracija Zn dobivena je pri tretmanu 0,5 h, dok su tretmani 3, 6, 12 i 24 h imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 17-50 %. Najmanja vrijednost utvrđena je pri tretmanu 24 h. Pri jakosti MP 250 i 350 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u koncentraciji Zn.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, između pojedinih jakosti MP utvrđena je značajna razlika u koncentraciji Zn. Tretmani 50 i 100 mT imali su veću koncentraciju Zn u odnosu na kontrolu te tretmane 150, 250 i 350 mT, pri čemu su razlike iznosile 27-42 % kod tretmana 50 mT, odnosno 22-37 % kod tretmana 100 mT. Također, tretman 150 mT imao je 11,8 % veću koncentraciju Zn u odnosu na kontrolu. U prosjeku za ispitivane jakosti MP koncentracija Zn značajno se razlikovala između tretmana s najvećom i najmanjom vrijednošću, pri čemu je tretman 24 h imao 14,3 % manju koncentraciju Zn u odnosu na tretman 0,5 h.

Prosječna koncentracija cinka kod kultivara Rivendel iznosila je $37,6 \text{ mg kg}^{-1}$ (tablica 21.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća koncentracija Zn dobivena je kod tretmana 24 h, dok su tretmani 0,5, 3 i 6 h imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 30-37 %. Također, tretmani 3 i 6 h imali su manje koncentracije Zn u odnosu na tretmane 1 i 12 h, uz razlike 24-29 %. Pri jakosti 100 mT najveća koncentracija Zn dobivena je pri tretmanu 0,5 h, dok su tretmani 3, 6, 12 i 24 h imali manje vrijednosti, uz razlike 13-26 %. Najmanja koncentracija Zn utvrđena je pri tretmanu 12 h. Kod jakosti MP 150 mT najveća koncentracija Zn dobivena je pri tretmanu 0,5 h, dok su svi ostali tretmani imali manje vrijednosti, uz razlike 13-26 %. Najmanja koncentracija Zn dobivena je pri tretmanu 12 h. Pri jakosti 250 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u koncentraciji Zn. Kod jakosti MP 350 mT najveća koncentracija Zn dobivena je pri tretmanu 0,5 h, dok je najmanja dobivena pri tretmanu 3 h. U odnosu na tretmane 0,5 i 12 h, tretman 3 h imao je manju koncentraciju Zn za oko 19 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, koncentracija Zn značajno se razlikovala između pojedinih jakosti MP. Najveća koncentracija Zn utvrđena je pri tretmanu 100 mT, koji je imao veću vrijednost u odnosu na kontrolu i tretmane 50, 150, 250 i 350 mT, pri čemu su razlike iznosile 13-32 %. Također, tretmani 150 i 350 mT imali su veću koncentraciju Zn u odnosu na kontrolu i tretman 50 mT, uz razlike od 12-17 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP koncentracija Zn značajno se razlikovala između tretmana s najvećom i najmanjom vrijednošću, pri čemu je tretman 3 h imao 14,3 % manju koncentraciju Zn u odnosu na tretman 0,5 h.

3.4.4 Bakar

Prosječna koncentracija bakra (Cu) kod kultivara Apollo iznosila je $5,1 \text{ mg kg}^{-1}$ (tablica 22.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća koncentracija Cu dobivena je pri tretmanu 1 h, dok je najmanja utvrđena pri tretmanu 24 h. U odnosu na prosjek tretmana 0,5 i 1 h, tretmani 3, 6, 12 i 24 h imali su manju koncentraciju Cu, pri čemu su razlike iznosile 35-50 %. Pri jakosti MP 100 mT najveća koncentracija Cu utvrđena je pri tretmanu 3 h, dok su svi ostali tretmani imali manje vrijednosti, s razlikama od 19-64 %. Kod jakosti MP 150 mT najveća koncentracija Cu dobivena je pri tretmanu 6 h, dok su ostali tretmani imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 22-60 %. Pri jakosti MP 250 mT tretmani 12 i 24 h imali su manju koncentraciju Cu u odnosu na tretmane 0,5, 3 i 6 h, za oko 27 %. Kod jakosti 350 mT tretmani 0,5, 1, 12 i 24 h imali su niže vrijednosti u odnosu na tretmane 3 i 6 h, uz razlike 53-60 %.

Tablica 22. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na koncentraciju Cu (mg kg^{-1}).

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
Kontrola		5,68 ± 0,11	A	5,75 ± 0,02	A	4,95 ± 0,05	A
50 mT	0,5	7,09 ± 0,41	a	5,08 ± 0,28	cd	4,98 ± 0,15	ab
	1	7,63 ± 0,16	a	5,73 ± 0,28	bc	5,36 ± 0,49	a
	3	4,75 ± 0,09	b	7,58 ± 0,43	a	3,34 ± 0,19	cd
	6	4,76 ± 0,21	b	6,53 ± 0,12	ab	2,70 ± 0,26	d
	12	3,88 ± 0,13	bc	4,48 ± 0,27	d	4,16 ± 0,37	abc
	24	3,71 ± 0,17	c	4,14 ± 0,15	d	3,75 ± 0,25	bcd
	\bar{x}_{mT}	5,30 ± 0,33	A	5,59 ± 0,27	AB	4,05 ± 0,22	B
100 mT	0,5	2,98 ± 0,10	d	7,17 ± 0,24	b	5,75 ± 0,49	abc
	1	3,64 ± 0,24	cd	8,47 ± 0,44	a	7,12 ± 0,20	a
	3	8,26 ± 0,25	a	3,51 ± 0,23	c	4,82 ± 0,29	bcd
	6	6,68 ± 0,37	b	3,32 ± 0,06	c	5,93 ± 0,49	ab
	12	4,49 ± 0,19	c	3,80 ± 0,18	c	4,29 ± 0,22	cd
	24	3,15 ± 0,19	d	2,96 ± 0,06	c	4,06 ± 0,08	d
	\bar{x}_{mT}	4,87 ± 0,42	A	4,87 ± 0,45	ABC	5,33 ± 0,25	A
150 mT	0,5	5,12 ± 0,23	b	5,76 ± 0,09	a	5,22 ± 0,24	a
	1	3,26 ± 0,24	c	5,81 ± 0,48	a	4,71 ± 0,34	ab
	3	6,07 ± 0,17	b	4,21 ± 0,28	b	3,02 ± 0,12	c
	6	7,82 ± 0,43	a	3,11 ± 0,12	bc	3,94 ± 0,30	bc
	12	3,13 ± 0,16	c	2,80 ± 0,11	c	3,17 ± 0,11	c
	24	5,83 ± 0,20	b	2,44 ± 0,18	c	3,88 ± 0,13	bc
	\bar{x}_{mT}	5,20 ± 0,35	A	4,02 ± 0,30	C	3,99 ± 0,18	B
250 mT	0,5	6,64 ± 0,39	a	6,24 ± 0,30	a	5,39 ± 0,08	a
	1	5,23 ± 0,18	ab	5,01 ± 0,04	b	5,28 ± 0,29	a
	3	6,52 ± 0,61	a	5,02 ± 0,11	b	4,81 ± 0,46	a
	6	6,59 ± 0,26	a	4,62 ± 0,07	b	4,84 ± 0,37	a
	12	4,78 ± 0,21	b	3,57 ± 0,13	c	5,97 ± 0,08	a
	24	4,82 ± 0,05	b	3,18 ± 0,10	c	5,66 ± 0,47	a
	\bar{x}_{mT}	5,76 ± 0,21	A	4,61 ± 0,22	BC	5,33 ± 0,15	A
350 mT	0,5	3,19 ± 0,17	b	2,94 ± 0,05	c	6,13 ± 0,45	a
	1	2,93 ± 0,14	b	4,06 ± 0,16	b	5,97 ± 0,34	ab
	3	7,93 ± 0,38	a	5,58 ± 0,28	a	4,62 ± 0,23	bc
	6	6,80 ± 0,43	a	4,89 ± 0,22	a	4,49 ± 0,21	c
	12	3,23 ± 0,07	b	3,45 ± 0,09	bc	5,72 ± 0,22	abc
	24	2,77 ± 0,06	b	3,21 ± 0,06	c	6,25 ± 0,33	a
	\bar{x}_{mT}	4,47 ± 0,44	A	4,02 ± 0,21	C	5,53 ± 0,19	A
\bar{x}_h	0,5	5,12 ± 0,34	b	5,49 ± 0,28	ab	5,40 ± 0,14	ab
	1	4,73 ± 0,35	b	5,81 ± 0,30	a	5,57 ± 0,20	a
	3	6,53 ± 0,28	a	5,28 ± 0,29	ab	4,26 ± 0,19	c
	6	6,39 ± 0,24	a	4,70 ± 0,26	bc	4,47 ± 0,24	c
	12	4,19 ± 0,20	b	3,97 ± 0,20	cd	4,71 ± 0,21	bc
	24	4,33 ± 0,26	b	3,61 ± 0,23	d	4,76 ± 0,22	abc

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x}_{mT} - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x}_h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, između pojedinih jakosti MP nije utvrđena značajna razlika u koncentraciji Cu. U prosjeku za ispitivane jakosti MP, koncentracija Cu značajno se razlikovala između pojedinih vremena izloženosti. Najveća koncentracija Cu zabilježena je pri tretmanu 3 h, dok je najmanja utvrđena pri tretmanu 12 h. U odnosu na tretmane 3 i 6 h, tretmani 0,5, 1, 12 i 24 h imali su manju koncentraciju Cu, pri čemu su razlike iznosile 20-36 %.

Prosječna koncentracija bakra kod kultivara Jura iznosila je $4,6 \text{ mg kg}^{-1}$ (tablica 22.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća koncentracija Cu dobivena je pri tretmanu 3 h, dok su tretmani 0,5, 1, 6 i 12 h imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 14-41 %. Pri jakosti MP 100 mT najveća koncentracija Cu utvrđena je pri tretmanu 1 h, dok su svi ostali tretmani imali manje vrijednosti, uz razlike od 15 do 65 %. Kod jakosti 150 mT tretmani 0,5 i 1 h imali su veće koncentracije Cu u odnosu na tretmane 3, 6, 12 i 24 h, pri čemu su razlike iznosile 27-58 %. Pri jakosti 250 mT najveća koncentracija Cu dobivena je pri tretmanu 0,5 h, dok su svi ostali tretmani imali manje vrijednosti, uz razlike 20-49 %. Kod jakosti 350 mT tretmani 3 i 6 h imali su veće vrijednosti Cu u odnosu na tretmane 0,5, 1, 12 i 24 h, pri čemu su razlike iznosile 22-44 %. U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, između jakosti MP utvrđena je značajna razlika u koncentraciji Cu. Tretmani 150, 250 i 350 mT imali su manju koncentraciju Cu u odnosu na kontrolu, pri čemu su razlike iznosile 20-30 %. U odnosu na tretman 50 mT, značajno manju koncentraciju imali su tretmani 150 i 350 mT, uz razliku od 28,1 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP, koncentracija Cu značajno se razlikovala između pojedinih vremena izloženosti. Najveća koncentracija utvrđena je pri tretmanu 1 h, dok je najmanja dobivena pri tretmanu 24 h. U odnosu na tretman 1 h, tretmani 6, 12 i 24 h imali su manju koncentraciju Cu, pri čemu su razlike iznosile 19-38 %.

Prosječna koncentracija Cu kod kultivara Rivendel iznosila je $4,8 \text{ mg kg}^{-1}$ (tablica 22.).

Kod jakosti MP 50 mT najveća koncentracija Cu dobivena je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 3, 6 i 24 h imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 30-50 %. Pri jakosti 100 mT najveća koncentracija Cu utvrđena je pri tretmanu 1 h, dok su tretmani 3, 12 i 24 h imali manje vrijednosti, uz razlike od 32-43 %. Kod jakosti MP 150 mT najveća koncentracija Cu dobivena je pri tretmanu 0,5 h, dok su tretmani 3, 6, 12 i 24 h imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 25-42 %. Pri jakosti 250 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u koncentraciji Cu. Kod jakosti 350 mT tretmani 3 i 6 h imali su manju koncentraciju Cu u odnosu na tretmane 0,5 i 24 h uz razlike 25-28 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, koncentracija Cu značajno se razlikovala između pojedinih tretmana magnetskim poljem. Najveća koncentracija dobivena je kod 350 mT, a najmanja kod 150 mT. U odnosu na kontrolu i tretmane 100, 250 i 350 mT, tretmani 50 i 150 mT imali su manju koncentraciju Cu, pri čemu su razlike iznosile 23-25 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP, između pojedinih vremena izloženosti utvrđena je značajna razlika u koncentraciji Cu. Najveća koncentracija dobivena je pri tretmanu 1 h, a najmanja pri tretmanu 3 h. U odnosu na tretman 1 h, tretmani 3, 6 i 12 h imali su manju koncentraciju Cu od 15 do 24 %.

3.5 Koncentracija klorofila

Prosječna koncentracija klorofila kod kultivara Apolo iznosila je 1,79 mg g⁻¹ (tablica 23.).

Kod jakosti MP 50 mT tretmani 0,5 i 1 h imali su veću koncentraciju klorofila u odnosu na tretmane 3, 6, 12 i 24 h, pri čemu su razlike iznosile 6-10 %. Pri jakosti 100 mT najveća koncentracija klorofila dobivena je pri tretmanu 1 h, dok je najmanja utvrđena pri tretmanu 6 h. U odnosu na tretman 1 h, tretmani 0,5, 3, 6 i 12 h imali su manju koncentraciju klorofila, uz razlike od 5 do 13 %. Kod jakosti MP 150 mT najveća koncentracija klorofila dobivena je pri tretmanu 12 h, dok je najmanja dobivena pri tretmanu 24 h. U odnosu na tretman 12 h, tretmani 1, 3, 6 i 24 h imali su manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 7-13 %. Pri jakosti MP 250 mT najveća koncentracija klorofila dobivena je kod tretmana 12 h, dok je najmanja dobivena kod 6 h. Tretmani 3 i 6 h imali su manju koncentraciju u odnosu na prosjek tretmana 1 i 12 h, za 7 % i 16 %. Kod jakosti 350 mT tretmani 3, 6 i 12 h imali su manju koncentraciju klorofila u odnosu na prosjek tretmana 0,5, 1 i 24 h, pri čemu su razlike iznosile 9-16 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, između pojedinih jakosti MP utvrđena je značajna razlika u koncentraciji klorofila. Svi tretmani magnetskim poljem imali su veću koncentraciju klorofila u odnosu na kontrolu. Najveća koncentracija utvrđena je pri tretmanu 100 mT, dok je najmanja dobivena kod kontrole. Tretman 100 mT imao je veću vrijednost u odnosu na kontrolu te tretmane 250 i 350 mT, pri čemu su razlike iznosile 6-19 %. Također, tretman 50 mT imao je veću koncentraciju u odnosu na kontrolu i tretman 250 mT, dok su tretmani 150, 250 i 350 mT također imali veće vrijednosti u odnosu na kontrolu. U prosjeku za sve ispitivane jakosti MP, najveća koncentracija klorofila dobivena je pri tretmanima 0,5 i 1 h, dok je najmanja utvrđena pri tretmanu 6 h. U odnosu na tretmane 0,5 i 1 h, tretmani 3 i 6 h imali su manju koncentraciju klorofila za oko 8 %.

Prosječna koncentracija klorofila kod kultivara Jura iznosila je 1,78 mg g⁻¹ (tablica 23.).

Kod jakosti MP 50 mT između pojedinih vremena izloženosti nije utvrđena značajna razlika u koncentraciji klorofila. Pri jakosti 100 mT najveće koncentracije klorofila dobivene su kod tretmana 6 i 24 h, dok su manje vrijednosti utvrđene pri tretmanima 0,5, 1, 3 i 12 h, pri čemu su razlike iznosile 7-15 %. Kod jakosti 150 mT tretmani 6 i 24 h imali su veću koncentraciju klorofila u odnosu na tretmane 0,5, 1, 3 i 12 h, uz razlike 11-15 %. Kod jakosti 250 mT najveća koncentracija klorofila dobivena je pri tretmanu 24 h, dok su manje vrijednosti zabilježene pri tretmanima 0,5, 1, 3, 6 i 12 h, pri čemu su razlike iznosile 4-9 %. Kod jakosti MP 350 mT najveća koncentracija klorofila dobivena je pri tretmanu 12 h, dok su tretmani 1, 3 i 6 h imali manje vrijednosti, uz razlike 12-19 %.

U prosjeku za sva vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, svi tretmani magnetskim poljem imali su veću koncentraciju klorofila u odnosu na kontrolu. Najveća vrijednost utvrđena je pri tretmanu 50 mT, koji je imao veće vrijednosti u odnosu na kontrolu te tretmane 100, 150 i 350 mT. Također, tretmani 100, 150, 250 i 350 mT imali su veću koncentraciju klorofila u odnosu na kontrolu, pri čemu su razlike iznosile 7-12 %. U prosjeku za ispitivane jakosti MP, najveća koncentracija klorofila dobivena je pri tretmanu 24 h, dok je najmanja dobivena pri tretmanu 1 h. U odnosu na tretman 24 h, tretmani 0,5, 1 i 3 h imali su manju koncentraciju klorofila za 5-9 %.

Prosječna koncentracija klorofila kod kultivara Rivendel iznosila je $1,77 \text{ mg g}^{-1}$ (tablica 23.).

Kod jakosti MP 50 mT tretmani 6 i 24 h imali su veću koncentraciju klorofila u odnosu na tretmane 0,5, 1 i 3 h, pri čemu su razlike iznosile 10-17 %. Pri jakosti 100 mT najveća koncentracija klorofila dobivena je pri tretmanu 6 h, dok su najmanje vrijednosti utvrđene pri tretmanima 0,5 i 12 h. U odnosu na tretman 6 h, tretmani 0,5 i 12 h imali su manju koncentraciju približno 6 %. Kod jakosti 150 mT tretmani 12 i 24 h imali su manju koncentraciju klorofila u odnosu na prosjek tretmana 1, 3 i 6 h, uz razlike od 9-10 %. Pri jakosti 250 mT najveća koncentracija klorofila dobivena je pri tretmanu 6 h, dok su tretmani 1, 3, 12 i 24 h imali manje vrijednosti, pri čemu su razlike iznosile 7-14 %. Kod jakosti 350 mT najmanja koncentracija klorofila dobivena je pri tretmanu 24 h, koja je bila manja u odnosu na tretmane 3 i 12 h za oko 10 %.

U prosjeku za vremena izloženosti sjemena magnetskom polju, koncentracija klorofila značajno se razlikovala između pojedinih jakosti MP. Tretman 100 mT imao je veću koncentraciju (6-13 %) u odnosu na kontrolu te tretmane 150, 250 i 350 mT. Također, tretman 50 mT imao je veću koncentraciju u odnosu na kontrolu te tretmane 250 i 350 mT. Tretman 150 mT imao je veću koncentraciju u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT. U prosjeku za ispitivane jakosti MP, najveća koncentracija utvrđena je pri tretmanu 6 h, a najmanje pri tretmanima 0,5 i 1 h, uz razliku od 6 %.

Tablica 23. Utjecaj jakosti MP i vremena izloženosti (h) sjemena kultivara na na koncentraciju klorofila mg g^{-1} svježe tvari.

MP	h	Kultivar Apolo		Kultivar Jura		Kultivar Rivendel	
Kontrola		1,56 ± 0,01	D	1,65 ± 0,01	C	1,67 ± 0,01	D
50 mT	0,5	1,94 ± 0,01	a	1,87 ± 0,02	a	1,62 ± 0,01	c
	1	1,94 ± 0,02	a	1,81 ± 0,02	a	1,69 ± 0,03	bc
	3	1,74 ± 0,01	b	1,81 ± 0,03	a	1,75 ± 0,06	bc
	6	1,76 ± 0,05	b	1,90 ± 0,02	a	1,95 ± 0,03	a
	12	1,81 ± 0,01	b	1,83 ± 0,04	a	1,85 ± 0,03	ab
	24	1,82 ± 0,02	b	1,89 ± 0,04	a	1,95 ± 0,03	a
	\bar{x}_{mT}	1,83 ± 0,02	AB	1,85 ± 0,01	A	1,80 ± 0,03	AB
100 mT	0,5	1,90 ± 0,01	b	1,70 ± 0,03	bc	1,82 ± 0,03	c
	1	2,00 ± 0,02	a	1,60 ± 0,03	c	1,88 ± 0,02	abc
	3	1,76 ± 0,03	c	1,74 ± 0,02	b	1,87 ± 0,02	abc
	6	1,75 ± 0,01	c	1,88 ± 0,01	a	1,94 ± 0,01	a
	12	1,77 ± 0,04	c	1,74 ± 0,05	b	1,83 ± 0,01	bc
	24	1,94 ± 0,02	ab	1,88 ± 0,03	a	1,91 ± 0,02	ab
	\bar{x}_{mT}	1,85 ± 0,02	A	1,76 ± 0,02	B	1,88 ± 0,01	A
150 mT	0,5	1,86 ± 0,02	ab	1,72 ± 0,04	b	1,78 ± 0,02	ab
	1	1,78 ± 0,04	bc	1,65 ± 0,02	b	1,85 ± 0,02	a
	3	1,74 ± 0,03	bc	1,64 ± 0,04	b	1,84 ± 0,01	a
	6	1,76 ± 0,03	bc	1,87 ± 0,03	a	1,85 ± 0,02	a
	12	1,91 ± 0,03	a	1,72 ± 0,02	b	1,69 ± 0,03	bc
	24	1,66 ± 0,02	c	1,98 ± 0,02	a	1,67 ± 0,01	c
	\bar{x}_{mT}	1,79 ± 0,02	ABC	1,76 ± 0,03	B	1,78 ± 0,02	BC
250 mT	0,5	1,80 ± 0,02	ab	1,73 ± 0,01	bc	1,80 ± 0,02	ab
	1	1,81 ± 0,01	a	1,71 ± 0,02	c	1,59 ± 0,02	d
	3	1,70 ± 0,03	b	1,77 ± 0,01	bc	1,72 ± 0,04	bc
	6	1,53 ± 0,02	c	1,80 ± 0,01	b	1,85 ± 0,04	a
	12	1,84 ± 0,02	a	1,80 ± 0,02	b	1,65 ± 0,02	cd
	24	1,76 ± 0,01	ab	1,88 ± 0,02	a	1,65 ± 0,01	cd
	\bar{x}_{mT}	1,74 ± 0,02	C	1,78 ± 0,01	AB	1,71 ± 0,02	CD
350 mT	0,5	1,85 ± 0,02	a	1,80 ± 0,03	ab	1,64 ± 0,04	ab
	1	1,84 ± 0,02	a	1,59 ± 0,05	b	1,66 ± 0,02	ab
	3	1,56 ± 0,02	c	1,72 ± 0,02	b	1,74 ± 0,03	a
	6	1,66 ± 0,01	b	1,73 ± 0,06	b	1,70 ± 0,01	ab
	12	1,70 ± 0,03	b	1,97 ± 0,09	a	1,73 ± 0,03	a
	24	1,90 ± 0,03	a	1,78 ± 0,03	ab	1,56 ± 0,07	b
	\bar{x}_{mT}	1,75 ± 0,03	BC	1,76 ± 0,03	B	1,67 ± 0,02	D
\bar{x}_h	0,5	1,82 ± 0,03	a	1,75 ± 0,02	bc	1,72 ± 0,02	b
	1	1,82 ± 0,03	a	1,67 ± 0,02	c	1,72 ± 0,02	b
	3	1,68 ± 0,02	b	1,72 ± 0,01	bc	1,76 ± 0,02	ab
	6	1,67 ± 0,02	b	1,80 ± 0,02	ab	1,83 ± 0,02	a
	12	1,77 ± 0,03	ab	1,79 ± 0,03	ab	1,74 ± 0,02	ab
	24	1,77 ± 0,03	ab	1,84 ± 0,02	a	1,74 ± 0,03	ab

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

\bar{x}_{mT} - tretmani jakosti MP prikazuju srednje vrijednosti svih šest vremena izloženosti.

\bar{x}_h - tretmani vremena izloženosti prikazuju srednje vrijednosti svih pet jakosti MP.

Različite slovne oznake (a, b) prikazuju značajne razlike između vremena izloženosti sjemena unutar pojedine jakosti MP.

Različite slovne oznake (A, B) prikazuju značajne razlike između tretmana jakosti MP i kontrole.

3.6 Izdvojeni tretmani magnetskog polja za morfološka i proizvodna svojstva

U ovom poglavlju analizirani su i izdvojeni najznačajniji učinci tretmana magnetskog polja na morfo i produkcijska svojstva biljaka. Rezultati su prikazani zasebno za svaki kultivar.

3.6.1 Kultivar *Apolo*

Broj biljaka značajno se razlikovao između tretmana s najvećim i najmanjim brojem biljaka, kao i između njih i kontrole. Tretman 100 mT – 1 h imao je značajno veću vrijednost od kontrole i tretmana 350 mT – 24 h, pri čemu je razlika iznosila 8,7 % u odnosu na kontrolu te 21 % u odnosu na tretman 350 mT – 24 h. U odnosu na kontrolu, tretman 350 mT – 24 h imao je značajno manji broj biljaka, a razlika je iznosila 10,1 % (tablica 24.).

Visina biljaka također se značajno razlikovala između kontrole i tretmana 350 mT – 6 h i tretmana 350 mT – 24 h. U odnosu na kontrolu, tretman 350 mT – 6 h imao je značajno veću visinu biljaka za 26,2 %, isti je tretman imao značajno veću visinu biljaka u odnosu na tretman 350 mT – 24 h, pri čemu je razlika iznosila 41,3 %. U odnosu na kontrolu, tretman 350 mT – 24 h imao je značajno manju visinu biljaka, a razlika je iznosila 10,6 %.

U odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 24 h, značajno veća duljina korijena utvrđena je kod tretmana 50 mT – 6 h, pri čemu je razlika iznosila 16,5 % u odnosu na kontrolu, odnosno 17,4 % u odnosu na tretman s 350 mT – 24 h.

Broj listova/biljci značajno se razlikovao između tretmana 100 mT – 0,5 h i kontrole, kao i između tretmana 100 mT – 0,5 h i tretmana 350 mT – 3 h. U odnosu na kontrolu, tretman 100 mT – 0,5 h imao je značajno veći broj listova po biljci za 28,3 %, dok je kod istog tretmana u odnosu na 350 mT – 3 h razlika bila značajno veća za 32 %.

Kod broja stolona/biljci utvrđena je značajna razlika između tretmana 50 mT – 1 h i kontrole, kao i između tretmana 50 mT – 1 h i tretmana 150 mT – 24 h, pri čemu je razlika iznosila 75 % u odnosu na kontrolu te 139 % u odnosu na tretman 150 mT – 24 h.

Kod svježe mase po biljci, kontrola je imala najmanju vrijednost u odnosu na koju je tretman 350 mT – 6 h imao značajno veću vrijednost za 69 %.

Kontrola i tretmani 100 mT – 0,5 h, 50 mT – 24 h, 50 mT – 0,5 h i 50 mT – 3 h imali su jednaku, odnosno najmanju vrijednost suhe mase po biljci, u odnosu na koje je tretman 100 mT – 6 h imao značajno veću vrijednost, pri čemu je razlika iznosila 50 %.

U odnosu na tretman 250 mT – 3 h, značajno veći udio suhe tvari nadzemnog dijela utvrđen je kod kontrole i tretmana 150 mT – 12 h, pri čemu je razlika iznosila 32,6 % kod kontrole te 41,9 % kod tretmana 150 mT – 12 h.

Najmanju vrijednost suhe mase korijena po biljci imala je kontrola, u odnosu na koju je tretman 150 mT – 6 h imao značajno veću vrijednost, a razlika je iznosila 169 %.

3.6.2 Kultivar Jura

U odnosu na kontrolu i tretman 250 mT – 0,5 h, značajno veći broj biljaka utvrđen je kod tretmana 50 mT – 12 h, pri čemu je razlika iznosila 17,3 % u odnosu na kontrolu te 19,6 % u odnosu na 250 mT – 0,5 h.

Tretman 150 mT – 1 h imao je značajno veću visinu biljaka u odnosu na kontrolu i tretman 50 mT – 1 h, pri čemu je razlika iznosila 17 % u odnosu na kontrolu te 34,1 % u odnosu na tretman 50 mT – 1 h. Također, značajna razlika utvrđena je između kontrole i tretmana 50 mT – 1 h, pri čemu je tretman 50 mT – 1 h imao manju visinu biljaka za 12,8 % u odnosu na kontrolu.

Tretmani s najvećom i najmanjom duljinom korijena i kontrola međusobno su se značajno razlikovali. Tretman 350 mT – 1 h imao je značajno veću duljinu korijena u odnosu na kontrolu za 16,4 %, dok je razlika u odnosu na tretman 50 mT – 3 h iznosila 52,9 %. Značajno manja duljina korijena utvrđena je kod tretmana 50 mT – 3 h u odnosu na kontrolu, pri čemu je razlika iznosila 23,9 %.

Također, kod broja listova po biljci između kontrole i tretmana s najvećim i najmanjim brojem utvrđena je značajna razlika. U odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 24 h značajno veći broj listova po biljci dobiven je kod tretmana 250 mT – 3 h pri čemu je razlika iznosila 21,7 % i 74,7 %. Tretman 350 mT – 24 h imao je značajno manji broj listova po biljci u odnosu na kontrolu, pri čemu je razlika iznosila 30,3 %.

Značajno manji broj stolona po biljci utvrđen je kod tretmana 50 mT – 3 h u odnosu na kontrolu i tretman 250 mT – 3 h, pri čemu je razlika iznosila 40,9 % u odnosu na kontrolu te 49,5 % u odnosu na tretman 250 mT – 3 h.

Između kontrole i tretmana s najvećom i najmanjom svježom masom po biljci utvrđena je značajna razlika. U odnosu na kontrolu, tretman 150 mT – 1 h imao je značajno veću svježnu masu po biljci za 19,6 %, dok je u odnosu na tretman 350 mT – 24 h razlika iznosila 50,7 %.

Tretman 350 mT – 24 h imao je značajno manju svježu masu po biljci u odnosu na kontrolu, a razlika je iznosila 20,7 %.

Značajna razlika u suhoj masi po biljci utvrđena je između kontrole i tretmana 150 mT – 3 h i tretmana 350 mT – 24 h. Tretman 150 mT – 3 h imao je značajno veću vrijednost u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 24 h, pri čemu je razlika iznosila 30,8 % i 88,9 %. Značajno manju suhu masu po biljci imao je tretman 350 mT – 24 h u odnosu na kontrolu, pri čemu je razlika iznosila 30,8 %.

Kod udjela suhe tvari nadzemnog dijela značajna razlika utvrđena je između kontrole i tretmana s najvećim i najmanjim sadržajem. Značajno veće vrijednosti u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 12 h imao je tretman 150 mT – 6 h, pri čemu je razlika iznosila 24,6 % i 47 %. U odnosu na kontrolu, tretman 350 mT – 12 h imao je značajno manju vrijednost za 15,2 %.

Tretman 250 mT – 6 h imao je značajno veću suhu masu korijena po biljci u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 24 h, pri čemu je razlika iznosila 83,8 % i 175 %. Značajno manja vrijednost u odnosu na kontrolu utvrđena je kod tretmana 350 mT – 24 h, pri čemu je razlika iznosila 33,2 % (tablica 24.).

3.6.3 Kultivar *Rivendel*

Između kontrole, tretmana 100 mT – 6 h te tretmana 350 mT – 3 h utvrđena je značajna razlika u broju biljaka. Tretman 100 mT – 6 h imao je značajno veći broj biljaka u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 3 h, pri čemu je razlika iznosila 16 % i 41,5 %. Tretman 350 mT – 3 h imao je značajno manji broj biljaka u odnosu na kontrolu, pri čemu je razlika iznosila 18 %.

Visina biljaka značajno se razlikovala između tretmana. Tretman 50 mT – 0,5 h imao je značajno veću visinu biljaka u odnosu na kontrolu za 18,9 %, dok je razlika u odnosu na tretman 50 mT – 12 h iznosila 52,5 %. U odnosu na kontrolu značajno manja visina biljaka utvrđena je kod tretmana 50 mT – 12 h, a razlika je iznosila 22 %.

Tretman 350 mT – 12 h imao je značajno veću duljina korijena u odnosu na kontrolu i tretman 250 mT – 0,5 h, pri čemu je razlika iznosila 25,8 % i 29,7 %.

Broj listova po biljci značajno se razlikovao između tretmana. Tretman 150 mT – 6 h imao je značajno veći broj listova po biljci u odnosu na kontrolu za 18,5 %, dok je u odnosu na tretman 250 mT – 0,5 h razlika iznosila 48,6 %. U odnosu na kontrolu, značajno manja vrijednost dobivena je kod tretmana 250 mT – 0,5 h, pri čemu je razlika iznosila 20,3 %.

Tretman 50 mT – 3 h imao je značajno veći broj stolona po biljci u odnosu na kontrolu i tretman 250 mT – 0,5 h. U odnosu na kontrolu, razlika je iznosila 45,5 %, dok je u odnosu na tretman 250 mT – 0,5 h razlika iznosila 63,9 %.

Značajno veća svježa masa po biljci utvrđena je kod tretmana 50 mT – 0,5 h u odnosu na kontrolu i tretman 250 mT – 0,5 h, pri čemu su razlike iznosile 26,4 % i 82,5 %. Značajno manju svježu masu po biljci imao je tretman 250 mT – 0,5 h u odnosu na kontrolu, pri čemu je razlika iznosila 30,8 %.

Tretman 250 mT – 0,5 h imao je značajno manju suhu masu po biljci u odnosu na kontrolu i tretman 50 mT – 3 h, pri čemu je razlika iznosila 46,7 % i 52,9 %.

Kod udjela suhe tvari nadzemnog dijela utvrđena je značajno manja vrijednost između tretmana 250 mT – 0,5 h, u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 0,5 h. U odnosu na kontrolu, tretman 250 mT – 0,5 h imao je manju razliku za 29,3 %, dok je u odnosu na tretman 350 mT – 0,5 h razlika bila manja za 34,8 %.

Kod suhe mase korijena/biljci tretman 350 mT – 3 h imao je značajno veću vrijednost u odnosu na kontrolu za 53,5 %, dok je u odnosu na tretman 250 mT – 0,5 h razlika iznosila 261,3 %. Značajna razlika utvrđena je i između tretmana 250 mT – 0,5 h i kontrole, u odnosu na koju je tretman 250 mT – 0,5 h imao značajno manju vrijednost za 57,5 % (tablica 24.).

Tablica 24. Najizraženiji učinci tretmana MP u odnosu na kontrolu za morfološka i proizvodna svojstva svojstva kultivara Apolo, Jura i Rivendel.

Svojstvo	T.	Apolo	T.	Jura	T.	Rivendel
Broj biljaka	Kontrola	69 ± 1,25 b	Kontrola	52 ± 1,44 b	Kontrola	50 ± 1,80 b
	100 / 1	75 ± 1,25 a	50 / 12	61 ± 1,60 a	100 / 6	58 ± 1,68 a
	350 / 24	62 ± 0,87 c	250 / 0,5	51 ± 0,48 b	350 / 3	41 ± 0,85 c
Visina biljaka	Kontrola	14,1 ± 0,07 b	Kontrola	14,1 ± 0,04 b	Kontrola	12,7 ± 0,27 b
	350 / 6	17,8 ± 0,10 a	150 / 1	16,5 ± 0,19 a	50 / 0,5	15,1 ± 0,17 a
	350 / 24	12,6 ± 0,11 c	50 / 1	12,3 ± 0,11 c	50 / 12	9,9 ± 0,11 c
Duljina korijena	Kontrola	6,38 ± 0,06 b	Kontrola	6,7 ± 0,09 b	Kontrola	6,6 ± 0,15 b
	50 / 6	7,43 ± 0,17 a	350 / 1	7,8 ± 0,12 a	350 / 12	8,3 ± 0,72 a
	350 / 24	6,33 ± 0,05 b	50 / 3	5,1 ± 0,03 c	250 / 0,5	6,4 ± 0,11 b
Broj listova po biljci	Kontrola	7,39 ± 0,22 b	Kontrola	9,59 ± 0,18 b	Kontrola	10,99 ± 0,54 b
	100 / 0,5	9,48 ± 0,26 a	250 / 3	11,67 ± 0,45 a	150 / 6	13,02 ± 0,26 a
	350 / 3	7,18 ± 0,15 b	350 / 24	6,68 ± 0,09 c	250 / 0,5	8,76 ± 0,35 c
Broj stolona po biljci	Kontrola	0,56 ± 0,03 b	Kontrola	0,93 ± 0,02 a	Kontrola	1,34 ± 0,09 b
	50 / 1	0,98 ± 0,08 a	250 / 3	1,09 ± 0,04 a	50 / 3	1,95 ± 0,03 a
	150 / 24	0,41 ± 0,06 b	50 / 3	0,55 ± 0,06 b	250 / 0,5	1,19 ± 0,05 b
Svježa masa po biljci	Kontrola	0,71 ± 0,01 b	Kontrola	0,92 ± 0,01 b	Kontrola	0,91 ± 0,08 b
	350 / 6	1,20 ± 0,04 a	150 / 1	1,10 ± 0,05 a	50 / 0,5	1,15 ± 0,05 a
			350 / 24	0,73 ± 0,03 c	250 / 0,5	0,63 ± 0,04 c
Suha masa po biljci	Kontrola	0,10 ± 0,00 b	Kontrola	0,13 ± 0,00 b	Kontrola	0,15 ± 0,01 a
	100 / 6	0,15 ± 0,00 a	150 / 3	0,17 ± 0,01 a	50 / 3	0,17 ± 0,01 a
	100 / 0,5	0,10 ± 0,01 b	350 / 24	0,09 ± 0,00 c	250 / 0,5	0,08 ± 0,01 b
	50 / 24	0,10 ± 0,01 b				
	50 / 0,5	0,10 ± 0,01 b				
	50 / 3	0,10 ± 0,01 b				
% ST nadzmeni dio	Kontrola	14,03 ± 0,72 a	Kontrola	14,52 ± 0,51 b	Kontrola	17,29 ± 1,09 a
	150 / 12	15,01 ± 0,28 a	150 / 6	18,09 ± 0,34 a	350 / 0,5	18,76 ± 0,41 a
	250 / 3	10,58 ± 0,49 b	350 / 12	12,31 ± 0,15 c	250 / 0,5	12,23 ± 0,13 b
Suha masa korijena po biljci	Kontrola	11,30 ± 0,89 b	Kontrola	17,19 ± 0,62 b	Kontrola	23,38 ± 0,53 b
	150 / 6	30,40 ± 0,60 a	250 / 6	31,60 ± 0,94 a	350 / 3	35,88 ± 1,00 a
			350 / 24	11,48 ± 0,71 c	250 / 0,5	9,93 ± 0,34 c

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

3.7 Izdvojeni tretmani magnetskog polja za makroelemente, mikroelemente i klorofil

U ovom poglavlju analizirani su i izdvojeni najznačajniji učinci tretmana magnetskog polja na sadržaj makroelemenata te koncentraciju mikroelemenata i klorofila. Rezultati su prikazani zasebno za svaki kultivar.

3.7.1 Kultivar *Apolo*

Sadržaj dušika značajno se razlikovao između pojedinih tretmana. Značajno veći sadržaj dušika imao je tretman 50 mT – 0,5 h u odnosu na kontrolu i tretman 250 mT – 12 h, pri čemu je razlika u odnosu na kontrolu iznosila 69 %, a u odnosu na tretman 250 mT – 12 h iznosila 98,3 % (tablica 25.).

Tretman 50 mT – 3 h imao je značajno veći sadržaj fosfora u odnosu na kontrolu, pri čemu je razlika iznosila 65,2 %.

Tretman 50 mT – 3 h imao je značajno veći sadržaj kalija u odnosu na kontrolu i tretman 150 mT – 6 h, pri čemu je razlika iznosila 63,1 % i 85,3 %.

Sadržaj natrija značajno se razlikovao između pojedinih tretmana. U odnosu na kontrolu i tretmane 50 mT – 12 h i 150 mT – 0,5 h, značajno veći sadržaj natrija dobiven je pri tretmanu 250 mT – 3 h, pri čemu je razlika iznosila 39 % u odnosu na kontrolu, 72,7 % u odnosu na tretmane 50 mT – 12 h i 150 mT – 0,5 h.

Značajno veći sadržaj kalcija utvrđen je kod tretmana 50 mT – 3 h u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 24 h, pri čemu je razlika iznosila 14,1 % i 33,8 %. Tretman 350 mT – 24 h imao je značajno manju koncentraciju u odnosu na kontrolu, a razlika je iznosila 14,7 %.

Kod sadržaja magnezija, tretman 100 mT – 0,5 h imao je značajno veći sadržaj u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 6 h, pri čemu je razlika iznosila 42,9 % u odnosu na kontrolu i 62,2 % u odnosu na tretman 350 mT – 6 h. Tretman 350 mT – 6 h imao je značajno manji sadržaj magnezija u odnosu na kontrolu, pri čemu je razlika iznosila 11,9 %.

Tretman 250 mT – 0,5 h imao je značajno veću koncentraciju cinka u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 6 h, pri čemu je razlika iznosila 65,9 % i 92,1 %.

Najveća koncentracija željeza utvrđena je kod tretmana 250 mT – 3 h, a u odnosu na kontrolu i tretman 150 mT – 0,5 h bila je veća za 53,6 % i 61,8 %.

Između svih tretmana utvrđena je značajna razlika u koncentraciji mangana. Tretman 250 mT – 24 h imao je značajno veću koncentraciju mangana u odnosu na kontrolu i tretman 100 mT – 24 h, pri čemu je razlika iznosila 124,3 % i 410 %.

Tretman 100 mT – 24 h imao je značajno manju koncentraciju mangana u odnosu na kontrolu, pri čemu je razlika iznosila 56,1 %.

Tretman 100 mT – 3 h imao je značajno veću koncentraciju bakra u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 24 h, pri čemu je razlika iznosila 45,4 % i 198,2 %. Tretman 350 mT – 24 h imao je značajno manju koncentraciju bakra u odnosu na kontrolu, a razlika je iznosila 51,2 %.

Koncentracija klorofila značajno se razlikovala između tretmana 100 mT – 1 h u odnosu na kontrolu i tretman 250 mT – 6 h. Tretman 100 mT – 1 h imao je značajno veću koncentraciju u odnosu na kontrolu za 28,2 %, dok je razlika u odnosu na tretman 250 mT – 6 h iznosila 30,7 %.

3.7.2 Kultivar Jura

Sadržaj dušika značajno se razlikovao. Tretman 350 mT – 24 h imao je značajno veći sadržaj dušika u odnosu na kontrolu i tretman 150 mT – 3 h, pri čemu je razlika iznosila 54 % i 124,5 %.

Najveći sadržaj fosfora utvrđen je kod tretmana 350 mT – 24 h te je u odnosu na kontrolu i tretman 150 mT – 6 h vrijednost bila značajno veća za 51,2 % i 85,7 %.

Tretman 350 mT – 24 h imao je značajno veći sadržaj kalija u odnosu na kontrolu i tretman 150 mT – 3 h, pri čemu je razlika iznosila 43,7 % i 83,5 %. Tretman 150 mT – 3 h imao je značajno manji sadržaj kalija u odnosu na kontrolu, a razlika je iznosila 21,7 %.

Tretman 350 mT – 0,5 h imao je značajno veću koncentraciju natrija u odnosu na kontrolu i tretman 150 mT – 3 h, pri čemu je razlika iznosila 44,8 % i 110 %. U odnosu na kontrolu, tretman 150 mT – 3 h imao je značajno manju koncentraciju natrija, pri čemu je razlika iznosila 31 %.

Sadržaj kalcija značajno se razlikovao između tretmana, najveći sadržaj utvrđen je pri tretmanu 250 mT – 6 h, a razlika je u odnosu na kontrolu i tretman 150 mT – 3 h bila veća za 14,1 % i 48,6 %.

Tretman 350 mT – 12 h imao je značajno veći sadržaj magnezija u odnosu na kontrolu i tretman 150 mT – 3 h, pri čemu je razlika iznosila 29,5 % i 62,8 %. U odnosu na kontrolu, tretman 150 mT – 3 h imao je značajno manji sadržaj za 20,5 %.

Koncentracija cinka značajno se razlikovala između svih tretmana. Tretman 50 mT – 3 h imao je značajno veću koncentraciju u odnosu na kontrolu i tretman 150 mT – 24 h, pri čemu je razlika iznosila 64,1 % i 126,5 %. Tretman 150 mT – 24 h imao je značajno manju koncentraciju cinka u odnosu na kontrolu, a razlika je iznosila 27,5 %.

Tretman 250 mT – 0,5 h imao je najveću koncentraciju željeza, a razlika je bila značajno veća u odnosu na kontrolu i tretman 150 mT – 6 h i iznosila je 107,4 % i 130,6 %.

U odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 0,5 h, značajno veću koncentraciju mangana imao je tretman 100 mT – 0,5 h, pri čemu je razlika iznosila 190,7 % i 448 %. Tretman 350 mT – 0,5 h imao je najmanju koncentraciju mangana, a razlika je bila značajno manja u odnosu na kontrolu i iznosila je 47 %.

Koncentracija bakra značajno se razlikovala između tretmana. U odnosu na kontrolu i tretman 150 mT – 24 h, značajno veća koncentracija bakra utvrđena je pri tretmanu 100 mT – 1 h, pri čemu je razlika iznosila 47,3 % i 247 %. Tretman 150 mT – 24 h imao je značajno manju koncentraciju u odnosu na kontrolu, a razlika je iznosila 57,6 %.

Tretman 150 mT – 24 h imao je značajno veću koncentraciju klorofila u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 1 h, pri čemu je razlika iznosila 20 % i 24,5 % (tablica 25.).

3.7.3 Kultivar Rivendel

Sadržaj dušika značajno se razlikovao između pojedinih tretmana. U odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 1 h, značajno veći sadržaj dušika utvrđen je pri tretmanu 250 mT – 0,5 h, pri čemu je razlika iznosila 114,4 % i 139,9 %.

Tretman 100 mT – 0,5 h imao je značajno veći sadržaj fosfora u odnosu na kontrolu i tretman 250 mT – 3 h, a razlika je iznosila 80 %.

Sadržaj kalija značajno se razlikovao između pojedinih tretmana. Tretman 250 mT – 0,5 h imao je značajno veću koncentraciju u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 1 h, pri čemu je razlika iznosila 88 % i 88,7 %.

Najveća koncentracija natrija utvrđena je pri tretmanu 350 mT – 12 h, isti je tretman imao značajno veću koncentraciju natrija u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 1 h, pri čemu je razlika iznosila 64,3 %.

Značajno veći sadržaj kalcija utvrđen je kod kontrole u odnosu na tretmane 100 mT – 0,5 h i 50 mT – 6 h, pri čemu je razlika iznosila 36,8 % i 44,1 %.

Također, kontrola je imala značajno veći sadržaj magnezija u odnosu na tretman 100 mT – 0,5 h, a razlika je iznosila 45,9 %.

Značajno veća koncentracija cinka utvrđena je pri tretmanu 100 mT – 0,5 h u odnosu na kontrolu i tretman 50 mT – 6 h, pri čemu je razlika iznosila 57,9 % i 101,2 %. Tretman 50 mT – 6 h imao je značajno manju koncentraciju cinka u odnosu na kontrolu, a razlika je iznosila 21,5 %.

Tretman 100 mT – 6 h imao je značajno veću koncentraciju željeza u odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 1 h, pri čemu je razlika iznosila 74,1 % i 92,6 %.

Koncentracija mangana značajno se razlikovala između svih tretmana. U odnosu na kontrolu i tretman 50 mT – 6 h, značajno veća koncentracija utvrđena je pri tretmanu 100 mT – 0,5 h, pri čemu je razlika iznosila 140,4 % i 384,4 %. Također, u odnosu na kontrolu, tretman 50 mT – 6 h imao je značajno manju koncentraciju mangana, a razlika je iznosila 50,4 %.

Između svih tretmana utvrđena je značajna razlika u koncentraciji bakra. Pri tretmanu 100 mT – 1 h utvrđena je značajno veća koncentracija bakra u odnosu na kontrolu i tretman 50 mT – 6 h, pri čemu je razlika iznosila 43,8 % i 163,7 %. U odnosu na kontrolu, tretman 50 mT – 6 h imao je značajno manju koncentraciju bakra, pri čemu je razlika iznosila 45,5 %.

U odnosu na kontrolu i tretman 350 mT – 24 h, značajno veća koncentracija klorofila utvrđena je pri tretmanu 50 mT – 6 h, pri čemu je razlika iznosila 16,8 % i 25 % (tablica 25.).

Tablica 25. Najizraženiji učinci tretmana MP u odnosu na kontrolu za makroelemente, mikroelemente i klorofil kultivara Apolo, Jura i Rivendel.

Svojstvo	T.	Apolo	T.	Jura	T.	Rivendel
N %	Kontrola	2,71 ± 0,26 b	Kontrola	2,74 ± 0,24 b	Kontrola	1,88 ± 0,10 b
	50 / 0,5	4,58 ± 0,23 a	350 / 24	4,22 ± 0,23 a	250 / 0,5	4,03 ± 0,07 a
	250 / 12	2,31 ± 0,19 b	150 / 3	1,88 ± 0,32 b	350 / 1	1,68 ± 0,16 b
P %	Kontrola	0,46 ± 0,02 b	Kontrola	0,43 ± 0,03 b	Kontrola	0,35 ± 0,02 b
	50 / 3	0,76 ± 0,01 a	350 / 24	0,65 ± 0,03 a	100 / 0,5	0,63 ± 0,02 a
			150 / 6	0,35 ± 0,02 b	250 / 3	0,35 ± 0,02 b
K %	Kontrola	3,93 ± 0,25 b	Kontrola	3,64 ± 0,19 b	Kontrola	2,76 ± 0,24 b
	50 / 3	6,41 ± 0,13 a	350 / 24	5,23 ± 0,18 a	250 / 0,5	5,19 ± 0,16 a
	150 / 6	3,46 ± 0,32 b	150 / 3	2,85 ± 0,20 c	350 / 1	2,75 ± 0,21 b
Na %	Kontrola	0,41 ± 0,02 b	Kontrola	0,29 ± 0,02 b	Kontrola	0,28 ± 0,02 b
	250 / 3	0,57 ± 0,04 a	350 / 0,5	0,42 ± 0,02 a	350 / 12	0,46 ± 0,02 a
	50 / 12	0,33 ± 0,01 b	150 / 3	0,20 ± 0,01 c	350 / 1	0,28 ± 0,01 b
	150 / 0,5	0,33 ± 0,02 b				
Ca %	Kontrola	1,56 ± 0,07 b	Kontrola	1,42 ± 0,04 b	Kontrola	1,60 ± 0,02 a
	50 / 3	1,78 ± 0,02 a	250 / 6	1,62 ± 0,02 a	100 / 0,5	1,17 ± 0,03 b
	350 / 24	1,33 ± 0,03 c	150 / 3	1,09 ± 0,02 c	50 / 6	1,11 ± 0,05 b
Mg %	Kontrola	0,42 ± 0,02 b	Kontrola	0,44 ± 0,01 b	Kontrola	0,54 ± 0,02 a
	100 / 0,5	0,60 ± 0,01 a	350 / 12	0,57 ± 0,01 a	100 / 0,5	0,37 ± 0,02 b
	350 / 6	0,37 ± 0,01 c	150 / 3	0,35 ± 0,01 c		
Zn mg kg ⁻¹	Kontrola	37,03 ± 0,92 b	Kontrola	36,69 ± 0,88 b	Kontrola	33,29 ± 1,12 b
	250 / 0,5	61,44 ± 1,37 a	50 / 3	60,20 ± 0,86 a	100 / 0,5	52,55 ± 1,57 a
	350 / 6	31,99 ± 1,65 b	150 / 24	26,58 ± 1,38 c	50 / 6	26,12 ± 1,93 c
Fe mg kg ⁻¹	Kontrola	50,63 ± 1,17 b	Kontrola	45,89 ± 2,79 b	Kontrola	40,82 ± 2,14 b
	250 / 3	77,79 ± 1,32 a	250 / 0,5	95,16 ± 8,04 a	100 / 6	71,08 ± 1,53 a
	150 / 0,5	48,08 ± 1,40 b	150 / 6	41,26 ± 0,57 b	350 / 1	36,91 ± 2,52 b
Mn mg kg ⁻¹	Kontrola	45,00 ± 2,89 b	Kontrola	36,86 ± 2,56 b	Kontrola	38,53 ± 1,57 b
	250 / 24	100,94 ± 3,83 a	100 / 0,5	107,15 ± 2,32 a	100 / 0,5	92,61 ± 2,39 a
	100 / 24	19,77 ± 0,52 c	350 / 0,5	19,53 ± 0,95 c	50 / 6	19,12 ± 0,99 c
Cu mg kg ⁻¹	Kontrola	5,68 ± 0,30 b	Kontrola	5,75 ± 0,06 b	Kontrola	4,95 ± 0,14 b
	100 / 3	8,26 ± 0,25 a	100 / 1	8,47 ± 0,44 a	100 / 1	7,12 ± 0,20 a
	350 / 24	2,77 ± 0,06 c	150 / 24	2,44 ± 0,18 c	50 / 6	2,70 ± 0,26 c
Klorofil mg g ⁻¹	Kontrola	1,56 ± 0,04 b	Kontrola	1,65 ± 0,01 b	Kontrola	1,67 ± 0,03 b
	100 / 1	2,00 ± 0,02 a	150 / 24	1,98 ± 0,02 a	50 / 6	1,95 ± 0,03 a
	250 / 6	1,53 ± 0,02 b	350 / 1	1,59 ± 0,05 b	350 / 24	1,56 ± 0,07 b

U stupcima su prikazane srednje vrijednosti četiri ponavljanja pojedinog tretmana i standardna pogreška aritmetičke sredine. Razlike između srednjih vrijednosti testirane su Tukey HSD testom ($p < 0,05$), a statistički značajne razlike prikazane su slovnim oznakama.

3.8 Korelacije

3.8.1 Kultivar Apolo

Analizom korelacija kod kultivara Apolo, utvrđene su značajne korelacije između pojedinih svojstava. Visina biljaka bila je u značajnoj pozitivnoj korelaciji sa svježom masom po biljci ($p < 0,001$) i bakrom ($p < 0,01$), dok je negativna korelacija utvrđena između visine biljaka i sadržaja suhe tvari nadzemnog dijela ($p < 0,001$). Duljina korijena pokazala je pozitivnu korelaciju s manganom ($p < 0,001$). Broj listova po biljci bio je pozitivno povezan s brojem stolona ($p < 0,001$), a broj stolona bio je pozitivno koreliran s masom suhe tvari po biljci ($p < 0,01$). Svježa masa po biljci pokazala je pozitivnu korelaciju s masom suhe tvari po biljci ($p < 0,001$). Masa suhe tvari po biljci bila je u negativnoj korelaciji s dušikom ($p < 0,01$) i kalijem ($p < 0,001$). Nadalje, masa suhe tvari korijena po biljci bila je u značajnoj pozitivnoj korelaciji s klorofilom ($p < 0,001$). Sadržaj suhe tvari nadzemnog dijela bio je u negativnoj korelaciji sa sljedećim elementima: dušikom, fosforom, kalijem, kalcijem, željezom ($p < 0,001$) te bakrom i natrijem ($p < 0,01$). Pozitivne korelacije utvrđene su između dušika i fosfora, kalija, kalcija te magnezija ($p < 0,001$). Također, između fosfora i kalija te između fosfora i kalcija utvrđena je značajna pozitivna korelacija ($p < 0,001$), kao i između fosfora i željeza ($p < 0,01$). Kalij je bio u pozitivnoj korelaciji s kalcijem i magnezijem ($p < 0,001$), dok je kod kalcija utvrđena pozitivna korelacija s magnezijem ($p < 0,01$). Između mikroelemenata bakra i željeza utvrđena je pozitivna korelacija ($p < 0,01$) (tablica 26.).

Tablica 26. Prikaz statistički značajnih Pearsonovih korelacija (r) između istraživanih svojstava kultivara Apolo

Svojstvo 1	Svojstvo 2	r	Značajnost
Visina biljaka	Svj. masa/biljci	0,74	***
	Sadržaj ST nadz. dio	-0,63	***
	Bakar	0,54	**
Duljina korijena	Mangan	0,59	***
Broj listova/biljci	Broj stolona/biljci	0,67	***
Broj stolona/biljci	Masa ST/biljci	0,53	**
Svj. masa/biljci	Masa ST/biljci	0,76	***
Masa ST/biljci	Dušik	-0,51	**
	Kalij	-0,61	***
Masa ST korijena/biljci	Klorofil	0,57	***
Sadržaj ST nadz. dio	Dušik	-0,58	***
	Fosfor	-0,71	***
	Kalij	-0,58	***

	Kalcij	-0,63	***
	Željezo	-0,77	***
	Bakar	-0,55	**
	Natrij	-0,54	**
Dušik	Fosfor	0,74	***
	Kalij	0,94	***
	Kalcij	0,68	***
	Magnezij	0,62	***
Fosfor	Kalij	0,81	***
	Kalcij	0,74	***
	Željezo	0,53	**
Kalij	Kalcij	0,76	***
	Magnezij	0,65	***
Kalcij	Magnezij	0,55	**
Bakar	Željezo	0,51	**

Prikazane su samo statistički značajne korelacije ($p < 0,01^{**}$; $p < 0,001^{***}$).

3.8.2 Kultivar Jura

Analizom korelacija kod kultivara Jura utvrđene su značajne korelacije između pojedinih svojstava. Visina biljaka bila je u značajnoj pozitivnoj korelaciji sa svježom masom nadzemnog dijela ($p < 0,001$) i masom suhe tvari po biljci ($p < 0,01$), dok je negativna korelacija utvrđena između visine biljaka i klorofila ($p < 0,001$). Broj listova po biljci bio je pozitivno povezan s brojem stolona ($p < 0,001$), dok je broj stolona bio u negativnoj korelaciji s cinkom ($p < 0,001$). Svježa masa nadzemnog dijela pokazala je značajnu pozitivnu korelaciju s masom suhe tvari po biljci ($p < 0,001$). Masa suhe tvari po biljci bila je u značajnoj pozitivnoj korelaciji sa sadržajem suhe tvari nadzemnog dijela ($p < 0,001$), dok je negativna korelacija utvrđena s dušikom, fosforom i kalijem ($p < 0,001$). Između dušika i mase suhe tvari korijena po biljci utvrđena je negativna korelacija ($p < 0,01$). Sadržaj suhe tvari nadzemnog dijela bio je u negativnoj korelaciji s dušikom, fosforom, kalijem i kalcijem ($p < 0,001$), dok je s magnezijem utvrđena negativna korelacija na razini $p < 0,01$. Pozitivne korelacije utvrđene su između dušika i fosfora, kalija, magnezija te natrija ($p < 0,001$), dok je između dušika i kalcija utvrđena značajna korelacija na razini $p < 0,01$. Između fosfora i kalija, magnezija te natrija utvrđene su značajne pozitivne korelacije ($p < 0,001$). Kalij je bio u pozitivnoj korelaciji s kalcijem, magnezijem i natrijem ($p < 0,001$). Kalcij je pokazao značajnu pozitivnu korelaciju s magnezijem ($p < 0,001$), dok je magnezij bio u negativnoj korelaciji s cinkom ($p < 0,01$). Također, natrij je bio u negativnoj korelaciji s cinkom ($p < 0,01$) (tablica 27.).

Tablica 27. Prikaz statistički značajnih Pearsonovih korelacija (r) između istraživanih svojstava kultivara Jura

Svojstvo 1	Svojstvo 2	r	Značajnost
Visina biljaka	Svježa masa nadz. dijela	0,67	***
	Masa ST/biljci	0,51	**
	Klorofil	-0,64	***
Broj listova/biljci	Broj stolona/biljci	0,75	***
Broj stolona/biljci	Cink	-0,54	***
Svježa masa nadz. dijela	Masa ST/biljci	0,74	***
	Sadržaj ST nadz. dio	0,61	***
	Dušik	-0,80	***
	Fosfor	-0,61	***
Masa ST/biljci	Kalij	-0,80	***
	Dušik	-0,70	***
	Fosfor	-0,60	***
	Kalij	-0,67	***
Sadržaj ST nadz. dio	Kalcij	-0,66	***
	Magnezij	-0,52	**
	Fosfor	0,87	***
	Kalij	0,95	***
Dušik	Kalcij	0,52	**
	Magnezij	0,73	***
	Natrij	0,62	***
	Masa ST korijena/biljci	-0,51	**
	Kalij	0,94	***
Fosfor	Magnezij	0,76	***
	Natrij	0,68	***
	Kalcij	0,59	***
Kalij	Magnezij	0,74	***
	Natrij	0,62	***
	Kalcij	0,58	***
Magnezij	Natrij	0,79	***
	Cink	-0,51	**
Natrij	Cink	-0,50	**

Prikazane su samo statistički značajne korelacije ($p < 0,01$ ** ; $p < 0,001$ ***).

3.8.3 Kultivar Rivendel

Analizom korelacija kod kultivara Rivendel utvrđene su značajne korelacije između pojedinih svojstava. Visina biljaka bila je u značajnoj pozitivnoj korelaciji s masom suhe tvari po biljci ($p < 0,01$) i svježom masom nadzemnog dijela ($p < 0,001$), dok je negativna korelacija utvrđena između visine biljaka i mangana ($p < 0,001$).

Broj biljaka bio je u negativnoj korelaciji s masom suhe tvari po biljci ($p < 0,001$). Broj listova po biljci bio je u pozitivnoj korelaciji s masom suhe tvari po biljci, svježom masom nadzemnog dijela i brojem stolona ($p < 0,001$). Broj stolona bio je u pozitivnoj korelaciji sa svježom masom nadzemnog dijela ($p < 0,001$). Svježa masa nadzemnog dijela bila je u značajnoj pozitivnoj korelaciji s masom suhe tvari po biljci ($p < 0,001$), dok je negativna korelacija utvrđena između svježe mase nadzemnog dijela i cinka ($p < 0,001$). Masa suhe tvari po biljci bila je u značajnoj pozitivnoj korelaciji sa sadržajem suhe tvari nadzemnog dijela ($p < 0,001$), dok je negativna korelacija utvrđena s dušikom, fosforom, kalijem, kalcijem, magnezijem, željezom i cinkom ($p < 0,001$). Sadržaj suhe tvari nadzemnog dijela bio je u negativnoj korelaciji s dušikom, fosforom, kalijem, kalcijem, magnezijem, željezom i natrijem ($p < 0,001$), dok je pozitivna korelacija utvrđena između sadržaja suhe tvari nadzemnog dijela i mase suhe tvari korijena po biljci ($p < 0,001$). Dušik je bio u značajnoj pozitivnoj korelaciji s fosforom, kalijem, kalcijem i magnezijem ($p < 0,001$). Pozitivna korelacija dušika utvrđena je i s natrijem ($p < 0,01$) te klorofilom ($p < 0,001$). Negativna korelacija dobivena je između dušika i mase suhe tvari korijena po biljci ($p < 0,001$). Fosfor je bio u pozitivnoj korelaciji s kalijem, kalcijem, magnezijem, željezom, manganom i cinkom ($p < 0,001$), dok je negativna korelacija utvrđena između fosfora i mase suhe tvari korijena po biljci ($p < 0,001$). Kalij je pokazao značajnu pozitivnu korelaciju s kalcijem, magnezijem, željezom i natrijem ($p < 0,001$), dok je negativna korelacija utvrđena između kalija i mase suhe tvari korijena po biljci ($p < 0,001$). Kalcij je bio u pozitivnoj korelaciji s magnezijem i natrijem ($p < 0,001$). Magnezij je bio u značajnoj pozitivnoj korelaciji s natrijem i manganom ($p < 0,001$) te s cinkom ($p < 0,01$). Željezo je bilo u pozitivnoj korelaciji s cinkom ($p < 0,01$) i manganom ($p < 0,001$). Bakar je pokazao značajnu pozitivnu korelaciju s cinkom ($p < 0,001$) (tablica 28.).

Tablica 28. Prikaz statistički značajnih Pearsonovih korelacija (r) između istraživanih svojstava kultivara Rivendel.

Svojstvo 1	Svojstvo 2	r	Značajnost
Visina biljaka	Masa ST/biljci	0,52	**
	Svježa masa nadz. dijela	0,74	***
	Mangan	-0,68	***
Broj biljaka	Masa ST korijena/biljci	-0,55	***
	Masa ST/biljci	0,59	***
Broj listova/biljci	Svježa masa nadz. dijela	0,55	***
	Broj stolona/biljci	0,54	***
	Svježa masa nadz. dijela	0,57	***
Broj stolona/biljci	Masa ST/biljci	0,83	***
	Cink	-0,57	***

	Sadržaj ST nadz. dio	0,58	***
Masa ST/biljci	Dušik	-0,70	***
	Fosfor	-0,65	***
	Kalij	-0,79	***
	Kalcij	-0,73	***
	Magnezij	-0,65	***
	Željezo	-0,55	***
	Cink	-0,59	***
Sadržaj ST nadz. dio	Dušik	-0,85	***
	Fosfor	-0,71	***
	Kalij	-0,85	***
	Kalcij	-0,70	***
	Magnezij	-0,57	***
	Željezo	-0,62	***
	Natrij	-0,67	***
	Masa ST korijena/biljci	0,59	***
Dušik	Fosfor	0,79	***
	Kalij	0,95	***
	Kalcij	0,62	***
	Magnezij	0,58	***
	Natrij	0,50	**
	Masa ST korijena/biljci	-0,70	***
	Klorofil	0,55	***
Fosfor	Kalij	0,84	***
	Kalcij	0,57	***
	Magnezij	0,62	***
	Željezo	0,89	***
	Mangan	0,63	***
	Cink	0,68	***
	Masa ST korijena/biljci	-0,53	***
Kalij	Kalcij	0,75	***
	Magnezij	0,70	***
	Željezo	0,74	***
	Natrij	0,52	**
	Masa ST korijena/biljci	-0,68	***
Kalcij	Magnezij	0,84	***
	Natrij	0,61	***
Magnezij	Natrij	0,62	***
	Mangan	0,54	***
	Cink	0,56	***
Željezo	Cink	0,50	**
	Mangan	0,59	***
Bakar	Cink	0,58	***

Prikazane su samo statistički značajne korelacije ($p < 0,01$ **; $p < 0,001$ ***)

3.9 Predikcijski modeli neuronskih mreža

U ovom istraživanju neuronske mreže korištene su za modeliranje odnosa između jakosti magnetskog polja, vremena izloženosti i njihove interakcije te odabranih dvanaest agronomskih svojstava bijele djeteline prikazanih kroz kompozitni indeks (CI_{12}), u cilju određivanja optimalne kombinacije tretmana ($MP \times$ vrijeme). Podaci su podijeljeni na skup za treniranje i skup za testiranje (generalizaciju), pri čemu je model treniran na većini podataka, a evaluiran na neovisnom skupu.

3.9.1 Rezultati modela – kultivar Apolo

U fazi treniranja modela neuronske mreže kod kultivara Apolo utvrđen je koeficijent determinacije ($R^2 = 0,792$) što znači da model objašnjava 79,2 % ukupne varijance podataka. Između stvarnih i predviđenih vrijednosti utvrđena je vrlo jaka pozitivna korelacija ($r = 0,890$). Vrijednosti pogreške modela relativno su niske ($MSE = 0,03$ i $RMSE = 0,174$).

Analizom važnosti ulaznih varijabli utvrđeno je da magnetsko polje (mT) ima dominantan utjecaj na model (95,4 %), dok vrijeme izloženosti ima znatno manji doprinos (4,6 %). Rezultati analize važnosti ulaznih varijabli ukazuju da je jakost magnetskog polja ključan čimbenik u oblikovanju odgovora biljaka kod kultivara Apolo.

Najpovoljnije vrijednosti parametara (R^2 , r , MSE i $RMSE$) utvrđene su kod modela s 22 neurona u skrivenom sloju, dok je povećanje broja neurona (23 neurona) dovelo do pogoršanja performansi modela, što je vidljivo na slici 5.

Neuron	R-squared	Avg. error	Correlation	MSE	RMSE	% in-range	% same sign
19	0,783542	0,142481	0,885189	0,031878	0,178545	100,0%	79,8%
20	0,785868	0,141165	0,886509	0,031536	0,177584	100,0%	79,8%
21	0,783249	0,142575	0,885022	0,031922	0,178666	100,0%	79,8%
22	0,792338	0,139078	0,89016	0,030583	0,17488	100,0%	79,8%
23	0,373	0,248048	0,687106	0,09234	0,303876	100,0%	75,0%

Slika 5. Faza treniranja modela neuronskih mreža kod kultivara Apolo

Rezultati generalizacije modela neuronske mreže za kultivar Apolo ukazuju na dobru prediktivnu sposobnost modela na podacima neovisnim o treniranju. Koeficijent determinacije u fazi generalizacije iznosi ($R^2 = 0,685$), što ukazuje da model objašnjava približno 68,5 % ukupne varijabilnosti CI_{12} indeksa (slika 6.).

Vrijednost koeficijenta korelacije ($r = 0,840$) ukazuje na jaku pozitivnu povezanost između stvarnih i predviđenih vrijednosti, dok su vrijednosti pogreške ($MSE = 0,046$ i $RMSE = 0,215$) nešto više u odnosu na fazu treniranja, što je očekivano s obzirom na blagi pad performansi modela prilikom generalizacije.

Optimalan tretman određen je na temelju najviše srednje vrijednosti CI_{12} indeksa u odnosu na kontrolni tretman, pri čemu je kao optimalan utvrđen tretman 50 mT – 1 h.

Statistics resulting from predicting the

Enhanced generalization Advanced...

Number of processed rows: 124
Number of unprocessed rows: 0

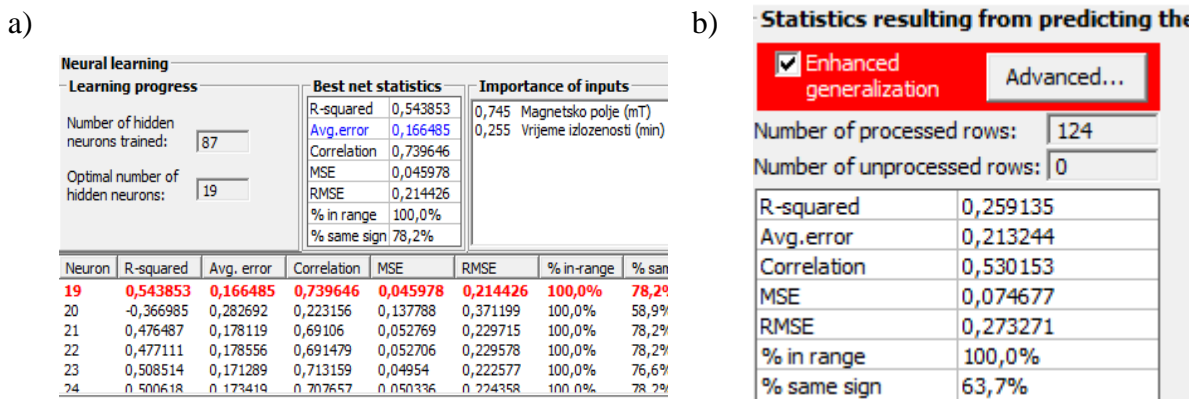
R-squared	0,685401
Avg. error	0,171356
Correlation	0,839966
MSE	0,046332
RMSE	0,215249
% in range	100,0%
% same sign	75,0%

Slika 6. Faza generalizacije modela neuronske mreže kod kultivara Apolo

3.9.2 Rezultati modela – kultivar Jura

U fazi treniranja modela neuronske mreže kod kultivara Jura utvrđen je koeficijent $R^2 = 0,544$, uz koeficijent korelacije $r = 0,740$ i vrijednosti pogreške ($MSE = 0,046$ i $RMSE = 0,214$). Analiza važnosti ulaznih varijabli pokazuje da magnetsko polje (mT) ima veći doprinos modelu (74,5%), dok vrijeme izloženosti doprinosi s 25,5 %.

U fazi generalizacije došlo je do značajnog pada performansi modela ($R^2 = 0,259$; $r = 0,530$) uz povećanje pogreške $MSE = 0,075$ i $RMSE = 0,273$ (slika 7).

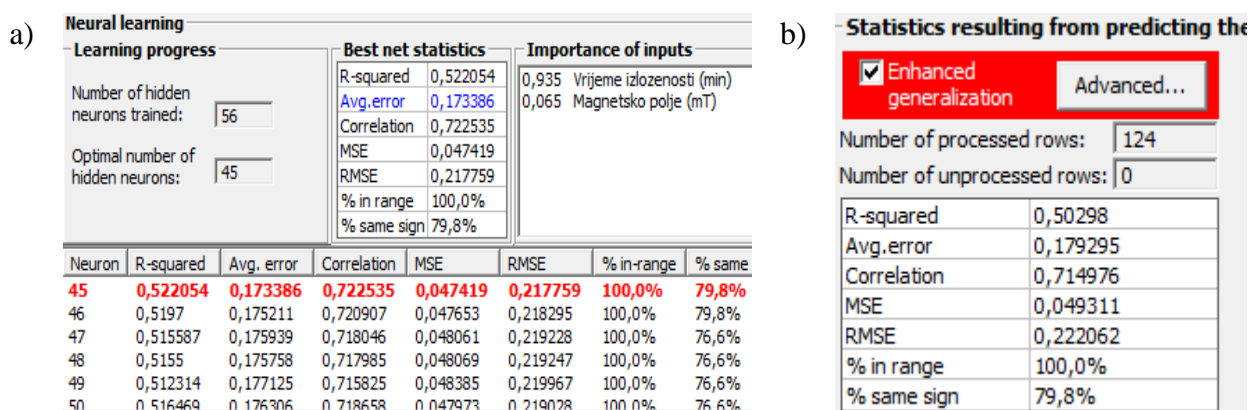


Slika 7. Faza treniranja modela (a) i generalizacije modela (b) neuronske mreže kod kultivara Jura

3.9.3 Rezultati modela – kultivar Rivendel

U fazi treniranja modela neuronske mreže kod kultivara Rivendel koeficijent determinacije iznosio je ($R^2 = 0,522$), uz korelaciju ($r = 0,723$), što ukazuje na srednje jaku pozitivnu povezanost između stvarnih i predviđenih vrijednosti. Vrijednosti pogreške ($MSE = 0,047$ i $RMSE = 0,218$) ukazuju na umjerenu preciznost modela. Analiza važnosti ulaznih varijabli pokazuje dominantan utjecaj vremena izloženosti (93,5 %), dok je jakost magnetskog polja imala znatno manji doprinos modelu (6,5 %).

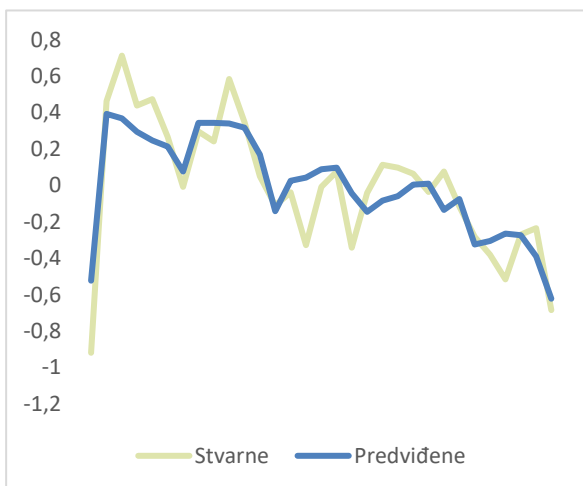
U fazi generalizacije model zadržava slične vrijednosti rezultata ($R^2 = 0,503$ i $r = 0,715$), uz blago povećanje pogreške ($MSE = 0,049$ i $RMSE = 0,222$). Iako model pokazuje stabilnu generalizaciju, model je objasnio 50,3 % ukupne varijabilnosti (CI_{12}) indeksa (slika 8.)



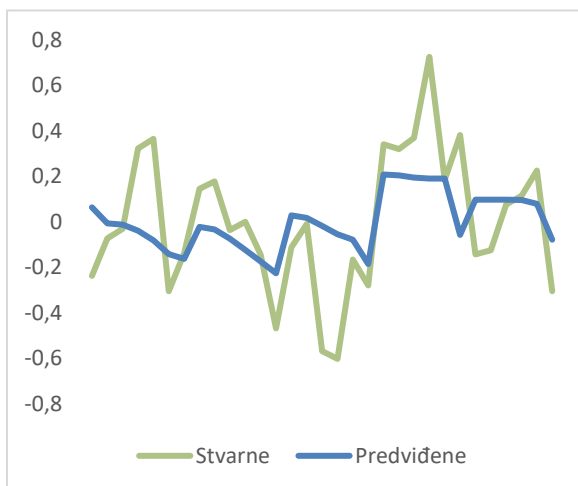
Slika 8. Faza treniranja modela (a) i generalizacije modela (b) neuronske mreže kod kultivara Rivendel

Na grafikonu 1 prikazan je odnos između stvarnih i predviđenih vrijednosti CI_{12} indeksa kod kultivara Apolo, Jura i Rivendel. Veća podudarnost između stvarnih i predviđenih vrijednosti upućuje na veću preciznost modela. Kod kultivara Apolo (grafikon 1a) vidljivo je najbolje podudaranje stvarnih i predviđenih vrijednosti, dok su kod kultivara Jura i Rivendel (grafikon 1b i c) vidljiva veća odstupanja između stvarnih i predviđenih vrijednosti, što ukazuje na slabiju prediktivnu sposobnost modela.

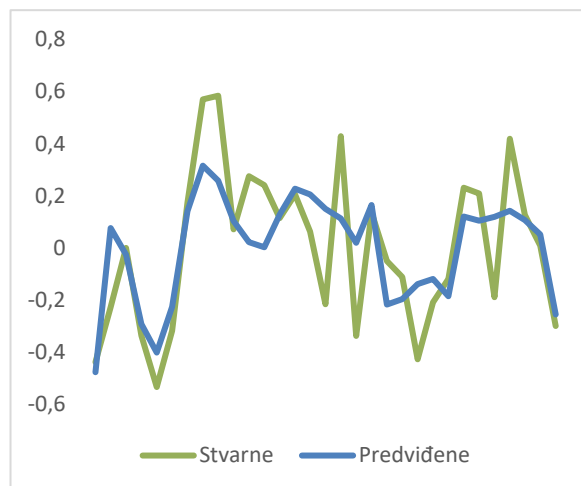
a) Apolo



b) Jura



c) Rivendel



Grafikon 1. Odnos stvarnih i predviđenih vrijednosti CI_{12} indeksa kod kultivara Apolo (a), Jura (b) i Rivendel (c)

4. RASPRAVA

4.1 Morfološka i proizvodna svojstva biljaka

Visina biljaka bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) ovisi o svojstvima kultivara, prvenstveno o duljini lisne peteljke, ali i o uvjetima uzgoja (Reyneri i sur., 1996.; Grljušić i sur., 2008.; Olmos i sur., 2003.; Carroll i sur., 2025.). Prema literaturi, visina biljaka istog kultivara može značajno varirati tijekom vegetacijske sezone. Ventura-Ríos i sur. (2022.) navode vrijednosti visine biljaka starih pet tjedana od 12,7 cm u zimskim i proljetnim uvjetima, a u ljetnim do 23,0 cm.

U provedenom istraživanju, visina biljaka kretala se u rasponu od 9,9 do 17,8 cm, što je, s obzirom na duljinu vegetacije, u skladu s literaturnim podacima. Na kontrolnoj varijanti kultivar Apolo i Jura imali su jednaku visinu biljaka (14,1 cm), dok je kultivar Rivendel imao nižu vrijednost (12,7 cm), što potvrđuje genetsku uvjetovanost ovog svojstva.

Primijenjeni predtretmani sjemena različito su utjecali na visinu biljaka, ovisno o pojedinih kultivaru.

Kod kultivara Apolo zabilježen je najveći raspon visine biljaka (12,6 do 17,8 cm), pri čemu su 24 tretmana rezultirala povećanjem visine u odnosu na kontrolu. Kod kultivara Jura visina biljaka kretala se od 12,3 do 16,5 cm, a pozitivan učinak u odnosu na kontrolu zabilježen je kod 11 tretmana. Kultivar Rivendel imao je najniže apsolutne vrijednosti visine biljaka (9,9 do 15,1 cm), a povećanje visine u odnosu na kontrolu zabilježeno je kod pet tretmana.

Slične razlike u reakciji kultivara na predtretmane sjemena utvrđene su i u drugim istraživanjima. Hamakareem (2020.) dobio je različite odgovore kultivara poljskog graška (*Pisum sativum* L.) na predtretmane sjemena, dok su Bahadir i sur. (2018.) izvijestili o povećanju biljaka graholika (*Lathyrus chrysanthus* Boiss.) nakon tretmana magnetskim poljem. Nasuprot tome, Herman i sur. (2024.) navode smanjenje visine stabljike kod krmnog graška (*Pisum sativum* L.) pri trajnoj izloženosti magnetskom polju, što upućuje na ovisnost učinka o biljnoj vrsti, kultivaru i načinu primjene tretmana.

Bijela djetelina (*Trifolium repens* L.) razvija relativno plitak korijenski sustav. Prema Nichols i sur. (2007.), oko 70 % ukupne mase korijena nalazi se u površinskom sloju tla na dubini 10-15 cm. Caradus (1977.) je u kontroliranim uvjetima, nakon 30 dana vegetacije, na 10 linija bijele djeteline utvrdio da se duljina korijena kretala u rasponu od 3,6 do 6,5 cm, ovisno o liniji.

U ovom istraživanju primjenom predtretmana sjemena bijele djeteline magnetskim poljem različite jakosti i vremena izloženosti, duljina korijena ispitivanih kultivara kretala se od 5,1 do 8,3 cm. Na kontrolnoj varijanti kultivari su imali slične vrijednosti duljine korijena: Apolo 6,4 cm, Jura 6,7 cm te Rivendel 6,6 cm. Dobiveni rezultati u skladu su s podacima iz literature.

Duljina korijena kultivara Apolo kretala se od 6,3 do 7,4 cm, pri čemu je do povećanja u odnosu na kontrolu utvrđeno kod 29 primijenjenih tretmana. Kod kultivara Jura raspon duljine korijena bio je od 5,1 do 7,8 cm, a u odnosu na kontrolu do povećanja je došlo kod 27 tretmana. Duljina korijena kod kultivara Rivendel kretala se od 6,4 do 8,3 cm, pri čemu je, kao i kod Jure, povećanje u odnosu na kontrolu zabilježeno kod 27 primijenjenih tretmana.

Pozitivan učinak predtretmana sjemena magnetskim poljem na rast korijena potvrđen je i u drugim istraživanjima. Florez i sur. (2019.) utvrdili su značajan utjecaj stacionarnog magnetskog polja različite jakosti i vremena izloženosti na povećanje duljine korijena klijanaca riže (*Oryza sativa* L.). Bahadir i sur. (2018.) zabilježili su najveće vrijednosti duljine korijena graholika (*Lathyrus chrysanthus* Boiss.) nakon predtretmana sjemena u trajanju od 24 sata. Također, Bukhari i sur. (2021.) izvijestili su o povećanju duljine korijena suncokreta (*Helianthus annuus* L.) nakon predtretmana sjemena magnetskim poljem u odnosu na kontrolu. Slične rezultate navode i Bačić i sur. (2024.), pri čemu je sjemena bijele djeteline magnetskim poljem (250 mT) značajno utjecao na duljinu korijena klijanaca, uz izražene razlike između kultivara ovisno o vremenu izloženosti.

Niska klijavost i neujednačeno nicanje bijele djeteline u odnosu na većinu ratarskih kultura povezuju se s velikim udjelom tvrdog sjemena (Kimura i Islam, 2012.). Prema literaturi, prosječna klijavost bijele djeteline iznosi 63-66 % (Chu i sur., 2022.), a značajno varira između kultivara te je ovisna o temperaturi (Bukvić i sur., 2008.; Baxter i sur., 2019.).

U ovom istraživanju broj biljaka kretao se od 41 (43 %) do 75 (78 %), pri čemu je kultivar Apolo na kontrolnoj varijanti razvio najveći broj biljaka (69 biljaka, odnosno 72 %), dok su Jura (52 biljke, odnosno 54 %) i Rivendel (50 biljaka, odnosno 52 %) pokazali niže vrijednosti u odnosu na literaturne podatke. Razlike među kultivarima potvrđuju genetsku uvjetovanost klijavosti i nicanja.

Primijenjeni predtretmani sjemena utjecali su na povećanje broja biljaka, ali u različitoj mjeri ovisno o kultivaru. Kod kultivara Apolo broj biljaka kretao se od 62 (65 %) do 75 (78 %), što je u skladu s vrijednostima navedenim u literaturi. U odnosu na kontrolu, kod 12 primijenjenih tretmana zabilježen je veći broj biljaka. Broj biljaka kod kultivara Jure kretao se od 51 (53 %) do 61 (64 %).

Iako su apsolutne vrijednosti bile niže, 29 tretmana pozitivno je utjecalo na broj biljaka. Kod kultivara Rivendel broj biljaka kretao se od 41 (43 %) do 58 (60 %), što su nešto niže vrijednosti u odnosu na literaturne podatke. Kod 16 primijenjenih tretmana došlo je do povećanja broja biljaka.

Pozitivni učinci predtretmana sjemena magnetskim poljem potvrđeni su i u drugim istraživanjima. Shine i sur. (2011.) te Kataria i sur. (2017.) navode poboljšanu klijavost i rast soje (*Glycine max* (L.) Merr.) i kukuruza (*Zea mays* L.), dok Bhardwaj i sur. (2012.) izvještavaju o povećanoj klijavosti krastavca (*Cucumis sativus* L.). Bahadir i sur. (2018.) također su utvrdili veći broj razvijenih biljaka graholika (*Lathyrus chrysanthus* Boiss.) nakon tretmana magnetskim poljem. Autori ove učinke povezuju s povećanom aktivnošću hidrolitičkih i antioksidacijskih enzima, što doprinosi bržem i ujednačenijem klijanju.

Broj listova kod bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) je izrazito varijabilno morfološko svojstvo. U literaturi se navodi da se broj listova na stolonima ili biljci kreće u rasponu od 1 do 12 listova, ovisno o godišnjem dobu, genotipu, razvojnoj fazi i uvjetima uzgoja. Hamilton i sur. (1989.) izvijestili su da se na stolonima razvilo 1-5 listova tijekom zime te 3-12 listova tijekom ljeta, pri čemu su temperatura i genotip imali ključan utjecaj. Lüscher i sur. (2001.) pokazali su da se broj listova bijele djeteline značajno mijenja između različitih razvojnih faza te da kultivari pokazuju različite reakcije na defolijaciju. Nadalje, Belaygue i sur. (1996b.) utvrdili su da kratkotrajni vodni stres može smanjiti broj listova kod bijele djeteline za 20-30 %.

U ovom istraživanju broj listova po biljci kod ispitivanih kultivara kretao se od 6,7 do 13, što je u skladu s literaturnim navodima. U kontrolnom tretmanu najveću vrijednost imao je Rivendel (11), zatim Jura (9,6), dok je najmanji broj listova zabilježen kod kultivara Apolo (7,4).

Kod kultivara Apolo broj listova po biljci kretao se od 7,2 do 9,5. U odnosu na kontrolu kod 28 tretmana utvrđen je veći ili jednak broj listova. Broj listova po biljci kod kultivara Jura kretao se u rasponu od 6,7 do 11,7, a u odnosu na kontrolu kod 5 tretmana došlo je do povećanja vrijednosti. Kod kultivara Rivendel broj listova po biljci kretao se od 8,8 do 13, dok je u odnosu na kontrolu kod 10 tretmana došlo do povećanja broja.

U kontekstu utjecaja magnetskog polja, istraživanja pokazuju da magnetopriming može potaknuti vegetativni rast biljaka. Tako su Vashisth i Joshi (2017.) utvrdili da izlaganje sjemena kukuruza (*Zea mays* L.) statičkom magnetskom polju (200 mT, 1 h) značajno povećava broj listova i indeks lisne površine u odnosu na kontrolu.

Slične rezultate navode Vashisth i sur. (2021.) kod suncokreta (*Helianthus annuus* L.), gdje je tretman sjemena (200 mT, 2 h) doveo do povećanja lisnih i drugih morfoloških parametara. Također, Krawiec i sur. (2018.) bilježe porast duljine i površine listova te vegetativnog indeksa kod hortikulturnih vrsta nakon tretiranja sjemena ili primjene magnetizirane vode. Prema preglednom radu Saletnik i sur. (2022.), iako su učinci magnetskih tretmana varijabilni, u većini istraživanja zabilježeno je povećanje lisne površine i mase nadzemnog dijela voća, često praćeno većim brojem listova.

Broj i duljina stolona omogućuju formiranje novih ukorijenjenih nodija te time utječu na gustoću sklopa i stabilnost usjeva u uvjetima košnje i ispaše. Frame i Laidlaw (1998.) ističu da su ova svojstva pod snažnim genotipskim utjecajem, ali i osjetljiva na okolišne čimbenike. Miller i Hampton (1988.) uzgojem 11 kultivara bijele djeteline nakon 8 tjedana u stakleničkim uvjetima dobili su značajne razlike između kultivara u broju stolona (1,48 do 3,76 stolona po biljci). Duljina stolona povezana je s prostornim širenjem biljke, dok broj stolona odražava intenzitet grananja i sposobnost formiranja novih vegetativnih jedinki. Prema Caradus i Chapman (1991.) sitnolisni kultivari najčešće razvijaju veći broj kraćih stolona, dok krupnolisni tipovi imaju manji broj, ali snažnije i dulje stolone.

U provedenom istraživanju broj stolona po biljci kretao se u rasponu od 0,41 do 1,95. Na kontrolnoj varijanti najveći broj stolona imao je kultivar Rivendel (1,34), zatim Jura (0,93), a najmanji Apollo (0,56). Dobiveni manji broj stolona u odnosu na literaturne podatke može se pripisati kraćoj vegetaciji.

Zbog osjetljivosti ovog svojstva na genotipske razlike i vanjske čimbenike, analiza broja stolona omogućuje jasniji uvid u reakciju pojedinih kultivara na primijenjene tretmane.

Zabilježeni broj stolona po biljci kod kultivara Apollo kretao se od 0,41 do 0,98, a kod 23 tretmana vrijednosti su bile veće u odnosu na kontrolu. Kod kultivara Jure broj stolona po biljci kretao se od 0,55 do 1,09, dok je kod 6 tretmana došlo do povećanja broja stolona po biljci. Rivendel je imao vrijednosti broja stolona po biljci od 1,19 do 1,95. U odnosu na kontrolu, kod 25 tretmana broj je bio veći.

Dobiveni rezultati ukazuju na izraženu genotipsku varijabilnost u reakciji na primijenjene tretmane, pri čemu je kultivar Rivendel pokazao najveći potencijal povećanja broja stolona, dok je kod kultivara Jura reakcija bila umjerenija.

U literaturi se navodi da izlaganje sjemena ili biljaka magnetskom polju može utjecati na fiziološke procese poput klijanja, aktivnosti enzima, intenziteta fotosinteze i dioba stanica, što posredno može rezultirati promjenama u vegetativnom rastu.

Povećana mitotička aktivnost i intenzivniji rast meristemskog tkiva mogli bi objasniti povećanje broja formiranih stolona kod određenih tretmana.

Bijela djetelina (*Trifolium repens* L.) u ranoj fazi razvoja pokazuje spor porast nadzemne biomase, naročito tijekom prvih mjeseci vegetacije (Brock i Hay, 2001.). Akumulacija svježe mase u tom razdoblju u velikoj mjeri ovisi o agroekološkim uvjetima. U istraživanjima Bukvić i sur. (2008.) provedenim u kontroliranim uvjetima uzgoja u kontejnerima na supstratu, nakon 30 dana vegetacije zabilježena je svježja masa nadzemnog dijela od 547 mg/biljci kod kultivara Jura te 787 mg/biljci kod kultivara Rivendel. Širi raspon vrijednosti mase nadzemnog dijela bijele djeteline (100-1500 mg/biljci), ovisno o razini saliniteta, navode Ballhorn i Elias (2014.), potvrđujući visoku varijabilnost ove vrste u odnosu na okolišne čimbenike.

U ovom istraživanju svježja masa biljaka kretala se od 627 do 1197 mg/biljci, što je u potpunosti unutar literaturnog raspona. Na kontrolnoj varijanti najveću masu imao je kultivar Jura (923 mg/biljci), zatim Rivendel (909 mg/biljci), dok je najnižu vrijednost imao Apolo (711 mg/biljci).

Primjena magnetskog polja rezultirala je povećanjem svježe mase kod svih kultivara u odnosu na kontrolu, pri čemu je intenzitet odgovora bio ovisan o genotipu i tretmanima.

Kod kultivara Apolo svježja masa kretala se od 711 do 1197 mg/biljci, a svi primijenjeni tretmani pokazali su stimulativni učinak u odnosu na kontrolu. Kultivar Jura reagirao je povećanjem mase kod 10 tretmana (raspon 730 do 1105 mg/biljci), dok je kod kultivara Rivendel, kod kojega se raspon kretao od 627 do 1116 mg svježe tvari po biljci, povećanje u odnosu na kontrolu zabilježeno je kod 4 tretmana.

Pozitivan učinak magnetskog polja na rast i biomasu potvrđen je i kod drugih kultura. Kod pšenice (*Triticum aestivum* L.) tretman sjemena statičkim magnetskim poljem doveo je do povećanja vegetativnog rasta i prinosa zrna (Vashisth i Nagarajan, 2010.; Pietruszewski i Kania, 2010.). Slično je utvrđeno kod kukuruza (*Zea mays* L.), gdje je magnetopriming rezultirao većom svježom i suhom masom klijanaca (Florez i sur., 2007.), kao i kod soje (*Glycine max* (L.) Merr.) te rajčice (*Solanum lycopersicum* L.), kod kojih je zabilježeno povećanje biomase i prinosa (De Souza i sur., 2006.). Kod suncokreta (*Helianthus annuus* L.) Bukhari i sur. (2021.) predtretmanom 6 hibrida sjemena magnetskim poljem različite jakosti i vremena izloženosti dobili su povećanje svježe i suhe biomase, a hibridi su različito reagirali na jakost i vrijeme izloženosti magnetskom polju.

Masa suhe tvari nadzemnog dijela bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) varira tijekom vegetacije ovisno o klimatskim uvjetima. Seker i sur. (2003.) utvrdili su najveće vrijednosti u

proljeće (25,6 g/biljci), dok su ljetne (6,29 g/biljci) i zimske vrijednosti (6,32 g/biljci) bile značajno niže. Caradus (1977.) je u kontroliranim uvjetima, nakon šest tjedana uzgoja, zabilježio masu suhe tvari nadzemnog dijela za deset linija bijele djeteline od 0,789 do 1,289 g/biljci.

U ovom istraživanju masa suhe tvari nadzemnog dijela kretala se od 77 do 168 mg/biljci. Na kontrolnoj varijanti najveću vrijednost imao je kultivar Rivendel (155 mg/biljci), zatim Jura (134 mg/biljci), dok je najmanju vrijednost imao Apolo (99 mg/biljci). Dobivene vrijednosti niže su u odnosu na literaturne podatke, što je očekivano s obzirom na kraće trajanje vegetacije. Kod kultivara Apolo vrijednosti su se kretale u rasponu od 99 do 145 mg/biljci, pri čemu je kod 29 tretmana masa suhe tvari bila veća ili jednaka kontroli. Kod kultivara Jura vrijednosti su se kretale od 103 do 166 mg/biljci, a povećanje u odnosu na kontrolu zabilježeno je kod 9 tretmana. Kod kultivara Rivendel masa suhe tvari kretala se od 77 do 168 mg/biljci, dok su samo dva tretmana rezultirala vrijednostima većim od kontrolnih.

Djelovanjem magnetskog polja, De Souza i sur. (2006.) utvrdili su povećanje suhe mase kod rajčice (*Solanum lycopersicum* L.), dok su Podlešny i sur. (2004.) zabilježili povećanje nadzemne biomase i intenzivniji početni porast kod više ratarskih vrsta.

U vegetativnom stadiju sadržaj suhe tvari u nadzemnoj masi bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) kreće se između 15 i 20 %, dok u kasnijim fenofazama može doseći i 25 % (Frame i Laidlaw, 1998.; Whitehead, 2000.).

U provedenom istraživanju sadržaj suhe tvari ispitivanih kultivara kretao se od 10,6 do 18,8 %. Donja vrijednost bila je nešto niža od literaturnih podataka, što se može pripisati ranom vegetativnom stadiju biljaka. Na kontrolnoj varijanti najveći udio imao je kultivar Rivendel (17,3 %), dok su Apolo i Jura imali podjednake vrijednosti (14,0 i 14,5 %).

Kod Apola sadržaj suhe tvari kretao se u rasponu od 10,6 do 15 %. U odnosu na kontrolu vrijednosti su bile jednake ili veće kod 5 tretmana. Kod Jure vrijednosti su se kretale u rasponu od 12,3 do 18,1 %. U odnosu na kontrolu, povećanje sadržaja suhe tvari zabilježeno je kod 11 tretmana. Sadržaj suhe tvari u nadzemnom dijelu biljaka kultivara Rivendel kretao se od 12,2 do 18,8 %. Povećane vrijednosti u odnosu na kontrolu dobivene su kod 4 tretmana.

Utjecaj magnetskog polja na sadržaj suhe tvari može se povezati s promjenama u vodnom statusu biljaka i intenzitetu fotosinteze. Carbonell i sur. (2000.) navode da magnetsko polje može utjecati na propusnost staničnih membrana i transport iona, što posredno mijenja odnos vode i suhe tvari u biljnom tkivu. Povećanje sadržaja suhe tvari u pojedinim tretmanima može biti posljedica poboljšane fotosintetske aktivnosti i učinkovitijeg nakupljanja asimilata, kako

navode De Souza i sur. (2006.). Raspon vrijednosti bio je podjednak kod svih kultivara, što ukazuje da magnetski tretman nije narušio fiziološku ravnotežu biljaka, već je djelovao u okviru prirodne varijabilnosti genotipa.

Seker i sur. (2003.) navode da masa suhe tvari korijena bijele djeteline ovisi o sezoni, pri čemu je najveća u proljeće (7,07 g/biljci), dok se ljeti (1,74 g/biljci) i zimi (1,65 g/biljci) smanjuje. Caradus (1977.) je u kontroliranim uvjetima uzgoja utvrdio masu suhe tvari korijena kod 10 linija bijele djeteline od 0,272 do 0,541 g/biljci.

Masa suhe tvari korijena kod ispitivanih kultivara kretala se u rasponu od 9,93 do 35,88 mg/biljci. Na kontrolnoj varijanti najveću masu suhe tvari imao je kultivar Rivendel (23,38 mg/biljci), zatim Jura (17,19 mg/biljci), a najmanju vrijednost imao je kultivar Apolo (11,30 mg/biljci). Niže vrijednosti u odnosu na literaturu posljedica su kraćeg trajanja vegetacije.

Masa suhe tvari korijena kod kultivara Apolo kretala se od 11,30 do 30,40 mg/biljci, a u odnosu na kontrolnu varijantu svi tretmani imali su veće vrijednosti. Kod kultivara Jura vrijednosti su se kretale u rasponu od 11,48 do 31,60 mg/biljci. U odnosu na kontrolu, veća masa suhe tvari korijena zabilježena je kod 26 tretmana. Kultivar Rivendel imao je masu suhe tvari od 9,93 do 35,88 mg/biljci, a veće vrijednosti od kontrole dobivene su na 6 primijenjena tretmana.

Pozitivan učinak magnetskog polja na razvoj korijena zabilježen je u brojnim istraživanjima. Racuciu i sur. (2008.) te Vashisth i Nagarajan (2010.) navode da magnetsko polje može stimulirati aktivnost meristema i elongaciju korijena, što rezultira većom korijenskom biomasom. Povećanje mase korijena može posljedično poboljšati usvajanje vode i hraniva, čime se indirektno utječe na cjelokupni rast biljke.

Najveći raspon vrijednosti mase suhe tvari korijena dobiven je kod kultivara Rivendel, što upućuje na veću osjetljivost ovog genotipa na primijenjene tretmane magnetskog polja.

4.2 Sadržaj makroelemenata u nadzemnom dijelu kultivara

Sadržaj N za većinu biljnih vrsta kreće se od 3,0 do 4,2 % (Plank, 1989.). U istraživanjima Caradus i sur. (1995b.) sadržaj N kod 29 genotipova bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) iznosio je od 3,7 do 4,6 %, dok su Abbasi i sur. (2009.) kod različitih ekotipova bijele djeteline utvrdili raspon N od 2,21 do 3,00 %.

U ovom istraživanju sadržaj N kod ispitivanih kultivara kretao se od 1,68 do 4,58 %. Na kontrolnim tretmanima kultivari Apolo i Jura imali su podjednake vrijednosti (2,71 odnosno 2,74 %), dok je najmanji sadržaj zabilježen kod kultivara Rivendel (1,88 %). U odnosu na literaturne podatke, pojedini predtretmani sjemena, ovisno o kultivaru, rezultirali su nižim

sadržajem N u nadzemnom dijelu biljaka.

Sadržaj N kod kultivara Apolo kretao se od 2,31 do 4,58 %, što je u skladu s vrijednostima navedenim u literaturi. U odnosu na kontrolu, kod 26 primijenjenih tretmana zabilježeno je povećanje sadržaja N. Kod kultivara Jura sadržaj N kretao se u rasponu od 1,88 do 4,22 %, pri čemu je najniža vrijednost bila nešto manja u odnosu na podatke iz literature. U usporedbi s kontrolom, kod 21 tretmana utvrđen je veći sadržaj N. U nadzemnom dijelu biljaka kultivara Rivendel sadržaj N kretao se od 1,68 do 4,03 %, pri čemu je samo jedan od primijenjenih tretmana rezultirao nižim sadržajem N u odnosu na kontrolu.

Sukladno dobivenim rezultatima, i istraživanja drugih autora ukazuju na pozitivan učinak magnetskog polja na sadržaj N u biljkama. Hozayn i sur. (2018.) utvrdili su povećanje sadržaja N u drugom i trećem otkosu lucerne (*Medicago sativa* L.) nakon predtretmana sjemena magnetiziranom bočatom vodom, u usporedbi s netretiranim sjemenom. Grewal i Maheshwari (2011.) utvrdili su povećani sadržaj N kod biljaka graška (*Pisum sativum* var. *saccharatum* Ser.) pri primjeni magnetskog polja različite jakosti, dok su Bilalis i sur. (2013.) najveće vrijednosti sadržaja N kod pamuka (*Gossypium herbaceum*) dobili pri vremenu izloženosti sjemena magnetskom polju od 30 minuta.

Kod mladih biljaka sadržaj P je veći (0,5–1,0 %), a sa starošću opada, pri čemu se kritične vrijednosti kreću od 0,25 do 0,3 % (Plank, 1989.). Prema Frame i Newbould (1986.), sadržaj P u nadzemnom dijelu bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) kreće se od 1,9 do 5,1 g kg⁻¹. U istraživanju Alberski i Olszewska (2015.) utvrđeno je da se sadržaj P u nadzemnom dijelu bijele djeteline kretao u rasponu od 1,5 do 5,6 g kg⁻¹. Abbasi i sur. (2009.) kod različitih ekotipova bijele djeteline utvrdili su sadržaj P od 0,21 do 0,44 %.

U ovom istraživanju sadržaj P u nadzemnom dijelu biljaka ispitivanih kultivara kretao se od 0,35 do 0,76 %. Na kontroli najveći sadržaj P imao je kultivar Apolo (0,46 %), nešto niži Jura (0,43 %), a najmanji kod Rivendela (0,36 %). U odnosu na vrijednosti navedene u literaturi, sadržaj P kod ispitivanih kultivara nakon 5 tjedana vegetacije kretao se unutar optimalnog raspona.

Primijenjeni predtretmani sjemena kombinacijom različitih jakosti magnetskog polja i vremena izloženosti različito su utjecali na sadržaj P u nadzemnom dijelu biljaka.

Kod kultivara Apolo kretao se od 0,46 do 0,76 %, pri čemu su svi primijenjeni predtretmani rezultirali višim sadržajem P. Kod kultivara Jura sadržaj P kretao se od 0,35 do 0,65 %, a u odnosu na kontrolu viši sadržaj zabilježen je kod 27 tretmana. Vrijednosti sadržaja P kod Rivendela kretale su se od 0,35 do 0,63 %, pri čemu je kod 29 tretmana zabilježen viši ili jednak

sadržaj P u odnosu na kontrolu.

U drugim istraživanjima utjecaja magnetskog polja na sadržaj P u biljkama dobiveni su različiti rezultati. Hozayn i sur. (2018.) predtretmanom sjemena lucerne (*Medicago sativa* L.) magnetiziranom bočatom vodom utvrdili su povećanje sadržaja P u drugom (0,81 %) i trećem (0,91 %) otkosu u odnosu na netretirano sjeme (0,67 %). Zhang i sur. (2023.) navode da se magnetska polja mogu koristiti kao sredstvo za povećanje dostupnosti P u tlu, pri čemu su za pšenicu (*Triticum aestivum*) najveće vrijednosti zabilježene pri jakosti 60 mT. Bilalis i sur. (2013.) također su utvrdili povećani sadržaj P predtretmanom sjemena pamuka (*Gossypium herbaceum*). Suprotno tome, Grewal i Maheshwari (2011.) nisu utvrdili utjecaj magnetskog polja na sadržaj P u nadzemnom dijelu biljaka graška (*Pisum sativum*).

Dhawi i sur. (2009.) zabilježili su smanjeni sadržaj P u listovima palme (*Phoenix dactylifera* L.) s povećanjem jakosti magnetskog polja i vremena izloženosti.

Sadržaj K kod mladih biljaka kreće se od 3,0 do 5,0 %, dok se kritične vrijednosti kreću između 1,75 i 2,00 % (Plank, 1989.). Prema Frame i Newbould (1986.), sadržaj K u nadzemnom dijelu bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) kreće se od 15,4 do 38 g kg⁻¹, dok Alberski i Olszewska (2015.) navode raspon od 1,54 do 4,46 %. Abbasi i sur. (2009.) kod različitih ekotipova bijele djeteline utvrdili su sadržaj K od 1,44 do 2,90 %.

Utvrđeni sadržaj K u nadzemnom dijelu biljaka ispitivanih kultivara kretao se od 2,75 do 6,41 %. Na kontroli sadržaj K bio je najveći kod kultivara Apolo (3,93 %), zatim kod Jure (3,64 %), dok je najmanji bio kod Rivendela (2,76 %). Dobivene vrijednosti nalazile su se unutar ili nešto iznad literaturnih podataka.

Primjena magnetskih predtretmana sjemena kultivara rezultirala je varijabilnim promjenama sadržaja K.

Kod kultivara Apolo sadržaj K kretao se od 3,46 do 6,41 %, pri čemu je viši sadržaj u odnosu na kontrolu zabilježen kod 28 tretmana. Sadržaj K kod Jure kretao se od 2,85 do 5,23 %. U odnosu na kontrolu veći sadržaj K dobiven je kod 24 tretmana, a najveći kod 350 mT i 24 h. Kod Rivendela utvrđene vrijednosti sadržaja K bile su od 2,75 do 5,19 %. Veći sadržaj u odnosu na kontrolu dobiven je na 29 tretmana.

Hozayn i sur. (2018.) utvrdili su povećanje sadržaja K u nadzemnom dijelu lucerne (*Medicago sativa* L.) kod drugog (6,51 %) i trećeg otkosa (6,44 %) u odnosu na kontrolu (5,76 %) nakon primjene magnetskog polja. Grewal i Maheshwari (2011.) utvrdili su povećanje sadržaja K kod mladih biljaka graška (*Pisum sativum* var. *saccharatum* Ser.) primjenom magnetizirane vode za navodnjavanje, dok se predtretman sjemena magnetskim poljem te kombinacija istog s

navodnjavanjem magnetiziranom vodom nije razlikovala od kontrole. Predtretmanom sjemena pamuka (*Gossypium herbaceum*) Bilalis i sur. (2013.) dobili su najveće vrijednosti za sadržaj K kod najdužeg vremena izloženosti.

Sadržaj Ca u nadzemnom dijelu biljaka kreće se od 0,1 do 5 % (Marschner, 2012.), dok se optimalni raspon nalazi između 0,7-3,0 % (Tekeli i sur., 2003.). Frame i Newbould (1986.) navode optimalan sadržaj Ca u bijeloj djetelini (*Trifolium repens* L.) od 1,2 do 2,3 %, a Alberski i Olszewska (2015.) raspon od 1,2 do 2,6 %. Abbasi i sur. (2009.) kod različitih ekotipova bijele djeteline utvrdili su sadržaj Ca od 0,53 do 1,51 %.

U ovom istraživanju sadržaj Ca kod ispitivanih kultivara kretao se od 1,09 do 1,78 %. Na kontroli najveći sadržaj Ca imao je kultivar Apolo (1,56 %), manji Jura (1,42 %), a najniže vrijednosti utvrđene su kod Rivendela (1,17 %). Dobivene vrijednosti uglavnom su u skladu s literaturom, iako je najniža zabilježena vrijednost bila nešto niža od optimalnog raspona koji navode Frame i Newbould (1986.).

Magnetski predtretmani različito su utjecali na sadržaj Ca kod ispitivanih kultivara. Sadržaj Ca kod kultivara Apolo kretao se od 1,33 do 1,78 %. U odnosu na kontrolu veći ili jednaki sadržaj Ca dobiven je kod 16 tretmana. Kod kultivara Jura sadržaj Ca kretao se od 1,09 do 1,62 %, a viši ili jednak sadržaj u odnosu na kontrolu utvrđen je kod 10 tretmana. Kod Rivendela sadržaj Ca kretao se od 1,11 do 1,60 %. U odnosu na kontrolu veći ili jednaki sadržaj Ca utvrđen je kod 29 tretmana.

Literaturni podaci navode različit utjecaj tretmana magnetskog polja na sadržaj Ca kod ratarskih kultura. Ercan i sur. (2022.) kod ječma (*Hordeum vulgare* L.) utvrdili su smanjenje sadržaja Ca s porastom jakosti magnetskog polja. Međutim, Hozayn i sur. (2018.) kod sjemena tretiranog magnetskim poljem dobili su povećani sadržaj Ca u nadzemnom dijelu lucerne (*Medicago sativa* L.) u odnosu na kontrolu. Najveće vrijednosti za sadržaj Ca Bilalis i sur. (2013.) utvrdili su kod najduže izloženosti sjemena pamuka (*Gossypium herbaceum*). Eşitken i Turan (2004.) veći sadržaj Ca u plodu jagode (*Fragaria × ananassa* cv. Camarosa) utvrdili su izlaganjem sjemena različitim jakostima magnetskog polja. Također, istraživanja Dhawi i sur. (2009.) pokazala su da veća jakost magnetskog polja i dulje vrijeme izlaganja sadnica palme (*Phoenix dactylifera* L.) rezultiraju višim sadržajem Ca u listovima.

Optimalan sadržaj Mg u biljkama kreće se u rasponu 0,2 do 1,2 % (Tekeli i sur., 2003.). Prema Frame i Newbould (1986.), sadržaj Mg u nadzemnom dijelu bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) iznosi 0,15 do 0,48 %, dok Alberski i Olszewska (2015.) navode raspon od 0,13 do 0,20 %. Abbasi i sur. (2009.) utvrdili su sadržaj Mg od 0,21 do 0,34 %.

Sadržaj Mg kod različitih predtretmana sjemena kultivara magnetskim poljem u ovom istraživanju kretao se od 0,35 do 0,60 %. Na kontroli je sadržaj Mg bio sličan kod Apola (0,42 %) i Jure (0,44 %), dok je najniža vrijednost zabilježena kod Rivendela (0,37 %). Sve vrijednosti nalazile su se unutar optimalnog raspona za bijelu djetelinu.

Predtretmani sjemena magnetskim poljem rezultirali su povećanjem sadržaja Mg kod većine tretmana.

Kod kultivara Apolo sadržaj Mg kretao se od 0,37 % do 0,60 %. Viši ili jednak sadržaj Mg u odnosu na kontrolu utvrđen je kod 28 tretmana. Kod Jure sadržaj Mg kretao se od 0,35 % do 0,57 %, a viši ili jednak sadržaj u odnosu na kontrolu zabilježen je kod 16 tretmana. Sadržaj Mg kod Rivendela bio je od 0,37 % do 0,54 %. Svi tretmani imali su veći sadržaj Mg u odnosu na kontrolu.

U istraživanju Bilalis i sur. (2013.) kod predtretmana sjemena pamuka (*Gossypium herbaceum*) pulsirajućim magnetskim poljem najveće vrijednosti za sadržaj Mg dobili su kod najdužeg vremena izloženosti (30 minuta). Hozayn i sur. (2018.) sjetvom sjemena lucerne (*Medicago sativa* L.) tretiranog magnetskim poljem dobili su povećanje sadržaja Mg u dva otkosa.

Sadržaj Na u nadzemnom dijelu bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) kreće se od 0,05-0,39 % (Frame i Newbould, 1986.), dok Abbasi i sur. (2009.) navode raspon od 0,01 do 0,8 %.

Sadržaj Na kod ispitivanih kultivara bijele djeteline u ovom istraživanju kretao se od 0,20 do 0,57 %. Na kontroli najveći sadržaj imao je kultivar Apolo (0,41 %), a niži Jura (0,29 %) i Rivendel (0,28 %). Dobiveni sadržaj Na bio je u skladu s literaturnim podacima.

Magnetski predtretmani sjemena različito su utjecali na sadržaj Na među kultivarima.

Sadržaj Na kod Apola kretao se od 0,33 do 0,57 %. U odnosu na kontrolu 13 tretmana imalo je veće ili iste vrijednosti za Na.

Kod Jure sadržaj Na kretao se u rasponu od 0,20 do 0,42 %. U odnosu na kontrolu veći ili isti sadržaj Na dobiven je kod 20 tretmana. Kultivar Rivendel imao je sadržaj Na između 0,28 i 0,46 %, dok su u odnosu na kontrolu svi tretmani imali veću vrijednost.

Primjenom tretmana sjemena lucerne (*Medicago sativa* L.) magnetskim poljem Hozayn i sur. (2018.) utvrdili su veći sadržaj Na u nadzemnom dijelu usjeva kod kontrole u odnosu na tretmane.

Utvrđeni sadržaj makroelemenata u nadzemnom dijelu ispitivanih kultivara bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) uglavnom je bio unutar ili približan vrijednostima u literaturi. Uočene razlike među kultivarima potvrđuju genotipske razlike u usvajanju i akumulaciji hraniva.

Predtretmani sjemena magnetskim poljem u većini slučajeva rezultirali su povećanjem sadržaja

pojedinih makroelemenata u odnosu na kontrolu, naročito N, K i Mg, dok su učinci kod Ca i Na bili umjereniji i varijabilni. Fosfor je unutar optimalnih granica, uz česta povećanja nakon tretmana.

Ukupno gledano, rezultati potvrđuju potencijal primjene magnetskog polja kao agrotehničke mjere za poboljšanje mineralnog sastava biljaka, pri čemu intenzitet učinka ovisi o kultivaru i parametrima tretmana.

4.3 Koncentracija mikroelemenata u nadzemnom dijelu kultivara

Raspon koncentracije Fe za većinu biljnih vrsta kreće se od 50-250 $\mu\text{g g}^{-1}$ (FAO, 1984). Tripathi i sur. (2015.) kao optimalne vrijednosti navode 50-100 mg kg^{-1} . U nadzemnom dijelu bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) koncentracija Fe kreće se od 102 do 470 mg kg^{-1} (Frame i Newbould, 1986.), dok Alberski i Olszewska (2015.) navode raspon od 60-633 mg kg^{-1} . Abbasi i sur. (2009.) kod različitih ekotipova bijele djeteline utvrdili su koncentraciju Fe od 156 do 250 mg kg^{-1} .

U ovom istraživanju koncentracija Fe kretala se od 36,9 do 95,2 mg kg^{-1} . Na kontroli najveću koncentraciju imao je kultivar Apolo (50,6 mg kg^{-1}), zatim Jura (45,9 mg kg^{-1}), dok je najmanja zabilježena kod Rivendela (40,8 mg kg^{-1}). Iako su donje utvrđene vrijednosti bile nešto niže u odnosu na literaturu, simptomi nedostatka nisu bili uočeni.

Magnetski predtretmani sjemena uglavnom su povećali koncentraciju Fe.

Kod kultivara Apolo koncentracija Fe se kretala od 48,1 do 77,8 mg kg^{-1} . U odnosu na kontrolu 28 tretmana imalo je veću ili jednaku vrijednost. Koncentracija Fe kod kultivara Jure kretala se u rasponu od 41,3 do 95,2 mg kg^{-1} . Veću ili jednaku koncentraciju u odnosu na kontrolu imalo je 28 tretmana.

Vrijednosti kod Rivendela bile su od 36,9 do 71,1 mg kg^{-1} . Prema kontroli veću ili jednaku vrijednost imalo je 29 tretmana.

U istraživanjima Hozayn i sur. (2018.) primjenom predtretmana sjemena lucerne magnetskim poljem povećala se koncentracija Fe. Tombuloglu i sur. (2023.) pri uzgoju ječma (*Hordeum vulgare*) pod različitim jakostima magnetskog polja dobili su 2,5-3 puta veću koncentraciju Fe u korijenu i izdanku kod primjene jakosti od 250 mT u usporedbi s kontrolom.

Optimalna koncentracija Zn za većinu ratarskih kultura prema FAO (1984.) kreće se od 20-100 $\mu\text{g g}^{-1}$, Tripathi i sur. (2015.) navode vrijednosti od 15 do 20 mg kg^{-1} . Frame i Newbould (1986.) navode koncentraciju Zn u nadzemnom dijelu bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) od 22 do 30 mg kg^{-1} .

Alberski i Olszewska (2015.) ovisno o tipu tla, dobili su vrijednosti između 20,3 i 58,9 mg kg⁻¹. Abbasi i sur. (2009.) kod različitih ekotipova bijele djeteline utvrdili su koncentraciju Zn od 43 do 51 mg kg⁻¹.

Koncentracija Zn u nadzemnom dijelu ispitivanih kultivara kretala se od 26,1 do 61,4 mg kg⁻¹. Na kontroli kultivari Apolo, Jura i Rivendel imali su podjednaku koncentraciju Zn (37,0; 36,7 i 33,3 mg kg⁻¹). Dobivene vrijednosti u skladu su s koncentracijama Zn navedenima u literaturi. Primijenjeni predtretmani sjemena magnetskom poljem različite jakosti i vremena izloženosti različito su utjecali na koncentraciju Zn kod kultivara.

Koncentracija Zn kod kultivara Apolo kretala se od 32,0 do 61,4 mg kg⁻¹. Veća ili jednaka koncentracija u odnosu na kontrolu dobivena je kod 26 tretmana. Kod Jure raspon je bio od 26,6 do 60,2 mg kg⁻¹. Više ili jednake vrijednosti od kontrole utvrđene su kod 25 tretmana. Kultivar Rivendel imao je koncentraciju Zn od 26,1 do 52,5 mg kg⁻¹. Prema kontroli veća ili jednaka koncentracija Zn dobivena je kod 27 tretmana.

Tombuloglu i sur. (2023.) uzgajali su ječam (*Hordeum vulgare*) u kontroliranim uvjetima uz kontinuiranu izloženost magnetskom polju različite jakosti. U svim tretmanima zabilježeno je značajno povećanje koncentracije Zn u odnosu na kontrolu, kako u korijenu tako i u nadzemnom dijelu biljke, pri čemu su učinci bili najizraženiji pri većim jakostima magnetskog polja. Nasuprot tome, Hozayn i sur. (2018.) u istraživanju na lucerni uzgojenoj iz sjemena tretiranog magnetskom poljem utvrdili su značajno višu koncentraciju Zn u oba otkosa kod kontrole (155,5 odnosno 179,0 ppm), dok su najniže vrijednosti zabilježene kod tretmana sjemena magnetskim poljem (116,5 odnosno 144,5 ppm).

Koncentracija Mn za većinu biljnih vrsta kreće se od 20-300 μg g⁻¹ (FAO, 1984). Optimalne vrijednosti kreću se u rasponu 10-100 mg kg⁻¹ (Tripathi i sur., 2015.).

Prema Frame i Newbould (1986.) koncentracija Mn u nadzemnom dijelu bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) kreće se od 40 do 87 mg kg⁻¹. Za nadzemni dio bijele djeteline Alberski i Olszewska (2015.) dobili su vrijednosti između 30,4 i 185,8 mg kg⁻¹. Kod različitih ekotipova bijele djeteline Abbasi i sur. (2009.) utvrdili su koncentraciju Mn od 70 do 110 mg kg⁻¹.

Ovisno o kultivaru i tretmanu, koncentracija Mn kretala se od 19,1 do 107,0 mg kg⁻¹. Na kontrolnom tretmanu kultivar Apolo imao je veću vrijednost (45,0 mg kg⁻¹) od Rivendela (38,5 mg kg⁻¹), najmanju je imao Jura (36,9 mg kg⁻¹). Utvrđene koncentracije u skladu su s literaturnim navodima.

Koncentracija Mn u nadzemnom dijelu biljaka kultivara razlikovala se ovisno o tretmanu.

Kod kultivara Apolo koncentracija Mn kretala se od 19,8 do 101,0 mg kg⁻¹. U odnosu na kontrolu veće ili jednake vrijednosti dobivene su kod 8 tretmana.

Vrijednosti Mn kod Jure bile su između 19,5 i 107,0 mg kg⁻¹. Veću ili jednaku koncentraciju Mn od kontrole imalo je 15 tretmana. Raspon vrijednosti Mn kod Rivendela bio je od 19,1 do 92,6 mg kg⁻¹. U odnosu na kontrolu 20 tretmana imalo je veću vrijednost.

Primjenom različitih načina tretiranja usjeva lucerne (*Medicago sativa*) magnetskim poljem Hozayn i sur. (2018.) dobili su različit utjecaj na koncentraciju Mn: u drugom otkosu koncentracija Mn bila je značajno veća predtretmanom sjemena, dok je u trećem otkosu bila veća kod kontrole. Nasuprot tome, primjenom tretmana različite jakosti magnetskog polja kod ječma (*Hordeum vulgare*) u istraživanju Tombuloglu i sur. (2023.) koncentracija Mn značajno se povećala.

Koncentracija Cu kod biljaka kreće se u rasponu 5-20 ppm (FAO, 1984). Tripathi i sur. (2015.) kao optimalne vrijednosti za koncentraciju Cu navode 6 mg kg⁻¹. Alberski i Olszewska (2015.) navode koncentraciju Cu od 4,0 do 10,4 mg kg⁻¹ u nadzemnom dijelu bijele djeteline (*Trifolium repens* L.). Frame i Newbould (1986.) utvrdili su koncentraciju Cu kod bijele djeteline od 5,4-10,0 mg kg⁻¹. Kod različitih ekotipova bijele djeteline Abbasi i sur. (2009.) dobili su koncentraciju Cu 31 i 49 mg kg⁻¹.

Koncentracija Cu kod ispitivanih kultivara kretala se od 2,44 do 8,47 mg kg⁻¹. Na kontroli najveću koncentraciju imao je Jura (5,75 mg kg⁻¹), zatim Apolo (5,68 mg kg⁻¹), dok je najmanja vrijednost zabilježena kod Rivendela (4,95 mg kg⁻¹). Koncentracija Cu kod ispitivanih kultivara kretala se sukladno navedenim literaturnim vrijednostima.

Predtretmani sjemena ispitivanih kultivara različitom jakosti magnetskog polja i vremena izloženosti različito su utjecali na koncentraciju Cu u nadzemnom dijelu biljaka.

Koncentracija Cu kod kultivara Apolo kretala se od 2,77 do 8,26 mg kg⁻¹. U odnosu na kontrolu 12 tretmana kombinacije jakosti magnetskog polja i vremena izloženosti imalo je veću ili jednaku vrijednost kontroli. Kod kultivara Jura utvrđene vrijednosti Cu bile su od 2,44 do 8,47 mg kg⁻¹. U odnosu na kontrolu veće vrijednosti utvrđene su kod 7 tretmana. U nadzemnom dijelu biljaka kultivara Rivendel koncentracija Cu kretala se od 2,70 do 7,12 mg kg⁻¹. Više ili jednake vrijednosti prema kontroli zabilježene su kod 14 tretmana.

Utjecaj primjene magnetskog polja kod drugih kultura pokazao je različite rezultate. U istraživanju Hozayn i sur. (2018.) koncentracija Cu kod usjeva lucerne bila je značajno viša nakon predtretmana sjemena; u drugom otkosu najviša vrijednost zabilježena je kod kontrole (7,1 ppm), dok je u trećem otkosu viša koncentracija utvrđena kod tretiranog sjemena (6,8 ppm). Primjena tretmana magnetskim poljem različite jakosti kod ječma (*Hordeum vulgare*) rezultirala je značajnim povećanjem koncentracija Cu (Tombuloglu i sur., 2023.).

Rezultati upućuju na to da primjena magnetskog polja predstavlja važan čimbenik u modulaciji usvajanja i akumulacije mikroelemenata u biljkama. Utvrđeni učinci, premda ovise o biljnoj vrsti, jakosti i načinu primjene tretmana, potvrđuju da magnetsko polje može značajno mijenjati koncentracije mikroelemenata u biljnom tkivu. Time se magnetsko polje pokazalo kao potencijalno učinkovit agronomski alat za usmjeravanje mineralne prehrane biljaka, uz potrebu daljnjeg razjašnjenja fizioloških mehanizama njegova djelovanja.

4.4 Klorofil

Ovisno o biljnoj vrsti, genotipu i uvjetima uzgoja, koncentracija klorofila kod leguminoza najčešće se kreće u rasponu 0,83-2,52 mg g⁻¹ svježe mase (Arumugam i sur., 2010.; Pingoliya i sur., 2015.). Jarecki i sur. (2016.) kod boba (*Vicia faba*) u fazi razvoja mahuna utvrdili su SPAD uređajem vrijednosti oko 40 SPAD jedinica.

Kod djetelina sadržaj klorofila u velikoj je mjeri pod utjecajem okolišnih uvjeta. Kod crvene djeteline (*Trifolium pratense*) zabilježene su koncentracije ukupnog klorofila (Chl *a* + *b*) u rasponu 11,47-19,05 mg g⁻¹ suhe tvari, pri čemu su veće vrijednosti utvrđene u toplijim i sušnijim godinama, dok hladniji i vlažniji uvjeti mogu smanjiti sadržaj klorofila (Lyskova i sur., 2020a.; Lyskova i sur., 2020.b).

U ovom istraživanju sadržaj klorofila u listovima bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) kretao se u rasponu 1,53-2,00 mg g⁻¹.

Na kontrolnom tretmanu najveću vrijednost imao je kultivar Rivendel (1,67 mg g⁻¹), zatim Jura (1,65 mg g⁻¹), dok je najmanja vrijednost utvrđena kod kultivara Apolo (1,56 mg g⁻¹).

Promatrajući pojedinačne kultivare, kod kultivara Apolo sadržaj klorofila kretao se od 1,53 do 2,00 mg g⁻¹, kod kultivara Jura od 1,59 do 1,98 mg g⁻¹, dok je kod kultivara Rivendel raspon iznosio 1,56 do 1,95 mg g⁻¹. Dobivene vrijednosti nalaze se u rasponu usporedivom s vrijednostima zabilježenim kod drugih leguminoznih vrsta, gdje su koncentracije klorofila u listovima utvrđene između približno 0,83 i 2,52 mg g⁻¹ svježe mase (Arumugam i sur., 2010.; Pingoliya i sur., 2015.).

Koncentracija klorofila u listovima biljaka razlikovala se ovisno o kultivaru i tretmanu. U odnosu na kontrolu, kod kultivara Apolo 29 tretmana imalo je veću ili jednaku vrijednost klorofila, kod kultivara Jura povećanje je utvrđeno kod 28 tretmana, dok je kod kultivara Rivendel 23 tretmana imalo veću ili jednaku koncentraciju klorofila u odnosu na kontrolu.

Pozitivan utjecaj magnetskog polja na koncentraciju klorofila dobiven je i u drugim istraživanjima.

Istraživanja Rochalska, M. (2005.), provedena na sjemenu triju sorata šećerne repe (*Beta vulgaris* L.) tretiranog homogenim magnetskim poljem frekvencije 16 Hz i jakosti 5 mT tijekom 2 sata, pokazala su značajan utjecaj magnetskog polja na povećanje sadržaja klorofila u listovima biljaka šećerne repe, neovisno o ispitivanim sortama i vremenskim uvjetima sezone.

Michalak i sur. (2019.) ispitivali su utjecaj statičkog i izmjeničnog magnetskog polja, samostalno ili u kombinaciji s ekstraktom alge *Cladophora glomerata*, na klijavost sjemena soje (*Glycine max* (L.) Merrill) i sadržaj klorofila u sadnicama. Najbolji učinci postignuti su kombinacijom statičkog magnetskog polja (3 minute) te algenog ekstrakta i izmjeničnog magnetskog polja (2,5 minuta).

Abdel Latef i sur. (2020.) pokazali su da predtretman sjemena salate (*Lactuca sativa* var. *Capitata* L.) statičkim magnetskim poljem različite jakosti (0, 0,44 i 0,77 T) i vremena izloženosti (1, 2 i 3 h) povećava koncentraciju klorofila u sadnicama, pri čemu su najviše vrijednosti klorofila a i b zabilježene pri jakosti 0,77 T.

Rezultati istraživanja upućuju na to da primjena magnetskog polja utječe na koncentraciju klorofila u listovima bijele djeteline, pri čemu učinak ovisi o kultivaru kao i primijenjenom tretmanu.

4.5 Korelacije

Negativne korelacije između mase suhe tvari po biljci i koncentracije dušika, kao i drugih mineralnih elemenata (P, K, Ca, Mg, Fe, Zn), mogu se objasniti efektom razrjeđenja hraniva, odnosno da porastom biomase dolazi do relativnog smanjenja koncentracije hraniva u biljnom tkivu (Justes i sur., 1994.; Gastal i Lemaire, 2002.; Fan i sur., 2008.). Razlike među kultivarima mogu biti povezane s različitom raspodjelom biomase i učinkovitošću iskorištenja dušika (Poorter i sur., 1990.; van der Werf i sur., 1993.).

Pozitivna korelacija mase suhe tvari korijena i sadržaja klorofila najvjerojatnije je povezana s većim kapacitetom usvajanja dušika kod biljaka s razvijenim korijenovim sustavom (Ehdaie i sur., 2008.; Osone i sur., 2005.). Povezanost duljine korijena i mangana moguće je tumačiti ulogom mangana u rastu korijena, budući da poremećaji u opskrbi manganom mogu dovesti do smanjenja ili izduživanja korijena (Chen i sur., 2016.; Gao i sur., 2018.).

Morfološka svojstva biljaka pokazala su značajnu povezanost s akumulacijom biomase. Pozitivne korelacije između broja listova i stolona te između stolona i mase suhe tvari potvrđuju važnost morfoloških svojstava u formiranju nadzemne mase (Belaygue i sur., 1996a.; Jørgensen i sur., 1997.; Lüscher i sur., 2001.).

Visina biljaka bila je pozitivno povezana s biomasom, što se može povezati s duljinom peteljke kao važnim morfološkim pokazateljem prinosa (Nölke i sur., 2021.). Istodobno, negativna korelacija između visine biljaka i sadržaja suhe tvari nadzemnog dijela može se objasniti intenzivnijim vegetativnim rastom i većim udjelom vode u biljnom tkivu (Ryser i sur., 1999.). Negativan odnos između visine biljaka i sadržaja klorofila u skladu je s istraživanjima koja pokazuju da izduživanje peteljke pod utjecajem svjetlosti može biti popraćeno smanjenjem koncentracije klorofila (Héraut-Bron i sur., 2000.).

Negativna korelacija između broja biljaka i mase suhe tvari po biljci u skladu je s općim pravilom da povećanje gustoće sklopa smanjuje masu pojedinačnih biljaka zbog međusobne kompeticije (Deng i sur., 2012.).

Pozitivne korelacije između dušika, fosfora i drugih makroelemenata odražavaju njihovu funkcionalnu povezanost u rastu biljaka (Güsewell, 2004.; Broadley i sur., 2004.). Iako se makroelementi često istovremeno usvajaju, u određenim uvjetima mogu se pojaviti antagonistički odnosi, osobito između kalija, kalcija i magnezija (Gaj i sur., 2018.).

Negativna povezanost cinka i magnezija može se objasniti antagonizmom između dvovalentnih kationa u procesu usvajanja i akumulacije u biljnim tkivima (Kumar i sur., 1981.; Agbim i sur., 1981.; Zharare i sur., 2010.). Povezanost bakra i željeza ukazuje na njihovu međusobnu povezanost u mineralnoj ishrani biljaka (Bernal i sur., 2012.; Waters i sur., 2013.; Carrió-Seguí i sur., 2019.), dok negativna korelacija između natrija i cinka može biti povezana s poremećajem njihovog međusobnog odnosa pod utjecajem povišenih koncentracija natrija (Saeidnejad i sur., 2016.; Mass i sur., 1972.; Weisany i sur., 2014.).

4.6 Modeli neuronske mreže

U poljoprivrednim istraživanjima neuronske mreže najčešće se koriste za predviđanje prinosa usjeva, a istraživanja pokazuju da modeli neuronskim mrežama omogućuju bolju interpretaciju varijabilnosti prinosa u usporedbi s drugim metodama (Khairunniza-Bejo i sur., 2014.) te veću točnost u odnosu na klasične statističke analize (Lek i sur., 1996.). Ipak, složene obrasce i nelinearne veze koje modeli neuronskim mrežama prepoznaju, često nije moguće jasno

objasniti, što se u literaturi opisuje kao problem „crne kutije“ („black box“) (Agatonovic-Kustrin i Beresford, 2000.; Lykhovyd, 2018.). Ključna karakteristika uspješnog modela temeljenog na neuronskim mrežama je njegova sposobnost generalizacije, odnosno točnost predviđanja na neovisnim skupovima podataka, što se definira kao sposobnost modela da pouzdano predviđa nepoznate ulazne vrijednosti (Ištoka Otković i sur., 2023.), pri čemu se učinkovitost modela procjenjuje na temelju pokazatelja kao što su koeficijent determinacije i korelacije, pogreška predikcije te sposobnosti generalizacije.

U ovom istraživanju model neuronske mreže za kultivar Apolo uspješno je opisao varijabilnost CI_{12} indeksa i omogućio predikciju odgovora biljaka. Analizom važnosti ulaznih varijabli izražen je utjecaj jakosti magnetskog polja u odnosu na vrijeme izloženosti, što pokazuje da MP ima ključnu ulogu u oblikovanju odgovora biljaka. Očekivano, u fazi generalizacije modela utvrđen je pad performansi, no nisu uočeni znakovi prenaučenosti modela, što ukazuje na stabilnost modela i primjenu na neovisnim podacima.

Kod kultivara Jura model je pokazao slabiju prediktivnu sposobnost u fazi generalizacije, uz izražen pad vrijednosti koeficijenta determinacije i korelacije te povećanje vrijednosti pogreške modela. Rezultati upućuju na djelomičnu prenaučenost modela i slabiju mogućnost generalizacije na neovisnim podacima.

Kod kultivara Rivendel model je pokazao ograničenu prediktivnu sposobnost, budući da objašnjava 50,3 % ukupne varijabilnosti CI_{12} indeksa. Za razliku od Apola kod kojeg je kod analize važnosti varijable utvrđen dominantan utjecaj jakosti magnetskog polja, kod kultivara Rivendel analiza važnosti ulaznih varijabli pokazala je dominantan utjecaj vremena izloženosti. Navedeni rezultati upućuju na različit odgovor kultivara na tretmane magnetskim poljem, što potvrđuje genotipsku specifičnost na primijenjene tretmane.

5. ZAKLJUČCI

Provedenim istraživanjem utvrđeno je da predtretman sjemena magnetskim poljem, vrijeme izloženosti i njihova interakcija imaju statistički značajan utjecaj ($p < 0,05$) na promatrana agronomska svojstva bijele djeteline (*Trifolium repens* L.) u ranoj fazi razvoja. Nakon pet tjedana uzgoja utvrđene su promjene u morfološkim svojstvima, biomasi te kemijskom sastavu i klorofilu. Ipak, učinak tretmana nije bio jednak, niti univerzalan, već je uvjetovan kombinacijom magnetskog polja i vremena izloženosti te ovisan o genotipu i promatranom agronomskom svojstvu.

S obzirom na postavljene ciljeve i hipoteze, zaključci su:

- Jakost magnetskog polja imala je statistički značajan utjecaj na morfološka svojstva, biomasu te kemijski sastav i klorofil. Utvrđena je varijabilnost u odgovoru biljaka, ovisno o promatranom svojstvu.

Hipoteza o utjecaju jakosti magnetskog polja prihvaća se.

- Vrijeme izloženosti imalo je statistički značajan utjecaj na promatrana svojstva, pri čemu je također utvrđena varijabilnost odgovora ovisno o promatranom agronomskom svojstvu.

Hipoteza o utjecaju vremena izloženosti prihvaća se.

- Između jakosti magnetskog polja i vremena izloženosti utvrđena je statistički značajna interakcija, odnosno njihov sinergijski utjecaj. Primjenom računalnog modela neuronske mreže izdvojena je optimalna kombinacija tretmana ($MP \times$ vrijeme) za odabrani skup agronomskih svojstava, kod kultivara Apolo.

Hipoteza o sinergijskom utjecaju ($MP \times$ vrijeme) prihvaća se.

Dobiveni rezultati pokazuju da magnetsko polje može imati stimulatивно djelovanje, ali učinak ovisi o kombinaciji magnetskog polja i vremena izloženosti te ne omogućuje istovremeno poboljšanje svih agronomskih svojstava. Stoga, uspješna primjena zahtijeva ciljani odabir tretmana u skladu sa željenim proizvodnim ciljem.

Ovim radom po prvi put u Republici Hrvatskoj istražen je utjecaj jakosti magnetskog polja i vremena izloženosti sjemena na morfološka svojstva, biomasu i kemijski sastav bijele djeteline (*Trifolium repens* L.). Na temelju dobivenih rezultata istraživanja izdvojen je optimalan tretman (50 mT – 1 h) za 12 agronomskih svojstava kultivara Apolo, pri čemu je kod navedenog tretmana utvrđeno povećanje svih svojstava uključenih u CI_{12} indeks u odnosu na kontrolu.

Također, izdvojene su kombinacije tretmana koje rezultiraju stimulativnim ili inhibitornim učinkom, ovisno o promatranom kultivaru i agronomskom svojstvu, što potvrđuje potencijal ove ekološki prihvatljive metode pri određenim kombinacijama tretmana.

Rezultati istraživanja doprinose boljem razumijevanju primjene magnetskog polja u biljnoj proizvodnji i potvrđuju potrebu pronalaska optimalnog tretmana ovisno o genotipu i ciljanim agronomskim svojstvima. Iako ovim istraživanjem nije moguće definirati jednoznačno optimalan tretman za sva promatrana svojstva i kultivare, dobivene spoznaje predstavljaju osnovu za daljnja istraživanja, optimizaciju tretmana i razvoj primjene magnetskog polja u proizvodnji bijele djeteline, no dobivene rezultate potrebno je potvrditi u poljskim uvjetima.

6. LITERATURA

1. Abbasi, M. K., Tahir, M. M., Shah, A. H., Batool, F. (2009.): Mineral nutrient composition of different ecotypes of white clover and their nutrient credit to soil at Rawalkot Azad Jammu and Kashmir. *Pakistan Journal of Botany*, 41(1), 41-51.
2. Abdel Latef, A. A. H., Dawood, M. F., Hassanpour, H., Rezayian, M., Younes, N. A. (2020.): Impact of the static magnetic field on growth, pigments, osmolytes, nitric oxide, hydrogen sulfide, phenylalanine ammonia-lyase activity, antioxidant defense system, and yield in lettuce. *Biology*, 9(7), 172. DOI:10.3390/biology9070172.
3. Abdolmaleki, P., Ghanati, F., Sahebamei, H., Sarvestani, A. S. (2007.): Peroxidase activity, lignification and promotion of cell death in tobacco cells exposed to static magnetic field. *The Environmentalist*, 27(4), 435-440. DOI:10.1007/s10669-007-9080-1.
4. Abraham, E. R., Mendes dos Reis, J. G., Vendrametto, O., Oliveira Costa Neto, P. L. D., Carlo Toloi, R., Souza, A. E. D., Oliveira Morais, M. D. (2020). Time series prediction with artificial neural networks: An analysis using Brazilian soybean production. *Agriculture*, 10(10), 475. DOI:10.3390/agriculture10100475.
5. Afzal, I., Saleem, S., Skalicky, M., Javed, T., Bakhtavar, M.A., Ul Haq, Z., Kamran, M., Shahid, M., Sohail Saddiq, M., Afzal, A., Shafqat, N. (2021.): Magnetic field treatment improves sunflower yield by inducing physiological and biochemical modulations in seeds. *Molecules*, 26(7), 2022. DOI:10.3390/molecules26072022.
6. Agatonovic-Kustrin, S., Beresford, R. (2000.): Basic concepts of artificial neural network (ANN) modeling and its application in pharmaceutical research. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 22(5), 717-727. DOI:10.1016/s0731-7085(99)00272-1.
7. Agbim, N. N. (1981.): Interactions of phosphorus, magnesium and zinc on the yield and nutrient content of maize. *The Journal of Agricultural Science*, 96(3), 509-514. DOI:10.1017/s0021859600034468.
8. Aguilar, C. H., Dominguez-Pacheco, A., Carballo, A. C., Cruz-Orea, A., Ivanov, R., Bonilla, J. L. L., Montañez, J. P. V. (2009.): Alternating magnetic field irradiation effects on three genotype maize seed field performance. *Acta Agrophysica*, 14(1), 7-17.
9. Ahamed, M. E. M., Elzaawely, A. A., Bayoumi, Y. A. (2013.): Effect of magnetic field on seed germination, growth and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Asian Journal of Crop Science*, 5(3), 286-294. DOI:10.3923/ajcs.2013.286.294.

10. Aladjadjiyan, A. (2010.): Influence of stationary magnetic field on lentil seeds. *International Agrophysics*, 24(3), 321-324.
11. Alberski, J., Olszewska, M. (2015.): Chemical composition of *Trifolium repens* L. From permanent grasslands in relation to some chemical soil properties. *Acta Agrophysica*, 22(4), 359-366.
12. Almaghrabi, O. A., Elbeshehy, E. K. (2012.): Effect of weak electromagnetic field on grain germination and seedling growth of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Life Science Journal*, 9, 1615-1622.
13. Almeida, J. S. (2002.): Predictive non-linear modeling of complex data by artificial neural networks. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(1), 72-76. DOI:10.1016/s0958-1669(02)00288-4.
14. Araujo, S. D. S., Paparella, S., Dondi, D., Bentivoglio, A., Carbonera, D., Balestrazzi, A. (2016.): Physical methods for seed invigoration: advantages and challenges in seed technology. *Frontiers in Plant Science*, 7, 646. DOI:10.3389/fpls.2016.00646.
15. Arumugam, R., Rajasekaran, S., Nagarajan, S. M. (2010.): Response of Arbuscular mycorrhizal fungi and Rhizobium inoculation on growth and chlorophyll content of *Vigna unguiculata* L. Walp var. Pusa 151. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 14(4), 53-57. DOI:10.4314/jasem.v14i4.63282.
16. Bačić, S., Bukvić, G., Grljušić, S., Bertić, L., Ergović, L., Herman, G. (2024.): Utjecaj predtretmana magnetnim poljem na klijavost sjemena bijele djeteline (*Trifolium repens* L.). *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 86(1), 15-24. DOI:10.33128/ag.86.1.2.
17. Bahadir, A., Beyaz, R., Yildiz, M. (2018.): Effect of magnetic field on in vitro seedling growth and shoot regeneration from cotyledon node explants of *Lathyrus chrysanthus* boiss. *Bioelectromagnetics*, 39(7), 547-555. DOI:10.1002/bem.22139.
18. Balakhnina, T., Bulak, P., Nosalewicz, M., Pietruszewski, S., Włodarczyk, T. (2015.): The influence of wheat *Triticum aestivum* L. seed pre-sowing treatment with magnetic fields on germination, seedling growth, and antioxidant potential under optimal soil watering and flooding. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(3), 59.
19. Ballhorn, D. J., Elias, J. D. (2014.): Salinity-mediated cyanogenesis in white clover (*Trifolium repens* L.) affects trophic interactions. *Annals of Botany*, 114(2), 357-366. DOI:10.1093/aob/mcu141.

20. Baxter, L. L., Grey, T. L., Tucker, J. J., Hancock, D. W. (2019.): Optimizing temperature requirements for clover seed germination. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 2(1), 1-7. DOI:10.2134/age2018.11.0059.
21. Beever, D. E., Dhanoa, M. S., Losada, H. R., Evans, R. T., Cammell, S. B., France, J. (1986.): The effect of forage species and stage of harvest on the processes of digestion occurring in the rumen of cattle. *British Journal of Nutrition*, 56(2), 439-454. DOI:10.1079/bjn19860124.
22. Belaygue, C., Wery, J., Cowan, A., Tardieu, F. (1996a.): Contribution of leaf expansion, rate of leaf appearance, and stolon branching to growth of plant leaf area under water deficit in white clover. *Crop Science*, 36(5), 1240-1246. DOI:10.2135/cropsci1996.0011183x003600050028x.
23. Belaygue, C., Wery, J., Turc, O. (1996b.): Effects of water stress on leaf development and growth of white clover (*Trifolium repens* L.). *Plant and Soil*, 182(2), 193-201. DOI:10.1007/BF00029051.
24. Belyavskaya, N. A. (2004.): Biological effects due to weak magnetic field on plants. *Advances in Space Research*, 34(7), 1566-1574. DOI:10.1016/j.asr.2004.01.021.
25. Ben Hassen, H., Hozayn, M., Elaoud, A., Attia Abd El-Monem, A. (2020.): Inference of magnetized water impact on salt-stressed wheat. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45, 4517-4529. DOI:10.1007/s13369-020-04506-6.
26. Bernal, M., Casero, D., Singh, V., Wilson, G. T., Grande, A., Yang, H., Dodani, S. C., Pellegrini, M., Huijser, P., Connolly, E. L., Merchant, S. S., Krämer, U. (2012.): Transcriptome sequencing identifies SPL7-regulated copper acquisition genes FRO4/FRO5 and the copper dependence of iron homeostasis in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 24(2), 738-761. DOI:10.1105/tpc.111.090431.
27. Bhardwaj, J., Anand, A., Nagarajan, S. (2012.): Biochemical and biophysical changes associated with magnetopriming in germinating cucumber seeds. *Plant Physiology and Biochemistry*, 57, 67-73. DOI:10.1016/j.plaphy.2012.05.008.
28. Bilalis, D. J., Katsenios, N., Efthimiadou, A., Karkanis, A., Khah, E. M., Mitsis, T. (2013.): Magnetic field pre-sowing treatment as an organic friendly technique to promote plant growth and chemical elements accumulation in early stages of cotton. *Australian Journal of Crop Science*, 7(1), 46-50.
29. Black, A. D., Moot, D. J., Lucas, R. J. (2006.): Development and growth characteristics of Caucasian and white clover seedlings, compared with perennial ryegrass. *Grass and Forage Science*, 61(4), 442-453. DOI:10.1111/j.1365-2494.2006.00553.x.

30. Braga, R. A., Azevedo, R. L. D., Guimarães, R. M., Reis, L. V. (2020.): Magnetic field in coffee seed germination. *Ciência e Agrotecnologia*, 44, e0039020. DOI:10.1590/1413-7054202044003920.
31. Broadley, M. R., Bowen, H. C., Cotterill, H. L., Hammond, J. P., Meacham, M. C., Mead, A., White, P. J. (2004.): Phylogenetic variation in the shoot mineral concentration of angiosperms. *Journal of Experimental Botany*, 55(396), 321-336. DOI:10.1093/jxb/erh002.
32. Brock, J. L., Hay, M. J. M. (2001.): White clover performance in sown pastures: A biological/ecological perspective. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 63, 73-83. DOI:10.33584/jnztg.2001.63.2434.
33. Bukhari, S. A., Tanveer, M., Mustafa, G., Zia-Ud-Den, N. (2021.): Magnetic field stimulation effect on germination and antioxidant activities of presown hybrid seeds of sunflower and its seedlings. *Journal of Food Quality*, 2021(1), 5594183. DOI:10.1155/2021/5594183.
34. Bukvić, G., Grljušić, S., Karalić, K., Nikolić, S., Bukvić, A. (2008.): Produkcija nadzemne biomase kultivara bijele djeteline na različitim tlima i supstratu. *Poljoprivreda*, 14(1), 1-7.
35. Caradus, J. R. (1977.): Structural variation of white clover root systems. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 20(2), 213-219. DOI:10.1080/00288233.1977.10427325.
36. Caradus, J. R., Chapman, D. F. (1991.): Variability of stolon characteristics and response to shading in two cultivars of white clover (*Trifolium repens* L.). *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 34(3), 239-247. DOI:10.1080/00288233.1991.10417660.
37. Caradus, J. R., MacKay, A. C., Woodfield, D. R., Van den Bosch, J., Wewala, S. (1989.): Classification of a world collection of white clover cultivars. *Euphytica*, 42(1), 183-196. DOI:10.1007/bf00042631.
38. Caradus, J. R., McNabb, W., Woodfield, D. R., Waghorn, G. C., Keogh, R. (1995b.): Improving quality characteristics of white clover. In *Proceedings of the 25th Agronomy Society of New Zealand Conference*, 25, 7-12. Lincoln, New Zealand.
39. Caradus, J. R., Woodfield, D. R., Stewart, A. V. (1995a.): Overview and vision for white clover. NZGA: *Research and Practice Series*, 6, 1-6. DOI:10.33584/rps.6.1995.3368.

40. Carbonell, M. V., Florez, M., Martínez, E., Maqueda, R., Amaya, J. M. (2011.): Study of stationary magnetic fields on initial growth of pea (*Pisum sativum* L.) seeds. *Seed Science and Technology*, 39(3), 673-679. DOI:10.15258/sst.2011.39.3.15.
41. Carbonell, M. V., Martinez, E., Amaya, J. M. (2000.): Stimulation of germination in rice (*Oryza sativa* L.) by a static magnetic field. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 19(1), 121-128. DOI:10.1081/JBC-100100303.
42. Carrió-Seguí, À., Romero, P., Curie, C., Mari, S., Peñarrubia, L. (2019.): Copper transporter COPT5 participates in the crosstalk between vacuolar copper and iron pools mobilisation. *Scientific Reports*, 9(1), 4648. DOI:10.1038/s41598-018-38005-4.
43. Carroll, C., Delaby, L., Gilliland, T., O'Donovan, M., Tubritt, T. (2025.): Agronomic variability in white clover varieties under differing nitrogen application rates. *Journal of Agriculture and Food Research*, 24, 102336. DOI:10.1016/j.jafr.2025.102336.
44. Castillo-Girones, S., Munera, S., Martínez-Sober, M., Blasco, J., Cubero, S., Gómez-Sanchis, J. (2025.): Artificial Neural Networks in Agriculture, the core of artificial intelligence: What, When, and Why. *Computers and Electronics in Agriculture*, 230, 109938. DOI:10.1016/j.compag.2025.109938.
45. Chen, Z., Yan, W., Sun, L., Tian, J., Liao, H. (2016.): Proteomic analysis reveals growth inhibition of soybean roots by manganese toxicity is associated with alteration of cell wall structure and lignification. *Journal of Proteomics*, 143, 151-160. DOI:10.1016/j.jprot.2016.03.037.
46. Chu, L., Gao, Y., Chen, L., McCullough, P.E., Jespersen, D., Sapkota, S., Bagavathiannan, M., Yu, J. (2022.): Impact of environmental factors on seed germination and seedling emergence of white clover (*Trifolium repens* L.). *Agronomy*, 12(1), 190. DOI:10.3390/agronomy12010190.
47. Clifford, P. T. P. (1986.): Effect of closing date and irrigation on seed yield (and some yield components) of 'Grasslands Kopu' white clover. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 14(3), 271-277. DOI:10.1080/03015521.1986.10423039.
48. Ćwintal, M., Dziwulska-Hunek, A., Przybylska, A. (2017.): Effect of electromagnetic stimulation on sowing value of white clover seeds of two varieties. *Acta Agrophysica*, 24(1), 29-40.
49. De Souza, A., García, D., Sueiro, L., Gilart, F., Porrás, E., Licea, L. (2006.): Pre-sowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. *Bioelectromagnetics: Journal of the Bioelectromagnetics Society, The Society for*

- Physical Regulation in Biology and Medicine, The European Bioelectromagnetics Association*, 27(4), 247-257. DOI:10.1002/bem.20206.
50. Deng, J., Zuo, W., Wang, Z., Fan, Z., Ji, M., Wang, G., Ran, J., Zhao, C., Liu, J., Niklas, K. J., Hammond, S. T., Brown, J. H. (2012.): Insights into plant size-density relationships from models and agricultural crops. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(22), 8600-8605. DOI:10.1073/pnas.1205663109.
 51. Dhawi, F., Al-Khayri, J. M., Hassan, E. (2009.): Static magnetic field influence on elements composition in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(2), 161-166.
 52. D'hondt, B., Brys, R., Hoffmann, M. (2010.): The incidence, field performance and heritability of non-dormant seeds in white clover (*Trifolium repens* L.). *Seed Science Research*, 20(3), 169-177. DOI:10.1017/s0960258510000152.
 53. Ehdaie, B., Waines, J. G. (2008.): Larger root system increases water-nitrogen uptake and grain yield in bread wheat. In *Proceedings of the 11th International Wheat Genetics Symposium, 24-29 August 2008, Brisbane, Australia*. Sydney: Sydney University Press, 285-288.
 54. Ercan, I., Tombuloglu, H., Alqahtani, N., Alotaibi, B., Bamhrez, M., Alshumrani, R., Ozcelik, S., Kayed, T. S. (2022.): Magnetic field effects on the magnetic properties, germination, chlorophyll fluorescence, and nutrient content of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 170, 36-48. DOI:10.1016/j.plaphy.2021.11.033.
 55. Eşitken, A., Turan, M. (2004.): Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. Camarosa). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 54(3), 135-139. DOI:10.1080/09064710310019748.
 56. European Committee for Standardization. (1999.): *Soil improvers and growing media – Determination of pH (EN 13037:1999)*. Brussels: CEN.
 57. European Committee for Standardization. (1999.): *Soil improvers and growing media – Determination of electrical conductivity (EN 13038:1999)*. Brussels: CEN.
 58. European Committee for Standardization. (1999.): *Soil improvers and growing media – Sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density (EN 13040:1999)*. Brussels: CEN.

59. European Committee for Standardization. (2001.): *Soil improvers and growing media – Determination of nitrogen – Part 2: Dumas method (EN 13654-2:2001)*. Brussels: CEN.
60. Evans, D. R., Williams, T. A., Davies, W. E. (1986.): Potential seed yield of white clover varieties. *Grass and Forage Science*, 41(3), 221-227. DOI:10.1111/j.1365-2494.1986.tb01807.x.
61. Fan, M. S., Zhao, F. J., Fairweather-Tait, S. J., Poulton, P. R., Dunham, S. J., McGrath, S. P. (2008.): Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 22(4), 315-324. DOI:10.1016/j.jtemb.2008.07.002.
62. Florez, M., Alvarez, J., Martinez, E., Carbonell, V. (2019.): Stationary magnetic field stimulates rice roots growth. *Romanian Reports in Physics*, 71(3), 713. <https://rrp.nipne.ro/2019/AN71713.pdf>.
63. Florez, M., Carbonell, M. V., Martínez, E. (2007.): Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth. *Environmental and Experimental Botany*, 59(1), 68-75. DOI:10.1016/j.envexpbot.2005.10.006.
64. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1984.): *Fertilizer and plant nutrition guide* (No. 9). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
65. Frame, J., Laidlaw, A. S. (1998.): Managing white clover in mixed swards principles and practice. *Pastos*, 28(1), 5-33.
66. Frame, J., Newbould, P. (1986.): Agronomy of white clover. *Advances in Agronomy*, 40, 1-88. DOI:10.1016/s0065-2113(08)60280-1.
67. Fulkerson, W. J., Reeves, M. (1996.): Management and productivity of white clover in a kikuyu grass sward in subtropical Australia. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 57, 199-201. DOI:10.33584/jnzg.1995.57.2156.
68. Gaj, R., Budka, A., Górski, D., Borowiak, K., Wolna-Maruwka, A., Bak, K. (2018.): Magnesium and calcium distribution in maize under differentiated doses of mineral fertilization with phosphorus and potassium. *Journal of Elementology*, 23(1), 117-129. DOI:10.5601/jelem.2017.22.3.1491.
69. Galland, P., Pazur, A. (2005.): Magnetoreception in plants. *Journal of Plant Research*, 118(6), 371-389. DOI:10.1007/s10265-005-0246-y.
70. Galussi, A. A., Moya, M. E. (2017.): Anatomical and chemical insights into the white clover (*Trifolium repens* L.) seed coat associated to water permeability. In: Jimenez-

- Lopez, J. C. (ed.) *Advances in Seed Biology*, 187-197. IntechOpen, London. DOI:10.5772/intechopen.70501.
71. Gao, H., Xie, W., Yang, C., Xu, J., Li, J., Wang, H., Chen, X., Huang, C. F. (2018.): NRAMP2, a trans-Golgi network-localized manganese transporter, is required for Arabidopsis root growth under manganese deficiency. *New Phytologist*, 217(1), 179-193. DOI:10.1111/nph.14783.
72. García-Martínez, H., Flores-Magdaleno, H., Ascencio-Hernández, R., Khalil-Gardezi, A., Tijerina-Chávez, L., Mancilla-Villa, O. R., Vázquez-Peña, M. A. (2020.): Corn grain yield estimation from vegetation indices, canopy cover, plant density, and a neural network using multispectral and RGB images acquired with unmanned aerial vehicles. *Agriculture*, 10(7), 277. DOI:10.3390/agriculture10070277.
73. Gastal, F., Lemaire, G. (2002.): N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany*, 53(370), 789-799. DOI:10.1093/jexbot/53.370.789.
74. Gholami, A., Sharafi, S., Abbasdokht, H. (2010.): Effect of magnetic field on seed germination of two wheat cultivars. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 4(8), 675-677.
75. Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M., Toulmin, C. (2010.): Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967), 812-818.
76. Grewal, H. S., Maheshwari, B. L. (2011.): Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings. *Bioelectromagnetics*, 32(1), 58-65. DOI:10.1002/bem.20615.
77. Grljušić, S., Bukvić, G., Rapčan, I., Agić, D., Horvatić, J. (2008.): The effects of soil and temperature on early white clover growth. *Cereal Research Communications*, 36(5), 643-646.
78. Güsewell, S. (2004.): N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance. *New Phytologist*, 164(2), 243-266. DOI:10.1111/j.1469-8137.2004.01192.x.
79. Hamakareem, H. F. (2020.): Effect of Magnetic Field Treatments on Seedling Growth Characteristics of Some Pea (*Pisum sativum*) Genotypes. *Journal of Plant Production*, 11(7), 595-598. DOI:10.21608/jpp.2020.110549.

80. Hamilton, S., Jones, M. B., Frankow-Lindberg, B. E. (1989.): Seasonal patterns of leaf appearance and leaf number in white clover (*Trifolium repens* L.). *Grass and Forage Science*, 44(1), 35-44. DOI:10.1111/j.1365-2494.1989.tb01907.x.
81. Harb, A. M., Alnawateer, B. A. M., Abu-Aljarayesh, I. (2021.): Influence of static magnetic field seed treatments on the morphological and the biochemical changes in lentil seedlings (*Lens culinaris* Medik). *Jordan Journal of Biological Sciences*, 14(1), 183-190. DOI:10.54319/jjbs/140123.
82. Héraut-Bron, V., Robin, C., Varlet-Grancher, C., Guckert, A. (2001.): Phytochrome mediated effects on leaves of white clover: consequences for light interception by the plant under competition for light. *Annals of Botany*, 88(suppl_1), 737-743. DOI:10.1093/annbot/88.suppl_1.737.
83. Herman, G., Gantner, R., Guberac, V., Antunović, M., Bukvić, G. (2024.): Effect of magnetic field on growth and protein concentration in aboveground herbage of field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. *Romanian Reports in Physics*, 76(4), 709. DOI:10.59277/RomRepPhys.2024.76.709.
84. Himoud, M. S., Lazim, S. K., Al-Bahadli, A. H. (2022.): Effect of tillage depths and static magnetic seed treatment on growth parameters and yield of maize (*Zea mays* L.). *Indian Journal of Ecology*, 49(18), 18-23.
85. Hozayn, M., Ahmed, A. A., El-Saady, A. A., Abd-Elmonem, A. A. (2019.): Enhancement in germination, seedling attributes and yields of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under salinity stress using static magnetic field treatments. *Eurasian Journal of Biosciences*, 13(1), 369-378.
86. Hozayn, M., Elaoud, A., Attia Abd El-Monem, A., Ben Salah, N. (2021.): Effect of magnetic field on growth and yield of barley treated with different salinity levels. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(8), 701. DOI:10.1007/s12517-021-07077-4.
87. Hozayn, M., El-Mahdy, A. A., Zalama, M. T. (2018.): Magneto-priming for improving germination, seedling attributes and field performance of barley (*Hordeum vulgare* L.) under salinity stress. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 7(3), 1006-1022.
88. Humphreys, J., Phelan, P., Liu, D., Burchill, W., Eriksen, J., Casey, I., Enríquez-Hidalgo, D., Sjøgaard, K. (2017.): White clover supported pasture-based systems in north-west Europe. In *Legumes in Cropping Systems*, 139-156. Wallingford UK: CABI. DOI:10.1079/9781780644981.0139.
89. Ijaz, B., Jatoi, S. A., Ahmad, D., Masood, M. S., Siddiqui, S. U. (2012.): Changes in germination behavior of wheat seeds exposed to magnetic field and magnetically

- structured water. *African Journal of Biotechnology*, 11(15), 3575-3585. DOI:10.5897/ajb11.2927.
90. International Seed Testing Association. (2024.): *International rules for seed testing 2024*. Bassersdorf, Switzerland: International Seed Testing Association.
91. Ištoka Otković, I., Tollazzi, T., Šraml, M., Varevac, D. (2023.): Calibration of the microsimulation traffic model using different neural network applications. *Future Transportation*, 3(1), 150-168. DOI:10.3390/futuretransp3010010.
92. Jarecki, W., Buczek, J., Bobrecka-Jamro, D. (2016.): Effect of foliar fertilization on the chlorophyll content in leaves and the chemical composition of faba bean seeds (*Vicia faba* L. partim). *Journal of Elementology*, 21(4), 1205-1215. DOI:10.5601/jelem.2015.20.2.947.
93. Jørgensen, F. V., Ledgard, S. F. (1997.): Contribution from stolons and roots to estimates of the total amount of N₂ fixed by white clover (*Trifolium repens* L.). *Annals of Botany*, 80(5), 641-648. DOI:10.1006/anbo.1997.0501.
94. Joshi-Paneri, J., Sharma, S., Guruprasad, K. N., Kataria, S. (2023.): Enhancing the yield potential of soybean after magneto-priming: detailed study on its relation to underlying physiological processes. *Seeds*, 2(1), 60-84. DOI:10.3390/seeds2010006.
95. Justes, E., Mary, B., Meynard, J. M., Machet, J. M., Thelier-Huché, L. (1994.): Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Annals of Botany*, 74(4), 397-407. DOI:10.1006/anbo.1994.1133.
96. Kataria, S., Baghel, L., Guruprasad, K. N. (2017.): Pre-treatment of seeds with static magnetic field improves germination and early growth characteristics under salt stress in maize and soybean. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 10, 83-90. DOI:10.1016/j.bcab.2017.02.010.
97. Khairunniza-Bejo, S., Mustaffha, S., Ismail, W. I. W. (2014.): Application of artificial neural network in predicting crop yield: A review. *Journal of Food Science and Engineering*, 4, 1-9.
98. Khaledi, N. K., Saadatmand, S., Khavari-Nejad, R. A., Nejadstari, T. (2019.): Responses of alfalfa influenced by magnetic field and rhizobial inoculant. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 9(4), 2963-2969. DOI:10.30495/IJPP.2019.668862.
99. Kimura, E., Islam, M. A. (2012.): Seed scarification methods and their use in forage legumes. *Research Journal of Seed Science*, 5(2), 38-50. DOI:10.17311/rjss.2012.38.50.

100. Krawiec, M., Dziewulska-Hunek, A., Kornarzyński, K. (2018.): The use of physical factors for seed quality improvement of horticultural plants. *Journal of Horticultural Research*, 26(2), 81-90. DOI:10.2478/johr-2018-0019.
101. Kujawa, S., Niedbała, G. (2021.): Artificial neural networks in agriculture. *Agriculture*, 11(6), 497. DOI:10.3390/agriculture11060497.
102. Kumar, V., Bhatia, B. K., Shukla, U. C. (1981.): Magnesium and zinc relationship in relation to dry matter yield and the concentration and uptake of nutrients in wheat. *Soil Science*, 131(3), 151-155. DOI:10.1097/00010694-198103000-00004.
103. Lane, L. A., Ayres, J. F., Lovett, J. V. (1998.): A review of the introduction and use of white clover (*Trifolium repens* L.) in Australia—significance for breeding objectives. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 37(7), 831-839. DOI:10.1071/ea97044.
104. Lek, S., Delacoste, M., Baran, P., Dimopoulos, I., Lauga, J., Aulagnier, S. (1996.): Application of neural networks to modelling nonlinear relationships in ecology. *Ecological Modelling*, 90(1), 39-52. DOI:10.1016/0304-3800(95)00142-5.
105. Li, Z., Geng, W., Tan, M., Ling, Y., Zhang, Y., Zhang, L., Peng, Y. (2022.): Differential responses to salt stress in four white clover genotypes associated with root growth, endogenous polyamines metabolism, and sodium/potassium accumulation and transport. *Frontiers in Plant Science*, 13, 896436. DOI:10.3389/fpls.2022.896436.
106. Li, Z., Peng, Y., Ma, X. (2013.): Different response on drought tolerance and post-drought recovery between the small-leafed and the large-leafed white clover (*Trifolium repens* L.) associated with antioxidative enzyme protection and lignin metabolism. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(1), 213-222. DOI:10.1007/s11738-012-1066-z.
107. Lüscher, A., Stäheli, B., Braun, R., Nösberger, J. (2001.): Leaf area, competition with grass, and clover cultivar: Key factors to successful overwintering and fast regrowth of white clover (*Trifolium repens* L.) in spring. *Annals of Botany*, 88(4), 725-735. DOI:10.1006/anbo.2001.1509.
108. Lykhovyd, P. V. (2018.): Prediction of sweet corn yield depending on cultivation technology parameters by using linear regression and artificial neural network methods. *Biosystems Diversity*, 26(1), 11-15. DOI:10.15421/011802.
109. Lyskova, I. V., Lisitsyn, E. M. (2020a.): Dependence of pigment content in meadow clover leaves on soil phosphorus level. In *E3S Web of Conferences*, 217, 10011. EDP Sciences. DOI:10.1051/e3sconf/202021710011.

110. Lyskova, I. V., Lisitsyn, E. M., Lyskova, T. V. (2020b.): Reaction of pigment complex in meadow clover leaves to weather conditions and macronutrients. *Agrarian Science of the Euro-North-East*, 21(4), 387-396. DOI:10.30766/2072-9081.2020.21.4.387-396.
111. Markwell, J., Osterman, J. C., Mitchell, J. L. (1995.): Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis Research*, 46(3), 467-472. DOI:10.1007/bf00032301.
112. Marschner, P. (Ed.). (2012.): *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic Press. DOI:10.1016/b978-012473542-2/50008-0.
113. Martens, H., Jakobsen, H. B., Lyshede, O. B. (1995.): Development of the strophiole in seeds of white clover (*Trifolium repens* L.). *Seed Science Research*, 5(3), 171-176. DOI:10.1017/s0960258500002798.
114. Martínez, E., Flórez, M., Maqueda, R., Carbonell, M. V., Amaya, J. M. (2009.): Pea (*Pisum sativum*, L.) and lentil (*Lens culinaris*, Medik) growth stimulation due to exposure to 125 and 250 mT stationary fields. *Polish Journal of Environmental Studies*, 18(4), 657-663.
115. Mass, E. V., Ogata, G., Garber, M. J. (1972.): Influence of Salinity on Fe, Mn, and Zn Uptake by Plants. *Agronomy Journal*, 64(6), 793-795. DOI:10.2134/agronj1972.00021962006400060026x.
116. Massah, J., Dousti, A., Khazaei, J., Vaezzadeh, M. (2019.): Effects of water magnetic treatment on seed germination and seedling growth of wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 42(11-12), 1283-1289. DOI:10.1080/01904167.2019.1617309.
117. Mather, R. D. J., Melhuish, D. T., Herlihy, M. (1996.): Trends in the global marketing of white clover cultivars. Special Publication-Agronomy Society of New Zealand, *Research and Practice Series*, 6, 7-14. DOI:10.33584/rps.6.1995.3374.
118. Michalak, I., Lewandowska, S., Niemczyk, K., Detyna, J., Bujak, H., Arik, P., Bartniczak, A. (2019.): Germination of soybean seeds exposed to the static/alternating magnetic field and algal extract. *Engineering in Life Sciences*, 19(12), 986-999. DOI:10.1002/elsc.201900039.
119. Mickelbart, M. V., Hasegawa, P. M., Bailey-Serres, J. (2015.): Genetic mechanisms of abiotic stress tolerance that translate to crop yield stability. *Nature Reviews Genetics*, 16(4), 237-251. DOI:10.1038/nrg3901.
120. Miller, J. E., Hampton, J. G. (1988.): Evaluation of cultivar purity in white clover (*Trifolium repens* L.) seed lots. *Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand*, 18, 59-63.

121. Narodne novine. (2022.): Pravilnik o stavljanju na tržište sjemena krmnog bilja. Narodne novine 33/2022. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2022_03_33_396.html
122. Niazian, M., Niedbała, G. (2020.): Machine learning for plant breeding and biotechnology. *Agriculture*, 10(10), 436. DOI:10.3390/agriculture10100436.
123. Nichols, S. N., Crush, J. R., Woodfield, D. R. (2007.): Effects of inbreeding on nodal root system morphology and architecture of white clover (*Trifolium repens* L.). *Euphytica*, 156(3), 365-373. DOI:10.1007/s10681-007-9386-6.
124. Nölke, I., Tonn, B., Isselstein, J. (2021.): Seasonal plasticity is more important than population variability in effects on white clover architecture and productivity. *Annals of Botany*, 128(1), 73-82. DOI:10.1093/aob/mcab040.
125. Olmos, F., Wilman, D., Sackville Hamilton, R. (2003.): Variation between and within *Trifolium repens* L. populations collected from sown swards in Uruguay. *Euphytica*, 130(1), 131-141. DOI:10.1023/a:1022333125560.
126. Osone, Y., Tateno, M. (2005.): Nitrogen absorption by roots as a cause of interspecific variations in leaf nitrogen concentration and photosynthetic capacity. *Functional Ecology*, 19(3), 460-470. DOI:10.1111/j.1365-2435.2005.00970.x.
127. Phirke, P. S., Kubde, A. B., Umbarkar, S. P. (1996a): The influence of magnetic field on plant growth. *Seed Science and Technology*, 24(2), 375-392.
128. Phirke, P. S., Patil, M. N., Umbarkar, S. P., Dudhe, Y. H. (1996b): The application of magnetic treatment to seeds: methods and responses. *Seed Science and Technology*, 24(2), 365-373.
129. Pietruszewski, S., Kania, K. (2010.): Effect of magnetic field on germination and yield of wheat. *International Agrophysics*, 24(3), 297-302.
130. Pingoliya, K. K., Mathur, A. K., Dotaniya, M. L., Dotaniya, C. K. (2015.): Impact of phosphorus and iron on protein and chlorophyll content in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Legume Research: An International Journal*, 38(4), 558-560. DOI:10.5958/0976-0571.2015.00137.x.
131. Plank, C. O. (1989.): *Plant analysis handbook for Georgia*. Cooperative Extension Service, University of Georgia College of Agriculture. <https://aesl.ces.uga.edu/publications/plant/Nutrient.html>
132. Podleśna, A., Bojarszczuk, J., Podleśny, J. (2019.): Effect of pre-sowing magnetic field treatment on some biochemical and physiological processes in faba bean (*Vicia faba* L.

- spp. Minor). *Journal of Plant Growth Regulation*, 38, 1153-1160. DOI:10.1007/s00344-019-09920-1.
133. Podlesny, J., Pietruszewski, S., Podlesna, A. (2004.): Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions. *International Agrophysics*, 18(1), 65-71.
134. Podleśny, J., Podleśna, A., Gładyszewska, B., Bojarszczuk, J. (2021.): Effect of pre-sowing magnetic field treatment on enzymes and phytohormones in pea (*Pisum sativum* L.) seeds and seedlings. *Agronomy*, 11(3), 494. DOI:10.3390/agronomy11030494.
135. Poorter, H., Remkes, C., Lambers, H. (1990.): Carbon and nitrogen economy of 24 wild species differing in relative growth rate. *Plant Physiology*, 94(2), 621-627. DOI:10.1104/pp.94.2.621.
136. Racuciu, M., Creanga, D., Horga, I. (2008.): Plant growth under static magnetic field influence. *Romanian Journal of Physics*, 53(1-2), 353-359.
137. Radhakrishnan, R. (2018.): Seed pretreatment with magnetic field alters the storage proteins and lipid profiles in harvested soybean seeds. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(2), 343-347. DOI:10.1007/s12298-018-0505-8.
138. Radhakrishnan, R. (2019.): Magnetic field regulates plant functions, growth and enhances tolerance against environmental stresses. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(5), 1107-1119. DOI:10.1007/s12298-019-00699-9.
139. Radhakrishnan, R., Kumari, B. D. R. (2012.): Pulsed magnetic field: A contemporary approach offers to enhance plant growth and yield of soybean. *Plant Physiology and Biochemistry*, 51, 139-144. DOI:10.1016/j.plaphy.2011.10.017.
140. Reyneri, A., Grignani, C., Cavallero, A. (1996.): The role of white clover in the South European grazing systems: The Po plain situation. *REU Technical Series*, 29, 19-27.
141. Rezaei-Manesh, H., Ghaderi-Far, F., Nosratti, I., Siahmarguee, A., Chauhan, B. S. (2023.): Seed dormancy and germination ecology of several clover species. *Seed Science and Technology*, 51(3), 329-353. DOI:10.15258/sst.2023.51.3.06.
142. Rochalska, M. (2005.): Influence of frequent magnetic field on chlorophyll content in leaves of sugar beet plants. *Nukleonika*, 50, 25-28.
143. Ryser, P., Aeschlimann, U. (1999.): Proportional dry-mass content as an underlying trait for the variation in relative growth rate among 22 Eurasian populations of *Dactylis glomerata* s.l. *Functional Ecology*, 13(4), 473-482. DOI:10.1046/j.1365-2435.1999.00349.x.

144. Saeidnejad, A. H., Kafi, M., Pessarakli, M. (2016.): Interactive effects of salinity stress and Zn availability on physiological properties, antioxidant activity, and micronutrients content of wheat (*Triticum aestivum*) plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(8), 1048-1057. DOI:10.1080/00103624.2016.1165831.
145. Saletnik, B., Saletnik, A., Słysz, E., Zaguła, G., Bajcar, M., Puchalska-Sarna, A., Puchalski, C. (2022.): The static magnetic field regulates the structure, biochemical activity, and gene expression of plants. *Molecules*, 27(18), 5823. DOI:10.3390/molecules27185823.
146. Samarah, N. H., Bany Hani, M. A. M. I., Makhadmeh, I. M. (2021.): Effect of magnetic treatment of water or seeds on germination and productivity of tomato plants under salinity stress. *Horticulturae*, 7(8), 220. DOI:10.3390/horticulturae7080220.
147. Sarraf, M., Kataria, S., Taimourya, H., Santos, L. O., Menegatti, R. D., Jain, M., Ihtisham, M., Liu, S. (2020.): Magnetic field (MF) applications in plants: An overview. *Plants*, 9(9), 1139. DOI:10.3390/plants9091139.
148. Seker, H., Rowe, D. E., Brink, G. E. (2003.): White clover morphology changes with stress treatments. *Crop Science*, 43(6), 2218-2225. DOI:10.2135/cropsci2003.2218.
149. Selim, D. A. F. H., Nassar, R. M. A., Boghdady, M. S., Bonfill, M. (2019.): Physiological and anatomical studies of two wheat cultivars irrigated with magnetic water under drought stress conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 135, 480-488. DOI:10.1016/j.plaphy.2018.11.012.
150. Shine, M. B., Guruprasad, K. N., Anand, A. (2011.): Enhancement of germination, growth, and photosynthesis in soybean by pre-treatment of seeds with magnetic field. *Bioelectromagnetics*, 32(6), 474-484. DOI:10.1002/bem.20656.
151. Shrivastava, P., Kumar, R. (2015.): Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(2), 123-131. DOI:10.1016/j.sjbs.2014.12.001.
152. Smith, J., Valenzuela, H. (2002.): *White clover*. Cooperative Extension Service, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa.
153. Teixeira da Silva, J. A., Dobránszki, J. (2016.): Magnetic fields: how is plant growth and development impacted? *Protoplasma*, 253(2), 231-248. DOI:10.1007/s00709-015-0820-7.
154. Tekeli, A. S., Ates, E. (2003.): Changes in some morphological and chemical properties of Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.) in relation to time and above-ground biomass. *Journal of Agricultural Sciences*, 9(3), 352-356.

155. Tombuloglu, H., Ercan, I., Alqahtani, N., Alotaibi, B., Bamhrez, M., Alshumrani, R., Turumtay, H., Ergin, I., Demirci, T., Ozcelik, S., Kayed, T. S., Ercan, F. (2023.): Impact of magnetic field on the translocation of iron oxide nanoparticles (Fe_3O_4) in barley seedlings (*Hordeum vulgare* L.). *3 Biotech*, 13(9), 296. DOI:10.1007/s13205-023-03727-4.
156. Tripathi, D. K., Singh, S., Singh, S., Mishra, S., Chauhan, D. K., Dubey, N. K. (2015.): Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: advances and future prospective. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37, 1-14. DOI:10.1007/s11738-015-1870-3
157. Turkington, R., Burdon, J. J. (1983.): The biology of Canadian weeds. 57. *Trifolium repens* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 63(1), 243-266. DOI:10.4141/cjps83-024.
158. Ulgen, C., Yildirim, A. B., Turker, A. U. (2017.): Effect of magnetic field treatments on seed germination of *Melissa officinalis* L. *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(3, Special Issue 1), 43-49. DOI:10.21448/ijsm.356283.
159. van der Werf, A., van Nuenen, M., Visser, A. J., Lambers, H. (1993.): Contribution of physiological and morphological plant traits to a species' competitive ability at high and low nitrogen supply: a hypothesis for inherently fast-and slow-growing monocotyledonous species. *Oecologia*, 94(3), 434-440. DOI:10.1007/bf00317120.
160. Vashisth, A., Joshi, D. K. (2017.): Growth characteristics of maize seeds exposed to magnetic field. *Bioelectromagnetics*, 38(2), 151-157. DOI:10.1002/bem.22023.
161. Vashisth, A., Meena, N., Krishnan, P. (2021.): Magnetic field affects growth and yield of sunflower under different moisture stress conditions. *Bioelectromagnetics*, 42(6), 473-483. DOI:10.1002/bem.22354.
162. Vashisth, A., Nagarajan, S. (2010.): Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds exposed to static magnetic field. *Journal of Plant Physiology*, 167(2), 149-156. DOI:10.1016/j.jplph.2009.08.011.
163. Ventura-Ríos, J., de los Ángeles Maldonado-Peralta, M., Cruz-Hernández, A., Joaquín-Cancino, S., Rojas-García, A. R. (2022.): Growth analysis of white clover (*Trifolium repens* L.) and indirect methods to estimate its forage yield. *Agrociencia*, 56(3), 1-11. DOI:10.47163/agrociencia.v56i3.2799.
164. Waters, B. M., Armbrust, L. C. (2013.): Optimal copper supply is required for normal plant iron deficiency responses. *Plant Signaling & Behavior*, 8(12), e26611. DOI:10.4161/psb.26611.

165. Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A., Badakhshan, H. (2014.): Effects of zinc application on growth, absorption and distribution of mineral nutrients under salinity stress in soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 37(14), 2255-2269. DOI:10.1080/01904167.2014.920386.
166. White, D. W. R. (2000.): Transgenic white clover (*Trifolium repens* L.). In *Transgenic Crops I*, 360-372. Berlin, Heidelberg:Springer.
167. Whitehead, D. C. (2000.): *Nutrient elements in grassland. Soil-plant-animal relationship*. CABI Publishing. DOI:10.1079/9780851994376.0000.
168. Widdup, K. H., Woodfield, D. R., Baird, I. J., Clifford, P. T. P. (2004.): Response to selection for seed yield in six white clover cultivars. *Journal of New Zealand Grasslands*, 66, 185-191. DOI:10.33584/jnzg.2004.66.2566.
169. Williams, T. A., Evans, D. R., Rhodes, I., Abberton, M. T. (2003.): Long-term performance of white clover varieties grown with perennial ryegrass under rotational grazing by sheep with different nitrogen applications. *The Journal of Agricultural Science*, 140(2), 151-159. DOI:10.1017/s0021859603002958.
170. Woodfield, D. R., Baird, I. J., Clifford, P. T. P. (2004.): Genetic control of white clover seed yield potential. *Journal of New Zealand Grasslands*, 66, 191-196. DOI:10.33584/jnzg.2004.66.2567.
171. Xia, X., Pagano, A., Macovei, A., Padula, G., Balestrazzi, A., Hołubowicz, R. (2024.): Magnetic field treatment on horticultural and agricultural crops: its benefits and challenges. *Folia Horticulturae*, 36(1), 67-80. DOI:10.2478/fhort-2024-0004.
172. Yalçın, S. (2018.): The effect of magnetic field on three different varieties of soybean seed. *Doğu Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 1-8. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/542555>.
173. Zagała, G., Zardzewiały, M., Saletnik, B., Bajcar, M., Czernicka, M., Grabek-Lejko, D., Kasprzyk, I., Puchalski, C. (2017.): Effects of fertiliser use and pre-sowing seed stimulation with a magnetic field on the mineral content and yield of three varieties of sugar beet roots. *Journal of Elementology*, 22(4), 1401-1414. DOI:10.5601/jelem.2017.22.1.1361.
174. Zhang, Y., Yang, L., Sun, W., Ruan, Y., Dou, H., Song, M., Long, H., Zhang, Y., Wang, Y., Guo, J., Shao, R., Wang, H., Yang, Q. (2023.): An effective method of magnetic field treatment in increasing soil phosphorus availability in wheat rhizosphere. *Rhizosphere*, 27, 100760. DOI:10.1016/j.rhisph.2023.100760.

-
175. Zharare, G. E., Asher, C. J., Blamey, F. P. C. (2010.): Magnesium antagonizes pod-zone calcium and zinc uptake by developing peanut pods. *Journal of Plant Nutrition*, 34(1), 1-11. DOI:10.1080/01904167.2011.531354.

7. SAŽETAK

Bijela djetelina (*Trifolium repens* L.) predstavlja važnu krmnu leguminozu s visokim proizvodnim i nutritivnim potencijalom, pri čemu početni rast biljaka ima važnu ulogu u formiranju prinosa. U novije vrijeme sve se češće istražuju fizikalne metode tretiranja sjemena, poput magnetskog polja, kao ekološki prihvatljive metode za poticanje rasta i razvoja biljaka. Međutim, primjena magnetskog polja ovisi o njegovoj jakosti, vremenu izloženosti te njihovoj međusobnoj interakciji.

Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj različitih jakosti magnetskog polja i vremena izloženosti na morfološka, biometrijska, kemijska svojstva i sadržaj klorofila te utvrditi optimalne uvjete tretiranja primjenom statističke analize i modeliranja neuronskim mrežama. Istraživanje je provedeno u kontroliranim uvjetima na tri kultivara Apolo, Jura i Rivendel. Predtretman sjemena uključivao je različite jakosti magnetskog polja 50, 100, 150, 250 i 350 mT i vremena izloženosti tijekom 0,5, 1, 3, 6, 12 i 24 sata, kao i netretirano sjeme (kontrola) u četiri ponavljanja.

Analizirana su morfološka svojstva i kemijski sastav biljaka, a dobiveni podaci obrađeni su analizom varijance i Tukey HSD testom. Također, za potrebe modeliranja, odnosno zajedničku procjenu odgovora biljaka izračunat je kompozitni indeks (CI_{12}) temeljen na standardiziranim vrijednostima odabranih 12 svojstava.

Rezultati istraživanja pokazali su da magnetsko polje ima značajan utjecaj na sva ispitivana svojstva, pri čemu odgovor biljaka nije linearan, već ovisi o kombinaciji jakosti magnetskog polja i vremena izloženosti. Općenito, povoljniji učinci na morfološka i kemijska svojstva biljaka utvrđeni su pri nižim ili umjerenim jakostima magnetskog polja (50-150 mT) i vremenu izloženosti (0,5 – 6 h). Veće jakosti magnetskog polja i dulje vrijeme izloženosti često su rezultirale smanjenjem učinka, iako su u pojedinim slučajevima, ovisno o promatranom svojstvu, rezultirali povećanjem.

Primjena neuronskih mreža omogućila je modeliranje složenih odnosa tretmana i odgovora biljaka. Kod kultivara Apolo model je pokazao dobru prediktivnu sposobnost uz stabilnu generalizaciju te je kao optimalan tretman za CI_{12} indeks utvrđen tretman jakosti 50 mT – 1 h. Kod druga dva kultivara (Jura i Rivendel) model neuronskih mreža imao je slabiju prediktivnu sposobnost, osobito kod kultivara Jura u fazi generalizacije.

Rezultati istraživanja potvrđuju da stacionarno magnetsko polje može značajno utjecati na rast i razvoj biljaka bijele djeteline, pri čemu učinak ovisi o genotipu, promatranom svojstvu te jakosti magnetskog polja i vremenu izloženosti.

Modeliranje neuronskim mrežama pokazalo se kao učinkovit alat za predikciju i utvrđivanje optimalnog tretmana u uvjetima složenih i nelinearnih odnosa. Međutim, s obzirom na to da je istraživanje provedeno u kontroliranim uvjetima tijekom pet tjedana uzgoja biljaka, dobivene rezultate potrebno je dodatno potvrditi u poljskim uvjetima.

8. SUMMARY

White clover (*Trifolium repens* L.) is an important forage legume with high yield and nutritional potential, where early plant growth plays an important role in yield formation. Recently, physical methods of seed treatment, such as magnetic fields, have been increasingly investigated as environmentally acceptable approaches for stimulating plant growth and development. However, the effects of magnetic field application depend on field strength, exposure time, and their interaction.

The aim of this study was to investigate the effects of different magnetic field strengths and exposure times on morphological, biometric traits, chemical composition, and chlorophyll content, and to determine optimal treatment conditions using statistical analysis and artificial neural network modeling. The study was conducted under controlled conditions on three cultivars Apolo, Jura, and Rivendel. Seed pretreatment included magnetic field strengths of 50, 100, 150, 250, and 350 mT and exposure time of 0,5, 1, 3, 6, 12, and 24 hours, along with untreated seeds (control), in four replicates.

Morphological traits and chemical composition were analyzed, and the data were analyzed using analysis of variance and Tukey's HSD test. For modeling purposes, i.e., for the integrated assessment of plant response, a composite index (CI_{12}) was calculated based on standardized values of 12 selected traits.

The results showed that the magnetic field had a significant effect on all tested properties, with plant response being non-linear and dependent on the combination of magnetic field strength and exposure time. In general, more favorable effects on morphological and chemical traits were observed at lower to moderate magnetic field strengths (50-150 mT) and shorter exposure times (0,5-6 h). Higher magnetic field strengths and longer exposure times often resulted in reduced effects, although in some cases, depending on the trait observed, they led to an increase.

The use of artificial neural networks enabled the modeling of complex relationships between treatments and plant responses. For the Apolo cultivar, the model showed good predictive ability with stable generalization, and the optimal treatment for the CI_{12} index was determined to be 50 mT for 1 h.

For the other two cultivars (Jura and Rivendel), the neural network model showed lower predictive performance, particularly for the Jura cultivar in the generalization phase.

The results confirm that a stationary magnetic field can significantly affect the growth and development of white clover plants, with the effect depending on genotype, trait, magnetic field strength, and exposure time. Artificial neural network modeling proved to be an effective tool for predicting and determining optimal treatment conditions under complex and non-linear relationships. However, since the study was conducted under controlled conditions over five weeks, the results should be further validated under field conditions.

9. PRILOG

Prilog 1. Dvofaktorska analiza varijance morfoloških svojstava i mase biljaka kultivara Apolo

Svojstvo	Faktor	df	SS	MS	F	p
Broj biljaka	mT	5	145,33	29,07	4,17	<0,0017
	min	5	116,33	23,27	3,34	<0,0076
	mT x min	25	643,83	25,75	3,7	<0,0001
Visina biljaka	mT	5	29,69	5,94	45,82	<0,0001
	min	5	49,2	9,84	75,93	<0,0001
	mT x min	25	188,02	7,52	58,04	<0,0001
Duljina korijena	mT	5	4,93	0,99	37,73	<0,0001
	min	5	2,34	0,47	17,96	<0,0001
	mT x min	25	5,16	0,21	7,9	<0,0001
Broj listova/biljci	mT	5	52,03	10,41	83,39	<0,0001
	min	5	6,03	1,21	9,66	<0,0001
	mT x min	25	17,97	0,72	5,76	<0,0001
Broj stolona/biljci	mT	5	0,62	0,12	12,59	<0,0001
	min	5	0,79	0,16	16,03	<0,0001
	mT x min	25	1,72	0,07	6,98	<0,0001
Svježa masa nadzemnog dijela (g/biljci)	mT	5	1,21	0,24	43,07	<0,0001
	min	5	0,41	0,08	14,47	<0,0001
	mT x min	25	1,15	0,05	8,2	<0,0001
Masa suhe tvari nadzemnog dijela (g/biljci)	mT	5	0,01	0	29,74	<0,0001
	min	5	0,01	0	15,83	<0,0001
	mT x min	25	0,01	0	4,83	<0,0001
% ST nadzemni dio	mT	5	51,19	10,24	9,42	<0,0001
	min	5	35,82	7,16	6,59	<0,0001
	mT x min	25	77,29	3,09	2,84	<0,0001
Masa suhe tvari korijena (mg/biljci)	mT	5	2491,97	498,39	85,35	<0,0001
	min	5	692,03	138,41	23,7	<0,0001
	mT x min	25	1177,66	47,11	8,07	<0,0001

Prilog 2. Dvofaktorska analiza varijance kemijskih svojstava kultivara Apolo

Svojstvo	Faktor	df	SS	MS	F	p
N %	mT	5	34,51	6,9	30,39	<0,0001
	min	5	7,88	1,58	6,94	<0,0001
	mT x min	25	13,92	0,56	2,45	<0,0001
P %	mT	5	0,74	0,15	52,09	<0,0001
	min	5	0,14	0,03	10,08	<0,0001
	mT x min	25	0,22	0,01	3,06	<0,0001
K %	mT	5	51,26	10,25	43,12	<0,0001
	min	5	9,84	1,97	8,28	<0,0001
	mT x min	25	15,96	0,64	2,69	<0,0001
Ca %	mT	5	0,69	0,14	18,02	<0,0001
	min	5	0,25	0,05	6,62	<0,0001
	mT x min	25	0,58	0,02	3,02	<0,0001
Mg %	mT	5	0,2	0,04	35,26	<0,0001
	min	5	0,03	0,01	5,16	<0,0001
	mT x min	25	0,16	0,01	5,39	<0,0001
Fe mg kg ⁻¹	mT	5	3144,56	628,91	27,25	<0,0001
	min	5	1605,73	321,15	13,92	<0,0001
	mT x min	25	4203,4	168,14	7,29	<0,0001
Mn mg kg ⁻¹	mT	5	18010,28	3602,06	82,52	<0,0001
	min	5	2361,86	472,37	10,82	<0,0001
	mT x min	25	35483,02	1419,32	32,52	<0,0001
Zn mg kg ⁻¹	mT	5	5922,3	1184,46	165,78	<0,0001
	min	5	461,25	92,25	12,91	<0,0001
	mT x min	25	4365,88	174,64	24,44	<0,0001
Cu mg kg ⁻¹	mT	5	28,66	5,73	19,81	<0,0001
	min	5	124,62	24,92	86,14	<0,0001
	mT x min	25	206,73	8,27	28,58	<0,0001
Na %	mT	5	0,14	0,03	17,36	<0,0001
	min	5	0,07	0,01	8,49	<0,0001
	mT x min	25	0,2	0,01	5,18	<0,0001
Klorofil mg g ⁻¹	mT	5	1,32	0,26	86,36	<0,0001
	min	5	0,52	0,1	33,89	<0,0001
	mT x min	25	0,61	0,02	8,05	<0,0001

Prilog 3. Dvofaktorska analiza varijance morfoloških svojstava i mase biljaka kultivara Jura

Svojstvo	Faktor	df	SS	MS	F	p
Broj biljaka	mT	5	339,31	67,86	10,23	<0,0001
	min	5	42,97	8,59	1,3	<0,2712
	mT x min	25	523,78	20,95	3,16	<0,0001
Visina biljaka	mT	5	56,38	11,28	121,56	<0,0001
	min	5	26,5	5,3	57,14	<0,0001
	mT x min	25	59,23	2,37	25,54	<0,0001
Duljina korijena	mT	5	14,87	2,97	77	<0,0001
	min	5	6,22	1,24	32,18	<0,0001
	mT x min	25	13,17	0,53	13,63	<0,0001
Broj listova/biljci	mT	5	104,93	20,99	165,31	<0,0001
	min	5	11,73	2,35	18,48	<0,0001
	mT x min	25	41,59	1,66	13,1	<0,0001
Broj stolona/biljci	mT	5	1,09	0,22	21,74	<0,0001
	min	5	0,23	0,05	4,62	<0,0001
	mT x min	25	1,46	0,06	5,86	<0,0001
Svježa masa nadzemnog dijela (g/biljci)	mT	5	0,27	0,05	6,39	<0,0001
	min	5	0,22	0,04	5,25	<0,0001
	mT x min	25	0,75	0,03	3,56	<0,0001
Masa suhe tvari nadzemnog dijela (g/biljci)	mT	5	1327,26	265,45	27,72	<0,0001
	min	5	382,1	76,42	7,98	<0,0001
	mT x min	25	1711,05	68,44	7,15	<0,0001
% ST nadzemni dio	mT	5	55,14	11,03	3,79	<0,0033
	min	5	29,83	5,97	2,05	<0,0772
	mT x min	25	190,51	7,62	2,62	<0,0003
Masa suhe tvari korijena (mg/biljci)	mT	5	1327,26	265,45	27,72	<0,0001
	min	5	382,1	76,42	7,98	<0,0001
	mT x min	25	1711,05	68,44	7,15	<0,0001

Prilog 4. Dvofaktorska analiza varijance kemijskih svojstava kultivara Jura

Svojstvo	Faktor	df	SS	MS	F	p
N %	mT	5	15,27	3,05	11,41	<0,0001
	min	5	2,36	0,47	1,77	<0,1259
	mT x min	25	19,87	0,79	2,97	<0,0001
P %	mT	5	0,52	0,1	28,16	<0,0001
	min	5	0,01	0	0,62	<0,6863
	mT x min	25	0,25	0,01	2,71	<0,0002
K %	mT	5	18,64	3,73	18,08	<0,0001
	min	5	0,94	0,19	0,92	<0,4738
	mT x min	25	18,15	0,73	3,52	<0,0001
Ca %	mT	5	0,98	0,2	28,78	<0,0001
	min	5	0,08	0,02	2,34	<0,0465
	mT x min	25	0,59	0,02	3,45	<0,0001
Mg %	mT	5	0,27	0,05	44,73	<0,0001
	min	5	0,05	0,01	7,97	<0,0001
	mT x min	25	0,13	0,01	4,48	<0,0001
Fe mg kg ⁻¹	mT	5	2942,53	588,51	22,81	<0,0001
	min	5	1342,62	268,52	10,41	<0,0001
	mT x min	25	6385,57	255,42	9,9	<0,0001
Mn mg kg ⁻¹	mT	5	70520	14104	122,96	<0,0001
	min	5	9070,77	1814,15	15,82	<0,0001
	mT x min	25	24441,71	977,67	8,52	<0,0001
Zn mg kg ⁻¹	mT	5	5280,65	1056,13	149,31	<0,0001
	min	5	847,15	169,43	23,95	<0,0001
	mT x min	25	2028,47	81,14	11,47	<0,0001
Cu mg kg ⁻¹	mT	5	66,87	13,37	80,32	<0,0001
	min	5	91,51	18,3	109,92	<0,0001
	mT x min	25	141,76	5,67	34,05	<0,0001
Na %	mT	5	0,15	0,03	18,32	<0,0001
	min	5	0,01	0	0,85	<0,5180
	mT x min	25	0,11	0	2,73	<0,0002
Klorofil mg g ⁻¹	mT	5	0,51	0,1	26,33	<0,0001
	min	5	0,48	0,1	24,92	<0,0001
	mT x min	25	0,53	0,02	5,51	<0,0001

Prilog 5. Dvofaktorska analiza varijance morfoloških svojstava i mase biljaka kultivara Rivendel

Svojstvo	Faktor	df	SS	MS	F	p
Broj biljaka	mT	5	783,72	156,74	16,74	<0,0001
	min	5	508,97	101,79	10,87	<0,0001
	mT x min	25	1181,61	47,26	5,05	<0,0001
Visina biljaka	mT	5	62,35	12,47	109,61	<0,0001
	min	5	22,19	4,44	39	<0,0001
	mT x min	25	83,52	3,34	29,36	<0,0001
Duljina korijena	mT	5	13,56	2,71	25,44	<0,0001
	min	5	2,63	0,53	4,94	<0,0001
	mT x min	25	10,39	0,42	3,9	<0,0001
Broj listova/biljci	mT	5	17,36	3,47	8,14	<0,0001
	min	5	19,38	3,88	9,08	<0,0001
	mT x min	25	125,3	5,01	11,74	<0,0001
Broj stolona/biljci	mT	5	0,8	0,16	12,35	<0,0001
	min	5	0,36	0,07	5,5	<0,0001
	mT x min	25	3,5	0,14	10,78	<0,0001
Svježa masa nadzemnog dijela (g/biljci)	mT	5	0,77	0,15	16,05	<0,0001
	min	5	0,12	0,02	2,48	<0,0359
	mT x min	25	1,4	0,06	5,81	<0,0001
Masa suhe tvari nadzemnog dijela (g/biljci)	mT	5	0,04	0,01	66,96	<0,0001
	min	5	0	0	7,44	<0,0001
	mT x min	25	0,03	0	8,52	<0,0001
% ST nadzemni dio	mT	5	161,08	32,22	14,7	<0,0001
	min	5	32,36	6,47	2,95	<0,0155
	mT x min	25	198,05	7,92	3,61	<0,0001
Masa suhe tvari korijena (mg/biljci)	mT	5	2461,66	492,33	127,39	<0,0001
	min	5	473,07	94,61	24,48	<0,0001
	mT x min	25	1320,57	52,82	13,67	<0,0001

Prilog 6. Dvofaktorska analiza varijance kemijskih svojstava kultivara Rivendel

Svojstvo	Faktor	df	SS	MS	F	p
N %	mT	5	33,64	6,73	40,33	<0,0001
	min	5	3,46	0,69	4,15	<0,0017
	mT x min	25	19,73	0,79	4,73	<0,0001
P %	mT	5	0,5	0,1	35,61	<0,0001
	min	5	0,04	0,01	3,01	<0,0140
	mT x min	25	0,31	0,01	4,34	<0,0001
K %	mT	5	40,29	8,06	36,23	<0,0001
	min	5	3,49	0,7	3,14	<0,0109
	mT x min	25	15,1	0,6	2,72	<0,0002
Ca %	mT	5	138,11	27,62	35,9	<0,0001
	min	5	19,86	3,97	5,16	<0,0001
	mT x min	25	100,37	4,01	5,22	<0,0001
Mg %	mT	5	0,2	0,04	28,37	<0,0001
	min	5	0,01	0	1,67	<0,1483
	mT x min	25	0,11	0	3,01	<0,0001
Fe mg kg ⁻¹	mT	5	6273,65	1254,73	52,68	<0,0001
	min	5	271,04	54,21	2,28	<0,0520
	mT x min	25	2743,69	109,75	4,61	<0,0001
Zn mg kg ⁻¹	mT	5	1863,76	372,75	42,98	<0,0001
	min	5	501,08	100,22	11,55	<0,0001
	mT x min	25	1599,01	63,96	7,37	<0,0001
Mn mg kg ⁻¹	mT	5	28526	5705,2	162,22	<0,0001
	min	5	958,51	191,7	5,45	<0,0001
	mT x min	25	18642,83	745,71	21,2	<0,0001
Cu mg kg ⁻¹	mT	5	55,56	11,11	34,44	<0,0001
	min	5	32	6,4	19,83	<0,0001
	mT x min	25	45,64	1,83	5,66	<0,0001
Na %	mT	5	0,14	0,03	19,84	<0,0001
	min	5	0,04	0,01	5,18	<0,0001
	mT x min	25	0,23	0,01	6,67	<0,0001
Klorofil mg g ⁻¹	mT	5	0,81	0,16	44,76	<0,0001
	min	5	0,19	0,04	10,69	<0,0001
	mT x min	25	0,65	0,03	7,16	<0,0001

Prilog 7. Razlike među kultivarima u kontrolnom tretmanu za morfološka svojstva i masu biljaka

Svojstvo	Apolo	Jura	Rivendel
Broj biljaka	69,25 ± 1,25 a	51,75 ± 1,44 b	49,75 ± 1,80 b
Visina biljaka	14,1 ± 0,07 a	14,1 ± 0,04 a	12,7 ± 0,27 b
Duljina korijena	6,4 ± 0,06 a	6,7 ± 0,09 a	6,6 ± 0,15 a
Broj listova/biljci	7,39 ± 0,22 c	9,59 ± 0,18 b	10,99 ± 0,54 a
Broj stolona/biljci	0,56 ± 0,03 c	0,93 ± 0,02 b	1,34 ± 0,09 a
Svježa masa nadzemnog dijela (g/biljci)	0,71 ± 0,01 b	0,92 ± 0,01 a	0,91 ± 0,08 a
Masa suhe tvari nadzemnog dijela (g/biljci)	0,10 ± 0,00 c	0,13 ± 0,00 b	0,15 ± 0,01 a
% ST nadzemni dio	14,03 ± 0,72 b	14,52 ± 0,51 ab	17,29 ± 1,09 a
Masa suhe tvari korijena (mg/biljci)	11,30 ± 0,89 c	17,19 ± 0,62 b	23,38 ± 0,53 a

Prilog 8. Razlike među kultivarima u kontrolnom tretmanu za kemijska svojstva

Svojstvo	Apolo	Jura	Rivendel
N %	2,71 ± 0,26 ab	2,74 ± 0,24 a	1,88 ± 0,10 b
P %	0,46 ± 0,02 a	0,43 ± 0,03 a	0,36 ± 0,02 a
K %	3,93 ± 0,25 a	3,64 ± 0,19 ab	2,76 ± 0,24 b
Ca %	1,56 ± 0,07 a	1,42 ± 0,04 a	1,17 ± 0,03 b
Mg %	0,42 ± 0,02 a	0,44 ± 0,01 a	0,37 ± 0,02 a
Fe mg kg ⁻¹	50,63 ± 1,17 a	45,89 ± 2,79 ab	40,82 ± 2,14 b
Mn mg kg ⁻¹	45,00 ± 2,89 a	36,86 ± 2,56 a	38,53 ± 1,57 a
Zn mg kg ⁻¹	37,03 ± 0,92 a	36,69 ± 0,88 a	33,29 ± 1,12 a
Cu mg kg ⁻¹	5,68 ± 0,30 ab	5,75 ± 0,06 a	4,95 ± 0,14 b
Na %	0,41 ± 0,02 a	0,29 ± 0,02 b	0,28 ± 0,02 b
Klorofil mg g ⁻¹	1,56 ± 0,04 a	1,65 ± 0,01 a	1,67 ± 0,03 a

ŽIVOTOPIS

Goran Herman rođen je 1. travnja 1991. godine u Vukovaru. Osnovnu i srednju školu završio je u Osijeku. Preddiplomski sveučilišni studij, smjer Agroekonomika, upisao je 2013. godine na Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Diplomski sveučilišni studij, smjer Povrčarstvo i cvjećarstvo, upisao je 2016. godine na Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, gdje je 2018. godine diplomirao obranom diplomskog rada pod naslovom „Utjecaj različitih supstrata obogaćenih otopinom cinka na translokaciju cinka u presadnice špinata“.

Od listopada 2018. do 2020. godine radio je na projektima pri Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, najprije kao laboratorijski tehničar, a potom kao suradnik na projektu. Od listopada 2020. godine zaposlen je na radnom mjestu asistenta pri Zavodu za biljnu proizvodnju i biotehnologiju, na Katedri za žitarice, industrijsko i krmno bilje, gdje sudjeluje u izvođenju nastave iz područja krmnog bilja.

Akadske godine 2020./2021. upisao je poslijediplomski sveučilišni doktorski studij Poljoprivredne znanosti, smjer Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo, na Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.

Polaznik je MEET projekta „Savremene tehnike za osiguranje okolišne održivosti u Istočnoj Europi“, u sklopu kojeg pohađa Modul D „Održivo upravljanje zemljištem i vodom“. Član je Hrvatsko tloznanstveno društvo. Sudjeluje u radu i organizaciji konferencija Simpozij agronoma i 2. međunarodne znanstvene konferencije „Prilagodba i ublažavanje klimatskih promjena u poljoprivredi – interdisciplinarni pristup“. Također sudjeluje u recenzentskom radu znanstvenih skupova iz područja poljoprivrede i agrobiotehničkih znanosti.

Znanstveno-istraživački interes usmjeren je na utjecaj magnetskog polja na klijavost, rast i razvoj biljaka te primjenu fizikalnih metoda predtretmana sjemena u održivoj biljnoj proizvodnji. Autor je i koautor više od 30 znanstvenih i stručnih publikacija iz područja biljne proizvodnje i sjemenarstva, od čega je u osam publikacija prvi autor.