Režim vlažnosti oraničnog sloja tla u uzgoju soje na pokušalištu Maksimir u 2018. godini

Geršić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:198807

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb







Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Režim vlažnosti oraničnog sloja tla u uzgoju soje na pokušalištu Maksimir u 2018. godini

DIPLOMSKI RAD

Ivan Geršić

Zagreb, rujan, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Agroekologija

Režim vlažnosti oraničnog sloja tla u uzgoju soje na pokušalištu Maksimir u 2018. godini

DIPLOMSKI RAD

Ivan Geršić

Mentor:
prof. dr. sc. Stjepan Husnjak

Zagreb, rujan, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Ivan Geršić**, JMBAG 0178091535, rođen/a 20.05.1993. u Varaždinu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

REŽIM VLAŽNOSTI ORANIČNOG SLOJA TLA U UZGOJU SOJE NA POKUŠALIŠTU MAKSIMIR U 2018. GODINI

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

_____
Potpis studenta / studentice

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta/ice **Ivan Geršić**, JMBAG 0178091535, naslova

REŽIM VLAŽNOSTI ORANIČNOG SLOJA TLA U UZGOJU SOJE NA POKUŠALIŠTU MAKSIMIR U 2018. GODINI

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo:			potpisi:
1.	prof. dr. sc. Stjepan Husnjak	mentor	_____
2.	prof. dr. sc. Ivan Pejić	član	_____
3.	prof. dr. sc. Ivan Šimunić	član	_____

Sadržaj

1. Uvod 3

2. Pregled literature 4

2.1. Osnovne značajke soje 4

2.2. Režim vlažnosti tla 8

2.3. Obilježja klime na istraživanoj lokaciji 9

3. Materijali i metode rada 11

3.1 Pokušalište Maksimir 11

3.2. Određivanje osnovnih značajki tla 12

3.3. Praćenje sadržaja vlage u tlu 12

3.4. Laboratorijske analize tla 13

3.4.1. Trenutačna vlaga tla 13
3.4.2. Fizikalne analize tla 14
3.4.3. Kemijske analize tla 16

3.5. Meteorološki podaci i izračun pokazatelja klime 18

4. Rezultati istraživanja 19

4.1. Prikaz agroekoloških značajki 19

4.1.1. Značajke klime 19
4.1.2. Značajke tla 22

4.2. Režim vlažnosti tla 24

4.3. Bilanca vode u tlu 25

5. Zaključak 28

6. Literatura 29

Životopis 31

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Ivana Geršića**, naslova

REŽIM VLAŽNOSTI ORANIČNOG SLOJA TLA U UZGOJU SOJE NA POKUŠALIŠTU MAKSIMIR U 2018. GODINI

Istraživanja dinamike sadržaja trenutačne vlage u tlu u uzgoju ratarskih kultura, koja bi ukazala na potrebu za reguliranjem režima vlažnosti, najčešće nedostaju. Spomenuta istraživanja mogu se provoditi praćenjem režima vlažnosti tla koji predstavlja periodične promjene vlažnosti po dubini profila. Rezultatima takvih istraživanja stječe se uvid o eventualnoj pojavi viška ili manjka oborinske vode u tlu. Osnovni ciljevi ovog rada su utvrditi režim vlažnosti tla na pokušalištu Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u vegetacijskom razdoblju (IV. – IX. mjesec) u uvjetima uzgoja soje tijekom 2018. godine, te utvrditi postoji li razlika u režimu vlažnosti tla u dobro i loše razvijenom habitusu soje u istraživanom razdoblju. Pored navedenog, cilj istraživanja bio je odrediti značajke tla i klime na istraživanoj lokaciji, te procijeniti podudarnost režima vlažnosti tla s bilancom oborinske vode u tlu.

Uzorkovanje tla obavljalo se na više kontrolnih mjesta, na dubini 0-30 cm u 3 ponavljanja višekratno tijekom vegetacijskog razdoblja. Sadržaj vlage određivao se gravimetrijskom metodom.

Tlo na istraživanoj lokaciji je eutrično smeđe i obilježava ga ilovasta tekstura, kisela reakcija tla, osrednji kapacitet tla za vodu, mali kapacitet tla za zrak, osrednja volumna gustoća i mala poroznost. Utvrđena je značajna razlika između značajki klime u 2018. godini i višegodišnjih prosječnih vrijednosti. Režim vlažnosti tla nije ukazao na značajnije razlike između dobro i loše razvijenog habitusa soje temeljem čega se može zaključiti da trenutna vlaga tla nije bila uzrok za zaostajanje u rastu. Proračunom bilance oborinske vode u tlu uočen je manjak vode u srpnju i kolovozu, koji se podudara s rezultatima režima vlažnosti tla. Rezultati značajki tla i režima vlažnosti ukazuju na potrebe za uređenjem tla te na potrebu za navodnjavanjem.

Ključne riječi: režim vlažnosti tla, trenutačna vlaga u tlu, soja, dobro razvijen habitus, loše razvijen habitus

Summary

Of the master's thesis – student **Ivan Geršić,** entitled

SOIL MOISTURE REGIME IN SOYBEAN CULTIVATION AT THE EXPERIMENT STATION MAKSIMIR 2018

Studies into the dynamics of instantaneous moisture content in the soil in soybean cultivation, which would point to the necessity to regulate soil moisture regime, is scarce. The mentioned studies may be conducted by monitoring the soil moisture regime that shows periodic changes in moisture with regard to profile depth. The results of such studies give insight into the possible occurrence of excess or lack of precipitation water in the soil. Elementary aims of this paper is to determine the soil moisture regime at the Experiment station Maksimir of the Faculty of Agriculture, University of Zagreb in the vegetation period (April - September) in the conditions of soybean cultivation during 2018, and to determine if there is a difference in soil moisture regime in well and poorly developed habitus soybeans in the study period. In addition, the aim of the research was to determine soil and climate characteristics at the research site and to assess the correspondence of soil moisture regime with the balance of precipitation water in the soil.

Soil sampling was perfomed at several control sites, at a depth of 0-30 cm in 3 repetitions, repeatedly during vegetation. Moisture content was determined by gravimetric method.

The soil at the study location is eutric brown and is characterized by loamy textured, acid soil reaction, average soil water capacity, low air soil capacity, average volume density and low porosity.

It was found a significant difference between the 2018. climate features and perennial averages. The soil moisture regime did not indicate any significant differences between development of well and poorly habitus, so it can be concluded that instantaneous soil moisture was not the cause of lag in growth. The calculation of the precipitation balance in the soil showed a shortage of water in July and August, which matches the results of the soil moisture regime. The results of soil characteristics and soil moisture regime indicate to the need for regulation of soil and the need for irrigation.

Key words: soil moisture regime, instantaneous soil moisture, soybean, well developed habitus, poorly developed habitus

1. Uvod

Zbog posljedica klimatskih promjena i na širem području Republike Hrvatske posljednjih godina zabilježene su dugotrajne i intenzivne suše koje su zbog nestašice vode prouzročile štete u poljoprivrednoj proizvodnji. Klimatske značajke i režim voda u tlu, te njihov međusobni odnos, koji je vrlo promjenjiv i složen, definiraju uspješnost biljne proizvodnje, budući da je velik dio naše poljoprivredne proizvodnje bez navodnjavanja i smješten u područjima sa povremenom pojavom suša. Navodnjavanjem bi se, kao meliorativnom mjerom, održala optimalna vlažnost tla tijekom vegetacijskog razdoblja, a time bi se osigurali uvjeti za stabilniju, kvalitetniju i ekonomičniju poljoprivrednu proizvodnju (Šimunić i sur., 2014). No, u Republici Hrvatskoj navodnjava se svega 9,264 ha ili 0,46% obradivih površina i prema veličini navodnjavanih površina Hrvatska se nalazi na jednom od posljednjih mjesta u Europi (Tomić i sur., 2007).

Natapanje soje u našoj zemlji, kao i drugih poljoprivrednih kultura zbog pomanjkanja padavina u ljetnim mjesecima, kao i njihova slabog rasporeda sve češće postaje aktualno (Vratarić i Sudarić, 2008).

Zbog toga se vrše istraživanja režima vlažnosti tala koji predstavljaju periodične promjene vlažnosti po dubini profila. Takvim istraživanjima stječemo uvid o dinamici trenutačne vlage u istraživanom tlu kroz određeno vremensko razdoblje. Pored toga, provode se i izračuni evapotranspiracije i bilance oborinske vode u tlu radi procjene potreba biljaka za navodnjavanjem.

Na fakultetskom dobru posljednjih se godina uočava značajna heterogenost sjemenskih usjeva soje, na tablama na kojima se primjenjuje optimalna tehnologija i sije genetski uniformno sjeme.

Osnovni cilj istraživanja ovog rada je istražiti režim vlažnosti tla kod razvijenog i manje razvijenog habitusa soje na pokušalištu Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu tijekom vegetacijskog razdoblja 2018. godine (IV. – IX. mjesec), te usporedbom rezultata utvrditi ima li trenutačna vlažnost tla utjecaj na rast i razvoj soje. Pored navedenog, cilj istraživanja bio je odrediti značajke tla na pokušalištu, istražiti prosječne značajke klime za višegodišnje razdoblje te značajke klime za 2018. godinu i procijeniti podudarnost režima vlažnosti tla s rezultatima bilance oborinske vode u tlu.

2. Pregled literature

2.1. Osnovne značajke soje

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) spada u porodicu *Fabaceae,* rod *Glycine*. Sadržaj bjelančevina i ulja u sjemenu i sposobnost da proizvede više jestivih bjelančevina po jedinici površine nego bilo koja druga jednogodišnja kultura čini soju jednom od najznačajnijih bjelančevinastih i uljnih kultura u svijetu (Pospišil, 2010).

Morfološka i biološka svojstva
Korijen soje je vretenast i dobro razgranat. Glavna masa korijena nalazi se u sloju tla do 30 cm. Dio svojih potreba za dušikom soja podmiruje iz simbiotskog odnosa s bakterijom *Bradyrhizobium japonicum.* Bakterije vežu anorganski dušik iz zračne faze tla i pretvaraju ga u amonijski oblik koji koristi biljka domaćin. Na fiksaciju dušika utječu brojni čimbenici (kisik, voda, pH tla, temperatura, gnojidba). Da bi se fiksacija normalno odvijala, u tlu mora biti dovoljna količina zraka i vode za što je potreban optimalni vodozračni odnos.
Tijekom vegetacije stabljika je zelene boje i obrasla je dlačicama. U zriobi odrveni. Prema tipu habitusa soje razlikujemo determinirani (dovršeni) i indeterminirani (nedovršeni) tip rasta. Novija podjela je i na semideterminirani tip. Kod indeterminiranog ili nedovršenog tipa cvatnja počinje na petom-šestom nodiju. Biljka dalje postupno raste i cvjeta. Rast prestaje kasno, tek pred fiziološku zrelost. Stabljika je visoka, s velikim brojem nodija, čija je rodnost prema vrhu stabljike slabija. Sorte indeterminiranog tipa rasta su, uglavnom, višeg rasta u odnosu na determinirane sorte. Sorte determiniranog tipa rasta najprije narastu više od 80% potrebne visine, zatim procvjetaju na svim nodijima, tako da poslije početka cvatnje, za nekoliko dana, prestaje svaki rast biljke. Stabljike su niže i više se granaju. Zameću više prvu mahunu i otpornije su na polijeganje.
Prvi listovi koji se razvijaju nakon kotiledona jednostavni su, imaju jednu lisku i nasuprotni su. Svi sljedeći listovi su troliske, odnosno sastoje se od tri liske i poredani su naizmjenično na stabljici. Uobičajena boja lista soje je tamnozelena.
Cvjetovi mogu biti bijele, svijetloružičaste ili ljubičaste boje. Soja je samooplodna kultura, ali postoji i mali postotak stranooplodnje (0,5-1%). Kod indeterminiranih tipova rasta cvatnja počinje na glavnoj stabljici na 4.-8. nodiju i širi se prema gore. Cvatnja na granama počinje nekoliko dana kasnije. Kod indeterminiranog tipa rasta stabljike cvatovi se formiraju u pazušcima listova i nema terminalni (vršni) cvat. Kod determiniranih tipova cvatnja počinje na 8. ili 9. nodiju i brzo se širi tako da unutar nekoliko dana procvjetaju svi cvjetovi na stabljici uključujući i grane i terminalne cvatove. Ovisno o sorti i uvjetima rasta i razvoja može otpasti 30-80% cvjetova. Opadanje cvjetova može biti posljedica visokih ili niskih temperatura u vrijeme cvatnje te nedostatka vode. Do opadanja cvjetova ili mahuna dolazi 1 do 7 dana nakon cvatnje (Pospišil, 2010).

Plod soje je mahuna duga 2-7 cm, a široka 2-4 cm ovisno o sorti. Mahuna je dlakava, tijekom vegetacije zelene boje, a u zriobi svijetlo ili tamnosmeđa, siva ili crna. Broj mahuna je sortna karakteristika, ali jako ovisi i o klimatskim uvjetima tijekom rasta i cvatnje (Pospišil, 2010). Konačni broj mahuna po biljci najviše ovisi o vlažnosti tla u vrijeme mahunanja i nalijevanja zrna. Povećane oborine i vlažnost tla djeluju na smanjenje opadanja broja mahuna po biljci uz razlike po sortama (Vratarić i Sudarić, 2008).

Sjeme soje kod većine sorata ovalnog je oblika. Boja varira ovisno o sorti te može biti svijetložuta, intenzivno žuta, smeđa, crna, zelena, crvena, a sjeme može biti i šareno. Masa 1 000 sjemenki varira od 100-200 g, ali može biti od 45-450 g. Sadržaj bjelančevina i ulja u sjemenu varira u širokom rasponu ovisno o genotipu. Sadržaj bjenačevina kreće se od 34,1-56,8%, a sadržaj ulja od 8,3-27,9% u suhoj tvari (Pospišil, 2010).

Razvojni stadiji soje (slika 1.) podijeljeni su na vegetativne i generativne. Vegetativni stadiji opisuju se nakon nicanja. Vegetativni stadij označava se slovom V i brojem koji označava nodije s razvijenim listovima: VE (izboj), VC (kotiledon), V_1 (prvi nodij), V_2 (drugi nodij), V_3 (treći nodij), $V_{(n)}$ (n-ti nodij). Reproduktivni stadiji označavaju stupanj cvatnje, razvijenost mahuna i sjemena te dozrijevanje biljke. Stadiji se označavaju slovom R i brojem: R_1 (početak cvatnje), R_2 (puna cvatnja), R_3 (početak formiranja mahuna), R_4 (puni razvoj mahuna), R_5 (početak razvoja sjemena), R_6 (puni razvoj sjemena), R_7 (početak zriobe), R_8 (puna zrioba). Kod sorata soje koje imaju determinirani tip rasta stadiji R_1 i R_2 mogu se pojaviti istovremeno (Pospišil, 2010).



Slika 1. Razvojni stadiji soje za vrijeme istraživanja

Sorte soje se prema dužini vegetacije, odnosno osjetljivosti na fotoperiodizam mogu svrstati u 13 grupa zriobe. Grupe su označene s 000 (vrlo rana zrioba), 00 i 0 te rimskim brojevima od I do X (najkasnija zrioba). Sorte s oznakom 000 adaptirane su na dugi dan i najveće zemljopisne širine (iznad 49°) i najmanje su osjetljive na fotoperiodizam. Sorte s oznakom X najviše su osjetljive na fotoperiodizam, adaptirane su za uvjete kratkog dana (zemljopisne širine ispod 15°). Za područje Hrvatske povoljne su grupe dozrijevanja 000, 00, 0 i I, a u proizvodnji u istočnoj Hrvatskoj mogu se uzgajati i sorte grupe II (Pospišil, 2010). Sorta soje Buga koja je bila zasijana na istraživanim parcelama, priznata je 1993. godine, a kreator sorte je Agronomski fakultet Zagreb, Zavod za oplemenjivanje bilja, genetiku i biometriku (Vratarić i Sudarić, 2008). Pripada ranoj grupi dozrijevanja (00/0), vrlo je rodna i stabilna u prinosu (>3,5t/ha). Pogodna je za sjetvu u svim proizvodnim područjima Hrvatske. Optimalan rok sjetve je 15. travanj. Glavne karakteristike sorte Buga (slika 2.) su ljubičasta boja cvijeta, smeđa boja dlačica, stabljika otporna na polijeganje, u vrijeme žetve odbaci list.



Slika 2. Sorta soje Buga u fazi cvatnje

Prema posljednjim podacima FAOSTAT-a (2019.) u Hrvatskoj se soja uzgaja na 85 133 ha (tablica 1.). Prosječni prinos iznosi 2,44 t/ha. Prema navedenim podacima, u Hrvatskoj najveće površine pod sojom bile su 2015. godine, a 2016. ostvarena je najveća proizvodnja te prinos. Genetski potencijal današnjih sorata dostiže i 7 t/ha te stoga uz pravilno odabrane sorte i agrotehniku proizvodnja soje u Hrvatskoj može se znatno povećati (Pospišil, 2010).

Tablica 1. Proizvodnja soje u Hrvatskoj (2013.-2017.)

Godina	Površina (ha)	Prinos (t/ha)	Proizvodnja (t)
2013.	47 156	2,36	111 316
2014.	47 104	2,79	131 424
2015.	88 867	2,21	196 431
2016.	78 614	3,10	244 075
2017.	85 133	2,44	207 765

Izvor: FAOSTAT Statistic, prikupljeno 1. lipnja 2019. godine

Agroekološki uvjeti za proizvodnju soje

Temperatura

Minimalna temperatura za klijanje je 8-10°C, neki genotipovi klijaju i kod 6°C. Usporeno nicanje pri niskim temperaturama povećava vjerojatnost oštećenja od bolesti i štetnika. Tijekom intenzivnog rasta soja zahtjeva temperaturu od 20 do 25°C. U fazi cvatnje nisu poželjne temperature >25°C, osobito ako nema dovoljno vode i ako je relativna vlaga zraka niska. Utvrđeno je značajno opadanje cvjetova i mahuna kod temperatura >32°C. Soja ne podnosi jaka variranja temperature tijekom vegetacije. Osobito je osjetljiva na variranje dnevnih i noćnih temperatura u fazi cvatnje i formiranja mahuna (Pospišil, 2010).

Vlaga

Jedan od limitirajućih faktora u proizvodnji soje je voda. Da bi proklijalo, sjeme soje treba upiti više od 50% vode svoje mase. Na klijanje nepovoljno djeluju nedostatak, ali i suvišak vode. Suvišak vode smanjuje količinu pristupačnog kisika što nepovoljno djeluje na klijanje i nicanje. Nedostatak vode negativno se odražava na simbiotsku fiksaciju dušika. U razdoblju od nicanja do cvatnje soja može izdržati kratkotrajnu sušu, ali biljke ostaju niske. Ukoliko nema dovoljno vode tijekom cvatnje i formiranja mahuna, te nalijevanja sjemena dolazi do opadanja cvjetova, mahuna, smanjuje se broj sjemenki i njihova masa. Prema ispitivanjima (Vratarić, 1983) urodi zrna bili su u pozitivnoj korelaciji s oborinama, relativnom vlagom zraka i vlagom tla. Niži su urodi, bili kada nije bilo dovoljno vode u razdoblju cvatnje i u ranoj fazi razvoja mahuna, što potvrđuje opći zaključak da je soja najosjetljivija prema nedostatku vode u tlu za vrijeme stvaranja mahuna i nalijevanja zrna. Suša u toj fazi može smanjiti urod zrna osjetljivih sorata 40-60%, a oborine u toj fazi povoljno djeluju na urod zrna (Vratarić i Sudarić, 2008). Na oplodnju veoma negativno utječu visoke temperature praćene niskom relativnom vlagom zraka i nedostatkom vode u tlu. Relativna vlaga zraka tijekom cvatnje trebala bi biti 70-80% (Pospišil, 2010). Transpiracijski koeficijent soje je 600-700. U početku vegetacije je najniži, u vrijeme cvatnje i oplodnje je najveći i prema kraju vegetacije se značajno smanjuje. Prema ispitivanjima bitno je da u lipnju, srpnju i kolovozu količina oborina bude 150-170 mm. U literaturi ima podataka da je dovoljno i 100 mm u kritičnim mjesecima (srpanj, kolovoz) (Vratarić i Sudarić, 2008). Soja se može uspješno uzgajati u području gdje je godišnji prosjek oborina 600 i 700 mm uz povoljan raspored tijekom vegetacije (Pospišil, 2010).

Tlo

Soja se može uzgajati na različitim tipovima tala, a najbolje uspijeva na dubokim, strukturnim, plodnim tlima, bogatim humusom, s pH 7, dobrih vodozračnih odnosa. Soja se može uzgajati i na manje plodnim tlima ukoliko ima dovoljno vode tijekom vegetacije. Selekcijom se nastoje stvoriti sorte koje se mogu uzgajati na alkalnim i kiselim tlima, te tlima manje plodnosti (Pospišil, 2010).

2.2. Režim vlažnosti tla

Sveukupne pojave premještanja vode u tlu, promjena zaliha vode po dubini profila i razmjena vode između tla i drugih prirodnih tijela naziva se vodni režim tla (Rode, 1969). Prema Rodeu razlikuje se pet tipova vodnog režima:

1. Uravnoteženi tip vodnog režima tla; kod ovog tipa oborine su podjednake isparavanju (O=E). Ovo vrijedi za semiaridna klimatska područja.
2. Procjedni tip vodnog režima; kod ovog tipa količine oborina veće su od isparavanja (O>E), a prevladavaju silazni tokovi i eluvijacija. Ovo je karakteristično za semihumidnu i humidnu klimu.
3. Procjedni tip s pojavom nepropusnog horizonta ili sloja do 80 cm dubine. Ovakvi uvjeti mogu se pojaviti u semihumidnoj i humidnoj klimi i uzrokuju stagnaciju vode unutar profila.
4. Procjedni tip s podzemnom vodom; podzemna voda je na takvoj dubini da do nje dopire cijedna voda.
5. Eksudativni tip; isparavanje je veće od količine oborina (E>O), a karakterističan je za aridne klimatske prilike (Špoljar, 2015).

Za reguliranje vodnog režima tla (odvodnjom ili navodnjavanjem) potrebno je poznavati režim vlažnosti tla, koji predstavlja periodične promjene vlažnosti tla po dubini profila, i prema tome to je samo jedan od elemenata vodnog režima tla (Racz, 1981). Prilikom istraživanja režima vlažnosti tla nužno je poznavati hidropedološke ili vodne konstante koje definiramo kao ravnotežna stanja između privlačne sile čestica tla i vode. U vodne konstante ubrajamo: higroskopnu vodu, poljski ili retencijski kapacitet tla za vodu, lentokapilarnu točku, točku venuća i maksimalni kapacitet tla za vodu (Šimunić 2013). Vrijednost vodnih konstanti ovisi o vrsti tla, odnosno o njegovim fizikalnim značajkama kao što su tekstura, struktura, porozitet i zbijenost, te o kemijskim značajkama, posebno količini organske tvari.

Maksimalni higroskopicitet (H_Y) je maksimalna količina vlage koju može adsorbirati zrakosuho tlo. Kod maksimalnog higroskopiciteta sila držanja vlage odgovara tlaku od 3 MPa ili 30 bara (*p*F=4,5). Približno dvostruka vrijednost maksimalnog higroskopskog kapaciteta odgovara vrijednosti vlage kod točke venuća (Šimunić, 2013).

Točka venuća (T_V) je ravnotežno stanje držanja vode između sila čestica tla i usisne sile korijena biljke. U stanju ravnoteže korijenje biljke nema dovoljno pristupačne vode koja je potrebna za obnavljanje fizioloških procesa i biljka počinje venuti. Sila držanja vode kod točke venuća odgovara tlaku od 1,5 MPa, odnosno 15 bara (*p*F=4,2), što je jednako usisnoj sili korijenja biljke. U uzgoju biljaka vlažnost tla mora se održavati u stanju da se količina vlage nikada ne spusti na vrijednost točke venuća, jer i kraće trajanje ovakvog stanja vlage može izazvati negativne posljedice kod biljaka. Točka venuća je zapravo donja granica pristupačne ili fiziološki aktivne vode u tlu, odnosno donja granica teže pristupačne vode biljkama, dok je voda ispod točke venuća nepokretna i nepristupačna biljkama (Šimunić, 2013).

Lentokapilarna vlažnost (Lk_v) je granica između teže pokretne i lakše pokretne vode u tlu, tj. granica gdje se prekida kapilarna veza u kapilarnim porama. Sadržaj vode ispod lentokapilarne vlažnosti uzrokuje otežanu opskrbu biljaka vodom i stoga se uzima da je lentokapilarna vlažnost donja granica optimalne vlažnosti tla, odnosno lako pristupačne vode i trenutak kad treba primijeniti navodnjavanje. Kod lentokapilarne vlažnosti sila držanja vode odgovara tlaku od 0,625 MPa ili 6,25 bara (*p*F=3,8), što odgovara oko 60-70% vrijednosti poljskog kapaciteta tla za vodu (Šimunić, 2013).

Poljski kapacitet tla za vodu (PK_v) odgovara sadržaju vode u tlu u trenutku kada su mikropore popunjene vodom, a makropore zrakom. To je maksimalna količina vode koju tlo može zadržati i gornja granica lako pristupačne vode za biljke. Kod poljskog kapaciteta tla za vodu sila držanja vode ovisi o teksturi tla i odgovara tlaku vode od 0,033 MPa ili 0,33 bara (*p*F=2,52) kod glinasto-ilovastih tala do 0,01 MPa ili 0,1 bar (*p*F=2,0) kod pjeskovitih tala (Šimunić, 2013).

Maksimalni kapacitet tla za vodu (MK_V) je najveća količina vode koju tlo može primiti, ali ne i zadržati. Ovisi o fizikalnim i kemijskim značajkama tla, a prvenstveno o teksturi i strukturi tla te o ukupnom sadržaju pora i humusa u tlu (Šimunić, 2013).

Bilanca vode u tlu je količinski izraz za vodni režim tla, odnosno za sveukupne pojave premještanja vode u tlu, promjene zalihe vode u tlu i razmjenu vode u sustavu tlo-biljka-atmosfera. Određivanje bilance vode u tlu ima značajnu primjenu u melioracijskoj praksi, posebno u planiranju i projektiranju sustava odvodnje i navodnjavanja kada se procjenjuje stanje vode u tlu odnosno utvrđuje višak ili manjak vode (Šimunić, 2013).

Mjerenje vlažnosti tla može se temeljiti na mjerenju razlike između mase vlažnog i suhog tla (izravna, gravimetrijska metoda), mjerenju sile (podtlaka, tenzije) kojom se voda drži u tlu- za što se koriste tenziometri, ili pak mjerenju elektroprovodljivosti tla (Pernar, i sur. 2013). Uglavnom, gravimetrijska metoda je najstarija, ali i dalje ostaje najtočnija metoda za dobivanje podataka o vlažnosti tla (Johnson, 1962).

2.3. Obilježja klime na istraživanoj lokaciji

Kontinentalna Hrvatska, uključujući grad Zagreb ima umjereno kontinentalnu klimu i cijele se godine nalazi u cirkulacijskom pojasu umjerenih širina, gdje je stanje atmosfere vrlo promjenjivo: obilježeno je raznolikošću vremenskih situacija uz česte i intenzivne promjene tijekom godine. Zimi prevladavaju stacionirani anticiklonarni tipovi vremena s čestom maglom ili niskim oblacima, s vrlo slabim strujanjem što predstavlja povoljne uvjete za stvaranje inja. Za proljeće su karakteristični brže pokretni ciklonalni tipovi vremena (ciklone i doline), što dovodi do čestih i naglih promjena vremena, izmjenjuju se oborinska razdoblja s bezoborinskima, tiha s vjetrovima, hladnija s toplijima. U travnju se obično pojavljuje desetak uzastopnih dana s umjerenim, čak i jakim hladnim sjevernim vjetrom koji vlada na prednjoj strani meridionalno položene anticiklone što se proteže od Skandinavije do srednje, pa i južne Europe. Ljeti su barička polja s malim gradijentom tlaka i osvježavajućim noćnim povjetarcem niz gorske obronke isprekidana prolascima hladne fronte koja dovodi svjež zrak

s Atlantika uz jako miješanje zraka, pojačan vjetar, grmljavinu i pljuskove iz gustih oblaka vertikalnog razvoja. Za jesen su karakteristična razdoblja mirna anticiklonalnog vremena, ali i kišoviti dani u ciklonama koje prelaze baš preko naših krajeva. Anticiklonalno vrijeme se u ranoj jeseni odlikuje toplim i sunčanim danima i svježim noćima s obilnom rosom i niskim prugama magle nad potocima i rijekama, koja u jutro brzo nestaje. U kasnoj pak jeseni za anticiklone je hladno, maglovito i tmurno; u ravnicama sunce se kroz maglu probija tek na kratko, oko podneva, a na gorskim je vrhuncima, naprotiv, sunčano vrijeme po cijele dane. Klima kontinentalnog dijela Hrvatske modificirana je maritimnim utjecajem sa Sredozemlja, koji se u području južno od Save ističe jače nego na sjeveru i sve više slabi prema istočnom području. Sljedeći lokalni modifikator klime jest orografija (Medvednica, gore u Hrvatskom Zagorju i oko Požeške kotline) koja npr. dovodi do intezifikacije kratkrotrajnih jakih oborina na nevjetrinskoj strani prepreke ili stvaranja oborinske sjene u zavjetrini. To se događa, primjerice, u istočnom dijelu grada Zagreba, gdje Medvednica djeluje kao prepreka za sjeverozapadne kišosne prodore. Sličan učinak uočen je i u nizinskom području istočno od Kalnika (Zaninović, 2008).

3. Materijali i metode rada

3.1 Pokušalište Maksimir

Pokusno polje Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta nalazi se istočno od samog fakulteta. Dio pokusnog polja koji pripada Zavodu za oplemenjivanje bilja, genetiku i biometriku, prostire se na oko 4 ha. Polje se zadnjih 30-ak godina intenzivno koristi za pokuse sa pšenicom, sojom i kukuruzom. Zadnjih 15-ak godina polje od 4 ha podijeljeno je na table od 1 ha te se svake godine rotira pšenica, soja, kukuruz i ugar (zelena gnojidba). Istraživanje je provedeno na tabli na kojoj je uzgajana sorta soje Buga (slika 3. i slika 4.).



Slika 3. Satelitska snimka dijela pokušališta Maksimir - Zavoda za oplemenjivanje bilja, genetiku i biometriku (izvor: google maps)



Slika 4. Istraživana parcela neposredno nakon sjetve soje

3.2. Određivanje osnovnih značajki tla

Za određivanje osnovnih značajki tla, na reprezentativnom mjestu istraživane proizvodne parcele otvoren je jedan pedološki profil. Izvršen je opis vanjskih i unutrašnjih morfoloških svojstava. Također je izvršeno uzorkovanje tla za određivanje osnovnih fizikalnih i kemijskih svojstava tla u laboratoriju.

3.3. Praćenje sadržaja vlage u tlu

Istraživanje se provodilo na parceli površine 3000 m^2. Praćenje režima vlažnosti obavljano je na šest lokacija pri čemu su na svakoj lokaciji postojale dvije parcelice, od koji se jedna odnosila na dobro razvijen habitus soje (slika 5.), a druga na loše razvijeni habitus soje (slika 6.). Te su parcelice u prostoru bile označene kroz cijelo razdoblje istraživanja.
Za potrebe određivanja i praćenja sadržaja vlage u tlu, pedološkom sondom uzorkovao se oranični sloj tla, dubine 0-30 cm u 3 ponavljanja, pri čemu je jednokratnim uzorkovanjem uzeto 36 uzoraka (slika 7. i slika 8.). Praćenje vlage vršeno je u vegetacijskom razdoblju soje (od travnja do rujna) svakih 10 dana ovisno o vremenskim prilikama. Ukupno je 14 puta izvršeno uzorkovanje tla.



Slika 5. Dobro razvijen habitus soje



Slika 6. Lošije razvijen habitus soje

	
Slika 7. Pedološka sonda za uzorkovanje tla	Slika 8. Uzimanje uzoraka tla pedološkom sondom tijekom vegetacije

3.4. Laboratorijske analize tla

Trenutačna vlaga tla, te određivanje fizikalnih i kemijskih analiza tla izvršeno je u laboratoriju Zavoda za pedologiju na Agronomskom fakultetu.

3.4.1. Trenutačna vlaga tla

Trenutačna vlaga tla određivala se gravimetrijski. Nakon svakog uzorkovanja vagani su najprije uzorci u vlažnom stanju na analitičkoj vagi tipa „Sartorius“, a nakon sušenja 24 sata na 105°C u sušioniku tipa „Heraeus“, vagani su uzorci u potpuno suhom stanju.

	
Slika 9. Analitička vaga „Sartorius“	Slika 10. Sušionik „Heraeus“

Gravimetrijska metoda ili metoda sušenja izravna je metoda određivanja vlažnosti pomoću sušenja uzoraka tla i mjerenju razlike između mase vlažnog i suhog tla. Vlaga se određuje tako da se određena količina tla stavi u posudicu te se zagrijava na 105°C i suši do

konstantne težine (ili se ostavi 24 sata). Dobivena razlika u masi, predstavlja vodu koja je isparila, masa isparene vode uvrsti se u formulu te se potom izračunava kako bi se dobila vlaga tla izražena u težinskim postotcima (% mase). Za pretvorbu težinskih u volumne postotke, potreban je podatak o volumnoj gustoći tla (Pinova.hr).

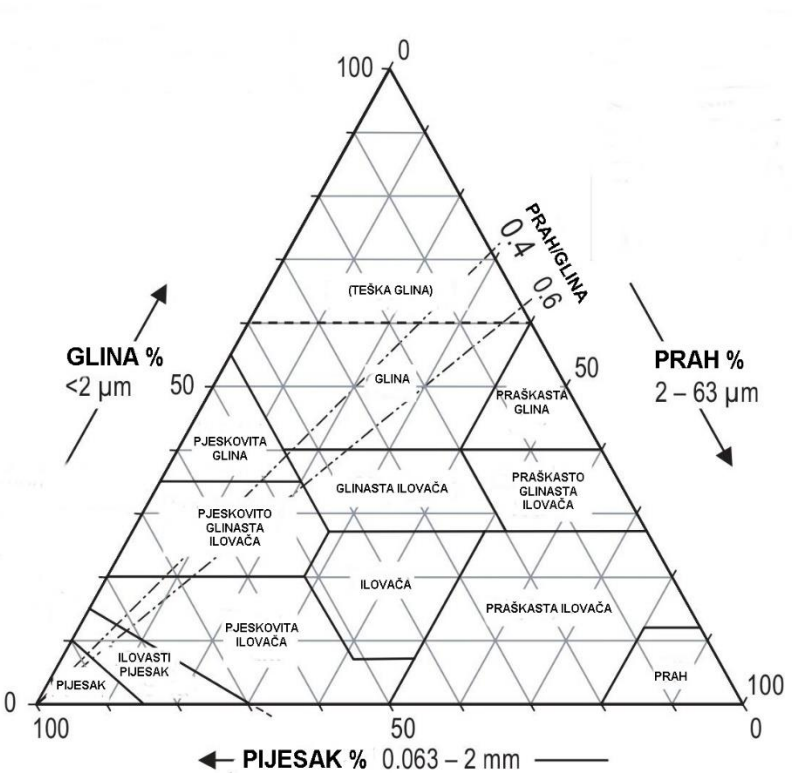
3.4.2. Fizikalne analize tla

Od fizikalnih značajki određivao se mehanički sastav tla, retencijski kapacitet tla za vodu i za zrak, gustoća tla i retencija vlage kod 15 bara.
Uzorci za određivanje dijela fizikalnih značajki uzeti su u prirodnom, neporušenom stanju u metalne valjke (cilindre po Kopeckom) volumena 100 cm^3. Uzorci se po pedogenetskim horizontima uzimaju nakon što se iskopa pedološki profil. Uzeti su cilindri na dubini 0-30 cm, 30-60 cm i 60-80 cm. Uzorci u porušenom stanju uzimaju se za određivanje mehaničkog sastava tla i kemijskih značajki tla. Uzimaju se u PVC vrećice na kojima se označi dubina, lokalitet, oznaka horizonta i datum. Uzorci u porušenom stanju uzeti su također na dubini 0-30 cm, 30-60 cm i 60-80 cm.

Mehanički sastav tla određen je kombiniranom metodom prosijavanja pomoću dva sita te pipet metodom u sedimentacijskim cilindrima (slika 11. i slika 12.). Za ovaj postupak koristila se metoda s natrijevim pirofosfatom prema HRN ISO 11277:2011 normi. Na osnovu % sadržaja pojedinih frakcija sitnice daje se teksturna oznaka tla za horizont iz kojeg potječe uzorak. Za utvrđivanje teksturnih klasa ispitivanih uzoraka, korišten je triangularni grafikon (slika 13.).




Slika 11. i 12. Određivanje mehaničkog sastava tla



Slika 13. Triangularni grafikon (FAO, 2006.).

Kapacitet tla za vodu (Kv) izračunat je gravimetrijskom metodom prema HRN ISO 11465:2004 normi. Tlo se zasiti do retencijskog kapaciteta, a zatim se gravimetrijskom metodom (vaganjem) određuje količina vode u tlu na temelju razlike težina vlažnog i suhog uzorka. Dobivena vrijednost se obračunava na temelju poznatog volumena tla u cilindru (100 cm^3). Ocjena kapaciteta tla za vodu određuje se prema Gračaninu (1945) (tablica 2.).

Tablica 2. Granične vrijednosti za procjenu kapaciteta tla za vodu (Gračanin, 1945).

Kapacitet tla za vodu (Kv)	% vol
Vrlo mali	< 25
Mali	25 – 35
Srednji	35 – 45
Veliki	45 – 60
Vrlo veliki	> 60

Volumna gustoća određena je korištenjem cilindara po Kopeckom prema HRN ISO 11272:2004 normi, a gustoća čvrstih čestica prema HRN EN ISO 11508:2014 normi. Za interpretaciju podataka volumne gustoće korištena je tablica ocjene volumne gustoće (Hazelton i Murphy, 2007) (tablica 3.).

Tablica 3. Granične vrijednosti vrednovanja volumne gustoće (Hazelton i Murphy, 2007).

ρ_v (g/cm³)	Ocjena
< 1,0	Vrlo niska
1,0 – 1,3	Niska
1,3 – 1,6	Srednja
1,6 – 1,9	Visoka
> 1,9	Vrlo visoka

Ukupni porozitet ili ukupni sadržaj pora u tlu (P) određen je pomoću dobivenih vrijednosti volumne gustoće i gustoće čvrstih čestica. Za interpretaciju podataka korištena je tablica za ocjenu poroznosti tla prema Gračaninu (1947) (tablica 4.).

Tablica 4. Granične vrijednosti u određivanju poroziteta tla (Gračanin, 1947).

Ocjena tla	Porozitet tla (% vol)
Vrlo porozna	> 60
Porozna	60 – 45
Malo porozna	45 – 30
Vrlo malo porozna	< 30

Kapacitet tla za zrak određen je pomoću dobivenih vrijednosti ukupnog poroziteta ili ukupnog sadržaja pora u tlu (P) i kapaciteta tla za vodu (Kv). Ocjena kapaciteta tla za zrak određuje se prema Husnjaku (2015) (tablica 5.).

Tablica 5. Granične vrijednosti za procjenu kapaciteta tla za zrak

Kapacitet tla za zrak, %	Ocjena
< 4	Vrlo mali
4-8	Mali
8-12	Osrednji
12-16	Dobar
> 16	Visok

Određivanje retencije vlage pri 15 bara (točka venuća) određena je prema normi HRN EN ISO 11274:2014 pomoću pF aparature (tlačne membrane i tlačnog ekstraktora).

3.4.3. Kemijske analize tla

Od kemijskih značajki određivala se reakcija tla (pH) i sadržaj humusa. Reakcija tla (pH) određena je elektrometrijskom metodom putem pH metra sukladno s HRN ISO 10390:2005 normom (slika 14.). Za interpretaciju dobivenih podataka o reakciji tla korištene su granične vrijednosti prema Škoriću (1982) (tablica 6.).

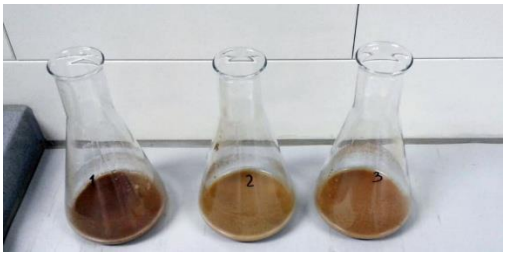


Slika 14. pH metar

Tablica 6. Granične vrijednosti za reakciju tla (Škorić, 1982).

Reakcija tla	pH-vrijednost (KCl)
Jako kisela	< 4,5
Kisela	4,5 – 5,5
Slabo kisela	5,5 – 6,5
Neutralna	6,5 – 7,2
Alkalna	> 7,2

Sadržaj humusa određen je bikromatnom metodom prema Tjurinu (1937) (slika 15.)



Slika 15. Određivanje sadržaja humusa prema Tjurinu

Za interpretaciju dobivenih podataka korištena je tablica s graničnim vrijednostima prema Gračaninu (1947) (tablica 7.).

Tablica 7. Interpretacijske vrijednosti za udio humusa u tlu (Gračanin, 1945).

w (humusa) %	Vrsta tla
< 1	vrlo slabo humozno
1 – 3	slabo humozno
3 – 5	dosta humozno
5 – 10	jako humozno
> 10	vrlo jako humozno

3.5. Meteorološki podaci i izračun pokazatelja klime

Za potrebe izračuna bilance vode i režima vlažnosti tla, korišteni su meteorološki podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) za meteorološku postaju Maksimir. Korišteni su podaci o srednjim mjesečnim i godišnjim temperaturama zraka, te sume mjesečnih i godišnjih količina oborina u višegodišnjem razdoblju (1989.-2018.). Za potrebe izračuna referentne evapotranspiracije (ETo) korišteni su meteorološki podaci o srednjim dnevnim i mjesečnim vrijednostima temperature zraka, oborina, insolacije, vlažnosti zraka i brzine vjetra za 2018. godinu.
Referentna evapotranspiracija (ETo) izračunata je prema metodi Penman-Montheitha (FAO, 1998) uporabom računalnog programa CropWat-a 8.0 (FAO, 2009) na temelju unesenih podataka navedenih u poglavlju 3.5.

Bilanca vode u tlu izračunata je prema metodi Palmera, korigiranu i kalibriranu korištenjem računalnog programa Hidrokalk (Širić i Vidaček, 1988). Kao ulazne varijable u navedenom programu korišteni su: mjesečne vrijednosti referentne evapotranspiracije (ETo), mjesečna količina oborina, koeficijent kulture (k_c) za soju, te dobivene vrijednosti fiziološki aktivne vode (Fav) i retencijskog kapaciteta tla za vodu (Kv).

Statistička analiza podataka o trenutačnoj vlagi tla izvršena je pomoću t-testa za zavisne uzorke (Vasilj, 2000) kako bi se utvrdilo ima li ispitivana kultura utjecaj na režim vlažnosti tla.

4. Rezultati istraživanja

4.1. Prikaz agroekoloških značajki

4.1.1. Značajke klime

Značajke klime prikazane se na temelju podataka o temperaturi zraka i oborinama po mjesecima za tridesetogodišnje razdoblje (1989.-2018.), te na temelju podataka za 2018. godinu kada su istraživanja provedena (tablice 8. i 9.).

Temeljem tih podataka, može se zaključiti kako je 2018. godina imala odstupanja u vrijednostima temperature zraka u odnosu na višegodišnje prosječne mjesečne temperaturne vrijednosti. To se najviše odnosi na siječanj (razlika 4°C), travanj (razlika 4°C) i svibanj (razlika 2,6°C) koji su bili značajno topliji od višegodišnjih mjesečnih temperaturnih prosjeka. Zapravo kroz cijelo vegetacijsko razdoblje soje 2018. godine (IV.-IX.) prosječne vrijednosti temperature bile su veće u odnosu na višegodišnje prosječne vrijednosti temperature u navedenim mjesecima. Veljača (razlika 2,8°C) i ožujak (razlika 2,2°C) bili su nešto hladniji od višegodišnjih mjesečnih temperaturnih prosjeka. Međutim, možemo zaključiti kako je 2018. godina bila toplija u odnosu na višegodišnje mjesečne prosječne temperature zraka. Razlika u godišnjim prosjecima je 1,2°C.

Ukupna količina oborina u 2018. godini nije se previše razlikovala u odnosu na višegodišnje razdoblje (853,6 mm i 861,1 mm). No kao i za temperature zraka, postoje razlike u oborinama po mjesecima. To se najviše odnosi na veljaču (razlika 42,9 mm), ožujak (razlika 22,4 mm), te lipanj (razlika 35,7 mm) koji su imali više oborina od višegodišnjih prosjeka, te na kolovoz (razlika 49,3 mm), rujan (razlika 42,6 mm) i prosinac (razlika 37,5 mm) koji su imali manje oborina od višegodišnjih prosjeka. Dobiveni podaci ukazuju na velika odstupanja u količini oborina u pojedinim mjesecima tijekom 2018. godine, zbog čega su pojedini mjeseci bili izrazito sušni (kolovoz, rujan).

Tablica 8. Prosječne mjesečne i godišnje temperature zraka za 2018. i višegodišnje razdoblje (1989-2018).

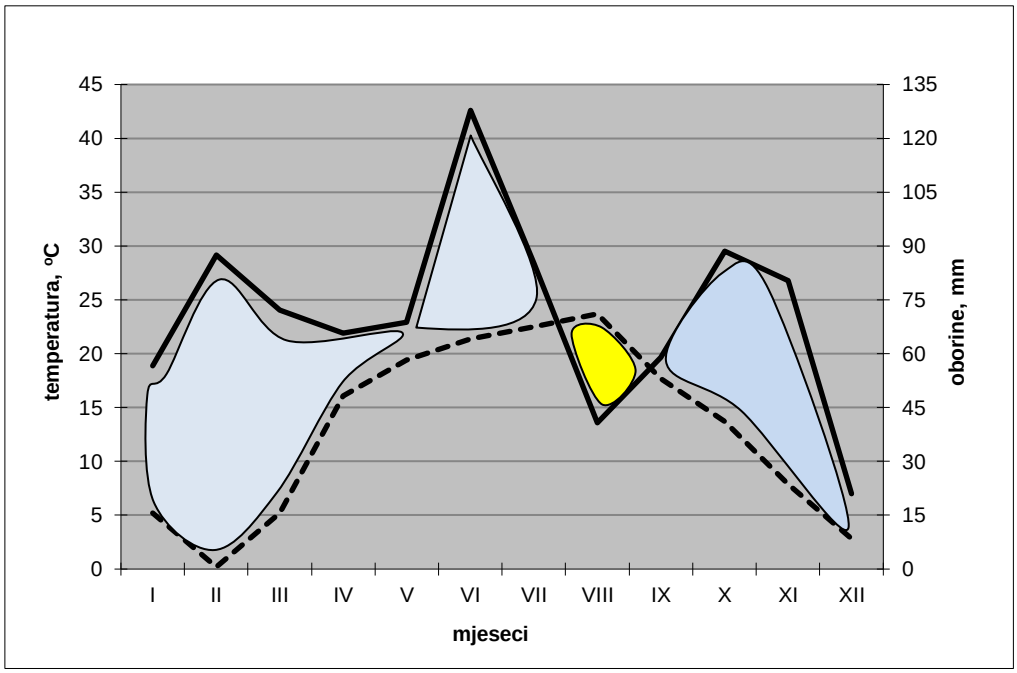
Godina/mjesec	Temperatura (°C)												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Prosjek
1989.-2018.	**1,2**	**3,0**	**7,4**	**12,1**	**16,8**	**20,3**	**22,1**	**21,6**	**16,5**	**11,5**	**6,6**	**1,8**	**11,8**
2018.	**5,2**	**0,2**	**5,2**	**16,1**	**19,4**	**21,4**	**22,5**	**23,7**	**17,7**	**13,7**	**7,9**	**2,8**	**13,0**
T_{max}	6,5	6,9	10,5	16,1	19,4	23,9	24,2	25,0	20,3	14,2	9,7	4,6	13,0
T_{min}	-3,2	-1,9	3,5	8,2	12,4	16,9	19,4	18,9	13,3	9,3	2,3	-2,8	10,1

Tablica 9. Suma mjesečnih i ukupnih oborina za 2018. i višegodišnje razdoblje (1989-2018).

Godina/mjesec	Oborine (mm)												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	ukupno
1989.-2018.	**45,2**	**44,6**	**49,8**	**60,6**	**72,2**	**92,1**	**77,4**	**90,0**	**101,6**	**84,8**	**84,3**	**58,5**	**861,1**
2018.	**56,7**	**87,5**	**72,2**	**65,8**	**68,7**	**127,8**	**85,2**	**40,7**	**59,0**	**88,6**	**80,4**	**21,0**	**853,6**
O_{max}	128,9	141,3	121,7	135,8	145,0	148,5	157,8	262,6	239,6	199,0	187,5	117,7	1317,8
O_{min}	3,3	1,5	4,5	1,6	17,3	40,3	31,7	9,8	21,9	5,6	0,3	0,7	517,0

U svrhu što kvalitetnijeg prikaza klimatskih značajki, izrađen je Walter-ov klimadijagram (graf 1.) koji prikazuje raspodjelu sušnih i kišnih razdoblja u promatranom razdoblju. Klima dijagrami H. Waltera predočuju odnose godišnjeg hoda temperatura i padalina kao najbitnijih značajki klime nekog kraja. Walterovi klima-dijagrami uključuju sliku suše odnosno raspored humidnog i aridnog perioda kroz godinu. To je osobito važno za primjenu u poljoprivredi, napose u krajevima s aridnom klimom, gdje su potrebna navodnjavanja. Klima dijagrami daju osnovu za još detaljnije analize uz uključivanje utjecaja tla, mikroklime ili vegetacije (Golubić, 1958). Iz klimadijagrama možemo zaključiti kako je prvi dio 2018. godine imao dovoljnu količinu oborina, a zatim je nastupilo razdoblje izrazite aridnosti (suše) gdje s obzirom na temperature nije bilo dovoljno oborina (srpanj, kolovoz). Nakon višemjesečnog sušnog razdoblja, opet je nastupilo razdoblje humidnosti.

Graf 1. Walter-ov klimadijagram za meteorološku postaju Maksimir, Zagreb u 2018. godini



Tumač : -------- linija oborina
- - - - - linija temperatura

razdoblje humidnosti
razdoblje izrazite aridnosti - suše

4.1.2. Značajke tla

U svrhu prikaza značajki tla, iskopan je pedološki profil do dubine od 80 cm (slika 16. i 17.). Na profilu je utvrđeno javljanje dva pedogenetska horizonta. Na površini se nalazi bivši humusno-akumulativni horizont koji je podosta antropogeniziran i manjim dijelom izmiješan s podpovršinskim horizontom uslijed obrade tla. Dubine je najčešće oko 30 cm. Ono što karakterizira ovaj tip tla je podpovršinski dijagnostički oglinjeni kambični (B)o horizont, odnosno njegova eutrična forma, koji se nalazi ispod humusno-akumulativnog horizonta u zoni 30 do 60 cm, odnosno iznad matičnog supstrata, zbog čega se to tlo svrstava u razred tipičnih kambičnih tala (Husnjak, 2014) (tablica 10.).



Slika 16. i 17. Otvaranje i označavanje pedološkog profila

Tablica 10. Klasifikacija tla na istraživanoj lokaciji

Red	Terestrička tla
Razred	Tipična kambična tla
Tip	Eutrično smeđe tlo
Podtip	Na holocenskim nanosima
Varijetet	Lesivirano
Forma	Ilovasto

Analizom mehaničkog sastava utvrđeno je da je tlo slabo skeletno u oraničnom i podoraničnom horizontu, te se na temelju toga može svrstati u slabo skeletoidno tlo (<10% čestica skeleta). Isto tako, sva tri ispitivana horizonta po teksturnom sastavu pripadaju praškastoj ilovača (tablica 11.).

Tablica 11. Mehanički sastav tla

Dubina (cm)	Skelet %	Mehanički sastav tla u Na-pirofosfatu, %-ni sadržaj čestica, promjera mm					Teksturna oznaka
		Krupni pijesak	Sitni pijesak	Krupni prah	Sitni prah	Glina	
		2,0-0,2	0,2-0,063	0,063-0,02	0,02-0,002	<0,002	
0-30	**7,2**	**7,2**	**29,5**	**18,5**	**29,5**	**15,3**	**PrI**
30-60	**4,3**	**6,9**	**16,0**	**32,0**	**25,7**	**19,4**	**PrI**
60-80	**3,6**	**13,3**	**1,8**	**46,7**	**23,3**	**14,9**	**PrI**

U tablicama 12 i 13. prikazane su fizikalne i kemijske značajke ispitivanog tla. Temeljem dobivenih podataka nakon analize u laboratoriju može se pomoću interpretacijskih tablica konstatirati kako je ispitivano tlo slabo humuzno i kiselo (u KCl-u). Također, može se konstantirati da je ispitivano tlo malo porozno, s malim kapacitetom tla za zrak, osrednjeg kapaciteta tla za vodu te ima osrednju volumnu gustoću.

Tablica 12. Fizikalne značajke tla

Dubina tla (cm)	**ρ_v (g/cm³)**	**ρ_p (g/cm³)**	**P (% vol)**	**Kv (% vol)**	**Kz (% vol.)**	**Retencija vlage kod 15 bara (% vol)**
0-30	**1,55**	**2,68**	**42,2**	**36,0**	**6,2**	**16,6**
30-60	**1,46**	**2,66**	**45,1**	**36,6**	**8,5**	**18,5**
60-80	**1,53**	**2,62**	**41,8**	**34,1**	**7,7**	**17,8**

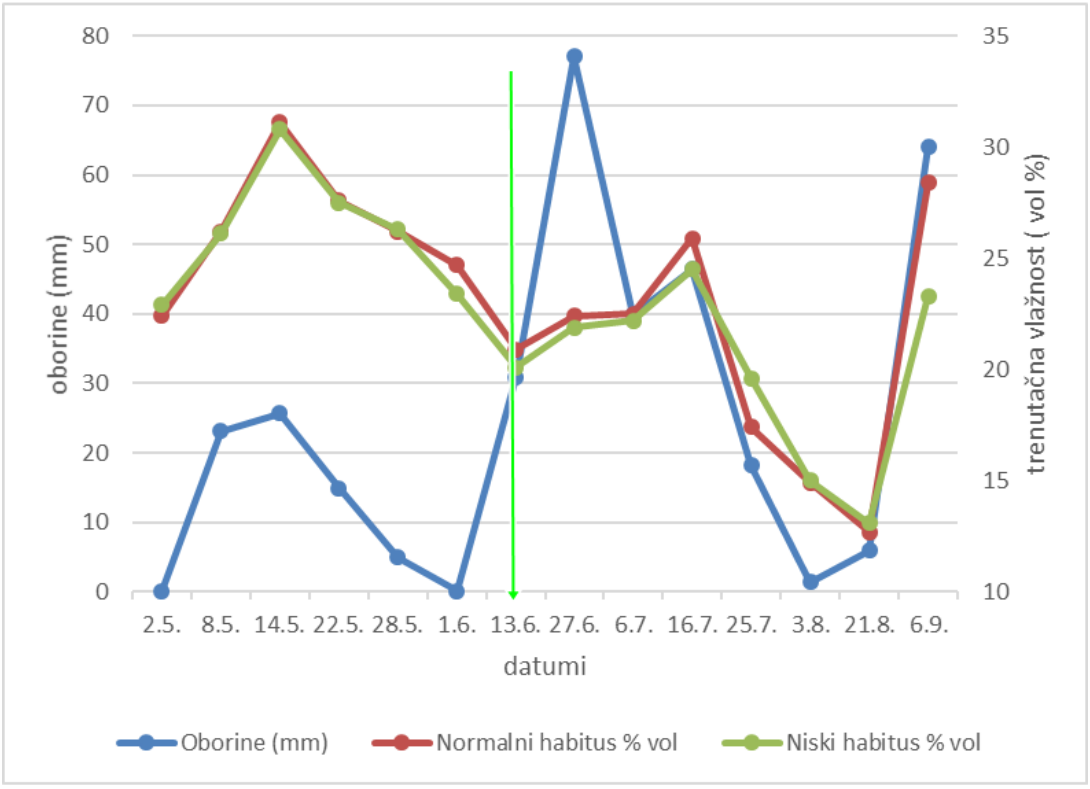
Tablica 13. Kemijske značajke tla

Dubina tla (cm)	**Humus (%)**	**pH tla u**	
		KCl	**vodi**
0-30	**1,81**	**4,26**	**5,75**
30-60	**/**	**4,84**	**6,52**
60-80	**/**	**5,06**	**6,88**

Podaci o značajka tla ukazuju da postoje ozbiljna ograničenja koja onemogućuju intenzivni rast usjeva. To su prije svega jako kisela reakcija tla i niski sadržaj humusa. Navedena ograničenja mogu se otkloniti melioracijskim zahvatima.

4.2. Režim vlažnosti tla

U sklopu praćenja režima vlažnosti tla, praćena je i dinamika oborina. Dinamika trenutačne vlažnosti tla s podacima ukupnih količina oborina u razdoblju između dva uzorkovanja, prikazana je na grafu 2. Ovdje se napominje, da se značajnija razlika u habitusu soje mogla uočiti tek nakon 13. lipnja, što je na grafikonu prikazano zelenom vertikalnom linijom. Generalno se može zaključiti da je dinamika trenutačne vlage pratila trend dinamike oborina kroz istraživano razdoblje.

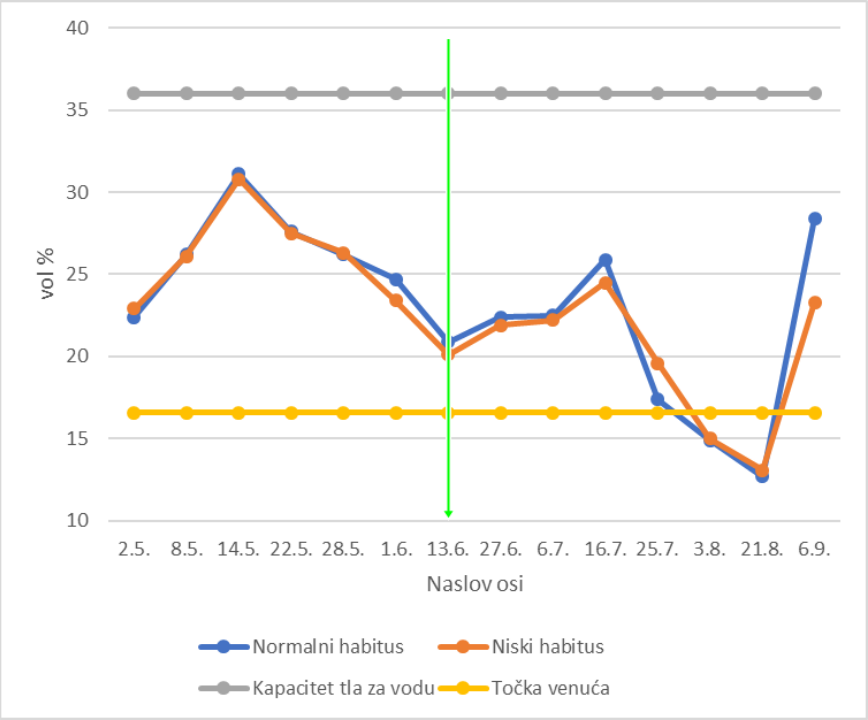


Graf. 2. Prikaz dinamike trenutačne vlage tla i količine oborina u razdoblju od travnja do rujna 2018. godine

U grafu 3. prikazan je režim vlažnosti dobro i loše razvijenog habitusa soje na dubini 0-30 cm. Na istom grafikonu prikazane su i vodne konstante, odnosno kapacitet tla za vodu (Kv) koji je u površinskom sloju iznosio 36,0% volumnih, te točka venuća (Tv) koja je iznosila 16,6% volumnih.

Iz grafičkih prikaza može se ustvrditi da su prosječne vrijednosti trenutačne vlage kod dobro i loše razvijenog habitusa soje padale ispod točke venuća od sredine srpnja pa do kraja kolovoza. Od početka svibnja do sredine srpnja prosječne vrijednosti trenutačne vlage kod oba istraživana habitusa kretale su se između točke venuća i kapaciteta tla za vodu. Najveća prosječna vrijednost trenutačne vlage u tlu kod dobro razvijenog habitusa soje izmjerena je 14. svibnja (31,0 % vol), a najmanja 21. kolovoza (12,7 % vol). Kod lošije razvijenog habitusa soje najveće i najmanje prosječne vrijednosti trenutačne vlage u tlu izmjerene su istih datuma kao i kod dobro razvijenog habitusa i iznosile su 30,8 % vol i 13,1 % vol. Na temelju

ovih podataka možemo zaključiti kako nema značajnije razlike u režimu vlažnosti tla između dobro i loše razvijenog habitusa soje, i to kako tijekom cijele vegetacijske sezone, tako i nakon 13. lipnja, kada su razlike u habitusu soje bile jasno uočljive.



Graf 3. Režim vlažnosti soje na području cijele istraživane parcele na dubini 0-30 cm

Statistička analiza podataka režima vlažnosti izvršena je korištenjem t-testa za zavisne uzorke na temelju podataka srednjih vrijednosti relativne vlažnosti dobrog i lošeg habitusa soje. Na temelju dobivenih rezultata utvrđeno je da ne postoji statistički opravdana razlika u sadržaju trenutačne vlage u tlu između dobro razvijenog i loše razvijenog habitusa soje, a što se podudara s prikazanim na grafu 3.

4.3. Bilanca vode u tlu

Isparavanje ili evaporacija je prijelaz vode iz tekućeg ili čvrstog stanja u plinovito stanje posredstvom toplinske energije. Fizikalno tumačenje kaže da kod određene temperature ili tlaka brzina čestica vode postaje tolika da se čestica otkida od mase i izdvaja. Transpiracija je isparavanje posredstvom biljke, a odnosi se na vodu koju biljka apsorbira iz tla, troši za svoje životne procese i transpirira u atmosferu. Evapotranspiracija podrazumijeva ukupno isparavanje s promatranog područja, a obuhvaća isparavanje s površine tla i transpiraciju biljaka. Veličina evapotranspiracije izražava se u milimetrima (mm). Ona ovisi o velikom broju čimbenika, a najvažniji su temperatura, brzina vjetra, atmosferski tlak, vlažnost zraka, odnosno deficit vlažnosti, oblik i priroda površine tla, pokrivenost tla vegetacijom i mineralizacija vode.

Referentnu evapotranspiraciju (tablica 14.) izračunatu pomoću CropWat-a 8.0 koristimo u daljnjim izračunima za bilancu vode koja predstavlja količinski izraz za višak, odnosno manjak

vode u tlu. Isto tako, određivao se koeficijent kulture (k_c) za soju koji je povezan s razvojnim stadijima soje (FAO, 1998).

Tablica 14. Referentna evapotranspiracija za 2018. godinu

2018.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	**Prosjek**
ETo (mm/dan)	0,59	0,68	1,11	3,04	3,82	4,22	4,29	4,34	2,69	1,49	0,75	0,43	**2,3**

Izračunom bilance vode u tlu utvrđen je nedostatak vlage u oraničnom sloju tla u srpnju (19,1 mm) i kolovozu (41,2 mm). Ukupni nedostatak vlage u uzgoju soje za 2018. godinu iznosio je 60,3 mm, tablica 15.

Tablica 15. Prikaz bilance vode u tlu u uvjetima uzgoja soje

Kultura: Soja Tlo: ilovasto
Lokalitet: Maksimir 0-30 cm

								Zaliha FAV			
Mjesec	**O**	**ET0/ETk**	**G1**	**G2**	**Pu**	**OT**	**AE**	**Z1**	**Z2**	**Z=Z1+Z2**	**ETo-AE**
	mm	*mm*	*mm*	*Mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
I	56,7	18	0,0	0,0	0,0	38,4	18,3	19,4	38,8	58,2	0,0
II	87,5	19	0,0	0,0	0,0	68,5	19,0	19,4	38,8	58,2	0,0
III	72,2	34	0,0	0,0	0,0	37,8	34,4	19,4	38,8	58,2	0,0
IV	65,8	27	0,0	0,0	0,0	38,4	27,4	19,4	38,8	58,2	0,0
V	68,7	83	14,2	0,0	0,0	0,0	82,9	5,2	38,8	44,0	0,0
VI	127,8	127	0,0	0,0	1,2	0,0	126,6	6,4	38,8	45,2	0,0
VII	**85,2**	**133**	**6,4**	**22,3**	**0,0**	**0,0**	**113,9**	**0,0**	**16,5**	**16,5**	**19,1**
VIII	**40,7**	**94**	**0,0**	**12,3**	**0,0**	**0,0**	**53,0**	**0,0**	**4,2**	**4,2**	**41,2**
IX	59,0	32	0,0	0,0	26,7	0,0	32,3	19,4	11,6	31,0	0,0
X	88,6	46	0,0	0,0	27,2	15,2	46,2	19,4	38,8	58,2	0,0
XI	80,4	23	0,0	0,0	0,0	57,9	22,5	19,4	38,8	58,2	0,0
XII	21,0	13	0,0	0,0	0,0	7,7	13,3	19,4	38,8	58,2	0,0
Godišnje	854	650	21	35	55	264	590				60,3
U veget.	447	496	21	35	28	38	436				60,3
Van veg.	406	154	0	0	27	225	154				0,0

**Izvorna metoda Palmer W. C., 1965: korigirao i kalibrirao Vidaček Ž., 1981*

Tumač kratica:
O = oborine
ET0 = evapotranspiracija referentna
ETk = evapotranspiracija kulture
G1 = gubitak vode iz površinskog sloja
G2 = gubitak vode iz potpovršinskog sloja
Pu = punjenje tla vodom
OT = otjecanje vode
AE = aktualna evapotranspiracija
Z1 = zaliha u površinskom sloju (0-10 cm)
Z2 = zaliha u potpovršinskom sloju (10-30)
FAV = fiziološki aktivna voda

Dosta autora (npr. Vratarić i Sudarić, 2008), navode kako je biljka soje posebno osjetljiva na nedostatak vode u fazama cvatnje, oplodnje, stvaranja mahuna i posebno u fazi nalijevanja zrna. Nedostatak vode značajno se može reflektirati na konačne urode zrna, koji mogu biti značajno smanjeni ako se pojavi stres uslijed pomanjkanja vode. Procjenjujemo da je utvrđeni nedostatak vode u tlu utvrđen praćenjem režima vlažnosti tla te izračunom bilance oborinske vode u tlu, nepovoljno utjecao na rast i razvoj soje, što ukazuje na nužnost planiranja navodnjavanja. Izbor načina i sustava navodnjavanja trebalo bi odabrati na temelju tla, klimatskih uvjeta, uzgajane kulture, veličine i oblika proizvodne površine, te ciljeva biljne proizvodnje (Vratarić i Sudarić, 2008).

5. Zaključak

- Na istraživanom pokušalištu utvrđen je tip tla eutrično smeđe tlo kojeg obilježava praškasto ilovasta skeletoidna tekstura, jako kisela reakcija tla, slaba humoznost te mali kapacitet tla za zrak.

- Utvrđena je značajna razlika između značajki klime u 2018. godini i višegodišnjih prosječnih vrijednosti. Kroz cijelo vegetacijsko razdoblje soje (IV.-IX.) prosječne vrijednosti temperature zraka bile su veće u odnosu na višegodišnje prosječne vrijednosti temperature u navedenim mjesecima. Ukupna količina oborina u 2018. godini nije se previše razlikovala u odnosu na višegodišnje razdoblje. No, podaci ukazuju na velika odstupanja u količini oborina u pojedinim mjesecima tijekom 2018. godine, zbog čega su pojedini mjeseci bili izrazito sušni (kolovoz, rujan).

- Režim vlažnosti tla nije ukazao na značajnije razlike između dobro i loše razvijenog habitusa soje temeljem čega se može zaključiti da trenutna vlaga tla nije bila uzrok za zaostajanje u rastu.

- Analize trenutačne vlage u tlu kod dobro razvijenog i loše razvijenog habitusa soje ukazale su na nedostatnu količinu vlage u tlu u srpnju i kolovozu što se podudara sa podacima izračuna bilance vode u tlu.

- Podaci o značajka tla ukazuju da postoje ozbiljna ograničenja koja onemogućuju intenzivni rast usjeva. To su prije svega jako kisela reakcija tla i niski sadržaj humusa. Navedena ograničenja mogu se otkloniti melioracijskim zahvatima.

- Podaci o nedostatku vode u tlu ukazuju na potrebu planiranja navodnjavanja.

6. Literatura

1. Bačani A. (2006), Hidrogeologija I, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb

2. Bc institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja, (1987), Zagreb, Sorte soje [online] https://bc-institut.hr/soja/buga/ prikupljeno 25. 5. 2018.

3. Državni hidrometeorološki zavod-DHMZ, Meteorološki podaci za postaju Maksimir za 2018. godinu, Zagreb

4. Državni hidrometeorološki zavod-DHMZ, Meteorološki podaci za postaju Maksimir za višegodišnje razdoblje 1989.-2018.

5. FAOSTAT Statistic, prikupljeno 1.6.2019.

6. Food and Agriculture Organization-FAO (1998) Irrigation and Drainage paper, No. 56 (Penman-Montheith), Rome

7. Food and Agriculture Organization-FAO (2006) Guidelines for soil description, Fourth edition, Rome

8. Food and Agriculture Organization-FAO (2009) CropWat 8.0 for Windows user guide, Rome

9. Golubić, S., (1958) Geografski oglasnik, br. 20, od str. 139., Prilog poznavanju klime Primorske regije Jugoslavije korištenjem Walterovih klima dijagrama, [online] Hrčak, portal znanstvenih časopisa Hrvatske, pristupljeno 1.6.2019.

10. Gračanin M., (1945.) Mali pedološki praktikum, Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb

11. Gračanin M., (1946.) Pedologija I-Geneza tla, Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb

12. Gračanin M., (1947.) Pedologija II-Fiziografija tla, Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb

13. Hazelton P., Murphy B. (2007.) Interpreting soil test results, National Libary of Australia

14. Hrvatski zavod za norme HZN (2004) HRN ISO 11465:2004. Kakvoća tla-određivanje suhe tvari i sadržaja vode na osnovi mase-Gravimetrijska metoda (ISO 11465:1993-modifikacija 1:1994), Zagreb

15. Hrvatski zavod za norme – HZN (2005) HRN ISO 10390:2005, Kakvoća tla – Određivanje pH-vrijednosti (ISO 10390:2005), Zagreb

16. Hrvatski zavod za norme – HZN (2009) HRN ISO 11464:2009, Kakvoća tla – Priprema tla za fizikalno-kemijske analize (ISO 11464:2006), Zagreb

17. Hrvatski zavod za norme – HZN (2011) HRN ISO 11277:2011, Kvaliteta tla – Određivanje mehaničkog sastava u mineralnom dijelu tla – Metoda prosijavanja i sedimentacije (ISO 11277:2009), Zagreb

18. Hrvatski zavod za norme – HZN (2014) HRN EN ISO 11508:2014, Kvaliteta tla – Određivanje gustoće čvrstih čestica (ISO 11508:1998), Zagreb

19. Hrvatski zavod za norme – HZN (2014) HRN EN ISO 11274:2014, Kvaliteta tla – Određivanje sposobnosti zadržavanja vode – Laboratorijske metode (ISO 11274:1998 – modifikacija 1:2009), Zagreb

20. Hrvatski zavod za norme – HZN (2017) HRN ISO 11272:2004, Kvaliteta tla – Određivanje volumne gustoće suhog tla (ISO 11272:2004), Zagreb

21. Husnjak S., (2014), Sistematika tala Hrvatske, Hrvatska Sveučilišna naklada, Zagreb
22. Johnson A. I., (1962) Methods of measuring Soil moisture in the field, Geological survey Water-Supply Paper, 1619-U, Washington
23. Pejić I., (2007), projekt zaklade prof. Pejić, Rezultati istraživanja tla na fakultetskom dobru Agronomskom fakulteta u Zagrebu
24. Pernar, I., Bakšić, D., Perković, I. (2013) Terenska i laboratorijska istraživanja tla, Priručnik za uzorkovanje i analizu, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
25. Pinova d.o.o, Metode određivanja vlage u tlu, (2010), Čakovec, prikupljeno 1.6.2018.
26. Pospišil A., (2010), Ratarstvo, Zrinski, Čakovec, 2010.-2013.
27. Racz Z., (1981), Meliorativna pedologija II, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
28. Rode A. A., (1969), Osnovi učenija o povčenoj vlage, Tom II Gidrometeoizdat, Leningrad
29. Šimunić I., (2013), Uređenje voda, Hrvatska Sveučilišna naklada, Zagreb
30. Šimunić, I., Spalević, V., Vukelić-Shutoska, M., Šoštarić, J., Marković, M., (2014) Utjecaj nedostatka vode u tlu na prinose poljoprivrednih kultura, Hrvatske vode 22(2014), 89, str. 203-212
31. Širić, I., Vidaček, Ž., (1988) Hidrokalk – kompjuterski program za izračunavanje bilance oborinske vode u tlu, Zavod za pedologiju, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
32. Škorić, A., (1982) Priručnik za pedološka istraživanja, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
33. Špoljar A., (2015), Pedologija, Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Križevci
34. Tjurin, I.V., (1937) Soil organic matter and its role in pedogenesis and soil productivity, Study of soil humus, Moscow
35. Vasilj, Đ., (2000), Biometrika i eksperimentiranje u bilinogojstvu, Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb
36. Vratarić M., Sudarić A., (2008), Soja, Glycine Max (L.) Merr., Poljoprivredni institut Osijek, Osijek
37. Zaninović K., (2008), Klimatski atlas Hrvatske, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb

Životopis

Ivan Geršić, rođen u Varaždinu 20. svibnja 1993. godine. Pohađao Osnovnu školu Ludbreg, a nakon završetka osnovnoškolskog obrazovanja (2000.-2008.) upisuje Gimnaziju 'Fran Galović', opći smjer u Koprivnici, koju je pohađao od 2008. do 2012. godine. Po završetku gimnazije upisuje Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, preddiplomski studij Biljne znanosti. Po završetku istog upisuje diplomski studij Agroekologija na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Do studija živi u Ludbregu, a potom seli u Zagreb. Služi se osnovnom razinom engleskog i njemačkog jezika, te informatike.