

Disanje tla pri uzgoju kukuruza

Tupek, Anita Lucia

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:009149>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-18**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

DISANJE TLA PRI UZGOJU KUKURUZA

DIPLOMSKI RAD

Anita Lucia Tupek

Zagreb, srpanj, 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Mikrobna biotehnologija u poljoprivredi

DISANJE TLA PRI UZGOJU KUKURUZA

DIPLOMSKI RAD

Anita Lucia Tupek

Mentorica: izv. prof. dr. sc. Darija Bilandžija

Zagreb, srpanj, 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Anita Lucia Tupek**, JMBAG 0178113052, rođena 09.09.1998. u Torontu, Kanada, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

DISANJE TLA PRI UZGOJU KUKURUZA

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

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Anite Lucie Tupek**, JMBAG 0178113052, naslova

DISANJE TLA PRI UZGOJU KUKURUZA

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|--------------------------------------|-----------|-------|
| 1. | izv. prof. dr. sc. Darija Bilandžija | mentorica | _____ |
| 2. | prof. dr. sc. Aleksandra Bensa | članica | _____ |
| 3. | prof. dr. sc. Željka Zgorelec | članica | _____ |

Zahvala

Željela bih izraziti svoju iskrenu zahvalnost svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Dariji Bilandžiji na stručnim savjetima, strpljenju i potpori tijekom pisanja ovog rada. Zahvaljujem se Mariji Galić, mag. ing. agr. na trudu i iznimnoj strpljivosti na sva moja pitanja. Također se želim zahvaliti projektu pod nazivom „Proizvodnja hrane, biokompozita i biogoriva iz žitarica u kružnom biogospodarstvu“ (šifra KK.05.1.1.02.0016) u sklopu kojeg je provedeno ovo istraživanje, a koji je financiran od strane Europske unije u okviru Operativnog programa Konkurentnost i kohezija, iz Europskog fonda za regionalni razvoj. Isto tako zahvaljujem svojim kolegama na Fakultetu koji su mi pružali moralnu potporu, ne samo tijekom izrade ovog rada, nego i tijekom studiranja.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Hipoteza istraživanja	2
1.2. Ciljevi istraživanja	2
2. Materijali i metode	3
2.1. Lokacija istraživanja.....	3
2.2. Tlo.....	3
2.3. Klima.....	4
2.3.1. Temperatura zraka	4
2.3.2. Količina oborine.....	4
2.3.3. Kišni faktor.....	5
2.3.4. Bilanca vode u tlu	5
2.4. Varijante pokusa - istraživani hibridi kukuruza	7
2.5. Mjerenje koncentracije CO ₂ iz tla i izračun fluksa.....	8
2.6. Utvrđivanje agroekoloških uvjeta	9
2.7. Statistička obrada podataka.....	10
3. Rezultati i rasprava.....	12
3.1. Agroekološki uvjeti tijekom 2021. godine.....	12
3.1.1. Temperatura zraka	12
3.1.2. Količina oborine.....	13
3.1.3. Kišni faktor.....	14
3.1.4. Bilanca vode u tlu	14
3.2. Sezonska varijabilnost emisije ugljikovog dioksida iz tla i agroekoloških čimbenika	16

3.3. Sezonske varijacije fluksa C-CO ₂ i agroekoloških čimbenika obzirom na istraživane mjesece	17
3.3.1. Svibanj	17
3.3.2. Lipanj	18
3.3.3. Srpanj.....	20
3.3.4. Kolovoz	21
3.3.5. Rujan.....	22
3.3.6. Listopad	24
3.4. Sezonske varijacije fluksa C-CO ₂ i agroekoloških čimbenika obzirom na istraživane hibride kukuruza	26
3.4.1. Rudolfov 60	26
3.4.2. Kulak	27
3.4.3. OSSK 596.....	29
3.4.4. OSSK 515.....	30
3.4.5. Crni ugar	32
3.5. Godišnje vrijednosti emisije C-CO ₂ iz tla i agroekoloških čimbenika	34
3.6. Ovisnost fluksa C-CO ₂ o agroekološkim uvjetima	36
3.7. Rasprava	37
4. Zaključak.....	41
5. Literatura.....	42
Životopis.....	46

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Anite Lucie Tupek**, naslova

DISANJE TLA PRI UZGOJU KUKURUZA

Ugljikov dioksid (CO₂) otpušta se iz tla u atmosferu procesima disanja tla, a njegova količina ovisi o brojnim čimbenicima poput agroekoloških uvjeta i vrste uzgajane kulture. Odabirom odgovarajućih sorata/hibrida, disanje tla može biti smanjeno. Stoga je cilj rada utvrditi stupanj disanja tla i njegovu sezonsku varijabilnost te mikroklimatske uvjete pod različitim hibridima kukuruza tijekom jedne vegetacijske godine. Istraživanja su provedena u blizini Osijeka metodom zatvorenih statičkih komora. Statističkom obradom podataka utvrđena je sezonska varijabilnost disanja tla i agroekoloških uvjeta kod svih istraživanih hibrida, kao i razlike u pojedinim mjesecima između istraživanih hibrida kukuruza. Prosječno mjesečno disanje tla bilo je najveće u lipnju (12,8 kg ha⁻¹ dan⁻¹), a najmanje u listopadu (7,1 kg ha⁻¹ dan⁻¹). Prosječne godišnje vrijednosti disanja tla i agroekoloških uvjeta nisu se značajno razlikovale između istraživanih hibrida kukuruza, a značajno niži stupanj disanja tla je zabilježen na golom tlu. Prosječno godišnje disanje tla je bilo u slaboj negativnoj korelaciji s vlagom tla ($r = -0,28$) te nije u korelaciji s temperaturom tla ($r = 0,09$). Međutim, kako bi se mogao odrediti najprikladniji hibrid kukuruza u kontekstu ublažavanja klimatskih promjena, potrebno je utvrditi ukupnu bilancu ugljika u cijelom agroekosustavu kukuruza.

Ključne riječi: emisija C-CO₂ iz tla, kukuruz, temperatura tla, vlaga tla

Summary

Of the master's thesis - student **Anita Lucia Tupek**, entitled

SOIL RESPIRATION DURING MAIZE CULTIVATION

Carbon dioxide (CO₂) is released from the soil into the atmosphere through the processes of soil respiration, and its amount depends on numerous factors such as agroecological conditions and the type of grown culture. By choosing suitable varieties/hybrids, soil respiration can be reduced. Therefore, the aim of this work is to determine the degree of soil respiration and its seasonal variability, as well as microclimate conditions under different maize hybrids during one vegetation season. Research was conducted near Osijek city, by the closed static chambers method. Statistical data analyses determined the seasonal variability of soil respiration and agroecological conditions for all investigated hybrids, as well as the differences in individual months between the investigated maize hybrids. Average monthly soil respiration was highest in June (12.8 kg ha⁻¹ day⁻¹) and lowest in October (7.1 kg ha⁻¹ day⁻¹). The average annual values of soil respiration and agroecological conditions did not differ significantly between the investigated maize hybrids, and a significantly lower degree of soil respiration was recorded on bare soil. Average annual soil respiration was weakly negatively correlated with soil moisture ($r = -0.28$) and was not correlated with soil temperature ($r = 0.09$). However, the determination of the total carbon budget within maize agroecosystem is needed, in order to determine the most suitable hybrid in the light of climate change mitigation.

Keywords: C-CO₂ flux, maize, soil temperature, soil moisture

1. Uvod

Tijekom posljednjih nekoliko desetljeća, kao posljedica ljudske djelatnosti dolazi do otpuštanja velikih količina emisija stakleničkih plinova u atmosferu što uzrokuje klimatske promjene (IPCC, 2018.). Do značajnog porasta stakleničkih plinova došlo je nakon Industrijske revolucije, a ovi plinovi dovode do mnogih negativnih promjena ne samo u atmosferi, nego i u mnogim kopnenim i oceanskim ekosustavima te krajnje negativno utječu i na zdravlje čovjeka (IPCC, 2018.; IPCC, 2019.). Staklenički plinovi utječu na promjene regionalne i globalne klime koje se očituju u povećanju prosječne temperature zraka, otapanju ledenjaka, povećanju razina mora, promjene u godišnjem hodu, količini i intenzitetu oborine kao i pojavi ekstremnih vremenskih nepogoda (suše, poplave) (Eyring i sur. 2021.). Antropogenim emisijama koje su nastale kao posljedica ljudske aktivnosti oslobađaju se sljedeći najznačajniji staklenički plinovi: ugljikov dioksid (CO₂), metan (CH₄) i didušikov oksid (N₂O) (Švedek i sur. 2021.). Prema Međuvladinom tijelu za klimatske promjene (IPCC, 2018.) procjenjuje se da bi globalna temperatura zraka mogla porasti za 1,5 °C do 2030. godine. Globalna koncentracija CO₂ u atmosferi iznosila je oko 400 ppm-a (dijelova na milijun) u 2017., a pretpostavlja se da će se ta razina povećati na 900 ppm-a do 2100. godine (FAO, 2020.). Najznačajniji antropogeni izvori emisija stakleničkih plinova su sektori energetike i industrije. Uz navedene sektore, treći sektor po redu prema doprinosima ukupnoj nacionalnoj emisiji Republike Hrvatske je poljoprivredni sektor. Poljoprivredni sektor, osim što je uzročnik klimatskih promjena također je žrtva klimatskih promjena i pripada najosjetljivijim sektorima s obzirom na njihov utjecaj koji se uglavnom očituje u smanjenju produktivnosti i padu prinosa, što dovodi do nepovoljnog utjecaja na globalni prehrambeni sustav i promjena na tržištu (FAO, 2020.). U Republici Hrvatskoj, u 2019. godini poljoprivredni sektor je doprinio ukupnoj godišnjoj emisiji stakleničkih plinova s 11,4 % (Švedek i sur. 2021.). U posljednje vrijeme pokušava se ukloniti CO₂ iz atmosfere te ga trajno uskladištiti u kopnenim, geološkim ili oceanskim rezervoarima (IPCC, 2018.). Smanjenjem koncentracije CO₂ u atmosferi ublažio bi se utjecaj klimatskih promjena, poboljšala bi se kvaliteta tla, ali isto tako i sigurnost opskrbe hranom. Tlo predstavlja najveći rezervoar ugljika (C) te ima značajnu ulogu u procesu kruženja C (IPCC, 2019.). Kruženje C između atmosfere, biosfere i pedosfere je od velikog značenja (Lal, 2010.). Oceanski ekosustavi apsorbiraju oko 30 % antropogenog CO₂ (što doprinosi zakiseljavanju oceana i drugim problemima) (IPCC, 2018.). Stalna razmjena ugljika između biljke, tla i atmosfere naziva se biogeokemijsko kruženje ugljika, a razlika u stopi fluksa CO₂ između atmosfere i biosfere je potaknuta ravnotežom između fotosinteze i disanja tla, te razgradnjom organske tvari tla od strane mikroorganizama (IPCC, 2019.). Povećana koncentracija CO₂ kao i temperatura zraka negativno utječu na odnos između tla i biljke te doprinose povećanoj stopi degradacije tla što krajnje utječe na razinu organskog ugljika u tlu koji ima značajan utjecaj na strukturu i plodnost tla (Lal, 2010.). Pravilne mjere gospodarenja tлом značajno utječu na emisiju CO₂ iz tla u atmosferu jer stopa disanja tla uveliko ovisi o sadržaju vode u tlu (vlažnost), temperaturi tla, dostupnosti hranjivih tvari, pH-vrijednostima tla i drugim parametrima (Oertel i sur. 2016.). Krčenje šuma i druge promjene u načinu korištenja zemljišta dodatno doprinose klimatskim

promjenama. Osim navedenih čimbenika, disanje tla uveliko ovisi i o načinu korištenja zemljišta odnosno vrsti biljnog pokrova kao i uzgajanim sortama odnosno hibridima. Kukuruz (*Zea mays* L.) je jedna od najzastupljenijih žitarica na proizvodnim površinama Republike Hrvatske. U 2020. godini kukuruz je uzgajan na 288 398 ha s prosječnim prinosom od 8,4 t/ha (Ministarstvo poljoprivrede, 2021.). S obzirom na to da način korištenja zemljišta, kao i odabir hibrida utječe na disanje tla, mjerenje i analiza koncentracije CO₂ iz tla pod različitim hibridima kukuruza je vrlo važno kako bi se mogle razmotriti mogućnosti ublažavanja klimatskih promjena.

1.1. Hipoteza istraživanja

Disanje tla odnosno emisija ugljikovog dioksida iz tla razlikovat će se između različitih hibrida kukuruza.

1.2. Ciljevi istraživanja

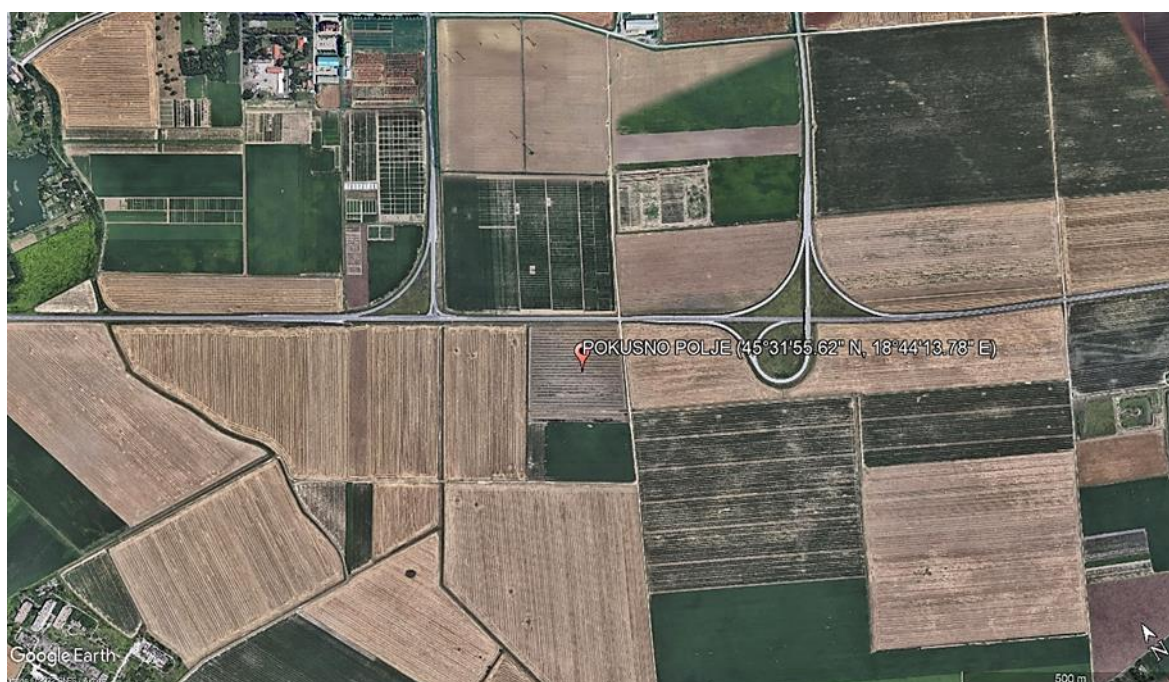
Temeljem postavljene hipoteze istraživanja postavljeni su sljedeći **ciljevi** istraživanja:

1. Odrediti na svakoj varijanti istraživanih hibrida kukuruza tijekom jedne vegetacijske godine emisiju ugljikovog dioksida iz tla i agroekološke čimbenike (temperaturu i količinu vode u tlu) jednom mjesečno.
2. Usporediti emisiju ugljikovog dioksida iz tla prema varijantama istraživanih hibrida kukuruza na mjesečnoj i godišnjoj razini.
3. Usporediti agroekološke čimbenike s emisijom ugljikovog dioksida iz tla prema varijantama istraživanih hibrida kukuruza.

2. Materijali i metode

2.1. Lokacija istraživanja

Pokusno polje smješteno je u istočnopanonskoj podregiji Republike Hrvatske na proizvodnim površinama Poljoprivrednog instituta Osijek, nedaleko od grada Osijeka ($\varphi = 45^{\circ}31'55.62''$ N, $\lambda = 18^{\circ}44'13.78''$ E, h = 90 m n.m.) (Slika 2.1.1.).



Slika 2.1.1. Lokacija pokusnog polja

Izvor: Google Inc. (2022). Google Earth Pro, Version 7.3.4.8642. Mountain View, CA.

2.2. Tlo

U listopadu 2020., prije početka istraživanja, izvršeno je uzrokovanje tla sa svrhom utvrđivanja fizikalnih i kemijskih svojstava tla (0 – 30 cm). Tlo na pokusnom polju je praškasto – glinaste teksture i sadrži 2,3 % pijeska, 56,0 % praha i 41,7 % gline. Analizom tla je uspostavljeno da je porozitet 47,8 %, volumna gustoća $1,39 \text{ g/cm}^3$, stvarna gustoća $2,66 \text{ g/cm}^3$, kapacitet tla za vodu 37,7 %, a za zrak 10,2 %. Analizom kemijskih svojstava tla utvrđeno je da je tlo na pokusnom polju alkalne reakcije ($7,24_{(1 \text{ M KCl})}$), dobro opskrbljeno biljci pristupačnim fosforom ($17,8 \text{ mg/100g tla}$), dobro opskrbljeno biljci pristupačnim kalijem ($15,5 \text{ mg/100g tla}$), umjereno/osrednje humozno (2,3 %) i slabo karbonatno (0,9 %). Sadržaj ukupnog dušika, ugljika i sumpora u prosjeku iznosi redom 0,108, 1,245 i 0,057 %, a stvarni kapacitet zamjene kationa $20,73 \text{ cmol}^+/\text{kg}$.

2.3. Klima

Prikaz klime temelji se na prosječnim vrijednostima meteoroloških i agroklimatskih pokazatelja prikupljenim na meteorološkoj postaji Osijek-Čepin ($\varphi = 45^{\circ}30'9''$ N, $\lambda = 18^{\circ}33'41''$ E, h = 89 m n.m.), za razdoblje 1991. – 2018. godine prema Bilandžija i Martinčić (2020.). Analiza vremenskih uvjeta tijekom 2021. godine je napravljena temeljem podataka prikupljenim na istoj meteorološkoj postaji.

2.3.1. Temperatura zraka

Temperatura je jedna od najvažnijih klimatskih čimbenika za formiranje sustava biljne proizvodnje na nekom području. Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 11,7 °C, a vegetacijskog razdoblja (travanj – rujan) 18,6 °C. Prosječne proljetne temperature zraka iznose 12,1 °C, ljetne 21,7 °C, jesenske 11,6 °C, a zimske 1,5 °C (Tablica 2.3.1.1.). Raspon srednjih temperatura zraka kreće se od 19,9 do 24,8 °C u najtoplijem mjesecu i od 5,1 do 6,8 °C u najhladnijem mjesecu (Bilandžija i Martinčić, 2020.).

Tablica 2.3.1.1. Prosječne, maksimalne i minimalne temperature zraka (°C) godišnjih doba, vegetacijskog razdoblja i godišnje tijekom razdoblja 1991. – 2018.

	1991. – 2018.					
	Proljeće	Ljeto	Jesen	Zima	Vegetacija	Godišnje
Prosječna	12,1	21,7	11,6	1,5	18,6	11,7
St.dev.	1,0	1,0	1,0	1,6	0,9	0,8
Maks	13,7	23,8	13,6	5,0	20,1	12,9
Min	10,4	20,1	9,6	-1,5	17,2	10,2

Skraćenice: st. dev.: standardna devijacija; maks: maksimalno; min: minimalno.

Izvor: Bilandžija i Martinčić (2020.)

2.3.2. Količina oborine

Prosječna godišnja količina oborine 28-godišnjeg razdoblja 1991. – 2018. iznosi 707 mm, a vegetacijskog razdoblja (travanj – rujan) 390 mm (Tablica 2.3.2.1.). Srednje sezonske količine oborine iznose 167 mm tijekom proljeća, 207 mm tijekom ljeta, 196 mm tijekom jeseni te 142 mm tijekom zimskih mjeseci.

Tablica 2.3.2.1. Prosječne, maksimalne i minimalne količine oborine (mm) po godišnjim dobima, u vegetacijskom razdoblju i godišnje za razdoblja 1991. – 2018.

	1991. – 2018.					
	Proljeće	Ljeto	Jesen	Zima	Vegetacija	Godišnje
Prosječna	167	207	196	142	390	707
St.dev.	55	91	70	60	149	161
Maks	282	519	318	295	699	1038
Min	35	78	45	1	155	317

Skraćenice: st. dev.: standardna devijacija; maks: maksimalno; min: minimalno.

Izvor: Bilandžija i Martinčić (2020.)

2.3.3. Kišni faktor

Kišni faktor prema Langu predstavlja odnos godišnje količine oborine (mm) i srednje godišnje temperature zraka (°C), dok mjesečni kišni faktor prema Gračaninu predstavlja odnos mjesečne količine oborina (mm) i srednje mjesečne temperature zraka (°C) (Bilandžija i Martinčić, 2020.). Prema Langovom kišnom faktoru, klima istraživanog područja je okarakterizirana kao semihumidna (poluvlažna) s vrijednošću faktora od 60,3 (Bilandžija i Martinčić, 2020.). Prema mjesečnim vrijednostima, Gračaninov kišni faktor ukazuje na perhumidnu klimu tijekom siječnja, veljače i prosinca (Tablica 2.3.3.1.). Ožujak karakterizira semihumidnu, dok studeni ima humidnu klimu. Srpanj i kolovoz u razdoblju 1991. – 2018. karakterizira aridna klima, dok travanj, svibanj, lipanj, rujanj i listopad imaju semiaridnu klimu (Bilandžija i Martinčić, 2020.).

Tablica 2.3.3.1. Langov i Gračaninov kišni faktor tijekom razdoblja 1991. – 2018.

Mjesec												Godišnje
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Mjesečni i godišnji kišni faktor												
53,5	19,7	6,4	4,2	4,1	3,9	2,9	3,0	4,0	5,5	8,8	40,4	60,3
Oznaka klime												
ph	ph	sh	sa	sa	sa	a	a	sa	sa	h	ph	sh

Skraćenice: ph: perhumidna; h: humidna; sh: semihumidna; sa: semiaridna; a: aridna klima.

Izvor: Bilandžija i Martinčić (2020.)

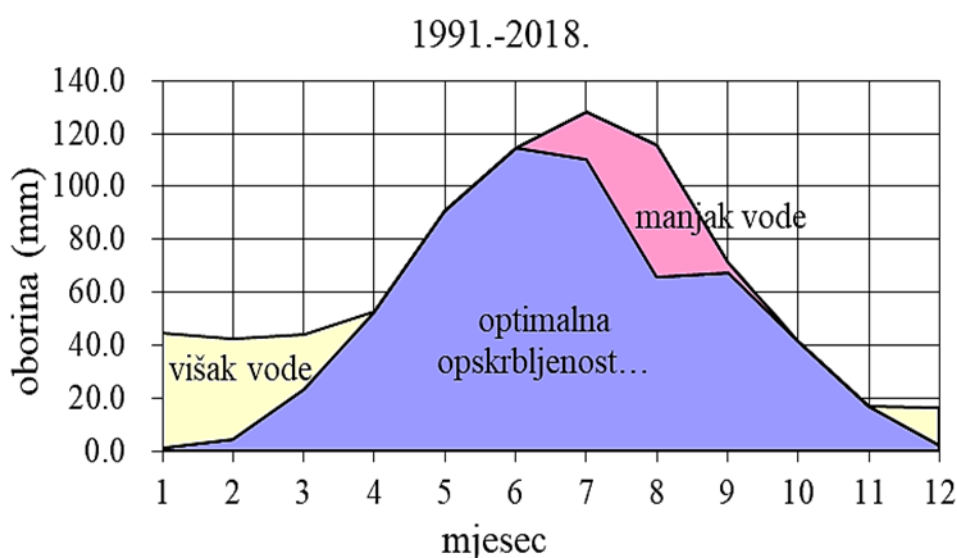
2.3.4. Bilanca vode u tlu

Evapotranspiracija predstavlja onu količinu vode koja se gubi iz tla procesima evaporacije te transpiracijom biljaka. Razlikuju se potencijalna evapotranspiracija (PET) koja predstavlja količinu vodene pare koja bi mogla ispariti kada bi u tlu i biljkama bilo dovoljno vlage, a stvarna evapotranspiracija (SET) predstavlja količinu vode koja se ispari s tla i biljaka kada tlo ima svoj prirodni sadržaj vlage (Ferina, 2014.). Bilanca vode u tlu (proračun potencijalne evapotranspiracije, PET) izračunata je prema Thornthwaite metodi. Prema Bilandžija i Martinčić (2020.) prosječna potencijalna evapotranspiracija u razdoblju 1991. – 2018. iznosi 662 mm, a stvarna evapotranspiracija 590 mm (Tablica 2.3.4.1.). Tijekom razdoblja 1991. – 2018., manjak vode se javlja tijekom razdoblja srpanj – rujan u iznosu od 72 mm, a višak vode tijekom razdoblja siječanj – ožujak i u prosincu u iznosu od 116 mm (Graf 2.3.4.1.).

Tablica 2.3.4.1. Bilanca vode u tlu tijekom razdoblja 1991. – 2018.

Mjesec												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma
Potencijalna evapotranspiracija, PET (mm)												
1,4	4,4	23,1	52,6	90,8	114,4	128,3	115,4	71,1	41,3	16,7	2,2	661,9
Količina vlage u tlu, R (mm)												
100	100	100	98,6	79,2	45,4	0,0	0,0	0,0	23,5	63,8	100	710,6
Stvarna evapotranspiracija, SET (mm)												
1,4	4,4	23,1	52,6	90,8	114,4	110,2	65,9	67,1	41,3	16,7	2,2	590,3
Manjak vlage (mm)												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1	49,5	4,0	0,0	0,0	0,0	72,0
Višak vlage (mm)												
43,2	38,1	20,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	116,4

Izvor: Bilandžija i Martinčić (2020.)



Graf 2.3.4.1. Bilanca vode u tlu prema metodi Thornthwaite tijekom razdoblja 1991. – 2018.

Izvor: Bilandžija i Martinčić (2020.)

2.4. Varijante pokusa - istraživani hibridi kukuruza

Pokusno polje se sastoji od pet varijanata, odnosno obuhvaća četiri varijante s različitim hibridima kukuruza i kontrolnu varijantu s crnim ugarom. U vremenu istraživanja tijekom 2021. svaka varijanta pokusa je iznosila 150 m² (15 x 10 m). Pokus je postavljen u tri ponavljanja za svaki istraživani hibrid kukuruza. Godinu prije provedbe istraživanja na cjelokupnoj površini pokusnog polja je bila posijana soja kao pretkultura. Sjetvena norma za sve istraživane hibride kukuruza je bila 65 000 biljaka/ha s razmakom između redova 70 cm i unutar redova 21 cm. Varijante pokusa su:

- I. Rudolfov 60 – stabljika robusna i srednje visine, veći broj krupnih listova; duboko i razgranat korijen; tip zrna: zuban, broj redova zrna: 16 – 18, preporučeni sklop: 68 000 – 71 000 kljavih zrna/h, 39 000 – 41 000 kljavih zrna/k.j., novi hibrid
- II. Kulak – stabljika srednje visoka i elastična s krupnim listovima te dubok i razgranat korijen; klip je srednje krupan, uspravan i pravilno završen dok mu je zrno duboko, crvenkaste osnovice; tip zrna: zuban, broj redova zrna: 16 – 18, preporučeni sklop: 71 000 – 75 000 kljavih zrna/h, 41 000 – 44 000 kljavih zrna/k.j., novi hibrid
- III. OSSK 515 – krupna, visoka, lisnata i robusna stabljika; duboko i razgranato korijenje; klip srednje krupan i cilindričan; tip zrna: zuban, broj redova zrna: 16 – 18, preporučeni sklop: 68 000 – 71 000, kljavih zrna/h: 39 000 – 41 000 kljavih zrna/k.j., stari hibrid,
- IV. OSSK 596 – srednje kasni do kasni hibrid, visoka, lisnata i krupna stabljika; vrlo krupan, cilindričan i pravilan klip; tip zrna: zuban, broj redova zrna: 14 – 16, preporučeni sklop: 65 000 – 68 000 kljavih zrna/h, 38 000 – 39 000 kljavih zrna/k.j., stari hibrid,
- V. Kontrola – crni ugar, golo tlo.

Više o istraživanim hibridima kukuruza se može pronaći u Katalogu – kukuruz, soja, suncokret, lucerna, jari grašak, jari ječam (Poljoprivredni institut Osijek, 2021.).

Uzgoj istraživanih hibrida baziran je na reduciranoj obradi tla, odnosno korišteno je rovilo u osnovnoj obradi tla na dubini od 25 cm (listopad, 2020). Zatvaranje zimske brazde bilo je provedeno teškom klinastom drljačom radnog zahvata 6 m (ožujak, 2021) na 10 cm dubine. Neposredno prije sjetve provedena je fina obrada tla putem sjetvospremača. Sjetva je obavljena 21. travnja 2021. korištenjem 12-redne mehaničke sijačice, uz sjetvenu normu od 65 000 biljaka/ha s razmakom između i unutar redova 70 x 21 cm. Zaštita usjeva od korova izvršena je u travnju 2021. herbicidnim sredstvom Dual Gold 960 u količini od 1 L/ha te Koban T u količini od 3 L/ha vučnom prskalicom radnog zahvata 6 m. Zaštita od štetnika i bolesti nije provedena. Gnojidba uz istovremenu međurednu kultivaciju izvršena je u svibnju 2021. deponiranjem mineralnog gnojiva KAN-a u količini od 250 kg/ha. Berba kukuruza provedena je 29. listopada 2021. godine.

2.5. Mjerenje koncentracije CO₂ iz tla i izračun fluksa

Terenska mjerenja koncentracije ugljikovog dioksida na površini tla provodila su se jednom mjesečno tijekom razdoblja istraživanja 2021. na svakoj varijanti pokusa u tri ponavljanja. Mjerenja su se provodila metodom zatvorenih statičkih komora. Komore se sastoje od dva dijela: donjeg kružnog okvira komore i gornjeg poklopca komore. Komore su izrađene od materijala koji ne propušta svjetlost kako bi se izbjeglo djelovanje sunčeve svjetlosti na mjerenja. Postupak mjerenja koncentracije CO₂ iz tla provodi se tako da se kružni okviri utisnu 5 cm u tlo između usjeva i zatim se mjeri inicijalna koncentracija CO₂ na površini tla unutar kružnih okvira. Na donji kružni okvir komore postavlja se gornji poklopac, a u rubove se ulijeva voda zbog brtvljenja kako ne bi došlo do miješanja koncentracije CO₂ iz zraka i emitiranog CO₂ iz tla. Koncentracija ugljikovog dioksida iz tla mjerena je prenosivim infracrvenim detektorom ugljikovog dioksida GasAlerMicro5 IR (2011). Od trenutka zatvaranja komora vrijeme inkubacije iznosi 30 minuta nakon čega se mjeri koncentracija akumuliranog CO₂ u zatvorenim komorama (Galić i sur. 2020.). Postupak mjerenja koncentracije CO₂ iz tla je prikazan na Slici 2.5.1.



Slika 2.5.1. Mjerenje koncentracije ugljikovog dioksida iz tla

Izvor: Bilandžija D.

Proračun fluksa (F_{CO_2}) ugljikovog dioksida iz tla ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dan}^{-1}$) proveden je prema Bilandžija i sur. (2016.; 2021.) temeljem jednadžbe:

$$F_{CO_2} = [M \times p \times V \times (c_2 - c_1)] / [R \times T \times A \times (t_2 - t_1)]$$

Gdje je:

F_{CO_2} – fluks CO_2 iz tla ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dan}^{-1}$)

M – molarna masa CO_2 (kg mol^{-1})

p – tlak zraka (Pa)

V – volumen komore (m^3)

c_1 – koncentracija CO_2 na početku mjerenja ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)

c_2 – koncentracija CO_2 na kraju mjerenja ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)

R – plinska konstanta ($\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$)

T – temperatura zraka (K)

A – površina komore (m^2)

$t_2 - t_1$ – vrijeme inkubacije (dan)

2.6. Utvrđivanje agroekoloških uvjeta

Postavljeni cilj istraživanja zahtijeva pouzdane podatke o agroekološkim uvjetima, posebice o temperaturi, tlaku i relativnoj vlažnosti zraka te temperaturi i vlazi tla. Oborina i temperatura zraka utječu na količinu vode u tlu i temperaturu tla, koje naposljetku indirektno utječu na emisiju ugljikovog dioksida iz tla, a podatak o vrijednosti tlaka zraka je potreban za izračun emisije CO_2 iz tla.

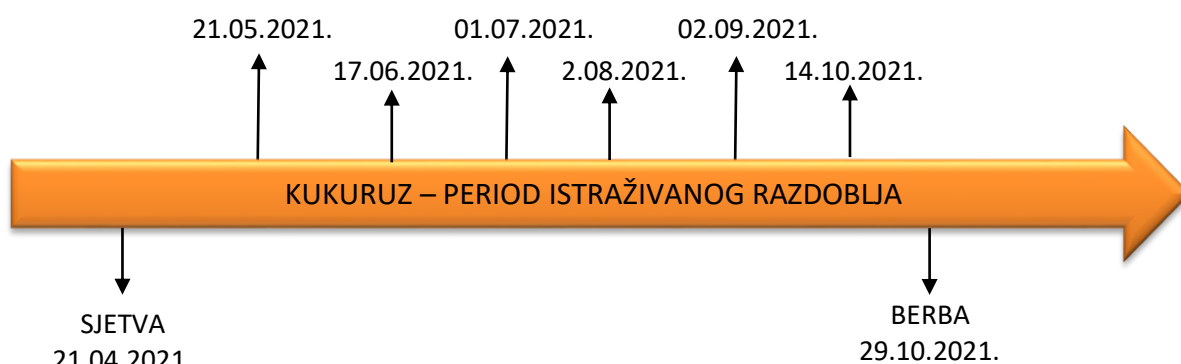
Usporedno s mjerenjem koncentracije CO_2 tla, utvrđivani su i agroekološki parametri. Temperatura zraka, tlak zraka i relativna vlažnost zraka mjereni su prilikom dolaska i odlaska s pokusnog polja. Navedeni parametri mjereni su u tri ponavljanja. Temperatura i relativna vlažnost zraka mjereni su pomoću uređaja Testo 610 (2011), a tlak zraka pomoću uređaja Testo 511 (2011) na visini od 0,5 m iznad površine tla. Temperatura i količina vode u površinskom sloju tla (na dubini 10 cm) mjereni su pomoću uređaja IMKO HD2 (sonda Trime – Pico64, 2011) prilikom svakog mjerenja koncentracije CO_2 iz tla u neposrednoj blizini svake komore. Korišteni mjerni uređaji za utvrđivanje agroekoloških uvjeta su prikazani na Slici 2.6.1.



Slika 2.6.1. Uređaji za utvrđivanje agroekoloških uvjeta. (a) Testo 511 (2011); (b) Testo 610 (2011); (c) IMKO HD2 (sonda Trime – Pico64, 2011).

Izvor: Bilandžija D.

Terenska mjerenja koncentracije CO₂ iz tla provedena su šest puta tijekom vegetacijskog razdoblja. Datumi mjerenja koncentracije CO₂ tijekom perioda istraživanja, prikazani su na Slici 2.6.2.



Slika 2.6.2. Datumi mjerenja koncentracije CO₂ iz tla

2.7. Statistička obrada podataka

Varijabilnosti između svih istraživanih parametara analizirane su analizom varijance (ANOVA). Također, dodatno su testirani *post-hoc* (Fisher LSD) testom. Za sve testove, razina značajnosti bila je 5 %. Dobiveni rezultati su statistički obrađeni u programu SAS (SAS 9.4., SAS Inst. Inc.). Linearna povezanost emisije CO₂ iz tla i agroekoloških čimbenika procijenjena je Pearsonovim koeficijentom korelacije (r) koji je testiran t-testom. Jačina korelacije između emisije

ugljkovog dioksida iz tla i agroekoloških čimbenika interpretirana je prema Roemer-Orphal-ovoj skali prikazanoj u Tablici 2.7.1. (Vasilj, 2000.).

Tablica 2.7.1. Roemer-Orphal-ova skala

Jačina korelacije	Koeficijent korelacije (r)
ne postoji	0,0 – 0,1
vrlo slaba	0,1 – 0,25
slaba	0,25 – 0,4
srednja	0,4 – 0,5
jaka	0,5 – 0,75
vrlo jaka	0,75 – 0,9
potpuna	0,9 – 1,0

Izvor: Vasilj (2000.)

3. Rezultati i rasprava

3.1. Agroekološki uvjeti tijekom 2021. godine

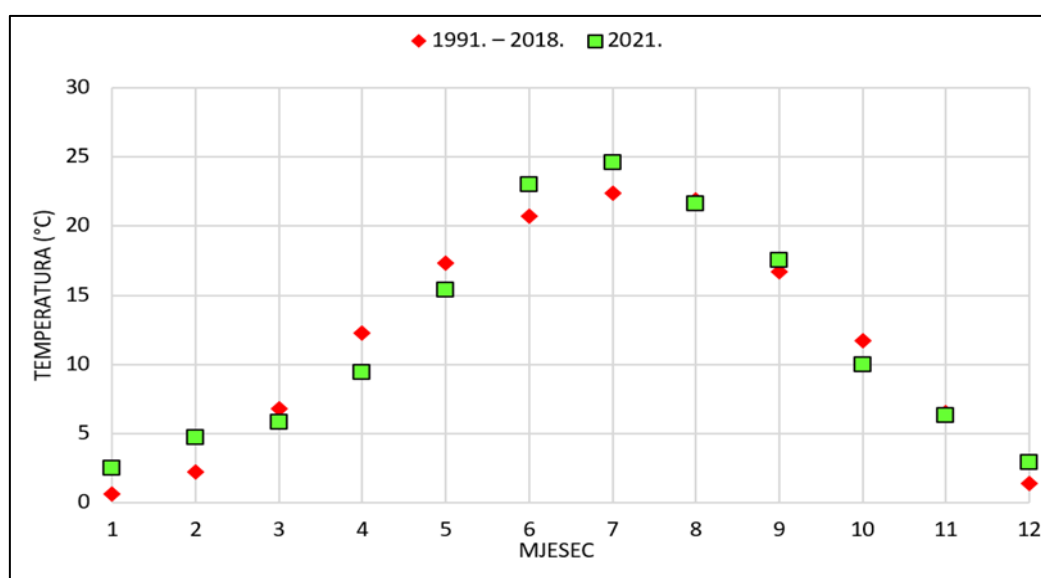
3.1.1. Temperatura zraka

Prosječna godišnja temperatura zraka tijekom 2021. godine je iznosila 12 °C. Prosječne proljetne temperature iznosile su 10,2 °C, ljetne 23,1 °C, jesenske 11,3 °C, a zimske 3,4 °C. Najhladniji mjesec je siječanj (2,5 °C), a najtopliji srpanj (24,6 °C) (Tablica 3.1.1.1.).

Tablica 3.1.1.1. Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka (°C)

Mjesec												Prosjek
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1991. – 2018.												
0,6	2,2	6,8	12,3	17,3	20,7	22,4	21,9	16,7	11,7	6,5	1,4	11,7
2021.												
2,5	4,7	5,8	9,4	15,4	23,0	24,6	21,6	17,5	10,0	6,3	2,9	12,0

Odnos srednjih mjesečnih temperatura zraka razdoblja 1991. – 2018. i 2021. godine na području Osijeka prikazan je na Grafu 3.1.1.1. Iz Grafikona 3.1.1.1. vidljivo je da su siječanj, veljača, lipanj, srpanj, rujanj i prosinac imali višu temperaturu zraka u odnosu na višegodišnji prosjek, a tijekom ostalih mjeseca u godini je zabilježena niža temperatura zraka od prosjeka 1991. – 2018. godina.



Graf 3.1.1.1. Odnos srednjih mjesečnih temperatura zraka (°C) višegodišnjeg prosjeka 1991. – 2018. i 2021. godine

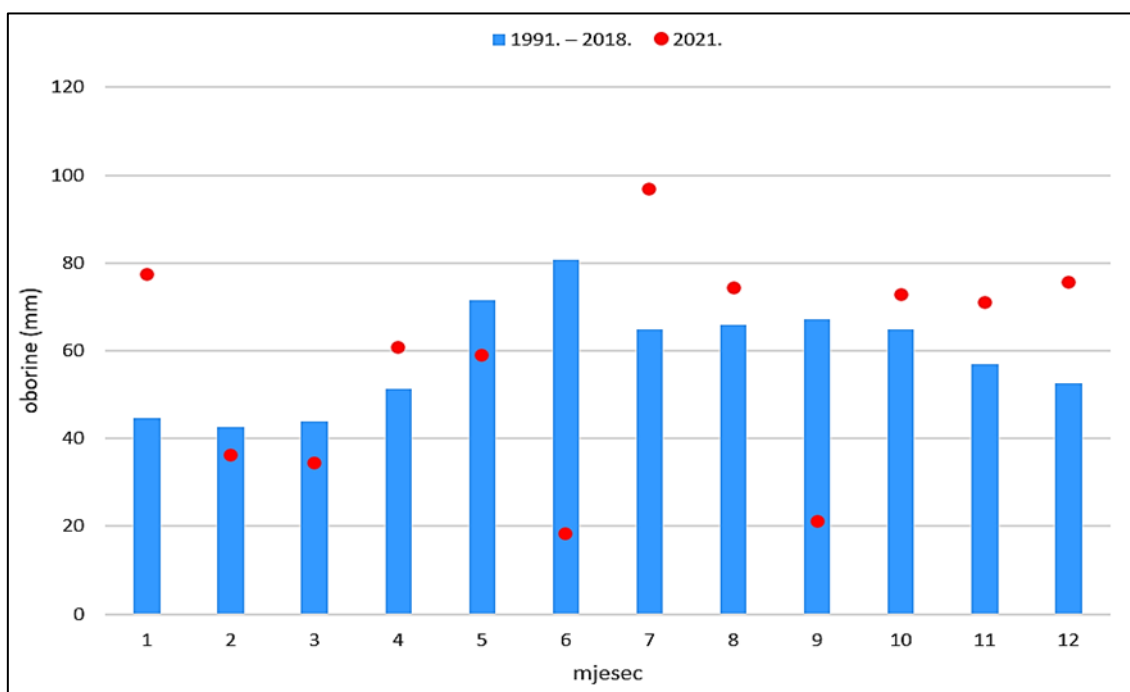
3.1.2. Količina oborine

Ukupna godišnja količina oborine tijekom 2021. godine je iznosila 697,8 mm. Sezonske količine oborine iznosile su 154 mm tijekom proljeća, 189 mm tijekom ljeta, 165 mm tijekom jeseni te 189 mm tijekom zimskih mjeseci. Najveća mjesečna količina oborine je zabilježena u srpnju (96,7 mm), a najmanja u lipnju (18,4 mm) (Tablica 3.1.2.1.).

Tablica 3.1.2.1. Ukupna mjesečna i godišnja količina oborine (mm)

Mjesec												Godišnje	
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
1991. – 2018.													
44,6	42,6	43,9	51,2	71,5	80,7	64,8	65,9	67,1	64,8	57,0	52,7	706,8	
2021.													
77,5	36,3	34,4	60,7	58,9	18,4	96,7	74,3	21,1	72,9	71,0	75,6	697,8	

Odnos mjesečne količine oborine razdoblja 1991. – 2018. i 2021. godine na području Osijeka prikazan je na Grafu 3.1.2.1. Usporedbom 28-godišnjeg razdoblja (1991. – 2018.) i 2021. godine može se zaključiti da su siječanj, travanj, srpanj, kolovoz, listopad, studeni i prosinac imali veću količinu oborine u odnosu na višegodišnji prosjek, dok je u ostalim mjesecima u godini zabilježena manja količina oborine u odnosu na 28-godišnji prosjek (Graf 3.1.2.1.).



Graf 3.1.2.1. Odnos mjesečnih količina oborine (mm) tokom 2021. godine i razdoblja 1991. – 2018.

3.1.3. Kišni faktor

Prema Langovom kišnom faktoru, klima istraživanog područja je okarakterizirana kao semiaridna (polusuha) s vrijednošću faktora od 58,2. Prema mjesečnim vrijednostima, Gračaninov kišni faktor ukazuje na perhumidnu (prevlažnu) klimu tijekom siječnja i prosinca. Veljaču, listopad i studeni karakterizira humidna (vlažna) klima, a ožujak i travanj semihumidna (poluvlažna) klima. Lipanj i rujana u 2021. godini karakterizira aridna (suha) klima, dok svibanj, srpanj i kolovoz imaju semiaridnu (polusuhu) klimu (Tablica 3.1.3.1.).

Tablica 3.1.3.1. Langov i Gračaninov kišni faktor za 2021. godinu

Mjesec												Godišnje
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Mjesečni i godišnji kišni faktor												
31,0	7,7	5,9	6,5	3,8	0,8	3,9	3,4	1,2	7,3	11,3	26,1	58,2
Oznaka klime												
ph	h	sh	sh	sa	a	sa	sa	a	h	h	ph	sa

Skraćenice: ph: perhumidna; h: humidna; sh: semihumidna; sa: semiaridna; a: aridna klima.

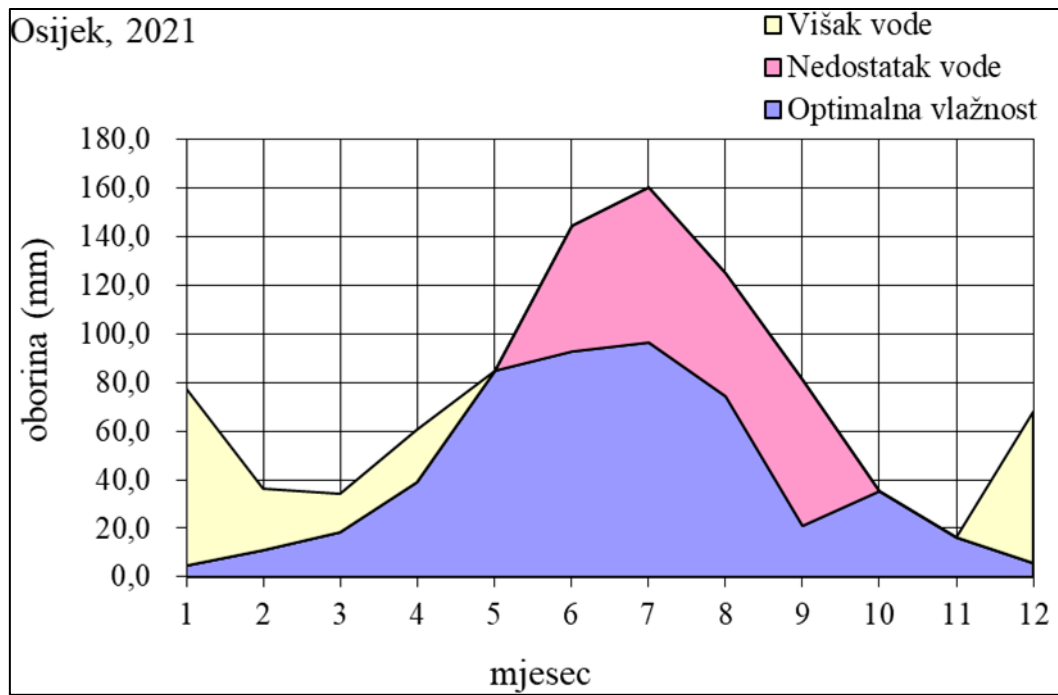
3.1.4. Bilanca vode u tlu

Proračun bilance vode u tlu tijekom 2021. godine prikazan je u Tablici 3.1.4.1. te Grafu 3.1.4.1. Potencijalna evapotranspiracija u 2021. godini iznosila je 727,1 mm, a stvarna evapotranspiracija 500 mm (Tablica 3.1.4.1.). Manjak vode u 2021. godini se pojavio tijekom razdoblja lipanj – rujana u iznosu od 227 mm, a višak vode tijekom razdoblja siječanj – travanj te u prosincu u ukupnom iznosu od 197,8 mm (Graf 3.1.4.1.).

Tablica 3.1.4.1. Bilanca vode u tlu tijekom 2021. godine

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	SUMA
2021.													
O	77,5	36,3	34,4	60,7	58,9	18,4	96,7	74,3	21,1	72,9	71,0	75,6	697,8
T	2,5	4,7	5,8	9,4	15,4	23,0	24,6	21,6	17,5	10,0	6,3	2,9	12,0
PET	4,8	11,2	18,7	39,0	84,7	144,8	160,6	125,0	81,4	35,2	16,1	5,5	727,1
R	100,0	100,0	100,0	100,0	74,2	0,0	0,0	0,0	0,0	37,7	92,6	100,0	704,4
SET	4,8	11,2	18,7	39,0	84,7	92,6	96,7	74,3	21,1	35,2	16,1	5,5	500,0
M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,2	63,9	50,7	60,3	0,0	0,0	0,0	227
V	72,7	25,1	15,7	21,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,6	197,8

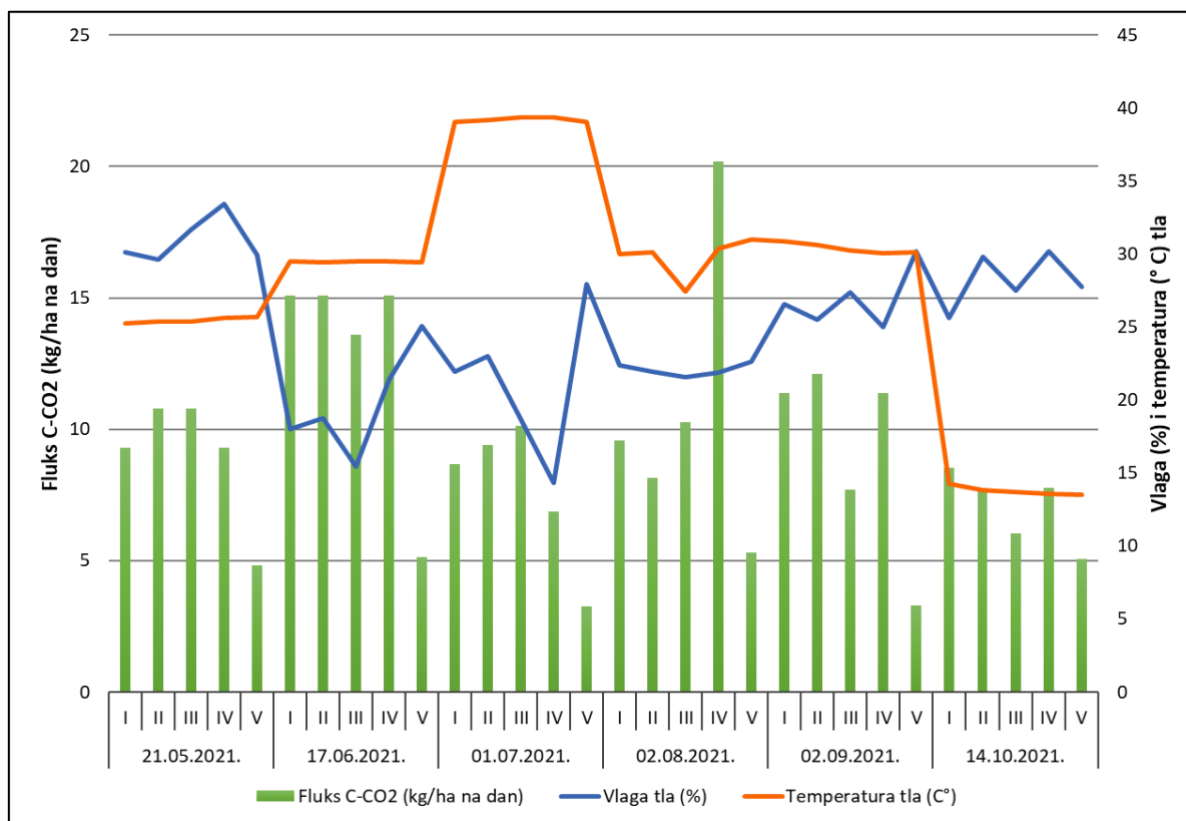
Skraćenice: O oborina (mm); T: temperatura (°C); PET: potencijalna evapotranspiracija (mm); R: količina vlage u tlu do 40 cm dubine (mm); SET: stvarna evapotranspiracija (mm); M: manjak vlage (mm); V: višak vlage (mm).



Graf 3.1.4.1. Bilanca vode u tlu prema metodi Thornthwaite tijekom 2021. godine

3.2. Sezonska varijabilnost emisije ugljikovog dioksida iz tla i agroekoloških čimbenika

Graf 3.2.1. prikazuje srednje mjesečne vrijednosti emisije C-CO₂ (kg ha⁻¹ dan⁻¹) iz tla te temperature (°C) i vlage tla (%) tijekom istraživanog razdoblja (svibanj 2021. – listopad 2021.) za sve istraživane hibride kukuruza. Najniža izmjerena srednja mjesečna vrijednost temperature tla iznosila je 13,5 °C (crni ugar, 14.10.2021.), dok je najveća izmjerena temperatura tla na dubini od 10 cm iznosila 39,4 °C (OSSK 596, 01.07.2021.). Srednja mjesečna vrijednost vlage tla kretala se od 14,3 % (OSSK 596, 01.07.2021) do 33,4 % (OSSK 596, 21.05.2021.). Ovisno o varijantama i vremenu mjerenja, raspon srednjih mjesečnih vrijednosti ($n = 3$) emisije C-CO₂ kretao se od 3,3 kg ha⁻¹ dan⁻¹ (crni ugar, 01.07.2021.) do 20,2 kg ha⁻¹ dan⁻¹ (OSSK 596, 02.08.2021.). Najveća prosječna mjesečna emisija C-CO₂ iz tla svih istraživanih varijanata pokusa utvrđena je u lipnju 2021. (12,8 kg ha⁻¹ dan⁻¹), a popraćena je niskom količinom vlage u tlu (19,7 %) i relativno visokim temperaturama (29,5 °C). Krajem razdoblja istraživanja uočen je pad emisije C-CO₂, koji je popraćen povećanom količinom vlage u tlu i smanjenom temperaturom tla. Najmanja prosječna mjesečna emisija C-CO₂ iz tla svih istraživanih varijanata pokusa utvrđena je u listopadu 2021. (7,1 kg ha⁻¹ dan⁻¹), a popraćena je visokom količinom vlage u tlu i niskom temperaturom tla.



Graf 3.2.1. Srednje mjesečne vrijednosti ($n = 3$) fluksa C-CO₂, temperature i vlage tla tijekom istraživanog razdoblja

(I varijanta – Rudolfov 60; II varijanta – Kulak; III varijanta – OSSK 515; IV varijanta – OSSK 596; V varijanta – kontrola)

3.3. Sezonske varijacije fluksa C-CO₂ i agroekoloških čimbenika obzirom na istraživane mjesece

3.3.1. Svibanj

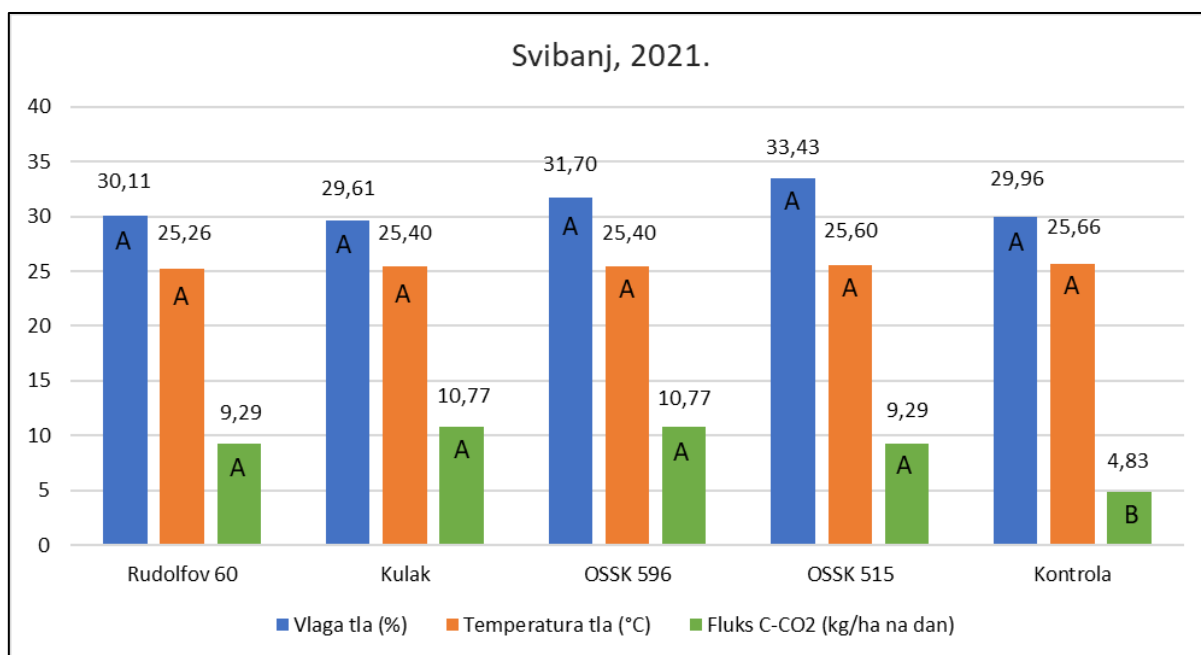
Analizom varijance (ANOVA) je utvrđeno da se emisija ugljikovog dioksida iz tla tijekom svibnja značajno razlikovala između pojedinih istraživanih varijanata pokusa ($F = 4,91$, $p = 0,0189$) (Tablica 3.3.1.1.). Međutim, nije utvrđena značajna razlika u agroekološkim čimbenicima tla odnosno temperaturi i vlazi tla na 10 cm dubine (redom $F = 0,08$, $p = 0,9857$; $F = 0,51$, $p = 0,7317$).

Tablica 3.3.1.1. Analiza varijance za fluks C-CO₂ i agroekološke čimbenike za svibanj

Izvor	df	SS	MS	F-vrijednost	Pr > F
Fluks C-CO ₂					
Model	4	71,59	17,89	4,91	0,0189
Greška	10	36,46	3,65		
Ukupno ispravljeno	14	108,06			
Temperatura tla					
Model	4	0,32	0,08	0,08	0,9857
Greška	10	9,59	0,96		
Ukupno ispravljeno	14	9,92			
Vlaga tla					
Model	4	30,55	7,64	0,51	0,7317
Greška	10	150,47	15,05		
Ukupno ispravljeno	14	181,03			

Skraćenice: df: stupnjevi slobode; SS: suma kvadrata; MS: procjenitelj varijance (sredina kvadrata); Pr: vjerojatnost.

Prosječna mjesečna vrijednost emisije C-CO₂ iz tla značajno se razlikovala između varijanata s vegetacijskim pokrovom (Rudolfovo 60: 9,29 kg ha⁻¹ dan⁻¹; Kulak: 10,77 kg ha⁻¹ dan⁻¹; OSSK 596: 10,77 kg ha⁻¹ dan⁻¹; OSSK 515: 9,29 kg ha⁻¹ dan⁻¹) i crnog ugara (kontrola: 4,83 kg ha⁻¹ dan⁻¹) koja je značajno niža (Graf 3.3.1.1.). Između varijanata s različitim hibridima kukuruza nema statistički značajne razlike.



Graf 3.3.1.1. Mjesečne vrijednosti fluksa C-CO₂ (LSD = 3,47), temperature (LSD = 1,78) i vlage tla (LSD = 7,06) na različitim varijantama tijekom svibnja (2021.)

(Srednje vrijednosti označene različitim slovom su statistički značajne, prema Fisherov LSD test, $p < 0,05$ (SAS 9.4.))

3.3.2. Lipanj

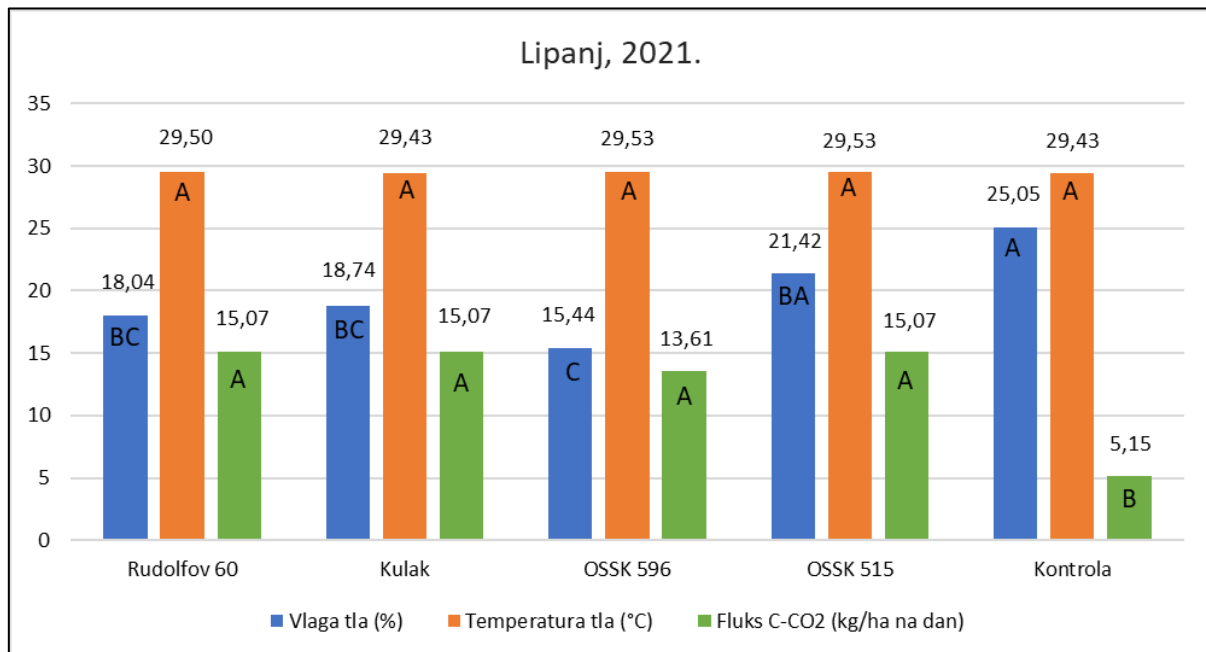
Prema Tablici 3.3.2.1., analizom varijance utvrđeno je da se varijante pokusa tijekom lipnja značajno razlikuju u emisiji ugljikovog dioksida iz tla i vlazi tla (redom $F = 4,46$, $p = 0,0252$; $F = 4,98$, $p = 0,0181$), ali nije utvrđena značajna razlika za temperaturu tla na 10 cm dubine ($F = 0,00$, $p = 1,0000$).

Tablica 3.3.2.1. Analiza varijance za fluks C-CO₂ i agroekološke čimbenike za lipanj

Izvor	df	SS	MS	F-vrijednost	Pr > F
Fluks C-CO ₂					
Model	4	224,26	56,06	4,46	0,0252
Greška	10	125,76	12,57		
Ukupno ispravljeno	14	350,03			
Temperatura tla					
Model	4	0,03	0,01	0,00	1,0000
Greška	10	109,46	10,95		
Ukupno ispravljeno	14	109,49			
Vlaga tla					
Model	4	160,25	40,06	4,98	0,0181
Greška	10	80,52	8,05		
Ukupno ispravljeno	14	240,77			

Skraćenice: df: stupnjevi slobode; SS: suma kvadrata; MS: procjenitelj varijance (sredina kvadrata); Pr: vjerojatnost.

Prosječna mjesečna emisija C-CO₂ iz tla je na crnom ugaru značajno niža (5,15 kg ha⁻¹ dan⁻¹) od ostalih istraživanih varijanata s vegetacijskim pokrovom (Rudolfov 60: 15,07 kg ha⁻¹ dan⁻¹; Kulak: 15,07 kg ha⁻¹ dan⁻¹; OSSK 596: 13,61 kg ha⁻¹ dan⁻¹; OSSK 515: 15,07 kg ha⁻¹ dan⁻¹) (Graf 3.3.2.1.). Između varijanata s vegetacijskim pokrovom nema statistički značajne razlike. Nadalje, srednja mjesečna vrijednost vlage tla na crnom ugaru je značajno veća (25,05 %) od Rudolfov 60 (18,04 %), Kulak (18,74%) i OSSK 596 (15,44 %). Najniža srednja mjesečna vrijednost vlage tla je utvrđena pod OSSK 596 (15,44 %).



Graf 3.3.2.1. Mjesečne vrijednosti fluksa C-CO₂ (LSD = 6,45), temperature (LSD = 6,02) i vlage tla (LSD = 5,16) na različitim varijantama tijekom lipnja (2021.)

(Srednje vrijednosti označene različitim slovom su statistički značajne, prema Fisherov LSD test, $p < 0,05$ (SAS 9.4.))

3.3.3. Srpanj

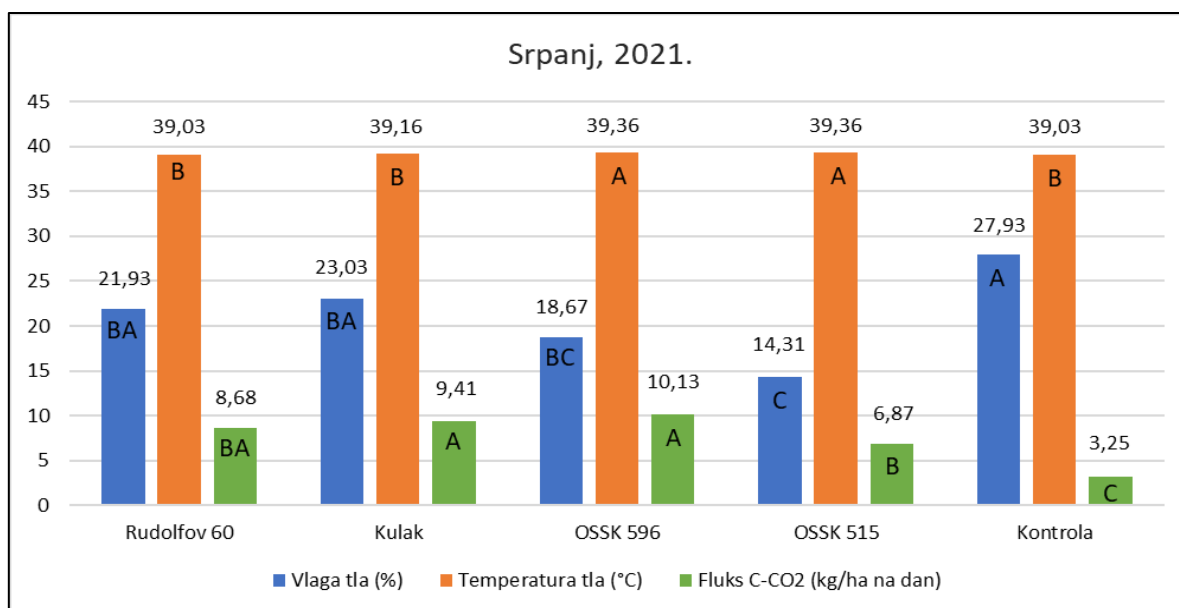
Provedenom analizom varijance za srpanj je utvrđeno da se varijante pokusa značajno razlikuju u emisiji ugljikovog dioksida iz tla i agroekološkim čimbenicima odnosno temperaturi i vlazi tla na 10 cm dubine (redom $F = 12,02$, $p = 0,0008$; $F = 11,45$, $p = 0,0009$; $F = 6,11$, $p = 0,0094$) (Tablica 3.3.3.1.).

Tablica 3.3.3.1. Analiza varijance za fluks C-CO₂ i agroekološke čimbenike za srpanj

Izvor	df	SS	MS	F-vrijednost	Pr > F
Fluks C-CO ₂					
Model	4	90,54	22,64	12,02	0,0008
Greška	10	18,83	1,88		
Ukupno ispravljeno	14	109,36			
Temperatura tla					
Model	4	0,34	0,08	11,45	0,0009
Greška	10	0,07	0,01		
Ukupno ispravljeno	14	0,41			
Vlaga tla					
Model	4	309,18	77,29	6,11	0,0094
Greška	10	126,56	12,66		
Ukupno ispravljeno	14	435,75			

Skraćenice: df: stupnjevi slobode; SS: suma kvadrata; MS: procjenitelj varijance (sredina kvadrata); Pr: vjerojatnost.

Najveća prosječna mjesečna emisija C-CO₂ iz tla u srpnju je zabilježena pod Kulak (9,41 kg ha⁻¹ dan⁻¹) i OSSK 596 (10,13 kg ha⁻¹ dan⁻¹) te su one značajno veće od OSSK 515 (6,87 kg ha⁻¹ dan⁻¹) i crnog ugaru (3,25 kg ha⁻¹ dan⁻¹) (Graf 3.3.3.1.). Mjesečna vrijednost emisije C-CO₂ iz tla Rudolfov 60 (8,68 kg ha⁻¹ dan⁻¹) nije značajno različita od ostalih istraživanih varijanata s vegetacijskim pokrovom, ali je značajno viša od varijante bez vegetacijskog pokrova (3,25 kg ha⁻¹ dan⁻¹). Najniža prosječna mjesečna emisija C-CO₂ iz tla u srpnju je zabilježena na varijanti bez vegetacijskog pokrova (3,25 kg ha⁻¹ dan⁻¹). Najveća prosječna mjesečna vlaga tla zabilježena je na crnom ugaru (27,93 %), te je značajno viša od OSSK 596 (18,67 %) i OSSK 515 (14,31 %). Najniža mjesečna vrijednost vlage tla u srpnju zabilježena je OSSK 515 (14,31 %). Između Rudolfov 60 (21,93 %), Kulak (23,03 %) i OSSK 596 (18,67 %) nema statistički značajne razlike u vlazi tla. Prosječna mjesečna temperatura tla na OSSK 596 i OSSK 515 (39,36 °C) je značajno viša od prosječne mjesečne izmjerene temperature tla na Rudolfov 60 (39,03 °C), Kulak (39,16 °C) i crnom ugaru (39,03 °C) (Graf 3.3.3.1.). Između Rudolfov 60, Kulaka i kontrole, kao i između OSSK 596 i OSSK 515 nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima temperature tla (Graf 3.3.3.1.).



Graf 3.3.3.1. Mjesečne vrijednosti fluksa C-CO₂ (LSD = 2,49), temperature (LSD = 0,15) i vlage tla (LSD = 6,47) na različitim varijantama tijekom srpanj (2021.)

(Srednje vrijednosti označene različitim slovom su statistički značajne, prema Fisherov LSD test, $p < 0,05$ (SAS 9.4.))

3.3.4. Kolovoz

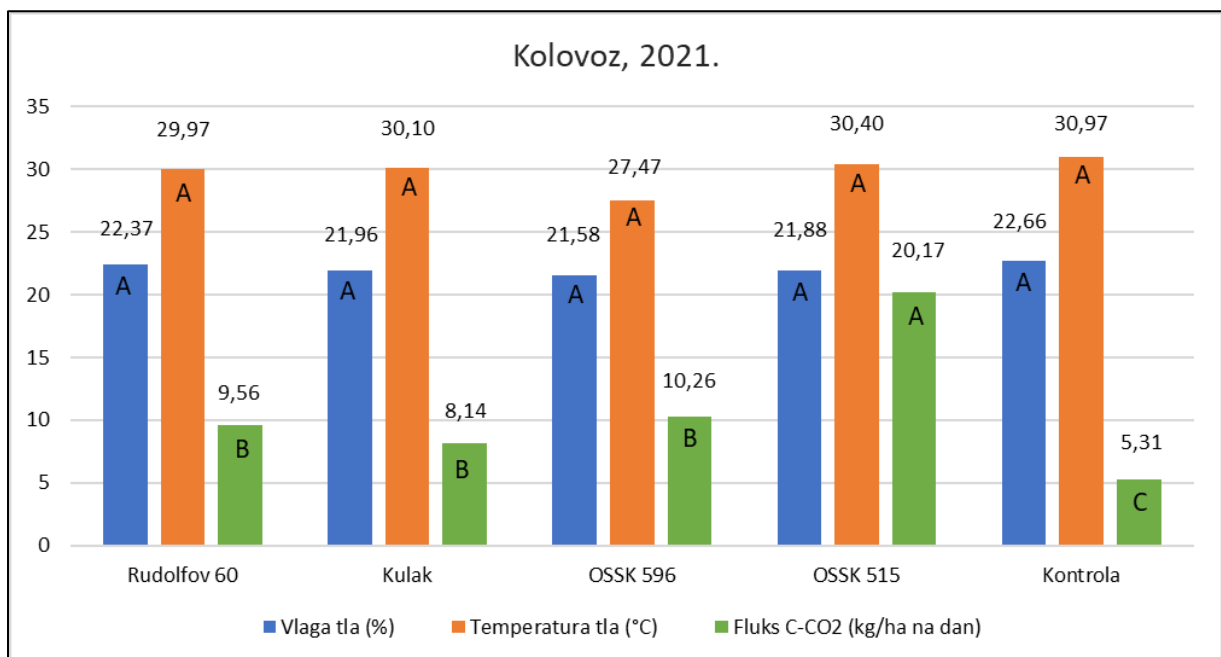
Statističkom analizom podataka izmjerenih u kolovozu je utvrđena značajna razlika u emisiji ugljikovog dioksida iz tla između pojedinih istraživanih varijanata pokusa ($F = 39,56$, $p = 0,0001$), ali nije utvrđena statistički značajna razlika u agroekološkim čimbenicima odnosno temperaturi i vlazi tla na 10 cm dubine (redom $F = 1,04$, $p = 0,4334$; $F = 0,23$, $p = 0,9157$) (Tablica 3.3.4.1.).

Tablica 3.3.4.1. Analiza varijance za fluks C-CO₂ i agroekološke čimbenike za kolovoz

Izvor	df	SS	MS	F-vrijednost	Pr > F
Fluks C-CO ₂					
Model	4	380,71	95,17	39,56	0,0001
Greška	10	24,06	2,41		
Ukupno ispravljeno	14	404,76			
Temperatura tla					
Model	4	21,84	5,46	1,04	0,4334
Greška	10	52,48	5,25		
Ukupno ispravljeno	14	74,33			
Vlaga tla					
Model	4	2,17	0,54	0,23	0,9157
Greška	10	23,63	2,36		
Ukupno ispravljeno	14	25,79			

Skraćenice: df: stupnjevi slobode; SS: suma kvadrata; MS: procjenitelj varijance (sredina kvadrata); Pr: vjerojatnost.

Najveća prosječna mjesečna emisija C-CO₂ iz tla u kolovozu je utvrđena pod OSSK 515 (20,17 kg ha⁻¹ dan⁻¹), i značajno se razlikovala od ostalih varijanata s vegetacijskim pokrovom (Rudolfov 60: 9,56 kg ha⁻¹ dan⁻¹; Kulak: 8,14 kg ha⁻¹ dan⁻¹; i OSSK 596: 10,26 kg ha⁻¹ dan⁻¹) i crnog ugara (5,31 kg ha⁻¹ dan⁻¹) koja je značajno niža. Emisija C-CO₂ iz tla pod OSSK 515 je u prosjeku 3,8 puta viša u usporedbi s varijantom bez vegetacijskog pokrova te u prosjeku 2,2 puta viša od prosjeka ostalih varijanti s vegetacijskim pokrovom. Između Rudolfov 60 (9,56 kg ha⁻¹ dan⁻¹), Kulak (8,14 kg ha⁻¹ dan⁻¹) i OSSK 596 (10,26 kg ha⁻¹ dan⁻¹) nisu utvrđene statistički značajne razlike u emisiji C-CO₂ iz tla (Graf 3.3.4.1.). Srednje mjesečne vrijednosti temperature i vlage tla se tijekom kolovoza nisu statistički značajno razlikovale između istraživanih varijanata pokusa (Graf 3.3.4.1.).



Graf 3.3.4.1. Mjesečne vrijednosti fluksa C-CO₂ (LSD = 2,82), temperature (LSD = 4,17) i vlage tla (LSD = 2,79) na različitim varijantama tijekom kolovoza (2021.)

(Srednje vrijednosti označene različitim slovom su statistički značajne, prema Fisherov LSD test, $p < 0,05$ (SAS 9.4.))

3.3.5. Rujan

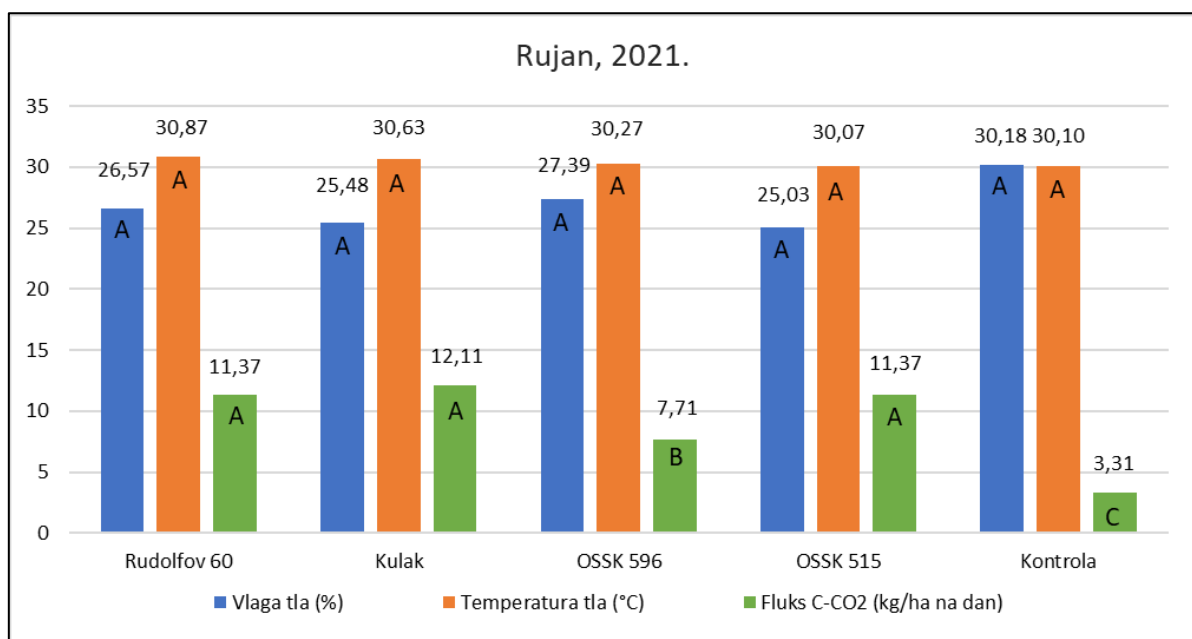
Analizom varijance podataka izmjerenih u rujnu je utvrđeno da se emisija ugljikovog dioksida iz tla razlikuje između pojedinih istraživanih varijanata pokusa ($F = 11,59$, $p = 0,0009$), ali nije utvrđena statistički značajna razlika za vrijednosti temperature i vlage tla na 10 cm dubine (redom $F = 0,03$, $p = 0,9980$; $F = 1,01$, $p = 0,4472$) (Tablica 3.3.5.1.).

Tablica 3.3.5.1. Analiza varijance za fluks C-CO₂ i agroekološke čimbenike za rujan

Izvor	df	SS	MS	F-vrijednost	Pr > F
Fluks C-CO ₂					
Model	4	164,77	41,19	11,59	0,0009
Greška	10	35,54	3,55		
Ukupno ispravljeno	14	200,31			
Temperatura tla					
Model	4	1,47	0,37	0,03	0,9980
Greška	10	123,33	12,33		
Ukupno ispravljeno	14	124,79			
Vlaga tla					
Model	4	49,84	12,46	1,01	0,4472
Greška	10	123,39	12,34		
Ukupno ispravljeno	14	173,23			

Skraćenice: df: stupnjevi slobode; SS: suma kvadrata; MS: procjenitelj varijance (sredina kvadrata); Pr: vjerojatnost.

Prosječna mjesečna emisija C-CO₂ iz tla se ne razlikuje značajno između Rudolfov 60 (11,37 kg ha⁻¹ dan⁻¹), Kulak (12,11 kg ha⁻¹ dan⁻¹) i OSSK 515 (11,37 kg ha⁻¹ dan⁻¹), koje su značajno više u odnosu na emisiju C-CO₂ iz tla utvrđenu pod OSSK 596 (7,71 kg ha⁻¹ dan⁻¹) i crnom ugaru (3,31 kg ha⁻¹ dan⁻¹). Statistički najniža emisija C-CO₂ iz tla je utvrđena na varijanti bez vegetacijskog pokrova (Graf 3.3.5.1.). Srednje mjesečne vrijednosti temperature i vlage tla na 10 cm dubine tijekom rujna nisu bili statistički značajno različite između istraživanih varijanata pokusa (Graf 3.3.5.1.).



Graf 3.3.5.1. Mjesečne vrijednosti fluksa C-CO₂ (LSD = 3,43), temperature (LSD = 6,38) i vlage tla (LSD = 6,39) na različitim varijantama tijekom rujna (2021.)

(Srednje vrijednosti označene različitim slovom su statistički značajne, prema Fisherov LSD test, $p < 0,05$ (SAS 9.4.)

3.3.6. Listopad

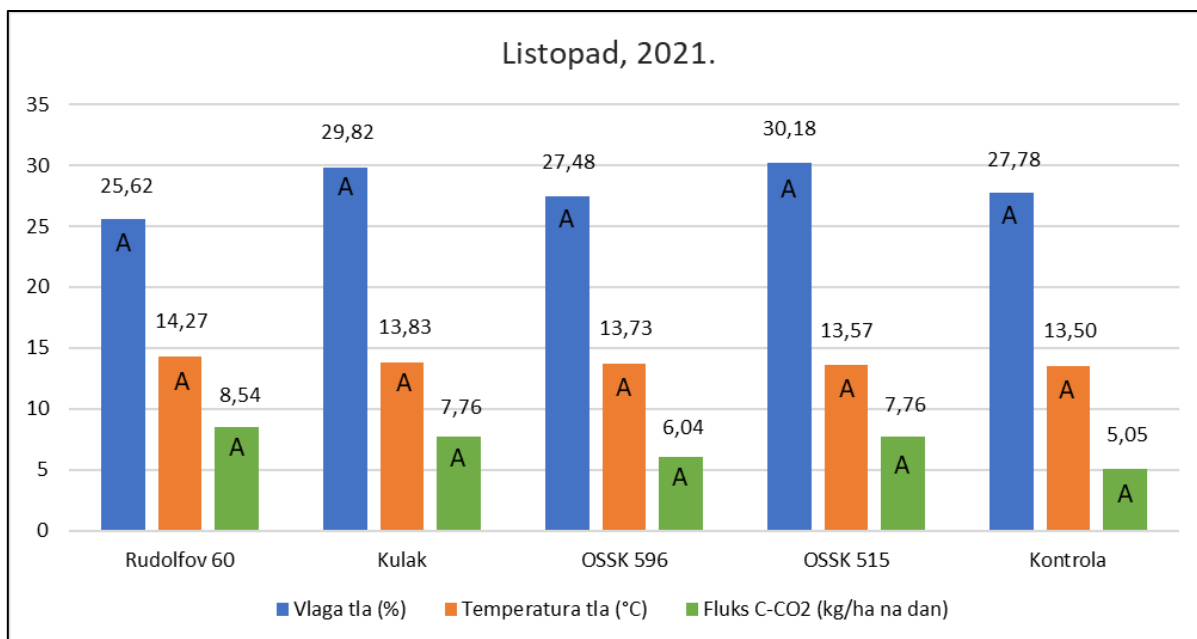
Analizom varijance podataka utvrđenih u listopadu nisu utvrđene statistički značajne razlike između istraživanih varijanata pokusa za emisiju ugljikovog dioksida iz tla ($F = 0,89$, $p = 0,5030$) i agroekoloških uvjeta odnosno temperaturu i vlagu tla na 10 cm dubine (redom $F = 0,06$, $p = 0,9917$; $F = 1,34$, $p = 0,3196$) (Tablica 3.3.6.1.).

Tablica 3.3.6.1. Analiza varijance za fluks C-CO₂ i agroekološke čimbenike za listopad

Izvor	df	SS	MS	F-vrijednost	Pr > F
Fluks C-CO ₂					
Model	4	24,78	6,19	0,89	0,5030
Greška	10	69,38	6,94		
Ukupno ispravljeno	14	94,16			
Temperatura tla					
Model	4	1,09	0,27	0,06	0,9917
Greška	10	43,95	4,39		
Ukupno ispravljeno	14	45,04			
Vlaga tla					
Model	4	41,72	10,43	1,34	0,3196
Greška	10	77,57	7,76		
Ukupno ispravljeno	14	119,29			

Skraćenice: df: stupnjevi slobode; SS: suma kvadrata; MS: procjenitelj varijance (sredina kvadrata); Pr: vjerojatnost.

Srednja mjesečna vrijednost emisije C-CO₂ iz tla u listopadu kretala se od 5,05 kg ha⁻¹ dan⁻¹ (crni ugar) do 8,54 kg ha⁻¹ dan⁻¹ (Rudolfov 60). Srednje mjesečne vrijednosti temperature tla u listopadu su se kretale od 13,50 °C (crni ugar) do 14,27 °C (Rudolfov 60), a vlage tla od 25,62 % (Rudolfov 60) do 30,18 % (OSSK 515) (Graf 3.3.6.1.).



Graf 3.3.6.1. Mjesečne vrijednosti fluksa C-CO₂ (LSD = 4,79), temperature (LSD = 3,82) i vlage tla (LSD = 5,07) na različitim varijantama tijekom listopada (2021.)
 (Srednje vrijednosti označene različitim slovom su statistički značajne, prema Fisherov LSD test, $p < 0,05$ (SAS 9.4.))

3.4. Sezonske varijacije fluksa C-CO₂ i agroekoloških čimbenika obzirom na istraživane hibride kukuruza

3.4.1. Rudolfov 60

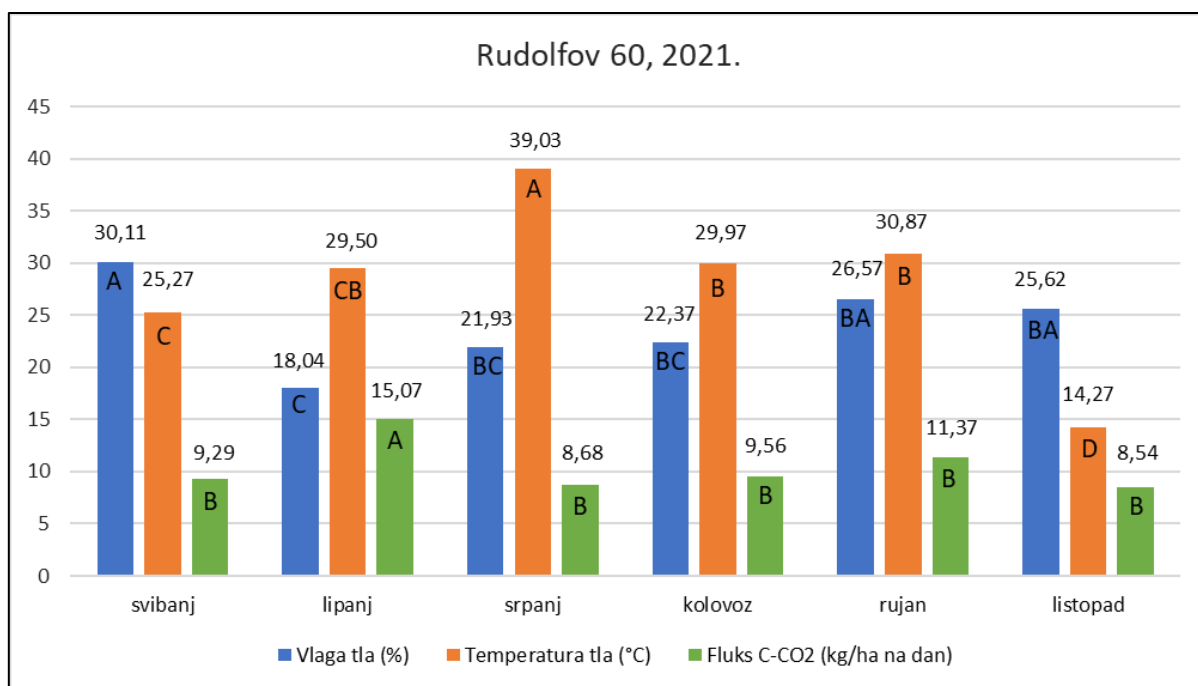
Analizom varijance utvrđena je sezonska varijabilnost kod hibrida Rudolfov 60 u emisiji ugljikovog dioksida iz tla ($F = 5,92$, $p = 0,0055$) i temperaturi tla ($F = 35,03$, $p = 0,0001$), ali nije utvrđena za vlagu tla ($F = 2,99$, $p = 0,0557$) (Tablica 3.4.1.1.).

Tablica 3.4.1.1. Analiza varijance za fluks C-CO₂ i agroekološke čimbenike za hibrid Rudolfov 60

Izvor	df	SS	MS	F-vrijednost	Pr > F
Fluks C-CO ₂					
Model	5	93,58	18,72	5,92	0,0055
Greška	12	37,94	3,16		
Ukupno ispravljeno	17	131,52			
Temperatura tla					
Model	5	996,03	199,21	35,03	0,0001
Greška	12	68,23	5,68		
Ukupno ispravljeno	17	1064,26			
Vlaga tla					
Model	5	266,65	53,33	2,99	0,0557
Greška	12	214,02	17,84		
Ukupno ispravljeno	17	480,67			

Skraćenice: *df*: stupnjevi slobode; *SS*: suma kvadrata; *MS*: procjenitelj varijance (sredina kvadrata); *Pr*: vjerojatnost.

Prosječna mjesečna emisija C-CO₂ iz tla je bila najviša u lipnju (15,07 kg ha⁻¹ dan⁻¹), a tijekom ostalih istraživanih mjeseci vegetacijskog razdoblja je bila niža i nije se međusobno značajno razlikovala (svibanj: 9,29 kg ha⁻¹ dan⁻¹; srpanj: 8,68 kg ha⁻¹ dan⁻¹; kolovoz: 9,56 kg ha⁻¹ dan⁻¹; rujna: 11,37 kg ha⁻¹ dan⁻¹; listopad: 8,54 kg ha⁻¹ dan⁻¹) (Graf 3.4.1.1.). Prosječna mjesečna vrijednost temperature tla rasla je od svibnja (25,27 °C), preko lipnja (29,50 °C) do srpnja (39,03 °C) kada je bila najviša, a potom je počela padati tijekom kolovoza (29,97 °C) i rujna (30,87 °C) te je bila najniža na kraju vegetacijskog razdoblja u listopadu (14,27 °C). Prosječna mjesečna vrijednost vlage tla bila je najviša u svibnju (30,11 %), a najmanja u lipnju (18,04 %). Tijekom ostalih istraživanih mjeseci vegetacijskog razdoblja, od srpnja do listopada, sadržaj vlage u tlu se nije značajno razlikovao (redom 21,93 %; 22,37 %; 26,57 %; 25,62 %) (Graf 3.4.1.1.).



Graf 3.4.1.1. Mjesečne vrijednosti fluksa C-CO₂ (LSD = 3,16), vlage (LSD = 7,52) i temperature tla (LSD = 4,24) pod utjecajem hibrida Rudolfov 60

(Srednje vrijednosti označene različitim slovom su statistički značajne, prema Fisherov LSD test, $p < 0,05$ (SAS 9.4.))

3.4.2. Kulak

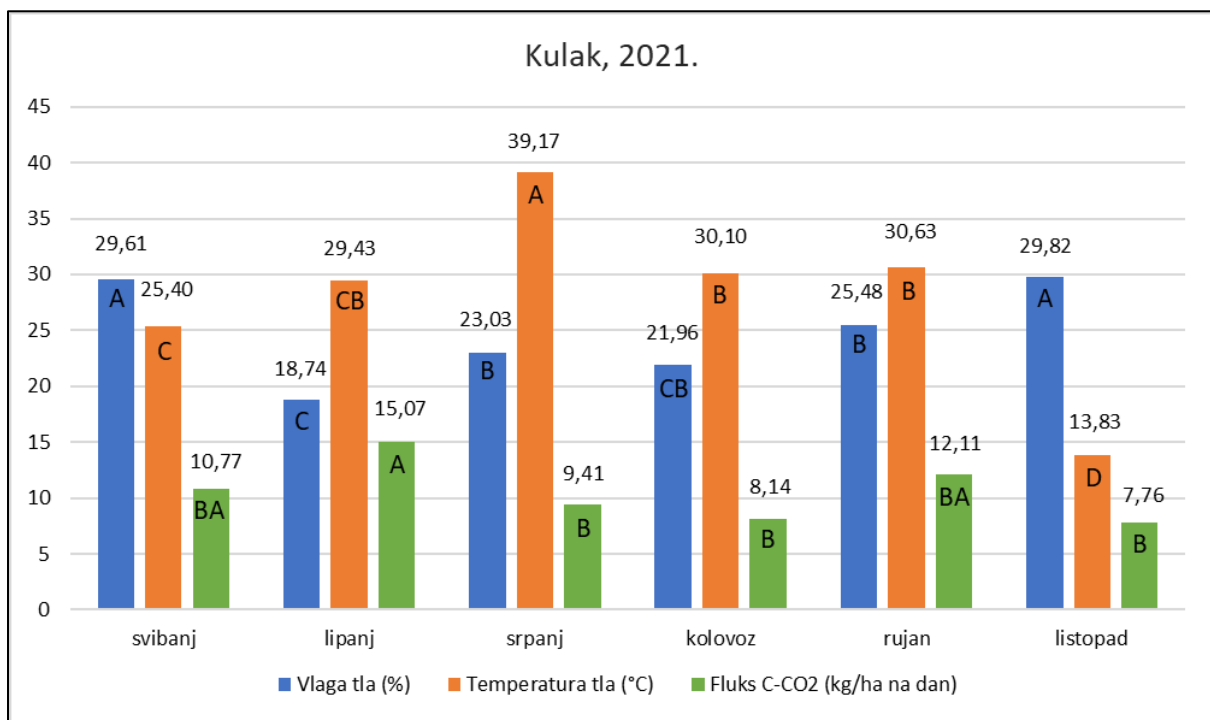
Analizom varijance sezonskih podataka pod hibridom Kulak utvrđena je statistički značajna razlika za emisiju C-CO₂ iz tla, i agroekološke čimbenike (redom $F = 2,72$, $p = 0,0719$; $F = 37,71$, $p = 0,0001$; $F = 11,70$, $p = 0,0003$) (Tablica 3.4.2.1.).

Tablica 3.4.2.1. Analiza varijance za fluks C-CO₂ i agroekološke čimbenike za hibrid Kulak

Izvor	df	SS	MS	F-vrijednost	Pr > F
Fluks C-CO ₂					
Model	5	113,59	22,72	2,72	0,0719
Greška	12	100,06	8,34		
Ukupno ispravljeno	17	213,66			
Temperatura tla					
Model	5	1036,48	207,29	37,71	0,0001
Greška	12	65,96	5,49		
Ukupno ispravljeno	17	1102,45			
Vlaga tla					
Model	5	290,03	58,01	11,70	0,0003
Greška	12	59,51	4,96		
Ukupno ispravljeno	17	349,53			

Skraćenice: df: stupnjevi slobode; SS: suma kvadrata; MS: procjenitelj varijance (sredina kvadrata); Pr: vjerojatnost.

Najveća prosječna mjesečna emisija C-CO₂ iz tla utvrđena je u lipnju (15,07 kg ha⁻¹ dan⁻¹), a najniža u listopadu (7,76 kg ha⁻¹ dan⁻¹). Prosječna mjesečna emisija C-CO₂ iz tla nije se razlikovala između ostalih mjeseci vegetacijskog razdoblja (svibanj: 10,77 kg ha⁻¹ dan⁻¹; srpanj: 9,41 kg ha⁻¹ dan⁻¹; kolovoz: 8,14 kg ha⁻¹ dan⁻¹; rujna: 12,11 kg ha⁻¹ dan⁻¹) (Graf 3.4.2.1.). Prosječna mjesečna vrijednost temperature tla rasla je od svibnja (25,40 °C), preko lipnja (29,43 °C) do srpnja (39,17 °C) kada je bila najviša, a potom je počela padati tijekom kolovoza (30,10 °C) i rujna (30,63 °C) te je bila najniža na kraju vegetacijskog razdoblja u listopadu (13,83 °C). Prosječna mjesečna vlaga tla bila je najviša u svibnju (29,61 %), nakon čega se značajno smanjila i bila najmanja u lipnju (18,74 %), dok se od srpnja do listopada, sadržaj vlage u tlu postepeno povećavao (redom 23,03 %; 12,96 %; 25,48 %; 29,82 %) (Graf 3.4.2.1.).



Graf 3.4.2.1. Mjesečne vrijednosti fluksa C-CO₂ (LSD = 5,14), vlage (LSD = 3,96) i temperature tla (LSD = 4,17) pod utjecajem hibrida Kulak

(Srednje vrijednosti označene različitim slovom su statistički značajne, prema Fisherov LSD test, $p < 0,05$ (SAS 9.4.))

3.4.3. OSSK 596

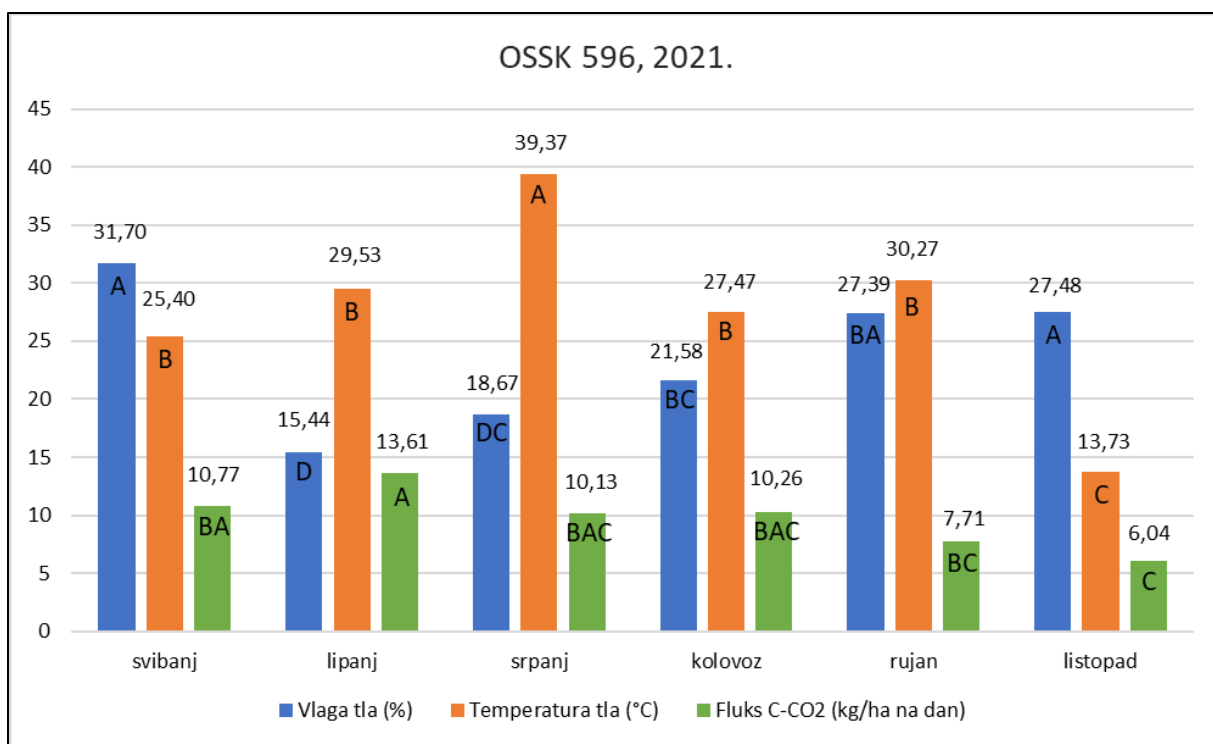
Analizom varijance utvrđena je sezonska varijabilnost pod hibridom OSSK 596 za emisiju ugljikovog dioksida iz tla te agroekološke čimbenike odnosno temperaturu i vlagu tla (redom $F = 3,11$, $p = 0,0496$; $F = 23,53$, $p = 0,0001$; $F = 10,65$, $p = 0,0004$) (Tablica 3.4.3.1.).

Tablica 3.4.3.1. Analiza varijance za fluks C-CO₂ i agroekološke čimbenike za hibrid OSSK 596

Izvor	df	SS	MS	F-vrijednost	Pr > F
Fluks C-CO ₂					
Model	5	120,81	20,56	3,11	0,0496
Greška	12	79,21	6,60		
Ukupno ispravljeno	17	182,02			
Temperatura tla					
Model	5	1039,32	207,86	23,53	0,0001
Greška	12	105,99	8,83		
Ukupno ispravljeno	17	1145,32			
Vlaga tla					
Model	5	570,01	114,01	10,65	0,0004
Greška	12	128,48	10,71		
Ukupno ispravljeno	17	698,49			

Skraćenice: df: stupnjevi slobode; SS: suma kvadrata; MS: procjenitelj varijance (sredina kvadrata); Pr: vjerojatnost.

Emisija C-CO₂ iz tla je od početka vegetacijskog razdoblja (svibanj: 10,77 kg ha⁻¹ dan⁻¹) rasla do lipnja (13,61 kg ha⁻¹ dan⁻¹), kada je bila najviša, a potom se do kraja vegetacijskog razdoblja postepeno smanjivala (srpanj: 10,13 kg ha⁻¹ dan⁻¹; kolovoz: 10,26 kg ha⁻¹ dan⁻¹; rujna: 7,71 kg ha⁻¹ dan⁻¹) te je u listopadu zabilježena najmanja emisija C-CO₂ iz tla (6,04 kg ha⁻¹ dan⁻¹) (Graf 3.4.3.1.). Prosječna mjesečna vrijednost temperature tla je bila najviša u srpnju (39,37 °C), a najmanja u listopadu (13,73 °C), dok se tijekom ostalih mjeseci u vegetacijskom razdoblju nije statistički međusobno značajno razlikovala (svibanj: 25,40 °C; lipanj: 29,53 °C; kolovoz: 27,47 °C; rujna: 30,27 °C). Prosječna mjesečna vlaga tla je bila najviša u svibnju (31,70 %), rujnu (27,39 %) i listopadu (27,48 %), a najmanja u lipnju (15,44 %) i srpnju (18,67 %) (Graf 3.4.3.1.).



Graf 3.4.3.1. Mjesečne vrijednosti fluksa C-CO₂ (LSD = 4,57), vlage (LSD = 5,82) i temperature tla (LSD = 5,28) pod utjecajem hibrida OSSK 596

(Srednje vrijednosti označene različitim slovom su statistički značajne, prema Fisherov LSD test, $p < 0,05$ (SAS 9.4.))

3.4.4. OSSK 515

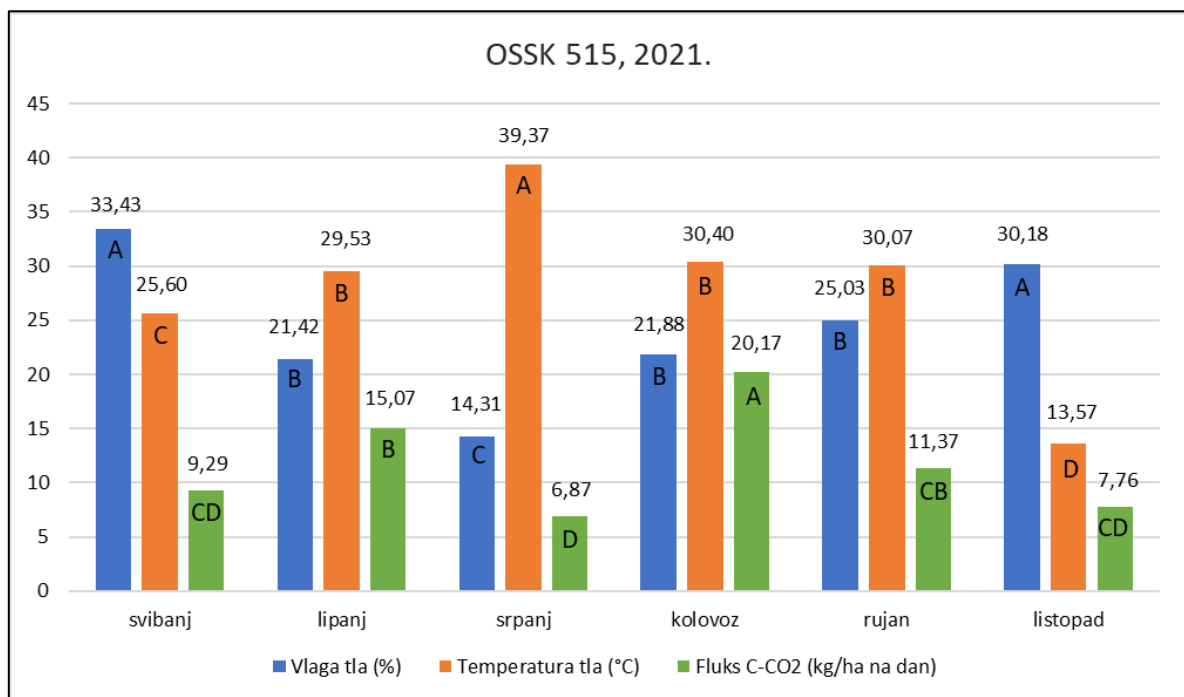
Analizom varijance utvrđeno je da su se pod hibridom OSSK 515 sezonski značajno razlikovale emisije ugljikovog dioksida iz tla te temperatura i vlaga tla (redom $F = 14,91$, $p = 0,0001$; $F = 49,40$, $p = 0,0001$; $F = 25,53$, $p = 0,0001$) (Tablica 3.4.4.1.).

Tablica 3.4.4.1. Analiza varijance za fluks C-CO₂ i agroekološke čimbenike za hibrid OSSK 515

Izvor	df	SS	MS	F-vrijednost	Pr > F
Fluks C-CO ₂					
Model	5	383,95	76,79	14,91	0,0001
Greška	12	61,79	5,15		
Ukupno ispravljeno	17	445,75			
Temperatura tla					
Model	5	1066,85	213,37	49,40	0,0001
Greška	12	51,83	4,32		
Ukupno ispravljeno	17	1118,67			
Vlaga tla					
Model	5	697,02	139,41	25,53	0,0001
Greška	12	65,53	5,46		
Ukupno ispravljeno	17	762,55			

Skraćenice: df: stupnjevi slobode; SS: suma kvadrata; MS: procjenitelj varijance (sredina kvadrata); Pr: vjerojatnost.

Najveća prosječna mjesečna emisija C-CO₂ iz tla pod hibridom OSSK 515 je utvrđena u kolovozu (20,17 kg ha⁻¹ dan⁻¹), a najmanja u srpnju (6,87 kg ha⁻¹ dan⁻¹), listopadu (7,76 kg ha⁻¹ dan⁻¹) i svibnju (9,29 kg ha⁻¹ dan⁻¹) (Graf 3.4.4.1.). Prosječna mjesečna vrijednost temperature tla je bila najviša u srpnju (39,37 °C). Značajno niža temperatura tla je zabilježena u lipnju (29,53 °C), kolovozu (30,40 °C) i rujnu (30,07 °C) čije vrijednosti se nisu međusobno značajno razlikovale. Najmanja prosječna mjesečna temperatura tla pod hibridom OSSK 515 je utvrđena u listopadu (13,57 °C). Prosječna mjesečna vlaga tla smanjivala se od svibnja (33,43 %), preko lipnja (21,42 %) do srpnja kada je zabilježena najmanja prosječna vlaga tla (14,31 %), nakon čega se vlaga tla postupno povećavala tijekom kolovoza (21,88 %) i rujna (25,03 %) do listopada (30,18 %) (Graf 3.4.4.1.).



Graf 3.4.4.1. Mjesečne vrijednosti fluksa C-CO₂ (LSD = 4,04), vlage (LSD = 4,16) i temperature tla (LSD = 3,69) pod utjecajem hibrida OSSK 515

(Srednje vrijednosti označene različitim slovom su statistički značajne, prema Fisherov LSD test, $p < 0,05$ (SAS 9.4.))

3.4.5. Crni ugar

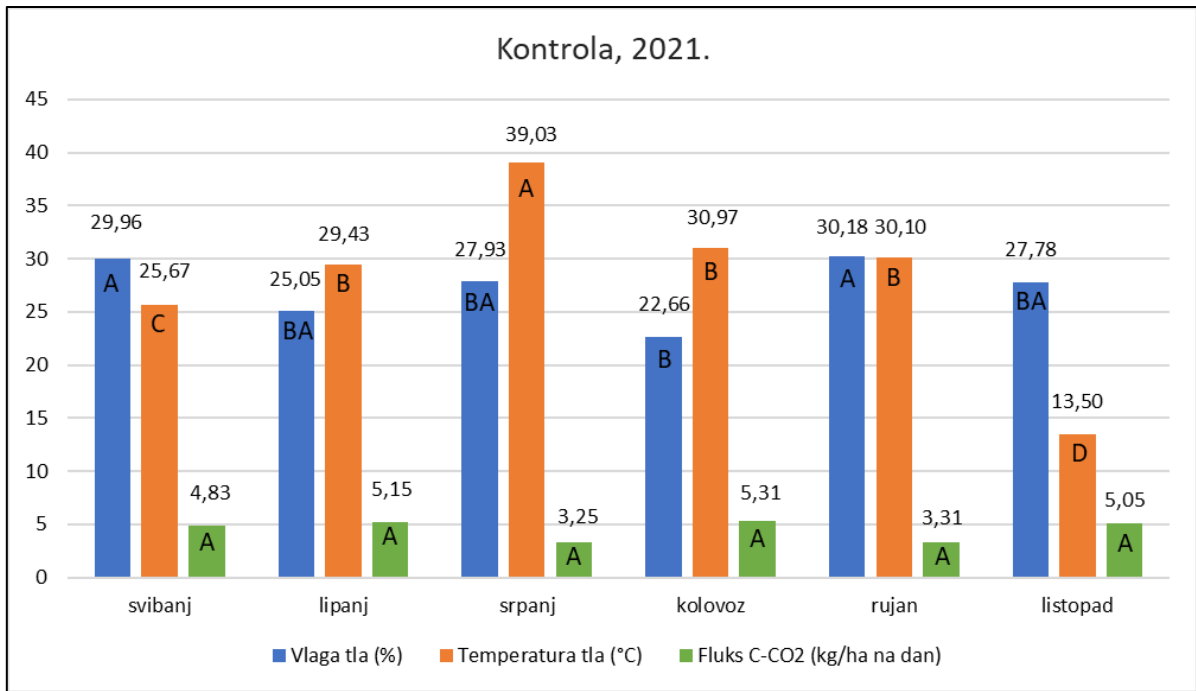
Analizom varijance utvrđeno je da se emisija ugljikovog dioksida iz tla na kontrolnoj varijanti s crnim ugarom (golim tlom) nije značajno razlikovala tijekom vegetacijskog razdoblja ($F = 1,04$, $p = 0,4395$), ali je utvrđena značajna sezonska varijabilnost temperature tla i vlage tla ($F = 54,17$, $p = 0,0001$; $F = 2,67$, $p = 0,0755$) (Tablica 3.4.5.1.).

Tablica 3.4.5.1. Analiza varijance za fluks C-CO₂ i agroekološke čimbenike za kontrolu

Izvor	df	SS	MS	F-vrijednost	Pr > F
Fluks C-CO ₂					
Model	5	13,41	2,68	1,04	0,4395
Greška	12	31,01	2,58		
Ukupno ispravljeno	17	44,41			
Temperatura tla					
Model	5	1057,84	211,57	54,17	0,0001
Greška	12	46,86	3,91		
Ukupno ispravljeno	17	1104,71			
Vlaga tla					
Model	5	127,72	25,54	2,67	0,0755
Greška	12	114,62	9,55		
Ukupno ispravljeno	17	242,33			

Skraćenice: df: stupnjevi slobode; SS: suma kvadrata; MS: procjenitelj varijance (sredina kvadrata); Pr: vjerojatnost.

Srednja mjesečna vrijednost emisije C-CO₂ iz tla na kontrolnoj varijanti se kretala od 3,25 kg ha⁻¹ dan⁻¹ (srpanj) do 5,31 kg ha⁻¹ dan⁻¹ (kolovoz) i nije se značajno razlikovala tijekom cijelog istraživnog vegetacijskog razdoblja (Graf 3.4.5.1.). Prosječna mjesečna vrijednost temperature tla je rasla od početka vegetacijskog razdoblja (svibanj: 25,67 °C), preko lipnja (29,43 °C) do srpnja kada je bila najviša (39,03 °C), a potom se počela smanjivati tijekom kolovoza (30,97 °C) i rujna (30,10 °C) do listopada (13,50 °C) kada je zabilježena najmanja temperatura tla. Sadržaj vlage u tlu međusobno se značajno razlikovao između istraživanih mjeseci vegetacijskog razdoblja, u kolovozu je zabilježena najmanja vlaga tla (22,66 %) na varijanti bez vegetacijskog pokrova.



Graf 3.4.5.1. Mjesečne vrijednosti fluksa C-CO₂ (LSD = 2,86), vlage (LSD = 5,49) i temperature tla (LSD = 3,52) pod utjecajem kontrole

(Srednje vrijednosti označene različitim slovom su statistički značajne, prema Fisherov LSD test, $p < 0,05$ (SAS 9.4.))

3.5. Godišnje vrijednosti emisije C-CO₂ iz tla i agroekoloških čimbenika

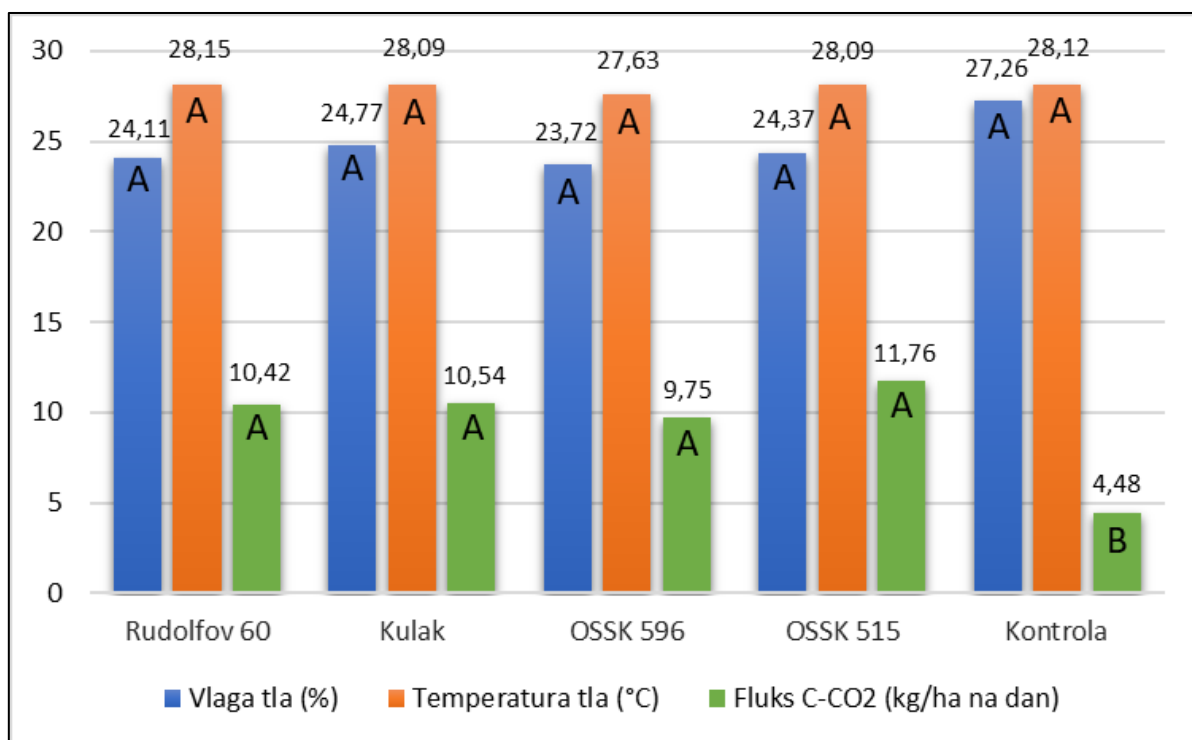
Analizom varijance godišnjih vrijednosti istraživanih parametara utvrđena je značajna razlika u emisiji ugljikovog dioksida iz tla ($F = 12,12$, $p = 0,0001$) između istraživanih varijanata pokusa, te nije utvrđena značajna razlika u godišnjim vrijednostima agroekoloških čimbenika tla odnosno temperature i vlage tla ($F = 0,01$, $p = 0,9997$; $F = 1,19$, $p = 0,3199$) (Tablica 3.5.1.).

Tablica 3.5.1. Analiza varijance za ukupno disanje tla i agroekološke čimbenike ovisno o varijanti

Izvor	df	SS	MS	F-vrijednost	Pr > F
Fluks C-CO ₂					
Model	4	580,02	145,01	12,12	0,0001
Greška	85	1017,35	11,97		
Ukupno ispravljeno	89	1597,38			
Temperatura tla					
Model	4	3,43	0,86	0,01	0,9997
Greška	85	5535,42	65,12		
Ukupno ispravljeno	89	5538,84			
Vlaga tla					
Model	4	142,21	35,55	1,19	0,3199
Greška	85	2533,57	29,81		
Ukupno ispravljeno	89	2675,78			

Skraćenice: df: stupnjevi slobode; SS: suma kvadrata; MS: procjenitelj varijance (sredina kvadrata); Pr: vjerojatnost

Prosječna godišnja emisija C-CO₂ iz tla bila je značajno viša na varijantama s vegetacijskim pokrovom u odnosu na kontrolnu varijantu odnosno varijantu bez vegetacijskog pokrova (4,48 kg ha⁻¹ dan⁻¹). Prosječna godišnja emisija C-CO₂ iz tla na varijantama s različitim hibridima kukuruza nije se međusobno značajno razlikovala (OSSK 515: 11,76 kg ha⁻¹ dan⁻¹; Kulak: 10,54 kg ha⁻¹ dan⁻¹; Rudolfov 60: 10,42 kg ha⁻¹ dan⁻¹; OSSK 596: 9,75 kg ha⁻¹ dan⁻¹) (Graf 3.5.1.). Srednje godišnje vrijednosti temperature tla varirale su od 27,63 °C do 28,15 °C, a vlaga tla od 23,72 % do 24,77 % ovisno o istraživanom hibridu kukuruza (Graf 3.5.1.).

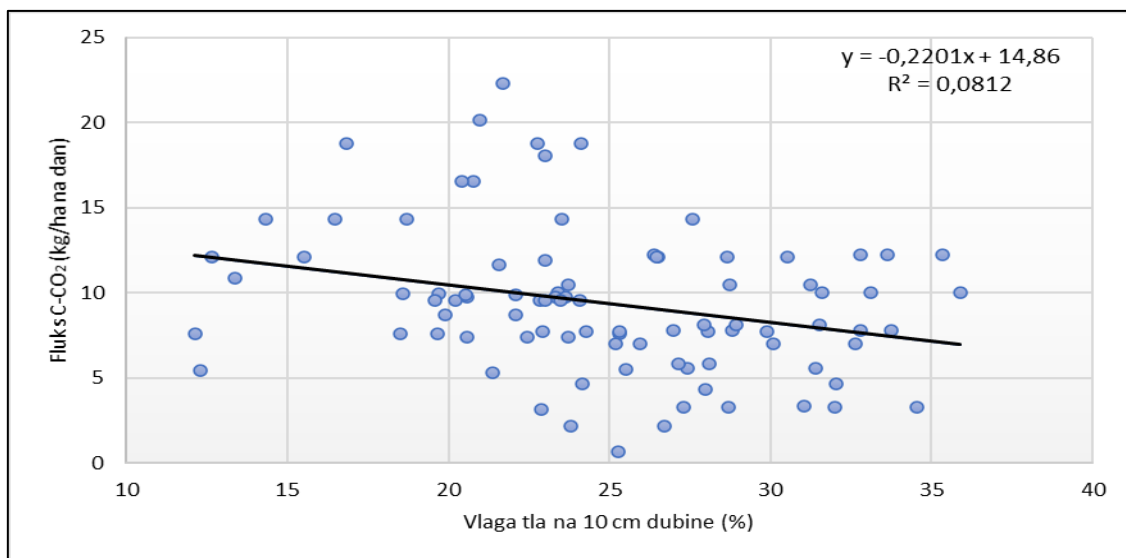


Graf 3.5.1. Godišnje vrijednosti fluksa C-CO₂ (LSD = 2,29), temperature (LSD = 5,35) i vlage tla (LSD = 3,62) pod utjecajem korištenih varijantama (2021.)

(Srednje vrijednosti označene različitim slovom su statistički značajne, prema Fisherov LSD test, $p < 0,05$ (SAS 9.4.))

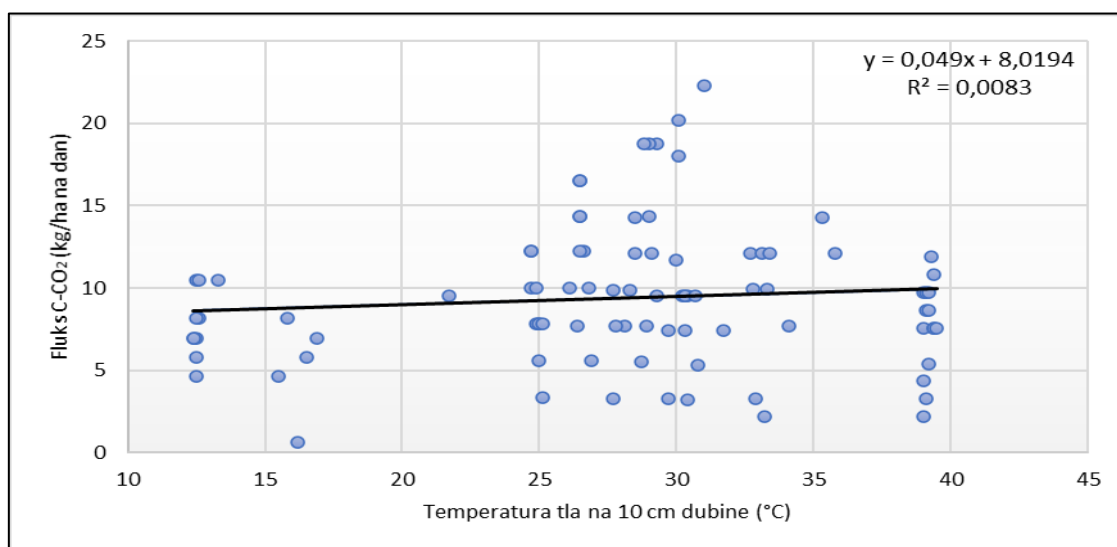
3.6. Ovisnost fluksa C-CO₂ o agroekološkim uvjetima

Na Grafovima 3.6.1. i 3.6.2. vidljiva je ovisnost fluksa C-CO₂ o temperaturi i vlazi tla na 10 cm dubine za sva mjesečna mjerenja i sve istraživane varijante pokusa. Rezultati istraživanja ukazuju da postoji slaba negativna linearna korelacija ($r = -0,28$) između emisije C-CO₂ iz tla i vlage tla ($p < 0,05$). Prema vrijednostima koeficijenta determinacije (R^2), 8 % emisije C-CO₂ iz tla ovisi o vlazi tla. Što znači da smanjenjem vlage tla za 1 % dolazi do smanjenja emisije CO₂ za 0,22 kg/ha na dan.



Graf 3.6.1. Korelacija fluksa C-CO₂ i vlage tla na 10 cm dubine (2021.) (SAS 9.4.)

Koeficijent korelacije ispitanih varijabli emisije C-CO₂ iz tla prema temperaturi tla pokazuje da nema korelacije te da nije statistički značajan ($r = 0,09$, $p > 0,05$). Linearni model implicira da nema značajnog odnosa između emisije CO₂ i temperature tla, $R^2 = 0,0083$, $p > 0,05$.



Graf 3.6.2. Korelacija fluksa C-CO₂ i temperature tla na 10 cm dubine (2021.) (SAS 9.4.)

3.7. Rasprava

Srednja godišnja temperatura zraka za 2021. godinu bila je 12 °C što je 0,3 °C više od srednje godišnje temperature zraka razdoblja 1991. – 2018. Srednje temperature zraka za ljetu i zimu bile su više u usporedbi s 28-godišnjem razdobljem, s ljetom od 1,4 °C i zime od 1,9 °C. Srednje mjesečne temperature zraka počele su rasti od najhladnijeg mjeseca (siječanj) sve do najtoplijeg (srpanj) mjeseca godine, a temperature počinju padati od sredine ljeta pa sve do prosinca. Srednja vrijednost za vegetacijsko razdoblje (travanj – rujanj) 2021. iznosila je 18,6 °C, isto kao i za 28-godišnje razdoblje. Bez obzira na to što su srednje mjesečne temperature zraka za ljetu bile više za 1,4 °C u usporedbi s razdobljem 1991. – 2018., ukupne srednje mjesečne temperature zraka za proljeće i ljetu nisu pokazale razliku vrijednosti s vegetacijskim periodom 28-godišnjeg razdoblja.

Srednja godišnja količina oborine 2021. godine iznosila je 697,8 mm što je 2 % manje u usporedbi s 28-godišnjim razdobljem. Uočen je manjak oborine za proljeće, ljetu i jesen (od 8 % do 16 %), a zabilježen je porast od 28 % u zimskom razdoblju u usporedbi s podacima dobivenih kod Bilandžija i Martinčić (2020.). Prema Langovom kišnom faktoru, klima istraživanog područja je okarakterizirana kao semiaridna (polusuha) za razliku od 28-godišnjeg razdoblja koje je okarakterizirano kao semihumidno (poluvlažno) što ukazuje da je 2021. godina bila suhija od prosjeka. Prema mjesečnim vrijednostima u 2021., veljača, lipanj i rujanj su bili suši, a travanj, srpanj, kolovoz i listopad vlažniji. Proračun bilance vode u tlu tijekom 2021. godine pokazuje da je stvarna evaporacija 90 mm manja od vrijednosti 28-godišnjeg razdoblja. Drugim riječima, evapotranspiracija se smanjila za 15 %.

S obzirom na promjenu godišnjih doba, vrijednosti disanja tla se mijenjaju i pokazuju ovisnost o meteorološkim uvjetima i vrsti usjeva (Galić i sur. 2019.). Raspon srednjih mjesečnih vrijednosti ($n = 3$) disanja tla na varijanti bez vegetacijskog pokrova kretao se od 3,3 kg ha⁻¹ dan⁻¹ (srpanj 2021.) do 5,3 kg ha⁻¹ dan⁻¹ (kolovoz 2021.), a na varijantama pod različitim hibridima kukuruza od 6,0 kg ha⁻¹ dan⁻¹ (listopad 2021.) do 20,2 kg ha⁻¹ dan⁻¹ (kolovoz 2021.). Disanje tla je obično najveće ljeti, a smanjuje se prema hladnijim mjesecima te je najmanje tijekom zime (Bilandžija i sur. 2016.). Najveća prosječna mjesečna vrijednost disanja tla svih istraživanih varijanata pokusa zabilježena je tijekom lipnja 2021. (12,8 kg ha⁻¹ dan⁻¹), a najmanja tijekom listopada 2021. (7,1 kg ha⁻¹ dan⁻¹). Takve vrijednosti impliciraju da sezona i prisutnost vegetacije imaju značajan utjecaj na disanje tla. Slične podatke su utvrdili u svom istraživanju Ussiri i Lal (2009.) gdje su najmanje dnevne vrijednosti disanja tla uočene u prosincu, a najveće u srpnju. Isto tako, prema istraživanju Sosulski i sur. (2020.) u središnjoj Poljskoj, zabilježen je porast vrijednosti disanja tla pod uzgojem kukuruza od početka istraživanja (travanj) do sredine lipnja (u fazi osam listova), nakon čega dolazi do smanjenja disanja tla od srpnja sve do kraja sezone uzgoja kukuruza odnosno do rujna gdje su zabilježene najmanje vrijednosti C-CO₂ iz tla. Najveće disanje tla zabilježeno je u lipnju, a popraćeno je niskom količinom vlage u tlu (19,7 %) i relativno visokim temperaturama tla (29,5 °C). U srpnju

2021. su zabilježene najviše temperature tla (prosječna vrijednost 39,2 °C) i relativno niska vlaga tla (prosječna vrijednost 21,2 %) te je disanje tla bila značajno manje (7,7 kg ha⁻¹ dan⁻¹). U listopadu je zabilježena najmanja prosječna vrijednost disanja tla (7,1 kg ha⁻¹ dan⁻¹). Niski stupanj disanja tla tijekom listopada može biti uzrokovana niskom temperaturom tla koja prema Ussiri i Lal (2009.) ujedno djeluje na smanjenu biološku aktivnost tla. Utvrđeni rezultati su u skladu s istraživanjem Bilandžija (2015.) koja je utvrdila da tijekom proljeća, temperatura i količina vode u tlu nisu ograničavajući čimbenici disanja tla što rezultira boljim rastom usjeva i većim disanjem tla, dok ljeti količina vode u tlu postaje ograničavajući čimbenik, a zimi niske temperature smanjuju rast usjeva, biološku aktivnost, a samim time i ukupno disanje tla. Sukladno navedenom, uočen je vegetacijski vrhunac u lipnju (17.06.2021.) zbog povoljnih agroklimatskih uvjeta koji doprinose aktivnom porastu vegetacije, a koje je u skladu s literaturnim podacima Galić i sur. (2020.) gdje je zabilježen vegetacijski vrhunac kod uzgoja kukuruza u lipnju, u fazi u kojoj se nodalno korijenje uspostavlja u najnižim, podzemnim čvorovima biljke. Sezonska promjena disanja tla prema Wang i sur. (2019.) tijekom vegetacije ozime pšenice i soje u jugoistočnoj Kini pokazuje povećanje, a zatim pad vrijednosti disanja tla s porastom usjeva. U navedenom istraživanju, u ranoj fazi rasta usjeva (s manjom biomasom i pokrovnosti tla) je disanje tla bilo relativno nisko, a nakon toga biomasa usjeva se postupno povećala, čime je došlo do porasta disanja tla pod uzgojenim usjevima. Zabilježena je značajna razlika u disanju tla između različitih hibrida kukuruza u svibnju, lipnju, srpnju, kolovozu i rujnu. Nadalje, uočena je veća varijabilnost disanja tla tijekom razdoblja istraživanja za stare hibride kukuruza OSSK 596 i OSSK 515 u odnosu na nove hibride Rudolfov 60 i Kulak, dok za kontrolnu varijantu bez vegetacijskog pokrova nije zabilježena sezonska varijabilnost disanja tla. Navedeno je u skladu s podacima prema Galić i sur. (2019.) te Schlesinger i Andrews (2000.) gdje je utvrđeno da je disanje tla usko povezana s rastom biljke. Rudolfov 60, Kulak kao i OSSK 596 su najviši stupanj disanja tla imali tijekom lipnja, a hibrid OSSK 515 tijekom kolovoza. Razlika u kretanju vrijednosti C-CO₂ iz tla je vjerojatno i zbog različitih morfoloških karakteristika uzgajanih hibrida kukuruza što potvrđuju Bilandžija i sur. (2021.) gdje različite stope disanja tla između ječma i pšenice može biti objašnjeno visinom i gustoćom biljke.

Utjecaj hibrida na sezonsku varijabilnost temperature i vlage tla je uočen samo tijekom lipnja i srpnja 2021. dok u ostalim istraživanim mjesecima različiti hibridi kukuruza nisu imali značajan utjecaj na navedene agroklimatske čimbenike. Vlažnost i temperatura tla su najutjecajnije čimbenici u formiranju i disanju tla, jer oba čimbenika utječu na rast usjeva i aktivnost mikroorganizama (Carbonell-Bojollo i sur. 2019.). Najveća prosječna temperatura tla svih istraživanih varijanata zabilježena je u srpnju, a najmanja u listopadu. Prosječne mjesečne temperature tla pod hibridom Rudolfov 60 kretale su se u rasponu 14,27 – 39,03 °C, za Kulak 13,83 – 39,17 °C, za OSSK 596 13,73 – 39,37 °C, za OSSK 515 13,57 – 39,37 °C i za kontrolu 13,50 – 39,03 °C. Prosječna mjesečna vlaga tla pod hibridom Rudolfov 60 kretala se u rasponu 18,04 – 30,11 %, za Kulak 18,74 – 29,82 %, za OSSK 596 15,44 – 31,70 %, za OSSK 515 14,31 – 33,43 % i za kontrolu 22,66 – 30,18 %. Nadalje, prosječne mjesečne vrijednosti disanja tla pod hibridima Rudolfov 60, Kulak, OSSK 596 i OSSK 515 kretale su se redom 8,54 – 15,08 kg ha⁻¹

dan⁻¹, 7,76 – 15,08 kg ha⁻¹ dan⁻¹, 6,04 – 13,61 kg ha⁻¹ dan⁻¹ i 6,87 – 20,18 kg ha⁻¹ dan⁻¹, te na kontrolnoj varijanti 3,25 – 5,31 kg ha⁻¹ dan⁻¹. Povećanje temperature tla pridonosi većoj stopi disanja, jer stimulira rast biljaka i mikrobiološku aktivnost tla koja je tijekom zime bila u mirovanju, pri čemu je vrlo važan čimbenik također sadržaj vlage tlu (Bilandžija i sur. 2021.). Nadalje, povećana temperatura tla prema Mohammed i sur. (2022.) može potaknuti povećanu emisiju CO₂, i to uglavnom ubrzanjem razgradnje biljnih ostataka i povećanjem disanja korijena i mikroorganizma, ali isto tako promjene sadržaja vlage u tlu potaknute oborinama i navodnjavanjem mogu izmijeniti emisiju CO₂ iz tla. Vlažnost tla je ključna za osiguravanje supstrata za mikroorganizme u tlu, a također može utjecati na difuziju plina.

Iako su utvrđene značajne razlike u sezonskom disanju tla između istraživanih hibrida kukuruza, na godišnjoj razini nije utvrđena razlika u stupnju disanja tla, kao ni agroklimatskih čimbenika. Godišnji raspon prosječne mjesečne temperature tla i vlažnosti tla varira između 27,63 – 28,15 °C i 23,72 – 24,77 % ovisno o hibridu kukuruza, dok prosječne godišnje vrijednosti disanja tla su u rasponu od 9,75 do 11,76 kg ha⁻¹ dan⁻¹. Dobivene vrijednosti su različite od onih dobivenih prema Sosulski i sur. (2020.) u središnjoj Poljskoj gdje se tijekom vegetacije kukuruza vrijednost C-CO₂ iz tla kretala između 8,8 – 45,8 kg ha⁻¹ dan⁻¹, a najmanja dnevna vrijednost je uočena u razdoblju nakon berbe (4,9 kg C-CO₂ ha⁻¹ dan⁻¹). Dok, prema istraživanju Francioni i sur. (2020.) utvrđeno je da je respiracija tla pod uzgojem alfalfe (lucerne) veća u odnosu na žitarice. Na mjestu istraživanja u središnjoj Italiji utvrdili su godišnju vrijednost disanja tla od 8,97 i 7,43 t C ha⁻¹ god⁻¹ pod lucernom te 4,67 i 5,22 t C ha⁻¹ god⁻¹ pod pšenicom. Prosječne godišnje vrijednosti ($n = 90$) agroklimatskih čimbenika iznose 27,99 °C za temperaturu tla i 24,24 % za vlagu tla za različite hibride kukuruza te 28,12 °C za temperaturu tla i 27,26 % za vlagu tla na kontrolnoj varijanti bez vegetacijskog pokrova. U 2021., tijekom vegetacije kukuruza, značajna razlika u godišnjoj razini disanja tla je utvrđena samo između kontrolne varijante i ostalih istraživanih varijanta pokusa. Godišnja vrijednost disanja tla se ne razlikuje značajno između istraživanih hibrida kukuruza. Značajno veće disanje tla na varijantama s različitim hibridima kukuruza je uzrokovano disanjem korijena biljke i većom mikrobiološkom aktivnošću tla. Dok primjerice prema Carbonell-Bojollo i sur. (2019.) povećanje disanja tla je rezultat snažnih oborina tijekom vegetacijskog razdoblja gdje u prvoj sezoni istraživanja pod pšenicom je zapisana najveća vrijednost disanja tla zbog visoke količine vlage u tlu. Istraživanje prema Bilandžija i sur. (2016.) pokazuje da kukuruz ima 40,50 % nižu vrijednost disanja tla u usporedbi s ozimom pšenicom uslijed veće gustoće sklopa što rezultira većom biološkom aktivnošću kod uzgoja pšenice. Srednja godišnja vrijednost disanja tla na varijantama s vegetacijom je iznosila 10,62 kg ha⁻¹ dan⁻¹. No, utvrđena srednja godišnja vrijednost disanja tla je manja u odnosu na vrijednost (19,40 kg ha⁻¹ dan⁻¹) koju su dobili Ussiri i Lal (2009.) tijekom uzgoja kukuruza u Ohiju te je ujedno manja vrijednost (17,10 kg ha⁻¹ dan⁻¹) utvrđene u istraživanju Galić i sur. (2020.) tijekom uzgoja kukuruza u Daruvaru gdje je tlo klasificirano kao duboki distrični pseudoglej, a navedene razlike u godišnjim vrijednostima su vjerojatno uzrokovane različitim agroekološkim uvjetima. Važnost klimatskih uvjeta u procesima disanja tla potvrđuje Mohammed i sur. (2022.) gdje su se vrijednosti disanja tla,

mjerenih na polju kukuruza koja se nalaze na dva istraživana područja (Mađarska i Iran), značajno razlikovala ($p < 0,05$). Drugim riječima, stopa disanja tla je bila veća u semiaridnom području (Iran) u usporedbi s područjem Mađarske. Prosječna godišnja vrijednost disanja tla za istraživane hibride je značajno niža u odnosu na godišnju vrijednost disanja tla pod crnim ugarom, koja je 2,4 puta niža u odnosu na prosječno disanje tla varijantata s kukuruzom. Navedeno je u skladu s literaturnim podacima prema Bilandžija i sur. (2016.) gdje je vrijednost disanja tla pod tretmanom s crnim ugarom (kontrolnom varijantom) bio 2,5 puta niži u usporedbi s vrijednostima disanja tla kod tretmanima s usjevom. Isti podatci su također u skladu s Rastogi i sur. (2002.) gdje se potvrđuje da prisutnost usjeva utječe na disanje tla i da je ona 2 do 3 puta veća u usporedbi s tlom bez usjeva. Nadalje, iste podatke su dobili Bilandžija i sur. (2021.) gdje je stupanj disanja tla pod ječmom u prosjeku 2,2 puta veći, a pod pšenicom 2,4 puta veći u usporedbi s golim tlom. Uočeno je da prisutnost kukuruza ne mijenja značajno temperaturu i vlažnost tla što je u skladu s podacima Bilandžija i sur. (2021.). Prisutnost vegetacije utječe na stupanj disanja tla i to prvenstveno procesom disanja korijenovog sustava.

Između ispitanih varijabli disanja tla i vlage tla postoji slaba negativna linearna korelacijska povezanost ($r = -0,28$), a koeficijent korelacije je statistički značajan ($p < 0,05$). Koeficijent korelacije ispitanih varijabli disanja tla prema temperaturi tla pokazuje da nema korelacije i da nije statistički značajan ($r = 0,09$, $p > 0,05$). No, u istraživanju Bilandžija i sur. (2014.) utvrđena je srednja pozitivna korelacija između prosječne količine disanja tla i temperature tla na 10 cm dubine ($r = 0,42$), te nije utvrđena korelacija s vlagom tla na istoj dubini ($r = 0,08$). Nadalje, drugim istraživanjima su utvrđene negativne korelacije između disanja tla i vlage tla. U istraživanju prema Bilandžiji i sur. (2021.) zabilježena je pozitivna korelacija emisije CO₂ i temperature tla ($R^2 = 0,0195$) te negativna korelacija s vlagom tla ($R^2 = 0,1011$). Također, prema istraživanju Sosulski i sur. (2021.) utvrđena je pozitivna korelacija disanja tla i temperature tla te negativna korelacija između disanja tla i vlage tla tijekom uzgoja raži u Poljskoj. No, u drugom istraživanju prema Sosulski i sur. (2020.) utvrđene su pozitivne korelacije disanja tla s temperaturom zraka i vlagom tla ($r = 0,52$; $r = 0,36$) gdje se može objasniti 30 % i 16 % varijacije disanja tla tijekom uzgoja kukuruza u Mikanówu (središnja Poljska).

4. Zaključak

U ovom istraživanju, provedenom u istočnopanonskoj podregiji Hrvatske tijekom 2021. godine koja je bila suhija i toplija u usporedbi s višegodišnjim razdobljem 1991. – 2018., utvrđeno je sljedeće:

- 1.) Za sve istraživane hibride kukuruza (Rudolfov 60, Kulak, OSSK 596 i OSSK 515) utvrđena je značajna sezonska varijabilnost disanja tla, temperature tla i vlage tla na 10 cm dubine;
- 2.) Na kontrolnoj varijanti bez vegetacijskog pokrova utvrđena je značajna sezonska varijabilnost temperature i vlage tla na 10 cm dubine, ali nije utvrđena značajna sezonska varijabilnost disanja tla;
- 3.) Disanje tla se između različitih hibrida kukuruza nije značajno razlikovalo tijekom svibnja, lipnja i listopada, dok su značajne razlike u disanju tla utvrđene između pojedinih hibrida kukuruza tijekom srpnja, kolovoza i rujna;
- 4.) Temperatura tla na 10 cm dubine se nije značajno razlikovala između različitih hibrida kukuruza tijekom svibnja, lipnja, kolovoza, rujna i listopada, dok su značajne razlike u temperaturi tla utvrđene između pojedinih hibrida kukuruza samo u srpnju;
- 5.) Vlaga tla na 10 cm dubine se nije značajno razlikovala između pojedinih hibrida kukuruza tijekom svibnja, kolovoza, rujna i listopada, a značajne razlike su u vlazi tla su utvrđene između pojedinih hibrida kukuruza tijekom lipnja i srpnja;
- 6.) Prosječne godišnje vrijednosti temperature i vlage tla se nisu značajno razlikovale između promatranih varijanata pokusa;
- 7.) Prosječna godišnja vrijednost disanja tla bila je značajno viša na varijantama s različitim hibridima kukuruza (u prosjeku $10,62 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dan}^{-1}$) u odnosu na crni ugar ($4,48 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dan}^{-1}$);
- 8.) Prosječna godišnja vrijednost disanja tla različitih hibrida kukuruza se nije međusobno značajno razlikovala (Rudolfov 60: $10,42 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dan}^{-1}$; Kulak: $10,54 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dan}^{-1}$; OSSK 596: $9,75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dan}^{-1}$; OSSK 515: $11,76 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dan}^{-1}$);
- 9.) Između disanja tla i vlage tla utvrđena je slaba negativna linearna korelacija ($r = -0,28$), a između disanja tla i temperature tla nije utvrđena korelacija ($r = 0,09$).

S obzirom na to da disanje tla ne ovisi samo o čimbenicima promatranim u ovom istraživanju, vrlo je važno u budućnosti istražiti i utjecaj drugih agroekoloških čimbenika i agrotehničkih zahvata na disanje tla kako bi se primjenom odgovarajućih strategija smanjio stupanj disanja tla i doprinijelo ublažavanju klimatskih promjena.

5. Literatura

1. Bilandžija D. (2015). Emisija ugljikovog dioksida pri različitim načinima obrade tla. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb, Hrvatska, str. 145.
2. Bilandžija D., Martinčić S. (2020). Agroclimatic conditions of the Osijek area during referent (1961–1990) and recent (1991–2018) climate periods. *Hrvatski Meteorološki Časopis*. 54/55(54/55):55-64. <https://doi.org/10.37982/hmc.54.55.1.5> [online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009281916300551> - pristup 07.08.2022.
3. Bilandžija D., Zgorelec Ž., Bilandžija N., Zdunić Z., Krička, T. (2021). Contribution of Winter Wheat and Barley Cultivars to Climate Change via Soil Respiration in Continental Croatia. *Agronomy*. 11(11):2127. doi:10.3390/agronomy11112127 [online] <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/11/2127> - pristup 06.07.2022.
4. Bilandžija D., Zgorelec Ž., Kisić I. (2016). Influence of Tillage Practices and Crop Type on Soil CO₂ Emissions. *Sustainability*. 8(1):90. doi:10.3390/su8010090 [online] <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/1/90> - pristup 06.07.2022.
5. Carbonell-Bojollo R., Veroz-Gonzalez O., Ordoñez-Fernandez R., Moreno-Garcia M., Basch G., Kassam A., Repullo-Ruiberriz de Torres M. A., Gonzalez-Sanchez E. J. (2019). The Effect of Conservation Agriculture and Environmental Factors on CO₂ Emissions in a Rainfed Crop Rotation. *Sustainability*. 11(14):3955. <https://doi.org/10.3390/su11143955> [online] – <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/14/3955> – pristup 19.06.2023.
6. Eyring V., Gillett N.P., Achuta Rao K. M., Barimalala R., Barreiro Parrillo M., Bellouin N., Cassou C., Durack P.J., Kosaka Y., McGregor S., Min S., Morgenstern O., Sun Y. (2021). Human Influence on the Climate System. U: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (ur. Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S. L., Péan C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M. I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J. B. R., Maycock T. K., Waterfield T., Yelekçi O., Yu R., Zhou B.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, New York, NY, USA. str. 423-552. doi:10.1017/9781009157896.005 [online] https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter03.pdf - pristup 29.06.2022.
7. FAO (2020). *Climate change: Unpacking the burden on food safety. Food safety and quality series*. 8. Rome. <https://www.fao.org/3/ca8185en/CA8185EN.pdf> – pristup 29.06.2022.
8. Ferina J. (2014). Evapotranspiracija i zaliha vode u tlu. Zbornik radova 3. agrometeorološke radionice AGROMETEOROLOGIJA U SLUŽBI KORISNIKA Zaštita okoliša i šumski požari, Hrvatsko agrometeorološko društvo, 24.03.2014., Dubrovnik, Hrvatska, str. 18.

9. Francioni M., Lai R., D'Ottavio P., Trozzo L., Kishimoto-Mo A.W., Budimir K., Baldoni N., Toderi M. (2020). Soil respiration dynamics in forage-based and cereal-based cropping systems in central Italy. *Scientia Agricola*. 77(3):10. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0096> [online] – <https://www.researchgate.net/publication/335715978> Soil respiration dynamics in forage-based and cereal-based cropping systems in central Italy – pristup 19.06.2023.
10. Galić M., Bilandžija D., Mesić M., Perčin A., Zgorelec Ž. (2020). Seasonal variability of soil respiration during maize vegetation. *Zbornik radova 55. hrvatskog i 15. međunarodnog simpozija agronoma, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, 16.-21.02.2020., Vodice, Hrvatska, str. 38-43.*
11. Galić M., Zgorelec Z., Bilandžija D. (2019). Soil carbon dioxide emissions in winter wheat vegetation influenced by agro-ecological factors and fertilization. 12th International scientific/proffesional conference, Agriculture in nature and environment protection, 27.-29.05.2019., Osijek, Hrvatska, str. 181–187.
12. IPCC (2018). Global Warming of 1.5 °C: An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development and efforts to eradicate poverty (ur. Masson-Delmotte V., Zhai P., Pörtner H. O., Roberts D., Skea J., Shukla P. R., Pirani A., Moufouma-Okia W., Péan C., Pidcock R., Connors S., Matthews J. B. R., Chen Y., Zhou Y., Gomis M. I., Lonnoy E., Maycock T., Tignor M., Waterfield T.). In press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf - pristup 29.06.2022.
13. IPCC (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. (ur. Shukla P. R., Skea J., Calvo Buendia E., Masson-Delmotte V., Pörtner H.-O., Roberts D. C., Zhai P., Slade R., Connors S., van Diemen R., Ferrat M., Haughey E., Luz S., Neogi S., Pathak M., Petzold J., Portugal Pereira J., Vyas P., Huntley E., Kissick K., Belkacemi M., Malley J.). In press. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled-191128.pdf> - pristup 29.06.2022.
14. Lal R. (2010). Managing soils and ecosystems for mitigating anthropogenic carbon emissions and advancing global food security. *Bioscience*. 60:708–721. doi:10.1525/bio.2010.60.9.8 [online] <https://www.researchgate.net/publication/232673657> Managing Soils and Ecosystems for Mitigating Anthropogenic Carbon Emissions and Advancing Global Food Security - pristup 09.07.2022.
15. Ministarstvo poljoprivrede (2021). Godišnje izvješće o stanju poljoprivrede u 2020. godini. (ur. Majdak T.). Zagreb, Hrvatska: Ministarstvo poljoprivrede, Uprava za poljoprivrednu politiku, EU i međunarodnu suradnju.

- https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/poljoprivredna_politika/zele_no_izvjesce/2021_12_15_Zeleno2020_isp.pdf - pristup 09.07.2022.
16. Mohammed S., Mirzaei M., Törő A. P., Anari M. G., Moghiseh E., Asadi H., Szabó S., Kakuszi-Széles A., Harsányi E. (2022). Soil carbon dioxide emissions from maize (*Zea mays* L.) fields as influenced by tillage management and climate. *Irrigation and Drainage*. 71(1):1-13. doi:10.1002/ird.2633 [online] – https://www.researchgate.net/publication/353879662_Soil_carbon_dioxide_emissions_from_maize_Zea_mays_L_fields_as_influenced_by_tillage_management_and_climate – pristup 19.06.2023.
 17. Oertel C., Matschullant J., Zurba K., Zurba K., Zimmermann F., Erasmi S. (2016). Greenhouse gas emissions from soils - A review. *Geochemistry*. 76(3):327-352. doi.org/10.1016/j.chemer.2016.04.002. [online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009281916300551> - pristup 08.07.2022.
 18. Poljoprivredni institut Osijek (2021). Katalog – kukuruz, soja, suncokret, lucerna, jari grašak, jari ječam. PIO: Osijek, Hrvatska. <https://www.poljinos.hr/proizvodi-usluge/kukuruz/> - pristup 08.08.2022.
 19. Rastogi M., Singh S., Pathak H. (2002). Emission of carbon dioxide from soil. *Current Science*. 82(5):510–517. [online] <https://www.currentscience.ac.in/Volumes/82/05/0510.pdf> - pristup 02.04.2023.
 20. SAS Institute. SAS 9.4. Help and Documentation: Cary, NC, USA, 2012–2018.
 21. Schlesinger W. H., Andrews J. A. (2000). Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*. 48(1):7–20. doi:10.1023/A%3A1006247623877 [online] https://www.researchgate.net/publication/304425234_Soil_respiration_and_the_global_carbon_cycle - pristup 02.04.2023.
 22. Sosulski T., Szymańska M., Szara E. (2020). CO₂ Emissions from Soil Under Fodder Maize Cultivation. *Agronomy*. 10(8). 1087. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081087> [online] – <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/8/1087> – pristup 17.06.2023.
 23. Sosulski T., Szymańska M., Szara E., Sulewski P. (2021). Soil Respiration under 90 Year-Old Rye Monoculture and Crop Rotation in the Climate Conditions of Central Poland. *Agronomy*. 11(1):21. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010021>. [online] https://www.researchgate.net/publication/347954846_Soil_Respiration_under_90_Ye-ar-Old_Rye_Monoculture_and_Crop_Rotation_in_the_Climate_Conditions_of_Central_Poland - pristup 02.04.2023.
 24. Švedek I., Delija-Ružić V., Jelavić V., Kos R., Marković B., Glückselig B., Radoš D., Stankić I., Hima S., Hublin A., Česnik Katulić M., Poljanac M., Obučina T., Glušac T., Salajpal K. (2021). Izvješće o inventaru stakleničkih plinova na području Republike Hrvatske za razdoblje 1990. – 2019 (NIR 2021). EKONERG, Institut za energetku i zaštitu okoliša, Zagreb. https://www.haop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/012_klima/dostava_podata/Izvjesca/Hrvatski%20NIR%202021.pdf – pristup 29.06.2022.

25. Ussiri D.A.N., Lal R. (2009). Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continuous corn cropping system from an alfisol in Ohio. *Soil and Tillage Research*. 104(1):39–47. doi:10.1016/j.still.2008.11.008 [online] <https://www.researchgate.net/publication/223682803> Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in conti conti corn cropping system from an alfisol in Ohio - pristup 02.04.2023.
26. Vasilj Đ. (2000). *Biometrika i eksperimentiranje u bilinogojstvu*. Hrvatsko agronomsko društvo. Zagreb, Hrvatska. str. 320.
27. Wang Y., Hu Z., Islam A. R. M. T., Chen S., Shang D., Xue Y. (2019). Effect of Warming and Elevated O₃ Concentration on CO₂ Emissions in a Wheat-Soybean Rotation Cropland. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 16(10):1755. doi: 10.3390/ijerph16101755 [online] – <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6571970/> – pristup 19.06.2023.

Životopis

Anita Lucia Tupek rođena je 09. rujna 1998. godine u Torontu, Kanada. Osnovnu školu je završila u Gornjoj Stubici. Upisala je srednju školu u Sesvetama 2013. godine, u Gimnaziji Sesvete, koju je završila 2017. godine. Nakon srednje škole, 2017. godine upisala je preddiplomski studij na Agronomskom fakultetu u Zagrebu, smjer Hortikultura. Završni rad naziva Gljive iz roda *Tricholoma* uzročnici gastrointestinalnog sindroma trovanja obranila je 2020. godine i time je završila i stekla zvanje sveučilišne prvostupnice inženjerke Hortikulture. Od rujna 2020. upisala je diplomski studij na Agronomskom fakultetu u Zagrebu, smjer Mikrobna biotehnologija u poljoprivredi. Stručnu praksu je odradila na Institutu Ruđer Boškovića u Laboratoriju za biološku raznolikost te poznaje molekularni postupak identifikacije gljiva kao i opći rad u laboratoriju. Materinski jezici su joj Engleski i Hrvatski koje zna izvrsno razumjeti, govoriti i pisati. Ima dobre komunikacijske sposobnosti te je sposobna se prilagoditi novim sredinama. Također, ima dobre organizacijske vještine odnosno može planirati na vrijeme i po rasporedu te izvrsno poznaje rad na računalu (Microsoft Office Word, Excel, Power Point, Outlook i Internet).