

Moisture regime in Hortisol and lettuce yield under different mulching conditions

Režim vlažnosti hortisola i prinos salate u uvjetima primjene različitih malčeva

Danijela JUNGIC¹ (✉), Petra TURK², Božidar BENKO²

¹ University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia

² Student of Ms Agroecology, University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia

³ University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Department of Vegetable Crops, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia

✉ Corresponding author: djungic@agr.hr

Received: 3 September 2019; accepted: 10 January 2020

ABSTRACT

The aim of the study was to determine the impact of dead organic mulches (unprocessed sheep wool - SW and ecological wool - EW), black polyethylene film (PE) and unmulched soil (WM) on the moisture regime of Hortisol and the yield of lettuce cv. 'Melina'. The research was carried out at an trial field at the Faculty of Agriculture in Zagreb from April to June 2017. The experiment was set out according to a randomized block design with three replications. Soil samples were taken decadally from depths of 0-10 cm and 10-20 cm, in 3 replications, and the soil moisture content was determined by gravimetric method. The current moisture content in the soil was significantly influenced by: days after transplation lettuce to open field (DAT) and mulch (M). The significantly low values of soil moisture were determined at 46 DAT, and high at 5 DAT. Considering the mulch, the soil moisture in both layers as follows: PE > SW > EW > WM. Diameter of the lettuce rosette was not significantly affected by the mulch type. Lettuce rosette, grown on SW (20.7 cm) was significantly higher compared to PE (18.4 cm), EW (18.0 cm) and WM (17.8 cm). The highest marketable yield of lettuce was achieved when wool mulch was applied (6.58 kg/m² on EW, ie 6.56 kg/m² on SW), and the lowest under PE (4.60 kg/m²). Woolen mulches have proved to be a good alternative to the previous application of PE mulches.

Keywords: *Lactuca sativa* L., polyethylene film, sheep wool, soil moisture, yield

SAŽETAK

Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj mrtvih organskih malčeva (neprerađena ovčja vuna – SW i „filcana“ ekološka vuna – EW), crnog polietilenskog filma (PE) i nemalčiranog tla (WM) na režim vlažnosti hortisola i prinos salate kultivara 'Melina'. Istraživanje je provedeno na pokušalištu Agronomskog fakulteta u Zagrebu u razdoblju od travnja do lipnja 2017. godine, a pokus je postavljen prema slučajnom bloknom rasporedu u tri ponavljanja. Uzorkovanje tla obavljeno je dekadno sa dubina 0-10 cm i 10-20 cm, u 3 ponavljanja, a sadržaj vlage u tlu određen je gravimetrijskom metodom. Na sadržaj trenutačne vlage u tlu statistički su značajno utjecali: dani nakon presađivanja salate na otvoreno (DAT) i malč (M). Statistički najniže vrijednosti vlage u tlu utvrđene su kod 46 DAT, a značajno više kod 5 DAT. S obzirom na vrstu malča, u oba sloja tla trenutačna vlažnost se kretala slijedećim redom: PE > SW > EW > WM. Na promjer rozete salate nije značajno utjecala vrsta malča. Rozeta salate uzgajane na SW (20,7 cm) bila je značajno viša u odnosu na PE (18,4 cm), EW (18,0 cm) i WM (17,8 cm). Najviši tržišni prinos salate ostvaren je pod vunanim malčevima (6,58 kg/m² na EW, odnosno 6,56 kg/m² na SW), a najniži pod PE (4,60 kg/m²). Vuneni malčevi pokazali su se dobrom alternativom dosadašnjoj primjeni PE malčeva.

Ključne riječi: *Lactuca sativa* L., polietilenski film, ovčja vuna, vlaga tla, prinos

DETAILED ABSTRACT

The lettuce cultivation technology in Croatia is still mainly based on the use of polymeric materials, especially black PE-film, so it is necessary to find and test new, environmentally friendly materials to achieve a satisfactory vegetable yields. The aim of the research was to determine the impact of dead organic mulches (unprocessed sheep wool - SW and eco wool -EW), black polyethylene film (PE) and unmulched soil (WM) on the moisture regime of Hortisol and the yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cv. 'Melina' in the spring-summer growing period (April-June). The research was conducted at the Faculty of Agriculture in Zagreb in 2017, and the experiment was set up according to randomized block design with three replications. Soil samples were taken decadal at depths of 0-10 cm and 10-20 cm, in 3 replications, and the soil moisture content was determined by gravimetric method in the laboratory. Sampling of plants to determine the most important economic characteristics of lettuce (mass, height and diameter of the rosette and market yield) was performed at technological maturity. The soil moisture during the lettuce vegetation did not drop below the wilting point at -1500 kPa (23.7% vol.). The soil moisture content was significantly affected by the days after transplanted the lettuce on the open field (DAT) and mulch type (M). The minimum moisture in soil was found at 46 DAT (25.13% vol. in 0- 10 cm layer and 26.54% vol. in layer 10-20 cm) and significantly high at 5 DAT (38.87% vol. in a layer of 0-10 cm or 37.74% vol. in a layer of 10-20 cm). With respect to M, at the depth of 0-10 cm, the highest soil moisture was measured under PE (35.18% vol.) and the lowest at WM (31.29% vol.), while differences in soil moisture between PE and SW (34.76% vol) were not significant. In the deeper soil layer significant differences were found between PE (35.34% vol.) and SW (34.19% vol.) in regards to WM (31.66% vol.), while a statistically significant difference between EW (33.51% vol.) and WM was not determined. In both layers, soil moisture was as follows: PE > SW > EW > WM. The lettuce rosette diameter was not significantly affected by the type of mulch. The rosette of lettuce grown on SW (20.7 cm) was significantly higher compared to other mulch treatments (18.4 cm on PE, 18.0 cm on EW and 17.8 cm on WM). The highest lettuce yield was achieved when wool mulch was applied (6.58 kg/m² on EW, 6.56 kg/m² SW) and the lowest on PE treatment (4.60 kg/m²). The best soil moisture conservation was achieved under SW treatment. Also, the application of sheep wool as mulch in vegetable production has a bright future. Thus, sheep wool represents an promising substitute for the use of PE-film so far in the spring-summer growing period of lettuce, not only because of its exceptional hydro-regulatory properties, but also as a more environmentally friendly solution.

UVOD

Proizvodnja salate ovisi o brojnim agroekološkim čimbenicima, a vlaga u tlu je jedan od najvažnijih. Salata je povrtna kultura umjerenih zahtjeva prema toplini, ali i velikih zahtjeva spram vlage tijekom kratkog vegetacijskog razdoblja (45-55 dana). Nedostatak vlage u tlu, posebno u razdoblju nakon nicanja i pri formiranju glavice, značajno smanjuje kvalitetu salate (Matotan, 2004). Salata ima površinski korijen, te se stoga ne može opskrbljivati vlagom iz dubljih slojeva tla. Posebno je osjetljiva na promjenu vlažnosti tla u površinskom sloju tla do dubine 15 cm (Qin i sur., 2016).

Reguliranje i smanjenje gubitka vlage u tlu, te održavanje stalne temperature tla moguće je ostvariti malčiranjem tla različitim organskim ili sintetičkim materijalima. Od organskih malčeva najčešće se

upotrebljavaju: sijeno, slama, kompost, piljevina, kora drveta, otpalo lišće, borove iglice, kukuruzni oklasci. Ovakvi malčevi smanjuju intenzivnu evaporaciju tla (Chakraborty i sur., 2008), zadržavaju vlagu u tlu (Nasir i sur., 2011), održavaju temperaturu rizosfernog sloja tla konstantnom (Awal i Khan, 2000., Samaila i sur., 2011), poboljšavaju strukturu tla, a njihovo uklanjanje i zbrinjavanje je ekonomski i ekološki isplativije u odnosu na sintetičke malčeve. Osim navedenog, organski malčevi omogućavaju povećanje udjela organske tvari tla i CO₂ u rizosfernom sloju, te bolju mikrobiološku aktivnost, čime se povećava plodnost tla (Yadav i sur., 2008), bolji rast i razvoj biljaka i njihovo ranije dozrijevanje (Mirecki i sur., 2013). Njihovom postupnom razgradnjom oslobađaju se i biljna hraniva (Sito, 2015), što u konačnici dovodi do povećanja prinosa.

U konvencionalnoj proizvodnji salate najčešće se primjenjuju različiti polietilenski (PE) filmovi zbog njihovog povoljnog učinka na: povećanje temperature tla (Arora i sur., 2011., Pramanik i sur. 2015), zadržavanje vlage tla (Almeida i sur., 2015), kontrolu rasta korova, brži rast i razvoj biljke, ranije dozrijevanje i berbu, te veći prinos (Albert i sur., 2010). Međutim, glavni problem kod primjene PE-malčeva je neekonomičnost njihovog trajnog uklanjanja sa proizvodne površine, kao i adekvatnog zbrinjavanja (Qin i sur., 2015). Ostaci PE-filma u tlu predstavljaju i ekološki problem, koji se samo privremeno može riješiti njihovim zakopavanjem ili spaljivanjem (Kyrikou, 2007). Samo 7% iskorištenih PE filmova iz povrćarske proizvodnje se reciklira, 50% se spaljuje, a 43% se inkorporira u tlo (Farrias-Larios, 2001). S obzirom na to da se tehnologija uzgoja salate u Hrvatskoj uglavnom temelji na primjeni polimernih materijala, a posebno crnog PE-filma, novijim istraživanjima pokušavaju se testirati i pronaći perspektivne zamjene za navedene materijale, koje bi uz brzu razgradivost ostvarile i povoljan učinak na hidrotermičke uvjete u tlu, a time i na postizanje zadovoljavajućih prinosa. U svijetu se u poljoprivrednoj proizvodnji sve više koriste različiti agrotekstilni koji uključuju tkane ili netkane proizvode od vune, pamuka ili jute, koji su biorazgradivi, ali imaju i izvrsna fizikalna, mehanička i ekološka svojstva. S obzirom na to da je pod ovakvim materijalima temperatura tla viša u odnosu na nemalčirano tlo, njihovim korištenjem moguće je uštedjeti i do 40% energije koja se troši za zagrijavanje zaštićena prostora, kao i smanjiti upotrebu zaštitnih sredstava. Zbog povoljnih mikroklimatskih uvjeta u rizosfernom sloju pod ovakvim materijalima povoljniji je C/N odnos, a prinosi kultura viši su i kvalitetniji u odnosu na konvencionalnu proizvodnju (Agrawal, 2013., Manna i sur. 2018). Jedna od alternativa PE filmu je i ovčja vuna, koja kao nusprodukt u stočarskoj proizvodnji, domaćinstvu ili tekstilnoj industriji sve više završava kao otpad. S obzirom na to da je ovčja vuna 100% prirodni, biorazgradivi materijal, ona ima veliki ekološki i ekonomski potencijal za primjenu posebno u povrćarstvu. Zaoravanjem ovčje vune tlo se obogaćuje dušikom, te se stvaraju optimalni uvjeti za mikrobiološku razgradnju vune, pri čemu nastaju produkti koji su

potpuno neškodljivi za okoliš. Razgradnja vune, ovisno o agroekološkim uvjetima, u prosjeku traje od 3 do 4 mjeseca. (Hodgson i Collie, 2014). U dosadašnjim istraživanjima u svijetu, ovčja vuna se uglavnom koristila u sirovom, neprerađenom stanju, usitnjena-pomiješana s tlom, ili u prerađenom stanju, tj. u formi tkanih ili netkanih vunenih materijala. Korištenjem vune kao malča u izvornom, neprerađenom obliku postižu se izvrsni mikroklimatski uvjeti za uzgoj povrća (smanjenje temperaturnih oscilacija površinskog sloja tla, smanjenje evaporacije tla). Vuna poboljšava strukturu tla, sprječava pojavu pokorice i rast korova, prozračuje tlo, smanjuje njegovo zbijanje, kao i eroziju (O Briant i Charlton-Perkins, 2012). Zbog svojih higroskopskih vlakana, vuna ima sposobnost upijanja vlage iz zraka, te njene distribucije u suho tlo. Može apsorbirati i do 30% više vlage, što ju čini izvrsnim temperaturnim regulatorom, jer osigurava povoljne temperaturne uvjete u tlu i u hladnim i u toplim uvjetima. Time se sprječava isušivanje tla i smanjuje mogućnost erozije (Adi i Pacurar, 2015). S druge strane, vuna s zbog posebnog voštanog zaštitnog sloja predstavlja prirodnu zaštitu od intenzivnih oborina. Usitnjena vuna, pomiješana s tlom lakše se razgrađuje, čime se poboljšava pristupačnost biljnih hraniva (Zheljazkov i sur., 2009., Górecki i Górecki, 2010., Böhme i sur., 2012., Suruchi i sur., 2014., Seibold i sur., 2015). U prosjeku ovčja vuna sadrži 16- 17% dušika (Simpson, 2002). Zahvaljujući tome, povećali su se prinos i biomasa jagode (Hoover i sur., 2000), te patlidžana (O Briant i Charlton-Perkins, 2012).

Dosadašnja istraživanja u Hrvatskoj vezana uz primjenu ovčje vune u povrćarskoj proizvodnji još uvijek su nedostatna. Vuna se kao nusprodukt u poljoprivredi u današnje vrijeme vrlo slabo koristi, ili se baca, iako postoji veliki potencijal za njeno korištenje kao malča. Sukladno navedenom, ciljevi istraživanja bili su slijedeći: 1. utvrditi režim vlažnosti hortisola s obzirom na malčiranje tla sirovom ovčjom vunom, ekološkom, tzv. filcanom vunom i crnim PE-filmom u usporedbi s nepokrivenim tlom (kontrolom); 2. utvrditi utjecaj navedenih malčeva na prinos salate; 3. preporučiti optimalni malč za uzgoj salate u istraživanim agroekološkim uvjetima.

MATERIJALI I METODE

Istraživanje je provedeno 2017. godine u proljetno-ljetnom roku uzgoja salate (travanj-lipanj), na pokušalištu Maksimir, Zavoda za povrćarstvo Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Meteorološki podaci (Tablice 1 i 2) o prosječnoj mjesečnoj i godišnjoj temperaturi zraka, mjesečnim količinama oborina za 2017., te višegodišnji prosjek (1987-2016) izmjereni su na meteorološkoj postaji Zagreb-Maksimir (45° 49' 19" N i 16° 21' 1" E, 123 m n v). Tlo je sistematizirano u: red Terestričkih tala, razred Antropogenih tala, tip Hortisol, podtip iz semiglejnog tla (Husnjak, 2014). Tlo je praškasto-ilovaste teksture, osrednjeg retencijskog kapaciteta tla za vodu (36,8% vol. u sloju tla 0-28 cm i 41,5% vol. u sloju 28-59 cm), ujednačenih vrijednosti gustoće volumne (1,30 i 1,33 g/cm³) i gustoće čvrstih čestica tla (2,75 i 2,76 g/cm³), velikog kapaciteta tla za zrak u površinskom sloju (13,8% vol.), a malog (6,0% vol.) u potpovršinskom sloju. Retencija vlage kod -33 kPa (Kv-kapacitet tla za vodu), u sloju tla 0-28 cm, iznosila je 39,1% vol., odnosno 109,56 mm, a kod -1500 kPa (Tv -točka venuća) 23,6% vol., odnosno 66,08 mm. Fiziološki aktivna vlaga (Fav) dobivena je iz razlike Kv i Tv i iznosila je 43,48 mm. Oba sloja tla neutralne su reakcije (7,05 u površinskom i 6,99 u potpovršinskom sloju, mjereno u 1 MKCl) i slabo humozna (2,76% i 2,87%). Poljski pokus postavljen je po slučajnom bloknom rasporedu u tri ponavljanja. U pokus su uključena 4 tretmana malča: 2 mrtva organska malča (neprerađena, sirova ovčja vuna - SW i ekološka, tzv. filcana vuna - EW), crni PE- film - PE i nemalčirano tlo - WM). Testirana kultura bila je salata glavatica, tip Batavia, sorta 'Melina'. Ova sorta prilagođena je za uzgoj na otvorenom i ima morfološke karakteristike maslenki i kristalki. Za sadnju su korištene presadnice s grudom supstrata proizvedene u polistirenskim kontejnerima. Ukupna površina poljskog pokusa sa 12 parcela bila je 70 m², a površina osnovne parcele 4,3 m² (3,6 m * 1,2 m), sa 48 biljaka na svakoj parceli, odnosno 11 biljaka/m². Razmak između posađenih presadnica salate iznosio je 30*30 cm. U plasteniku je obavljena sjetva salate u kontejnere sredinom ožujka, a sadnja presadnica na otvoreno 24. travnja 2017.

Osnovnom gnojidbom u tlo je dodano 600 kg/ha NPK 7:20:30 i 228 kg/ha KAN-a. Berba salate obavljena je višekratno s obzirom na vrijeme njenog dospijevanja u tehnološku zrelost, od 31.svibnja do 12.lipnja 2017. Uzorci tla za određivanje osnovnih fizikalnih i kemijskih značajki uzeti su iz prethodno otvorenog pedološkog profila, sa dubina 0-28 cm i 28-59 cm. Priprema uzoraka tla u laboratoriju obavljena je sukladno HRN ISO (2009). U uzorcima tla u prirodnom stanju (cilindri po Kopeckom volumena 100 cm³) određeni su: retencijski kapacitet tla za vodu -Kv (HRN ISO,2004), volumna gustoća tla (HRN ISO, 2004), gustoća čvrstih čestica tla (HRN ISO, 2004), ukupni porozitet i kapacitet tla za zrak (JDPZ,1971). U uzorcima tla u porušenom stanju analizirani su: mehanički sastav tla (prilagođena HRN ISO, 2004), retencija vlage u tlu kod -33 kPa i - 1500 kPa (HRN ISO, 2004), reakcija tla (HRN ISO, 2005), te sadržaj humusa u tlu (Walkley i Black, 1934). Uzorkovanje tla za određivanje trenutačne vlage obavljeno je dekadno sa dubina 0-10 cm i 10-20 cm, u 3 ponavljanja, a sadržaj vlage u tlu određen je u laboratoriju gravimetrijskom metodom. Tijekom kratke vegetacije salate (46 dana), od 24. travnja do 12. lipnja uzorkovanje tla provedeno je sedam (7) puta, tj. ukupno je uzeto 168 uzoraka tla. Datumi uzorkovanja tla povezani su sa brojem dana proteklih od presađivanja salate na otvoreno (DAT). Uzorkovanje biljaka za utvrđivanje najvažnijih gospodarskih svojstava salate (masa, visina i promjer rozete i tržišni prinos) obavljeno je u tehnološkoj zrelosti. Sa svake obračunske parcele uzeto je po 10 biljaka, u razdoblju od 31. svibnja. do 12. lipnja.

Statistička obrada podataka obavljena je analizom varijance (ANOVA), a prosječne vrijednosti trenutačne vlage tla s obzirom na dane nakon presađivanja na otvoreno (DAT) i vrstu malča (M) testirane su prema Tukey-Kramer-ovu testu na razini signifikantnosti P<0,05 (SAS Institute Inc., 2004). Istim testom analizirane su razlike u prosječnim vrijednostima promjera i visine rozete, te tržišnog prinosa salate ovisno o vrsti primijenjenog malča.

Table 1. Monthly rainfall during the vegetation of lettuce in 2017 and average monthly rainfall in long term period (1987-2016); meteorological station Zagreb-Maksimir**Tablica 1.** Mjesečne oborine tijekom vegetacije salate 2017.i prosječne mjesečne oborine u višegodišnjem razdoblju (1987-2016); meteorološka postaja Zagreb- Maksimir

Months	Rainfall, mm	Average rainfall, mm
Mjeseci	Oborine, mm	Prosječne oborine, mm
	2017	1987-2016
April		
Travanj	44,3	63,0
May		
Svibanj	35,2	75,6
June		
Lipanj	107,8	92,6
Total		
Ukupno	187,3	231,2

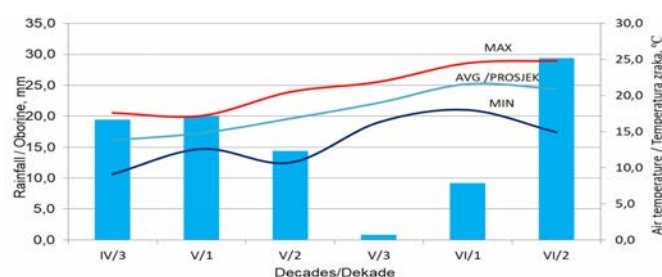
Table 2. Average air temperature during vegetation of lettuce in 2017 and in long term period (1987-2016); meteorological station Zagreb-Maksimir**Tablica 2.** Prosječna temperatura zraka tijekom vegetacije salate 2017 i u višegodišnjem razdoblju (1987-2016); meteorološka postaja Zagreb-Maksimir

Months	Average monthly air temperature, °C	
Mjeseci	Prosječna mjesečna temperatura zraka, °C	
	2017	1987-2016
April		
Travanj	12,4	12,3
May		
Svibanj	17,7	17,1
June		
Lipanj	22,5	20,8

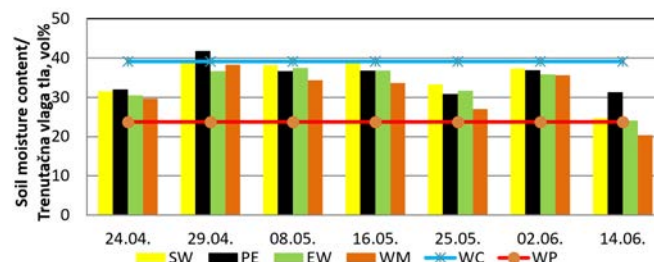
REZULTATI I RASPRAVA

Oborine i temperatura zraka najznačajniji su klimatski čimbenici koji utječu na dinamiku vlage u tlu tijekom vegetacije salate (Slika 1). Vidljive su značajne oscilacije u oborinama u fazi razvoja glavice salate, od treće dekade svibnja (samo 0,8 mm), do njene tehnološke zriobe, u drugoj dekadi lipnja (29,4 mm).

Prosječne mjesečne temperature zraka u vegetacijskom razdoblju salate 2017. godine bile su više u odnosu na višegodišnji prosjek (1987-2016, Tablica 2). Najviša prosječna mjesečna temperatura zraka izmjerena je u lipnju (22,5 °C) i viša je za 1,7 °C u odnosu na navedeni prosjek. Minimalne dekadne temperature zraka varirale su od 9,1 °C na početku vegetacije do 14,9 °C u vrijeme berbe salate, a maksimalne od 7,2 °C do 24,8 °C u istom razdoblju.

**Figure 1.** Rainfall and air temperatures by monthly decades during lettuce vegetation**Slika 1.** Dekadne količine oborina i temperature zraka u vegetaciji salate

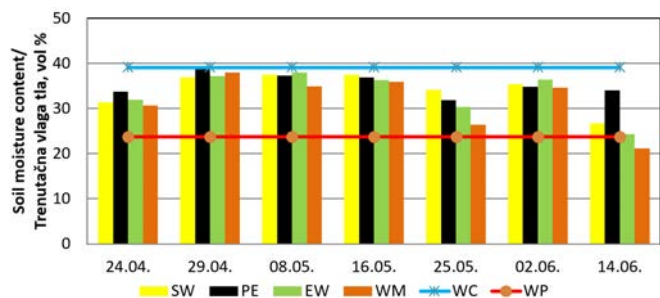
Vlažnost oba sloja tla (0-10 cm i 10-20 cm) tijekom vegetacije salate uglavnom se kretala unutar vrijednosti fiziološki aktivne vlage (Fav). Jedino je 29. travnja u gornjem sloju tla pod PE, vlažnost tla (41,8% vol.) bila iznad vrijednosti retencijskog kapaciteta tla za vodu od 39,1% vol. Prosječne vrijednosti trenutačne vlage u oba sloja tla, na svim malčiranim tretmanima prikazane su ispod (Slike 2 i 3).



SW- unprocessed sheep wool mulch; PE- black polyethylene mulch; EW-eco wool mulch; WM- without mulch; WC-soil water capacity; WP-wilting point

SW- malč od neprerađene ovčje vune; PE- crni polietilenski malč; EW- mulč od eko vune; WM-bez malča; WC-kapacitet tla za vodu; WP-točka venuća

Figure 2. Soil moisture content at depth 0-10 cm**Slika 2.** Trenutačna vlaga u sloju tla 0-10 cm



SW- unprocessed sheep wool mulch; PE- black polyethylene mulch; EW-eco wool mulch; WM- without mulch; WC-soil water capacity; WP-wilting point

SW- malč od neprerađene ovčje vune; PE- crni polietilenski malč; EW- mulč od eko vune; WM-bez malča; WC-kapacitet tla za vodu; WP-točka venuća

Figure 3. Soil moisture content at depth 10-20 cm

Slika 3. Trenutačna vlaga u sloju tla 10-20 cm

Dinamika trenutačne vlage u oba sloja tla uglavnom je pratila dekadne količine oborina, ali su variranja vlage bila nešto izraženija u sloju tla 0-10 cm (Slika 2) u odnosu na sloj 10-20 cm (Slika 3). U plićem sloju tla intenzivnija je evaporacija i brža infiltracija oborinske vode u tlo. Također, variranje vlage u ovom sloju tla najuočljivije u fazi formiranja rozete salate (29. travnja) kada je tlo pod PE malčem bilo vlažnije (41,8% vol.) u odnosu na ostale tretmane (38,8% vol. - SW, 36,6% vol. - EW i 38,3% vol. - WM). Tlo se pod PE filmom brže zagrijava, posebno na početku vegetacije u rano proljeće dok je presadnica mala, što utječe na zadržavanje veće količine vlage u tlu. To potvrđuju i Orzolek i sur. (2003) u istraživanjima provedenim na tikvicama. S druge strane, malčevi od ovčje vune u početku apsorbiraju dosta vlage, pa je tlo na početku suše, a tijekom vegetacije apsorbirana vlaga se iz ovih malčeva distribuira u suho tlo. Zbog toga tlo u vrijeme intenzivnog razvoja i formiranja rozete (8.-25. svibnja) postaje vlažnije u odnosu na ostale tretmane. Ovu apsorpcijsku sposobnost vune potvrđuju i Adi i Pacurar (2015). Na dinamiku trenutačne vlage u tlu statistički značajno su utjecali DAT i M (Tablice 3 i 4).

S obzirom na DAT, prosječne vrijednosti trenutačne vlage na početku vegetacije salate (0 DNS) i u sredini vegetacije (5-34 DAT) značajno su više u odnosu na završetak vegetacije – berbu u oba sloja tla (Slike 4 i 5).

Table 3. ANOVA for soil moisture at depth 0-10 cm

Tablica 3. Analiza varijance za trenutačnu vlagu u sloju tla 0-10 cm

Source of variability	DF	MS	F Value	Pr > F
Izvor varijabilnosti				
DAT	6	283.35	64.17	<0.0001
M	3	64.74	14.66	<0.0001

DAT-day after transplatation, M-mulch,DF-degree of freedom, MS-mean square, significant at level P<0.05

DAT- dan nakon sadnje, M- malč, DF- stupanj slobode, MS-srednja kvadratna pogreška, signifikantno na razini P<0,05

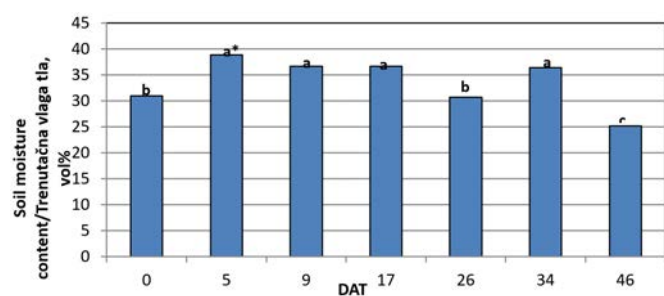
Table 4. ANOVA for soil moisture at depth 10-20 cm

Tablica 4. Analiza varijance za trenutačnu vlagu u sloju tla 10-20 cm

Source of variability	DF	MS	F Value	Pr > F
Izvor varijabilnosti				
DAT	6	203,05	36,77	<0.0001
M	3	50,03	9,06	<0.0001

DAT-day after transplatation, M-mulch,DF-degree of freedom, MS-mean square, significant at level P<0.05

DAT- dan nakon sadnje, M- malč, DF- stupanj slobode, MS-srednja kvadratna pogreška, signifikantno na razini P<0,05



* different letters with an average value of soil moisture content mean the existence of significant differences according to Tukey-Kramer's test at level P<0.05

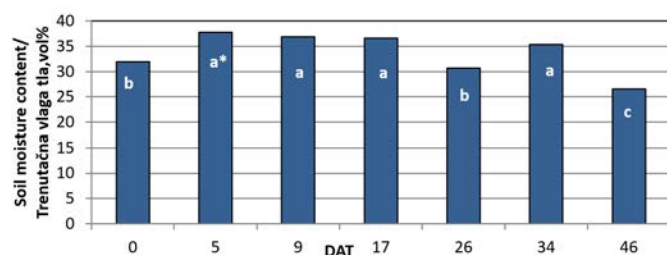
* različita slova uz prosječni sadržaj vlage u tlu upućuje na postojanje značajnih razlika temeljem Tukey-Kramer-ovog testa,kod P<0,05

Figure 4. Soil moisture content at depth 0-10 cm considering DAT

Slika 4. Trenutačna vlaga u sloju tla 0-10 cm s obzirom na DAT

U oba sloja tla najmanje je vlage u tlu izmjereno kod 46 DAT a najviše kod 5 DAT. Tako su vrijednosti vlage varirale od 25,1 do 38,9% vol. u plićem sloju, te od 26,5 do 37,7% vol. u dubljem sloju tla. Na početku vegetacije, presadnice salate su još u inicijalnoj fazi razvoja, s nepotpuno razvijenim korijenovim sustavom, pa salata uz dovoljnu količinu oborina tijekom treće dekade travnja (19,4 mm) i u prvoj dekadi svibnja (20,0 mm) nije mogla iskoristiti svu raspoloživu vodu iz tla. Intenzivnim razvojem salate u fenofazama formiranja i razvoja rozete (5-34 DAT) iskorištenje vode i hraniva iz tla se postupno povećavaju. Najmanja količina vlage u tlu na kraju vegetacije (kod berbe) rezultat je povećane potrošnje vode od strane salate u uvjetima iznadprosječne temperature zraka od 22,5 °C (Tablica 2). S obzirom na različitu malčiranost tla, utvrđene su statistički značajne razlike u vlazi tla između svih malčiranih tretmana u odnosu na WM, na dubini 0-10 cm (Slika 6).

Najmanja količina vlage u sloju tla 0-10 cm utvrđena je na WM tretmanu (31,3% vol.), a najveća pod crnim PE-filmom (35,2% vol.), što čini povećanje vlage za 3,9% vol. Dobiveni rezultat u skladu je s istraživanjem Chena (1985) koji je na dubini od 5 cm ilovastog tla, pod crnim PE-malčem u uzgoju kikirikija, dobio povećanje vlage u tlu za 3,1% u odnosu na tlo bez malča. Pozitivne učinke PE-filma na vlagu u tlu pri uzgoju tikvica, rajčice i cvjetače dokazali su i Orzolek i sur. (1993), a kod kikirikija Ramakrishna i sur. (2006).

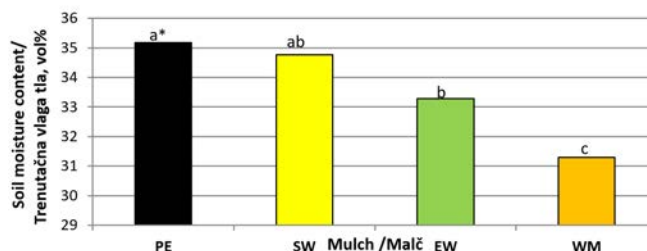


* different letters with an average value of soil moisture content mean the existence of significant differences according to Tukey-Kramer's test at level $P < 0.05$

* različita slova uz prosječni sadržaj vlage u tlu upućuje na postojanje značajnih razlika temeljem Tukey-Kramer-ovog testa, kod $P < 0,05$

Figure 5. Soil moisture content at depth 10-20 cm considering DAT

Slika 5. Trenutačna vlaga u sloju tla 10-20 cm s obzirom na DAT



* different letters with an average value of soil moisture content mean the existence of significant differences according to Tukey-Kramer's test at level $P < 0.05$

* različita slova uz prosječni sadržaj vlage u tlu upućuje na postojanje značajnih razlika temeljem Tukey-Kramer-ovog testa, kod $P < 0.05$

Figure 6. Soil moisture content at depth 0-10 cm considering mulch

Slika 6. Trenutačna vlaga u sloju tla 0-10 cm s obzirom na malč

Dobiveni rezultati mogu se objasniti činjenicom da crni PE-film smanjuje gubitak vlage iz tla evaporacijom (Zribi i sur., 2015), te poboljšava iskorištenje vlage tla (Almeida i sur., 2015). Također su Kader i sur. (2017) pri uzgoju soje utvrdili značajni gubitak vode s nemalčiranog tla u odnosu na polietilenski malč. Organski malčevi (SW i EW) u ovom pokusu također su se pokazali izvrsnim u konzerviranju vlage, što je u skladu s istraživanjem Nkansah i sur. (2003), koji su utvrdili pozitivan učinak različitih organskih malčeva (slama, rižina slama i piljevina) u odnosu na nemalčirano tlo. Iako je pod PE-filmom utvrđen najveći sadržaj vlage (35,2% vol.), ipak nije utvrđena statistički značajna razlika u odnosu na SW, kao niti između vunenih malčeva međusobno (SW - 34,8% vol. i EW- 33,3% vol.).

Ujednačena vlažnost tla pod PE i SW malčem može se objasniti činjenicom da je SW zahvaljujući svojim higroskopskim karakteristikama omogućila duže zadržavanje vlage tijekom cijele vegetacije salate, što je u konačnici rezultiralo većom količinom vlage u tlu. Osim toga, vuna kao dobar izolator smanjuje temperaturne oscilacije u površinskom sloju tla, pa je tlo nešto hladnije u odnosu na PE-film. Tako su Duppong i sur. (2004) u tlu pod organskim malčevima (slama, lan i vuna), pri uzgoju aromatičnog bilja izmjerili 1% veću vlažnost tla u odnosu na nemalčirano tlo. U dubljem sloju tla (10-20 cm), najmanja količina vlage u tlu utvrđena je na WM (31,7% vol.), a najveća ispod PE (35,3% vol.) (Slika 7). Pri tome su statistički značajne razlike u vlazi tla utvrđene između PE i SW (34,2% vol.) u odnosu na WM.

S povećanjem dubine tla izgubile su se i razlike u djelovanju pojedinih vrsta malčeva na konzerviranje vlage u tlu, što su zaključili i Kader i sur. (2017) pri uzgoju soje u uvjetima primjene različitih malčeva (slama, trava, papir, PE-folija). Utvrdili su značajno veću količinu vlage u sloju tla 0-5 cm pod PE-folijom, u odnosu na sloj tla 5- 25 cm, zbog manje gustoće i duljine korijena soje u gornjem sloju tla. Castillo i Bacayan (2016) su pri uzgoju salate i brokule utvrdili najveći sadržaj vlage na tretmanima malčiranim s travom u odnosu na tretmane malčirane sa suncokretom i paprati.

Salata uzgajana na PE-filmu najranije je dospjela za berbu (31. svibnja), a 2. lipnja je započela berba salate uzgajane na eko vuni te nemalčiranim tretmanima. Za berbu je najkasnije dospjela salata uzgajana na neprerađenoj ovčjoj vuni (8. lipnja). Prosječno, najmanja masa rozete salate ostvarena je na PE (418 g), a najveća na EW tretmanu (594 g, Tablica 5).

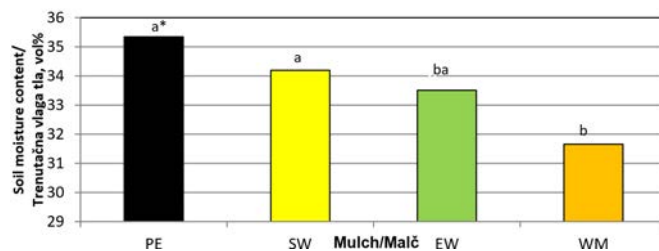
Filcana ovčja vuna, zbog svojih termo i hidoregulacijskih značajki omogućava produžetak vegetacije salate, jer s vremenom otpušta apsorbiranu vlagu od oborina, te stvara optimalne uvjete za razvoj rozete salate, neovisno o sušnim razdobljima. Osim toga, tlo pod ovčjom vunom je vlažnije i hladnije, a takvi uvjeti omogućavaju da salata kasnije uđe u fenofazu formiranja glavica, što potvrđuju i Seibold i sur. (2015).

Table 5. Weight of lettuce rosette (g), according to mulch and harvest time

Tablica 5. Masa rozete salate (g) s obzirom na vrstu malča i vrijeme berbe

Treatment	31 st May	2 nd June	8 th June	12 th June	Average
Tretman	31. svibnja	2. lipnja	8. lipnja	12. lipnja	Prosjeck
Weight, g					
Masa, g					
SW	-	-	552	612	582
PE	418	-	-	-	418
EW	-	553	641	587	594
WM	-	474	503	475	484

SW- unprocessed sheep wool mulch; PE- black polyethylene mulch; EW-eco wool mulch; WM- without mulch
 SW- malč od neprerađene ovčje vune; PE- crni polietilenski malč; EW-mulč od eko vune; WM-bez malča



* different letters with an average value of soil moisture content mean the existence of significant differences according to Tukey-Kramer's test at level $P < 0.05$

* različita slova uz prosječni sadržaj vlage u tlu upućuje na postojanje značajnih razlika temeljem Tukey-Kramer-ovog testa, kod $P < 0.05$

Figure 7. Soil moisture content at depth 10-20 cm considering mulch

Slika 7. Trenutačna vlaga u sloju 10-20 cm s obzirom na vrstu malča

Također sporije otpuštanje hraniva iz vune utječe i na smanjenu mogućnost pretjerane ishranjenosti salate tijekom sezone, zbog čega je i vegetacija dulja. Slično su utvrdili i Adi i Pacurar (2015). S druge strane, salata uzgajana na crnom PE-malču postigla je brži vegetativni rast, te je najranije ušla u fazu tehnološke zriobe. Pod crnim PE-malčem zagrijavanje tla je izraženije u odnosu na ostale tretmane, usvajanje hraniva i fotosintetska aktivnost salate brža, što u konačnici istovremeno omogućava intenzivniji i raniji vegetativni razvoj salate, ali i manju masu rozete, te brži završetak vegetacije. Slične utjecaje PE-filma na vlagu u tlu i ubrzanje vegetativnog rasta u uzgoju češnjaka dobili su i Aliuddin i sur. (1986).

Iako između svih tretmana malča nisu utvrđene značajne razlike u promjeru rozete salate, ipak i ovdje malu prednost ima SW u odnosu na PE tretman (Tablica 6).

Dakle, na malčiranim tretmanima postignut je nešto veći (iako ne i statistički značajan) promjer rozete salate, što potvrđuje u svojim istraživanjima i Moniruzzaman (2006). Kovaček (2013) navodi da najveći promjer rozete ima salata uzgajana na malču od papira (16,4 cm) i PE-filma (13,1 cm), dok je značajno manji promjer rozete ostvaren na nepokrivenom tlu (12,1 cm). Međutim, visina rozete salate na SW tretmanu (20,7 cm) bila je značajno veća u

odnosu na ostale tretmane, sa najnižom vrijednošću na WM (17,8 cm, Tablica 7).

Dobiveni rezultati posljedica su činjenice da SW malč sprječava evaporaciju i omogućava salati dovoljno vlage i u kritičnom razdoblju razvoja glavice salate (svibanj), kada je u drugoj i trećoj dekadi ukupno palo samo 15,2 mm oborina. U takvim uvjetima osiguran je intenzivan rast i razvoj biljke, što ističu i Nasir i sur. (2011). Pozitivan učinak primjene različitih organskih materijala (rižina slama, ostaci šećerne repe i pšenična slama) na visinu čili paprike ostvaren je i u istraživanjima Iftikhar i sur. (2011).

Table 6. Diameter the lettuce rosette (cm)

Tablica 6. Promjer rozete salate (cm)

Repetition	SW	PE	EW	WM	Average
Ponavljanje	Diameter, cm				Prosjeck
	Promjer, cm				
1	25,7	25,2	23,1	24,3	24,6
2	24,0	24,2	25,4	24,2	24,5
3	26,4	25,5	24,4	24,1	25,2
Average	25,4 ^{ns}	25,0 ^{ns}	24,4 ^{ns}	24,2 ^{ns}	
Prosjeck					

* ns- there was no statistically significant differences in diameter the lettuce, according to Tukey- Kramer´s test at P<0.05

* ns - nema statistički značajnih razlika u promjeru rozete salate, prema Tukey-Krammer-ovom testu, uz P<0,05

Table 7. Height the lettuce rosette (cm)

Tablica 7. Visina rozete salate (cm)

Repetition	SW	PE	EW	WM	Average
Ponavljanje	Height, cm				Prosjeck
	Visina, cm				
1	21,7	18,3	17,7	17,8	18,9
2	19,6	19,0	18,6	18,2	18,9
3	20,8	18,0	17,6	17,5	18,5
Average	20,7 ^a	18,4 ^b	18,0 ^b	17,8 ^b	
Prosjeck					

*a different letters with an average value of height the lettuce rosette mean the existence of significant differences according to Tukey-Kramer´s test at level P<0.05

*a različita slova uz prosječne vrijednosti visine rozete salate pokazuju statistički značajne razlike, prema Tukey-Krammer-ovom testu, uz P<0,05

Visina paprike bila je značajno veća na travnatom malču u odnosu na nemalčirano tlo i prema Belel (2012). Najveći tržišni prinos salate ostvaren je na tretmanima s organskim malčevima (EW-6,58 kg/m² i SW – 6,56 kg/m²), a najmanji na crnom PE filmu (4,60 kg/m², Tablica 8).

Visina tržišnog prinosa salate razlikuje se od onih dobivenih u istraživanju Fabek (2006), koja je utvrdila najveći tržišni prinos salate na PE-filmu (5,35 kg/m²), a najmanji na kukuruzovini i oklascima (3,10 kg/m²). Niži tržišni prinos salate na crnom PE-filmu moguće je objasniti činjenicom da se tlo pod PE-filmom brže zagrijava na početku vegetacije, što omogućava raniji ulazak salate u tehnološku zrelost, uz manju masu, promjer i visinu rozete, dok primjena ovčje vune uz dovoljno vlage u tlu osigurava i produženu vegetaciju salate, te značajno veću masu i visinu rozete. Osim toga, ovčja vuna u prosjeku sadrži 16 do 17% N (Simpson, 2002), što bi moglo utjecati i na povećanje biomase i prinos salate.

ZAKLJUČCI

Trenutačna vlaga tla u vegetaciji salate nije se spuštala ispod točke venuća (23,70% vol.). S obzirom na DAT, statistički najmanje vlage u tlu utvrđeno je kod 46 DAT (25,13% vol. u sloju 0-10 cm i 26,54% vol. u sloju 10-20 cm), a značajno više kod 5 DAT (38,87% vol. u sloju 0-10 cm, odnosno 37,74% vol. u sloju 10-20 cm). S obzirom na vrstu malča, najviše vlage u površinskom sloju tla izmjereno je ispod PE (35,18% vol.), a najmanje na WM (31,29% vol.), dok razlike u vlazi tla između PE i SW (34,76% vol.) nisu utvrđene. U dubljem sloju tla utvrđene su značajne razlike između PE (35,34% vol.) i SW (34,19% vol.) u odnosu na WM (31,66% vol.), dok statistički značajna razlika između EW (33,51% vol.) i WM nije utvrđena. Vrsta malča nije značajno utjecala na promjer rozete salate. Visina rozete salate na SW (20,7 cm) bila je značajno veća u odnosu na ostale tretmane malča (18,4 cm na PE, 18,0 cm na EW i 17,8 cm na WM).

Table 8. Marketable yield of lettuce (kg/m²)

Tablica 8. Tržišni prinos salate (kg/m²)

Repetition	SW	PE	EW	WM	Average
Ponavljanje	Marketable yield, kg/m ²				Prosjek
	Tržišni prinos, kg/m ²				
1	6,73	4,59	6,63	5,49	5,86
2	6,40	4,60	6,53	5,32	5,71
3	6,56	4,60	6,58	5,40	5,79
Average	6,56 ^a	4,60 ^c	6,58 ^a	5,40 ^b	
Prosjek					

*a different letters with an average value the marketable yield of lettuce mean the existence of significant differences according to Tukey-Kramer's test at level P<0.05

*a različita slova uz prosječne vrijednosti pokazuju statistički značajne razlike, prema Tukey-Kramer- ovom testu, uz P<0,05

Najviši tržišni prinos salate ostvaren je na tretmanima s vunom (6,58 kg/m² na EW, odnosno 6,56 kg/m² na SW), a najniži na PE (4,60 kg/m²). Od svih malčeva primijenjenih u pokusu, SW se pokazala najboljom u čuvanju vlage tla, što je omogućilo i postizanje najvišeg tržnog prinosa. Dakle, ovčja vuna predstavlja perspektivnu zamjenu za dosadašnju primjenu PE-filma u proljetno- ljetnom roku uzgoja, ne samo zbog svojih izuzetnih hidroregulacijskih svojstava, već i kao ekološki prihvatljivije rješenje.

LITERATURA

- Adi, M., Pacurar, I. (2015) Study on the Use Sheep Wool in Soil and Fertilization as the Mixture into Cubes Nutrients. *ProEnvironment*, 8 (22), 290-292.
- Agrawal, S.K. (2013) Application of Textile in Agriculture. *International Journal of Advance Research in Science and Engineering*, 2 (7), 9-18.
- Albert, T., Karp, K., Starast, M., Paal, T. (2010) The effect of mulching and pruning on the vegetative growth and yield of the half-high blueberry. *Agronomy Research*, 8, 759-769. Dostupno na: <https://agronomy.emu.ee/vol081/p8101.pdf> [Pristupljeno 21. rujna 2019.]
- Aliuddin, T. (1986) Effect of Soil tillage and application of mulch on yield of field grown garlic. *Bulletin- Penelitian- Hortikultura*, 14, 23-37.
- Almeida, W.F., Lima, L.A., Pereira, G.M. (2015) Drip pulses and soil mulching effect on American crisphead lettuce yield. *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*, 35 (6), 1009-1018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng-Agricv35n6p1009-1018/2015>
- Arora, V.K., Singh, C.B., Sidhu, A.S., Thind, S.S. (2011) Irrigation, tillage and mulching effects on soybean yield and water productivity in relation to soil texture. *Agricultural Water Management*, 98 (4), 563-568. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.10.004>
- Awal, M.A., Khan, M.A.H. (2000) Mulch Induced Eco-physiological Growth and Yield of Maize. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3 (1), 61-64. DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2000.61.64>
- Belel, M.D. (2012) Effects of grassed and synthetic mulching materials on growth and yield of sweet pepper (*Capsicum annum*) in Mubi. *Nigeria Journal of Agriculture and Social Sciences*, 8, 97-99. Dostupno na: https://www.researchgate.net/profile/Belel_D/publication/241525614_Effects_of_Grassed_and_Synthetic_Mulching_Materials_on_Growth_and_Yield_of_Sweet_Pepper_Capsicum_annuum_in_Mubi_Nigeria/links/0deec524d87f71972f000000.pdf [Pristupljeno 4. rujna 2019.]
- Böhme, M., Pinker, I., Grüneberg, H., Herfort, S. (2012) Sheep Wool as Fertiliser For Vegetables and Flowers in Organic Farming. *Acta Horticulturae*, 933, 195-202. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.933.23>
- Castillo, H.B., Bacayan, J.J. (2016) Evaluation of organic mulch materials on selected highland vegetables. Dostupno na: http://bpi.da.gov.ph/bpi/images/PDF_file/Evaluation%20of%20mulching%20%20%20materials.pdf [Pristupljeno 4. rujna 2019]
- Chakraborty, R. C., Sadhu, M. K. (1994) Effect of mulch type and colour on growth and yield of tomato. *Indian Journal of Agricultural Science*, 64, 608-612.
- Chen, Z. (1985) Polyethylene mulched groundnut development in Guanzhou city. *Peanut Science Technology*, 3, 34-37.
- Duppong, L. M., Delate, K., Liebman, M., Horton, R., Romero, F., Kraus, G., Petrich, J., Chowdbury, P. K. (2004) The Effect of Natural Mulches on Crop Performance, Weed Suppression and Biochemical Constituents of Catnip and St. John's Wort. *Crop Science*, 44 (3), 861-869. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.8610>
- Fabek, S. (2006). Utjecaj organskih malčeva na komponente prinosa salate. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
- Górecki, R. S., Górecki M. T. (2010) Utilization of Waste Wool as Substrate Adandment in Pot Cultivation of Tomato, Sweet Pepper, and Eggplant. *Polish Journal of Environmental Studies*, 19 (5), 1083-1087. Dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/289907962_Utilization_of_Waste_Wool_as_Substrate_Amendment_in_Pot_Cultivation_of_Tomato_Sweet_Pepper_and_Eggplant [Pristupljeno 04. svibnja 2020.]
- Hodgson, A., Collie, S. (2014) Biodegradability of Wool: Soil Burial Biodegradation. 43rd Textile Research Symposium. Christchurch, New Zealand, 2-3 December. AgResearch Limited, Lincoln Research Centre: AWI Client Report. Dostupno na: https://www.woolmark.com/globalassets/02-about-wool/factsheets/gd2405-where-does-carbon-come-from_122.pdf [Pristupljeno 04. svibnja 2020]
- Hoover, E., Propsom, F., Poppe, S., Forcella, F.N., Head, B., Jacobson, B. (2000) Greenbook 2000. Bio-based weed control in strawberries using sheep wool mulch, canola mulch, and canola green manure. St. Paul, Minesota: Minnesota Department of Agriculture, Energy and Sustainable Agriculture Program, pp. 83-86. Dostupno na: <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/208788/Bio-based%20weed%20control%20in%20strawberries%20using%20sheep%20wool%20mulch%20...pdf?sequence=1> [Pristupljeno 04. rujna 2019]
- HRN ISO (2009) Soil quality - Pre-treatment of samples for physicalchemical analysis (HRN ISO 11464:2009). Zagreb: Croatian Standards Institute.
- HRN ISO (2001) Soil quality - Determination of soil water content as a volume fraction using corving sleeves - Gravimetric method (HRN ISO 11461:2001). Zagreb: Croatian Standards Institute.
- HRN ISO (2004) Soil quality - Determination of dry bulk density (HRN ISO 11272:2004). Zagreb: Croatian Standards Institute.
- HRN ISO (2004) Soil quality - Determination of particle density (HRN ISO 11508:2004). Zagreb: Croatian Standards Institute.
- HRN ISO (2009) Soil quality - Determination of particle size distribution (mechanical composition) in mineral soil - Method by sieving and sedimentation (HRN ISO 11277:2009). Zagreb: Croatian Standards Institute.
- HRN ISO (2004) Soil quality. Determination of the water retention characteristics-Laboratory methods (HRN ISO 11274:2004). Zagreb: Croatian Standards Institute.
- HRN ISO (2005) Soil quality - Determination of pH (HRN ISO 10390:2005) Zagreb: Croatian Standards Institute.
- Husnjak, S. (2014) Sistematika tala Hrvatske. Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada.
- Iftikhar, A., Zahoor H., Shuaib R., Noor-Un-Nisa, M., Summar, A. N. (2011) Response of vegetative and reproductive components of chilli to inorganic and organic mulches. *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 48 (1), 19-24.
- Kader, M.A., Senge, M., Mojid, M.A., Nakamura, K. (2017) Mulching type-induced soil moisture and temperature regimes and water use efficiency of soybean under rain-fed condition in central Japan. *International Soil and Water Conservation Research*, 5 (4), 302-308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.08.001>

- Kovaček S. (2013) Dinamika rasta salate na organskim malčevima u proljetno- ljetnom roku uzgoja. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
- Kyrikou, I., Briassoulis, D. (2007) Biodegradation of Agricultural Plastic Films: A Critical Review. *Journal of Polymers and the Environment*, 15 (2), 125-150.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10924-007-0063-6>
- Lešić, R., Borošić, J., Buturac, I., Herak Ćustić M., Poljak M., Romić, D. (2016) Povrčarstvo. Treće izdanje. Čakovec: Zrinski d.d.
- Manna, K., Kundu, M.C., Saha, B., Ghosh, G.K. (2018) Effect of nonwoven jute agrotexile mulch on soil health and productivity of broccoli (*Brassica oleracea* L.) in lateritic soil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, article number 82.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6452-y>
- Matotan, Z. (2004) *Suvremena proizvodnja povrća*. Zagreb: Nakladni zavod Globus. Mirecki, S., Mirecki, N., Latinović, N., Gadžo, D., Đikić, M., Drkenda, P., Čengić-Džomba, S. (2014) *Organska proizvodnja*. Podgorica: Univerzitet Crne Gore, Biotehnički fakultet Podgorica.
- Moniruzzaman, M. (2006) Effects of Plant Spacing and Mulching on Yield and Profitability of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Agriculture and Rural Development*, 4 (1), 107-111.
DOI: <https://doi.org/10.3329/jard.v4i1.776>
- Nasir, M., Moazzam, A., Shahbaz, A., Shahbaz, Z. (2011) Effect of mulching on vegetables production in tunnel farming. *Mycopath*, 9 (1), 21-24.
- Nkansah, G. O., Owusu, E. O., Bonsu, K. O. and Dennis, E. A. (2003) Effect of mulch type on the growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Ghana Journal of Horticulture*. 3, 55-64. Dostupno na <https://ghanjol.org.gh/index.php/hort/article/view/189> [Pristupljeno 4. svibnja 2020]
- O'Brian, M., Charlton Perkins, K. (2012) FNC10-797 project, Mulching with wool: opportunities to increase production and plant viability against pest damage while creating new regional markets for kempy (unsalable) wool. Maryland: SARE, University of Maryland. Dostupno na: https://projects.sare.org/sare_project/fnc10-797/ [Pristupljeno 10. svibnja 2019].
- Orzolek, M. D., Murphy, J.H. (1993) The effect of coloured polyethylene mulch on yield of squash and pepper. *Proceedings 24th National Agricultural Plastics Congress: Overland Park Kansas, June 4 - June 8*, pp. 157-161.
- Pramanik, P., Bandyopadhyay, K.K., Bhaduri, D., Bhattacharyya, R., Aggarwal, P. (2015) Effect of Mulch on Soil Thermal Regimes - A Review. *International Journal of Agriculture, Environment & Biotechnology*, 8, 645-658.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5958/2230-732X.2015.00072.8>
- Qin, W., Hu, C. S., Oenema, O. (2015) Soil mulching significantly enhances yields and water and nitrogen use efficiencies of maize and wheat: a meta- analysis. *Scientific Reports*, 5, Article number: 16210. DOI: <https://dx.doi.org/10.1038%2Fsrep16210>
- Ramakrishna, A., Tam, H.M., Wani, S.P., Long, T.D. (2006) Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. *Field Crops Research*, 95, 115-125.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2005.01.030>
- Samaila, A.A., Amans, E.B., Abubakar, I.U., Babaji, B.A. (2011) Yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) as influenced by mulching, nitrogen and irrigation interval. *Journal of Agricultural Science*, 3 (1), 266-270. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v3n1p266>
- SAS Institute Inc. (2004) *The SAS system for Windows (Release 9.3)* [Software]. Cary, NC: SAS Institute.
- Seibold, G., Lohr, D., Meinken, E. (2015) Waste sheep wool – an alternative nitrogen source for organically grown potted herbs? In: *German Society of Horticultural Sciences. Proceedings: Short Communications – Annual Conference DGG and BHGL. Weihenstephan, Germany, 24-28 February 2015, German Society for Horticultural Sciences*, 5 (7), 1-5.
- Simpson, W.S. (2002) *Wool chemistry*. In: Simpson, W.S., Crawshaw, G.H., eds. *Wool: Science and Technology*. Cambridge: Woodhead, 130-156.
- Sito, S., Bilandžija, N. (2015) *Tehnika u voćarstvu i vinogradarstvu*. Interna skripta, Zagreb: Agronomski fakultet u Zagrebu.
- Suruchi, G., Anshumala S., Sarika, S., Narindra, B. (2014) Growth, macro and micronutrient concentration in clusterbean plant tissue as well as in soil when amended with wool as fertilizer. *Journal of Environmental Research and Development*, 8 (3A), 607-613.
- Yadav, R. L., Yadav, D. V., Duttamajumder, S. K. (2008) Rhizospheric environment and crop productivity: a review. *Indian Journal of Agronomy*, 53 (1), 1-17. Dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/288171913_Rhizospheric_environment_and_crop_productivity_A_review [Pristupljeno 04. svibnja 2020.]
- Walkley A., Black I.A. (1934) An examination of the Degatjareff Method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method, *Soil Science*, 37, 29-38.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>
- Zheljazkov, V. D., Stratton, G. W., Pincok, J., Jeliakova, E. A., Nedkov, N. K., Gerard, P.D. (2009) Wool-waste as organic nutrient source for container-grown plants. *Waste Management*, 29, 2160-2164.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.03.009>
- Zribi, W., Aragüés, R., Medina, E., Faci, J.M. (2015) Efficiency of inorganic and organic mulching materials for soil evaporation control. *Soil and Tillage Research*, 148, 40-45.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.12.003>