"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد نهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹
(ص ۱۵۷-۱۴۵)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 9, No.: 3, Autumn 2020
(pp: 145-157)
DOI: 10.22034/ijsst.2019.126837.1281
Research Article

تأثیر مالچ‌پاشی بر میزان کربن آلی خاک، عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیک بوته‌های بذری سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)

بابک درویشی[1*]، مهرداد جناب[2]، رحمان باختر[3] و جهانبخش حسینی‌نژادیان[4]

۱. استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲ و۴. کارشناس محقق، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
۳. کارشناس محقق، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۸؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۱۰/۰۱)

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی امکان استفاده از مالچ جهت مدیریت مصرف آب در کشت سیب‌زمینی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و دو مکان (اردبیل و اصفهان) و در سالهای زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. کرت اصلی شامل رژیم آبیاری در دو سطح (شاهد و تنش ملایم خشکی) و کرت فرعی شامل ترکیبی از دو عامل رقم (آگریا، آریندا و سانته) و مالچ (شاهد، چیپس چوب، کاه و کلش و کمپوست زباله شهری) بود. نتایج آزمایش نشان داد در شرایط تنش ملایم خشکی، استفاده از مالچ تعداد غده در واحد سطح را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد در حالی که تأثیری بر حفظ عملکرد در این شرایط نداشت. تنش ملایم خشکی تعداد بوته استقرار یافته در رقم آگریا را به طور معنی‌داری کاهش داد و از این رو مالچ کاه و کلش تأثیر معنی‌داری در افزایش تعداد بوته استقرار یافته در این رقم در شرایط تنش ملایم خشکی داشت. تنش ملایم خشکی سبب کاهش معنی‌دار اندازه غده در رقم آریندا شد و استفاده از مالچ کاه و کلش یا مالچ چیپس چوب در شرایط تنش ملایم خشکی، اندازه غده در این رقم را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. مالچ‌های گیاهی میزان کربن آلی خاک را به طور معنی‌داری افزایش دادند در حالی که کمپوست حاصل از زباله شهری میزان کربن آلی خاک را نسبت به شاهد بدون مالچ به میزان ۱۷/۱ درصد کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: اندازه غده، تعداد غده، تنش خشکی، فتوسنتز

Mulching effect on soil organic carbon, yield and physiological characteristics of seed potato (*Solanum tuberosum* L.) plants

B. Darvishi[1*], M. Jenab[2], R. Bakhtar[3], J. Hoseininejadian[4]

1. Assistant Professor of Research, Seed and Plant Certification and Registration Research Institute (SPCRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
2 and 4. Researcher, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Isfahan, Iran
3. Researcher, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ardabil, Iran
(Received: Jun. 29, 2019 – Accepted: Dec. 22, 2019)

Abstract

This study was set up to survey the possibility of mulch utilization in water use management and to evaluate its effect on quality and quantity of potato seed tubers. A split plot factorial experiment based on randomized complete block design with 3 replications was conducted in 2 locations (Ardabil and Esfahan) and at 2 years (2013-14 and 2014-15). Main factor was Irrigation regime (Control and Mild Drought Stress) and sub factors were Variety (Agria, Arinda and Sante) and Mulch (Control, Wood chips, Straw and Compost of municipal waste). Results showed that under Mild drought stress, mulch (especially straw) significantly increased tuber number per unit area, while did not affect yield. Mild drought stress significantly reduced the number of established plants of Agria cv., hence straw mulch significantly increased established plants number of this cultivar under drought stress. Mild drought stress significantly reduced tuber size in Arinda cv. and straw or wood chips mulch significantly increased tuber size of this cultivar under drought stress. Organic mulch significantly increased soil organic carbon while compost of municipal waste decreased the amount of soil organic carbon by 17.1 percent.

Keywords: Drought stress, Photosynthesis, Seed tuber number, Seed tuber size

* Email: bdarvishi_84@yahoo.com

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) از نظر سطح زیرکشت پس از گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.) چهارمین محصول زراعی مهم در جهان به شمار می‌رود به طوری که سالانه حدود ۳۶۸ میلیون تن از این محصول در جهان تولید می‌شود (FAO, 2015). سطح زیرکشت سیب‌زمینی در ایران در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ حدود ۱۴۶ هزار هکتار و میزان تولید آن حدود ۵ میلیون تن بوده است (Jihade-Agriculture Ministry, 2017). بنابراین سیب‌زمینی با چنین سطحی از تولید پس از گندم به عنوان مهمترین ماده غذایی قابل مصرف در ایران مطرح است.

وجود سیستم ریشه‌ای ضعیف و ناکارآمد در سیب‌زمینی باعث شده است که این محصول زراعی نسبت به تنش خشکی بسیار حساس بوده و تحت چنین شرایطی دچار افت شدید عملکرد شود (Porter *et al*., 1999). از سوی دیگر، آب به عنوان مهم‌ترین و محدودکننده‌ترین نهاده تولیدی در کشاورزی ایران شناخته شده است. متوسط بارندگی سالانه ایران که به لحاظ اقلیمی در منطقهٔ نیمه خشک قرار گرفته، حدود ۲۵۰ میلیمتر است که از متوسط بارندگی در جهان (۸۶۰ میلیمتر) بسیار کمتر می‌باشد (Jihade-Agriculture Ministry, 2017).

مالچ را می‌توان پوشش غیرزنده‌ای نامید که گیاهان را در برابر تغییرات شدید دمای خاک، از دست رفتن رطوبت زمین و نیز علف‌های هرز محافظت می‌کند (Eslami and Farzamnia, 2009). استفاده از مالچ در کشاورزی با اهداف متعددی صورت می‌گیرد که از مهمترین آنها می‌توان به مدیریت مصرف آب اشاره نمود (Ramakrishna *et al*., 2006). یکی از مهمترین مزایای استفاده از مالچ در کشت سیب‌زمینی صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری عنوان شده است (Singh *et al*., 2015). در شرایط امروزه که اقلیم جهانی در حال گرم‌تر شدن بوده و پایداری تولیدات کشاورزی را به شدت تهدید می‌کند، کاربرد مالچ در سطح اراضی زراعی می‌تواند از طریق کاهش دمای خاک و جلوگیری از هدررفتن رطوبت آن نقش ویژه‌ای در پایداری بخش کشاورزی داشته باشد (Sinkevičiene *et al*., 2009).

هرگونه تغییر در شرایط فیزیکی یا شیمیایی در سطح یا عمق خاک موجب تغییر در فعالیت زیستی خاک می‌شود. فعالیت زیستی خاک تحت شرایط هوازی موجب نوعی تنفس یعنی مصرف اکسیژن و تبدیل آن به گاز کربنیک می‌گردد؛ همچنین تحت شرایط هوازی تخریب مواد آلی دارای نیتروژن به فرم آمونیوم کندتر بوده و در عوض تبدیل آمونیوم به ترکیبات نیتریتی و سپس به ترکیبات نیتراتی تسریع می‌شود (Brady and Weil, 2002). بنابراین فعالیت بیولوژیکی خاک در شرایط هوازی را می‌توان با توجه به جمعیت میکروارگانیسم‌های آن و از طریق اندازه‌گیری میزان گاز دی اکسید کربن متصاعد شده از آن مشخص نمود. فعالیت جمعیت زیستی خاک متأثر از عوامل متعددی است که از مهمترین آنها می‌توان به مقدار و کیفیت بقایای مواد آلی در خاک اشاره نمود (Brady and Weil, 2002).

تأثیر مالچ برگی بر بهبود عملکرد در شرایط آبیاری تحت تنش، به فراهم شدن شرایط مطلوب‌تر در محیط ریشه‌ها نسبت داده شده است (Rahman and Yahata, 2007). در پژوهشی دیگر نشان داده شد وجود مالچ حاصل از بقایای گیاهی روی ردیف‌های کشت سیب‌زمینی، از طریق کنترل علف‌های هرز و آفات (مانند سوسک کلورادو سیب‌زمینی)، کاهش دمای خاک، افزایش میزان آب و عناصر غذایی قابل جذب در خاک و نهایتاً بهبود کیفیت خاک سبب ارتقای شاخص‌های زراعی مورد مطالعه شد (Morse, 2006). کاربرد کلش برنج به عنوان مالچ در زراعت سیب‌زمینی، تنها بر سبزشدن بوته‌ها تأثیر معنی‌داری داشت ولی عملکرد و اجزای آن را تحت تأثیر

قرار نداد؛ عدم وجود تفاوت معنی‌دار در عملکرد به استفاده از واریته مقاوم به گرما در این آزمایش نسبت داده شد (Harahagazwe *et al*., 2010). در پژوهشی دیگر در مزرعه سیب‌زمینی از مالچ پوششی استفاده شد. نتایج نشان داد میزان رشد بوته‌ها و عملکرد آنها در بخشهای مالچ‌پاشی شده بالاتر بود (Essah *et al*., 2012) تأثیر کاربرد قطعات نازک پلاستیک بر عملکرد ذرت تحت شرایط دیم نشان داد که میزان رطوبت و دمای خاک و نهایتاً عملکرد ذرت در اثر کاربرد مالچ پلاستیکی افزایش یافت؛ از طرف دیگر میزان مواد آلی خاک کاهش پیدا کرد (Gen-hai, 2010). در پژوهشی نشان داده شد که استفاده از مالچ، عملکرد سیب‌زمینی را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد و در عین حال تأثیر مالچ پلاستیکی بر افزایش عملکرد سیب‌زمینی به طور معنی‌داری بیشتر از مالچ گیاهی بوده است؛ همچنین مشخص شد که استفاده از مالچ، درصد غده‌های بذری سیب‌زمینی (غده‌هایی که وزن آنها بین ۸۰ تا ۱۲۰ گرم بود) را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (Soltani *et al*., 2011). هدف نهایی هر تولیدکننده غده بذری سیب‌زمینی، تولید تعداد بیشتری غده بذری است که بخش عمده‌ای از آنها در اندازه بذری (۳۰ تا ۶۵ میلی‌متر) قرار گرفته باشند. از اینرو، این پژوهش با هدف بررسی امکان استفاده از مالچ به منظور مدیریت مصرف آب و بررسی تأثیر آن بر تعداد و اندازه غده‌های بذری سیب‌زمینی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. فاکتور اصلی شامل رژیم آبیاری در دو سطح (شاهد و تنش ملایم خشکی) و فاکتور فرعی شامل رقم در سه سطح (آگریا، آریندا و سانته) و مالچ در چهار سطح (بدون مالچ، چیپس چوب، کاه و کلش و کمپوست زباله شهری) بودند. در اوایل فصل بهار و پس از رفع خطر سرمای دیرهنگام، غده‌های بذری سیب‌زمینی از کلاس بذری E و از ارقام آگریا، آریندا و سانته در فواصل ۲۰ سانتی‌متر و روی پشته‌هایی به فاصله ۷۵ سانتی‌متر کشت شدند. بلافاصله پس از کاشت، سه نوع مالچ چیپس چوب به ضخامت ۵ سانتی‌متر (Azizi *et al*., 2015)، مالچ کاه و کلش به مقدار ۵ تن در هکتار (Bayat Movahhed *et al*., 2011)، و مالچ کمپوست‌های حاصل از زباله شهری به مقدار ۴۵ تن در هکتار (Allahdadi *et al*., 2011) روی کرتها پاشیده شد. جهت تعیین زمان دقیق آبیاری در هر تیمار، با گذشت ۲۴ ساعت از زمان آبیاری، به صورت روزانه و متوالی توسط آگر از خاک مزرعه در عمق توسعه ریشه نمونه‌برداری انجام شد تا درصد رطوبت وزنی خاک مشخص شود. بر این اساس زمان آبیاری نرمال و تنش ملایم خشکی هنگامی بود که رطوبت وزنی خاک در تیمارهای مربوطه به ترتیب به ۱۷ و ۱۴/۶ درصد رسید (Mojdem, 2016). آبیاری به صورت نواری و تا زمان رسیدن رطوبت مزرعه به حد ظرفیت زراعی انجام شد. در هر واحد آزمایشی چهار ردیف چهار متری در نظر گرفته شد که در زمان برداشت تنها دو ردیف وسط برداشت شده و مورد ارزیابی قرار گرفت.

پس از سبز شدن مزرعه، تعداد بوته استقرار یافته در واحد سطح (متر مربع) شمارش شد. ۴۰ روز پس از سبز شدن بوته‌ها، میانگین ارتفاع آنها اندازه‌گیری شد. سپس در سه بوته‌ای که از هر واحد آزمایشی به تصادف انتخاب شده بود، میزان فتوسنتز خالص در برگچه انتهایی از جوانترین برگ کاملاً توسعه یافته بوسیله دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز مدل سی آی-۳۴۰ اولترا لایت[1] اندازه‌گیری شد (Chang *et al*., 2008). در انتهای دوره

1. CI-340 Ultra-Light

رشد و پیش از سرزنی بوته‌ها، از هر واحد آزمایشی و از عمق خاک زراعی (۰ تا ۱۵ سانتی‌متر) (Ghasemi Nejad Raeini and Sadeghi, 2018) یک نمونه ۵۰ گرمی تهیه شده و میزان کربن آلی خاک در آن بر حسب (mgCO2 /50 g soil) و به روش واکلی و بلک اندازه‌گیری شد (Walkley and Black, 1934). پس از برداشت نیز تعداد غده در واحد سطح، وزن غده در واحد سطح (عملکرد) و اندازه غده‌ها (بزرگ‌ترین قطر عرضی غده) تعیین شد.

تجزیه مرکب داده‌ها در دو سال بر اساس آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS ver 9.1 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که تعداد بوته استقرار یافته در واحد سطح به طور معنی‌داری تحت تأثیر آبیاری، مالچ و اثر متقابل آبیاری × مالچ قرار گرفت.

با توجه به اینکه صفت تعداد بوته استقرار یافته در واحد سطح به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری × مالچ قرار گرفته است، از مقایسه میانگین این صفت در سطوح فاکتورهای اصلی آبیاری و مالچ صرفنظر شده و مقایسه میانگین صفت تعداد بوته استقرار یافته در واحد سطح تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری × مالچ در قالب شکل ۱ انجام شد.

در شکل ۱ نشان داده شده است که در شرایط آبیاری نرمال (Ir1)، تعداد بوته استقرار یافته در سطوح مختلف فاکتور مالچ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند. در حالی که در شرایط تنش ملایم خشکی (Ir2)، استفاده از مالچ کاه و کلش سبب افزایش معنی‌دار تعداد بوته استقرار یافته نسبت به سایر سطوح فاکتور مالچ شده و تعداد بوته استقرار یافته در واحد سطح را تا حد آبیاری نرمال افزایش داده است. بنابراین به نظر می‌رسد در شرایط تنش ملایم خشکی، مالچ کاه و کلش در مقایسه با دو مالچ دیگر (چیپس چوب و کمپوست حاصل از زباله شهری) پوشش بهتری را در سطح خاک ایجاد نموده و در حفظ رطوبت خاک و تعدیل حرارت آن مؤثرتر بوده است. پژوهشگران گزارش نمودند که کاربرد کاه و کلش برنج به عنوان مالچ در مزارع سیب‌زمینی، تأثیر معنی‌داری بر سبزشدن و استقرار بوته‌های سیب‌زمینی داشته و آنرا بهبود بخشیده است (Harahagazwe *et al*., 2010).

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که صفت ارتفاع بوته به طور معنی‌داری تحت تأثیر فاکتورهای آبیاری، رقم و مالچ و اثرات متقابل آبیاری × رقم و رقم × مالچ قرار گرفت. بنابراین از مقایسه میانگین این صفت در سطوح فاکتورهای اصلی آبیاری، رقم و مالچ صرفنظر شده و میانگین صفت ارتفاع بوته در سطوح اثرات متقابل آبیاری × رقم (شکل ۲) و رقم × مالچ (شکل ۳) مقایسه شد.

در شکل ۲ نشان داده شده است که بالاترین ارتفاع بوته مربوط به رقم آگریا است که در شرایط آبیاری نرمال ایجاد شده است، در شرایط تنش ملایم خشکی نیز ارتفاع بوته این رقم از ارتفاع بوته سایر ارقام به طور معنی‌داری بیشتر بوده است. رقم آریندا در شرایط تنش ملایم خشکی پایین‌ترین ارتفاع بوته را داشت.

مقایسه میانگین ارتفاع بوته در سطوح اثر متقابل رقم × مالچ نشان داد که در رقم آگریا استفاده از کاه و کلش به عنوان مالچ بیشترین ارتفاع بوته را ایجاد نموده است؛ در حالی که در این رقم بین سایر سطوح فاکتور مالچ از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری وجود نداشته است. در رقم سانته، استفاده از مالچ (هر سه نوع مالچ مورد مطالعه) سبب افزایش ارتفاع بوته نسبت به شاهد (عدم استفاده از مالچ) شد.

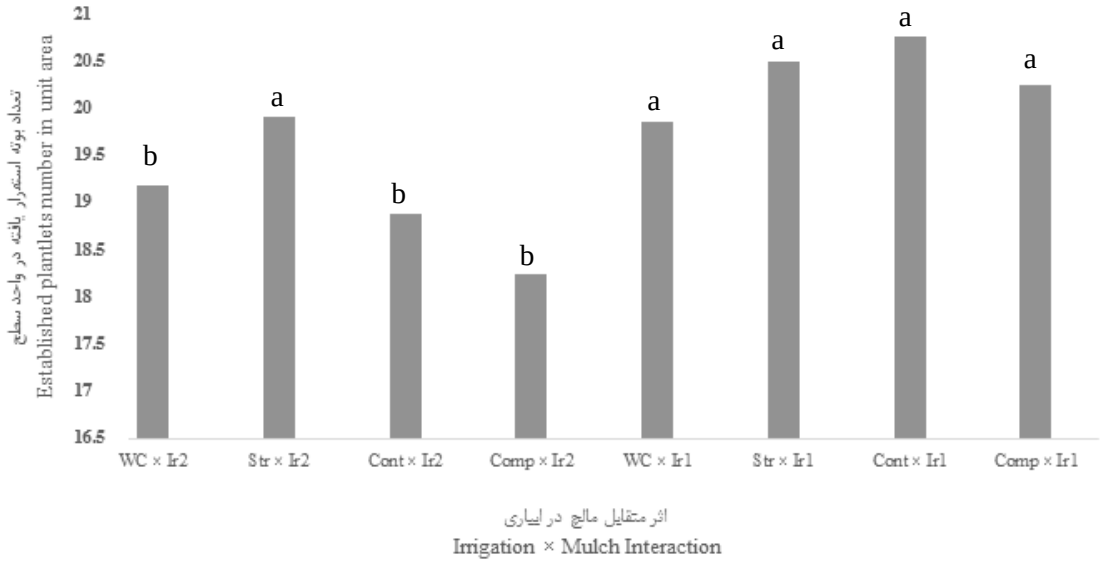
جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه سیب‌زمینی تحت تأثیر فاکتورهای آزمایش

Table 1- Summary of variance analysis for potato studied traits under experimental factors

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean Squares						
		تعداد بوته استقرار یافته Number of stablished plantlets	ارتفاع بوته Height of plant	تعداد غده در واحد سطح Tuber number in unit area	عملکرد در واحد سطح Yield in unit area	اندازه غده Tuber size	کربن آلی خاک Soil organic carbon	فتوسنتز خالص Net photosynthesis
بلوک B	2	1.3333 ns	15.6458 ns	134.20 ns	0.0646 ns	0.9447 ns	0.5060 ns	0.0310 ns
سال Y	1	3.3611 ns	0.6944 ns	23.81 ns	0.0669 ns	5.92 ns	0.2433 ns	0.0003 ns
خطای a Ea	2	0.3611	0.2152	10.15	0.0005	3.75	0.0913	0.0203
آبیاری Ir	1	7.1111**	61.3611**	0.07 ns	2.1511**	35.98**	26.3169**	0.1219*
سال× آبیاری Y×Ir	1	0.6944 ns	10.0277 ns	47.06 ns	0.0177 ns	0.1067 ns	0.5826 ns	0.0010 ns
خطای b Eb	4	0.3611	2.4444	39.36	0.0088	5.41	0.3539	0.0160
رقم V	2	2.5833 ns	2006.08**	347.02**	11.5484**	38.91**	6.1888**	0.1683**
سال×رقم Y×V	2	1.0277 ns	7.4444 ns	125.61 ns	0.0529 ns	1.38 ns	0.0461 ns	0.0442 ns
آبیاری×رقم V×Ir	2	4.4444 ns	44.1944**	774.42**	1.5625**	22.80**	8.2109**	0.1548**
سال×آبیاری×رقم Y×V×Ir	2	0.3611 ns	12.1111 ns	105.64 ns	0.0279 ns	0.074 ns	0.0699 ns	0.0097 ns
مالچ M	3	5.9851*	56.5277**	76.51 ns	0.0795**	0.82 ns	17.0632**	0.2346**
سال×مالچ Y×M	3	1.9722 ns	1.1574 ns	108.56 ns	0.0113 ns	0.74 ns	0.4380 ns	0.0024 ns
آبیاری×مالچ Ir×M	3	5.8814*	10.7500 ns	144.41**	0.1729**	16.80*	18.4862**	0.0227 ns
سال×آبیاری×مالچ Y×Ir×M	3	1.8611 ns	3.3769 ns	64.31 ns	0.0314 ns	1.45 ns	0.1600 ns	0.0066 ns
رقم× مالچ V×M	6	2.2962 ns	15.0000**	60.05 ns	0.0590 ns	28.98**	4.7264**	0.2104**
سال×رقم×مالچ Y×V×M	6	3.7777 ns	3.8240 ns	72.61 ns	0.0349 ns	0.81 ns	0.2975 ns	0.0046 ns
آبیاری×رقم×مالچ V×Ir×M	6	4.8425 ns	6.8888 ns	53.61 ns	0.0735 ns	19.85**	8.1225**	0.1843**
سال×رقم×آبیاری×مالچ Y×V×Ir×M	6	1.0555 ns	5.9351 ns	115.41 ns	0.0191 ns	1.15 ns	0.4924 ns	0.0027 ns
خطای آزمایش E	88	1.9981	4.8314	41.95	0.0307	4.6659	1.0327	0.0189
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	7.16	5.37	19.38	7.67	3.80	13.19	18.89

*، ** و ns : به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

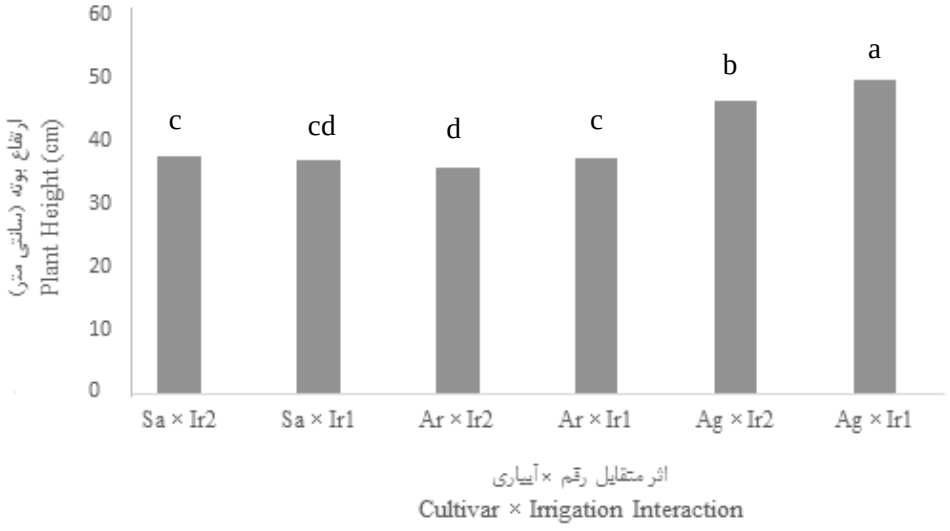
*, **, ns: Significantly different at 5 and 1% probability levels and non-significant, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین تعداد بوته استقرار یافته در سطوح اثر متقابل آبیاری × مالچ

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

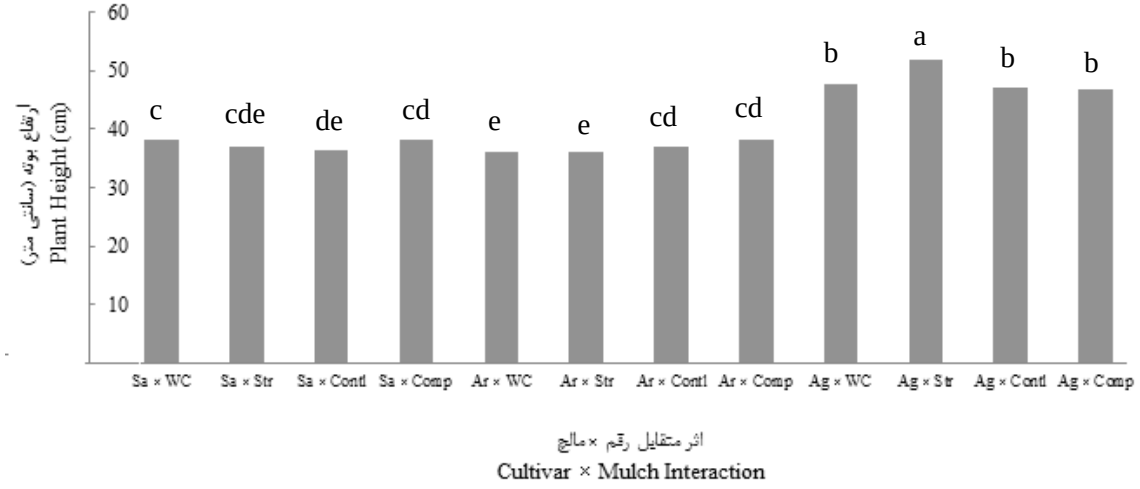
Figure 1. Mean comparison of established plantlets number in Irrigation × Mulch interaction
Ir1: Normal Irrigation, Ir2: Drought stress, WC: Wood Chips, Str: Straw, Cont: Control, Comp: Compost.
Means with similar letters in each column are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple range test.



شکل ۲. مقایسه میانگین ارتفاع بوته در سطوح اثر متقابل آبیاری × رقم

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Figure 2. Mean comparison of plant height in Irrigation × Cultivar interaction
Ag: Agria, Ar: Arinda, Sa: Sante, Ir1: Normal Irrigation, Ir2: Draught stress.
Means with similar letters in each column are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple range test.



شکل ۳- مقایسه میانگین ارتفاع بوته در سطوح اثر متقابل رقم × مالچ

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Figure 3. Mean Comparison of plant height in Cultivar × Mulch interaction
Ag: Agria, Ar: Arinda, Sa: Sante, WC: Wood Chips, Str: Straw, Cont: Control, Comp: Compost.
Means with similar letters in each column are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple range test.

در رقم آرینداا موضوع کاملاً متفاوت بوده است؛ بدین ترتیب که استفاده از مالچ کاه و کلش و مالچ چیپس چوب ارتفاع بوته را نسبت به شاهد و مالچ کمپوست حاصل از زباله شهری به طور معنی‌داری کاهش داد. گزارش شده است که وجود مالچ حاصل از بقایای گیاهی در روی ردیف‌های کشت از طریق افزایش میزان آب قابل دسترس در خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک و نهایتاً بهبود کیفیت خاک سبب ارتقای شاخص‌های زراعی از جمله ارتفاع بوته می‌شود (Rahman and Yahata, 2007). ارقام آگریا، سانته و آرینداا به ترتیب به عنوان ارقام دیررس، میان‌رس و زودرس (Adavi *et al.*, 2019) برای مطالعه در این پژوهش انتخاب شدند، بنابراین به نظر می‌رسد رقم آرینداا به دلیل کوتاه‌تر بودن طول دوره رشد فرصت کافی برای استفاده مزایای حاصل از کاربرد مالچ‌های آلی (کاه و کلش و چیپس چوب) را نداشته است.

نتیجه تجزیه واریانس داده‌ها نشانگر آن بود که اثر فاکتور رقم و نیز اثرات متقابل آبیاری × رقم و آبیاری × مالچ بر تعداد غده در واحد سطح معنی‌دار بوده است (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین تعداد غده در واحد سطح در سطوح اثر متقابل آبیاری × رقم (جدول ۲) نشان داد که تنش ملایم خشکی در ارقام آگریا و آرینداا به ترتیب سبب افزایش و کاهش معنی‌دار تعداد غده تولید شده در واحد سطح نسبت به شرایط آبیاری نرمال شده است. این در حالی است که در رقم سانته صفت تعداد غده تحت تأثیر تنش ملایم خشکی قرار نگرفته است. رقم آگریا از جمله ارقام با غده‌زایی پایین است که به نظر می‌رسد تنش ملایم خشکی سبب تحریک و افزایش غده‌زایی در این رقم شده است، در حالیکه تنش ملایم خشکی در رقم آرینداا که از غده-زایی بالاتری نسبت به رقم آگریا برخوردار است، سبب کاهش غده‌زایی شده است. مقایسه میانگین تعداد غده در واحد سطح تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری × مالچ (جدول ۲) نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال، تفاوت معنی‌داری بین تعداد غده تولید شده در سطوح مختلف فاکتور مالچ وجود نداشته است. این در حالی است که استفاده از مالچ (کاه و

کلش، چیپس چوب و کمپوست) در شرایط تنش ملایم خشکی، تعداد غده در واحد سطح را نسبت به شاهد (عدم استفاده از مالچ) به طور معنی‌داری افزایش داده است. البته اگرچه از این نظر تفاوت معنی‌داری بین انواع مختلف مالچ (کاه و کلش، چیپس چوب و کمپوست) مشاهده نشد، ولی تعداد غده تولید شده در شرایط استفاده از مالچ کاه و کلش و مالچ چیپس چوب با تعداد غده تولید شده در سطوح مختلف آبیاری نرمال تفاوت معنی‌داری نداشت. این مشاهده به وضوح نشان می‌دهد که استفاده از مالچ بویژه مالچ کاه و کلش و مالچ چیپس چوب در شرایط تنش ملایم خشکی، می‌تواند به طور مؤثری در کاهش اثرات تنش خشکی عمل نموده و تعداد غده تولید شده در واحد سطح را تا حدی زیادی از تأثیرات منفی تنش خشکی مصون نگه دارد.

مقایسه میانگین عملکرد در سطوح اثر متقابل آبیاری × رقم (جدول ۲) نشان داد که در رقم آگریا میزان عملکرد در شرایط آبیاری نرمال و تنش ملایم خشکی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته است. با توجه به اینکه تنش ملایم خشکی در این رقم سبب افزایش تعداد غده شده بود، می‌توان چنین استنباط نمود که تنش ملایم خشکی در رقم آگریا سبب ریزتر شدن غده‌ها و افزایش تعداد آنها شده است. در رقم آرینـدا تنش ملایم خشکی سبب کاهش معنی‌دار عملکرد شد که این کاهش با کاهش معنی‌دار تعداد غده همراه بوده است. این در حالی است که در رقم سانته عملکرد نیز همانند تعداد غده تحت تأثیر تنش ملایم خشکی قرار نگرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین عملکرد در سطوح اثر متقابل آبیاری × مالچ (جدول ۲) نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال تفاوت معنی‌داری بین عملکرد شاهد با انواع مالچ مورد مطالعه وجود نداشته است. در حالیکه در شرایط تنش، استفاده از مالچ کاه و کلش و مالچ چیس چوب میزان عملکرد را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد؛ در این شرایط مالچ کمپوست حاصل از زباله شهری تأثیری در بهبود عملکرد نداشت. در پژوهش انجام شده توسط هاراهاگازو و همکاران (Harahagazwe *et al*., 2010) گزارش شده است که مالچ‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد سیب‌زمینی نداشته است؛ نتایج این پژوهش نشان داد که عدم تأثیر معنی‌دار مالچ بر عملکرد سیب‌زمینی ممکن است به علت استفاده از واریته مقاوم به گرما در این آزمایش بوده باشد. همچنین در پژوهش دیگری مشخص گردید که استفاده از مالچ، درصد غده‌های بذری (غده-هایی که وزن آنها بین ۸۰ تا ۱۲۰ گرم بود) را به طور معنی‌داری افزایش داد (Soltani *et al*., 2011). گزارش شده است که استفاده از مالچ پوششی در گیاه سیب‌زمینی باعث افزایش عملکرد و کیفیت غده‌ها شده است (Essah *et al*., 2012).

مقایسه میانگین صفت اندازه غده (جدول ۳) نشان داد که در رقم آگریا تفاوت معنی‌داری بین اندازه غده تیمارهای مختلف مشاهده نشد، بنابراین به نظر می‌رسد صفت اندازه غده در رقم آگریا تحت تأثیر سطوح مختلف فاکتورهای آبیاری و مالچ قرار نگرفته است. در حالیکه در رقم آرینـدا و در شرایط تنش، استفاده از مالچ چیپس چوب سبب افزایش معنی‌دار اندازه غده نسبت به شاهد شده است. در رقم سانته و در شرایط آبیاری نرمال، اندازه غده‌های تولید شده در شرایط عدم استفاده از مالچ به طور معنی‌داری بالاتر از اندازه غده‌های تولید شده تحت سایر سطوح فاکتور مالچ بوده است. در این رقم و در شرایط تنش، کاربرد مالچ نتوانسته تأثیری بر اندازه غده داشته باشد. بنابراین به نظر می‌رسد از بین ارقام مورد مطالعه، اندازه غده در رقم آرینـدا نسبت به کاربرد مالچ کاه و کلش واکنش مثبت نشان داده است. بدیهی است واکنش متفاوت اندازه غده ارقام نسبت به فاکتورهای آبیاری و مالچ سبب معنی‌دار شدن اثر متقابل آبیاری × رقم × مالچ شده است. گزارش شده است که بهبود عملکرد غده سیب‌زمینی در اثر کاربرد مالچ پوششی با درشت‌تر شدن اندازه غده‌ها همراه بوده است (Essah *et al*., 2012).

جدول ۲- مقایسه میانگین تعداد غده و عملکرد در سطوح اثرات متقابل معنی‌دار

Table 2- Mean comparison of tuber number and yield in significant interactions

اثر متقابل معنی‌دار Significant interaction	سطوح فاکتور مورد مطالعه Levels of studied factor	تعداد غده در مترمربع Tuber number per m^2	میانگین عملکرد (کیلوگرم در مترمربع) Mean of yield (kg m^{-2})
آبیاری × رقم (V × Ir)	آبیاری نرمال × آگریا (Ag × Ir1)	57.29 c	2.075 c
	تنش × آگریا (Ag × Ir2)	64.00 b	2.079 c
	آبیاری نرمال × آریندا (Ar × Ir1)	86.29 a	3.170 a
	تنش × آریندا (Ar × Ir2)	57.50 c	2.510 b
	آبیاری نرمال × سانته (Sa × Ir1)	54.16 c	1.960 d
	تنش × سانته (Sa × Ir2)	54.12 c	1.880 d
آبیاری × مالچ (Ir × M)	آبیاری نرمال × کمپوست (Ir1 × Comp)	67.66 a	2.3444 ab
	آبیاری نرمال × شاهد (Ir1 × Cont)	66.83 a	2.4055 a
	آبیاری نرمال × کاه و کلش (Ir1 × Str)	61.88 ab	2.4277 a
	آبیاری نرمال × چیپس چوب (Ir1 × WC)	67.27 a	2.4388 a
	تنش × کمپوست (Ir2 × Comp)	56.27 b	2.0555 d
	تنش × شاهد (Ir2 × Cont)	54.00 c	2.0777 d
	تنش × کاه و کلش (Ir2 × Str)	62.66 ab	2.2855 bc
	تنش × چیپس چوب (Ir2 × WC)	61.22 ab	2.2222 c

در هر ستون و هر ترکیب تیماری، میانگین‌های دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

In each column and each treatment, means in a joint statement have not significant difference.
Ag:Agria, Ar:Arinda, Sa:Sante, Ir1:Normal Irrigation, Ir2:Draught stress, WC:Wood Chips, Str:Straw, Cont:Control, Comp:Compost.

در رقم آگریا و در شرایط آبیاری نرمال، میزان کربن آلی خاک در صورت استفاده از مالچ کاه و کلش (آگریا× آبیاری نرمال×کاه و کلش) و مالچ چیپس چوب (آگریا× آبیاری نرمال× چیپس چوب) به طور معنی‌داری بالاتر از میزان کربن آلی خاک در سایر تیمارهای مورد آزمایش بود. در این رقم و در شرایط تنش، استفاده از مالچ کاه و کلش و مالچ چیپس چوب تأثیری در افزایش معنی‌دار میزان کربن آلی خاک نسبت به شاهد نداشت و در عین حال استفاده از مالچ کمپوست حاصل از زباله شهری، میزان کربن آلی خاک را به کمتر از مقدار این صفت در شرایط شاهد و استفاده از مالچ کاه و کلش و مالچ چیپس چوب کاهش داد. در رقم آریندا، بیشترین میزان کربن آلی خاک در شرایط آبیاری نرمال و استفاده از مالچ چیپس چوب ایجاد شد (آریندا× آبیاری

نرمال×چیپس چوب). در این رقم و در شرایط تنش، میزان کربن آلی خاک در صورت استفاده از مالچ کاه و کلش به طور معنی‌داری بالاتر از سایر سطوح فاکتور مالچ بود. در رقم سانته، تفاوت معنی‌داری بین میزان کربن آلی خاک در سطوح مختلف فاکتورهای آبیاری و مالچ مشاهده نشد (جدول ۳). گزارش شده است که نگهداری پسماندها در سطح خاک بیلان کربن خاک را رو به مثبت برده و خاک بوم نظام‌های زراعی را تبدیل به مخزنی برای کربن می‌سازد که این امر پیامدهای شایان توجهی بر کاهش انتشار کربن به اتمسفر و ذخیره آن در خاک دارد (Alizade *et al*., 2017).

جدول ۳- مقایسه میانگین اندازه غده، کربن آلی خاک و فتوسنتز خالص در سطوح اثرات متقابل معنی‌دار

Table 3- Mean comparison of tuber size, soil organic carbon and net photosynthesis rate in significant interactions

اثر متقابل معنی‌دار Significantly different interactions	سطوح فاکتور مورد مطالعه Levels of studied factors	میانگین صفات مورد مطالعه Mean of studied traits		
		اندازه غده (میلی‌متر) Tuber Size (mm)	کربن آلی خاک (میلی گرم CO_2 در ۵۰ گرم خاک) Soil Organic Carbon ($mgCO_2$/50 g soil)	فتوسنتز خالص (میکرومول CO_2 در مترمربع در ثانیه) Net Photosynthesis ($\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)
آبیاری × رقم × مالچ Irrigation×Cultivar×Mulch	آگریا× آبیاری نرمال×کمپوست (Ag×Ir1×Comp)	58.01 bc	5.49 e	0.9083 a
	آگریا× آبیاری نرمال× شاهد (Ag×Ir1×Cont)	56.70 c	8.14 bc	0.9000 a
	آگریا× آبیاری نرمال×کاه و کلش (Ag×Ir1×Str)	56.20 c	9.87 a	0.4833 efgh
	آگریا× آبیاری نرمال ×چیپس چوب (Ag×Ir1×WC)	54.78 cd	10.00 a	0.4500 fgh
	آگریا× تنش×کمپوست (Ag×Ir2×Comp)	57.67 bc	5.49 e	0.6333 bcde
	آگریا× تنش× شاهد (Ag×Ir2×Cont)	56.78 c	7.73 bc	0.5500 defgh
	آگریا× تنش×کاه و کلش (Ag×Ir2×Str)	55.54 cd	7.39 bc	0.6833 bcd
	آگریا× تنش × چیپس چوب (Ag×Ir2×WC)	55.23 cd	7.35 c	0.7333 b
	آریندا × آبیاری نرمال × کمپوست (Ar×Ir1×Comp)	55.66 cd	5.84 de	0.4419 fgh
	آریندا × آبیاری نرمال × شاهد (Ar×Ir1×Cont)	55.69 c	7.38 bc	0.5666 cdefg

ادامه جدول ۳-

Table 3- Continued

اثر متقابل معنی‌دار Significantly different interactions	سطوح فاکتور مورد مطالعه Levels of studied factors	میانگین صفات مورد مطالعه Mean of studied traits: اندازه غده (میلی‌متر) Tuber Size (mm)	کربن آلی خاک (میلی گرم CO_2 در ۵۰ گرم خاک) Soil Organic Carbon ($mgCO_2$/50 g soil)	فتوسنتز خالص (میکرومول CO_2 در مترمربع در ثانیه) Net Photosynthesis ($\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)
	آریندا × آبیاری نرمال × کاه و کلش (Ar×Ir1×Str)	59.81 b	8.57 b	0.7166 b
	آریندا × آبیاری نرمال × چیپس چوب (Ar×Ir1×WC)	59.03 bc	10.45 a	0.4066 gh
	آریندا × تنش × کمپوست (Ar×Ir2×Comp)	54.68 d	7.34 c	0.4583 fgh
	آریندا × تنش × شاهد (Ar×Ir2×Cont)	53.07 d	7.34 c	0.4566 fgh
	آریندا × تنش × کاه و کلش (Ar×Ir2×Str)	55.25 cd	10.26 a	0.6666 bcd
	آریندا × تنش × چیپس چوب (Ar×Ir2×WC)	56.83 c	6.21 cde	0.7166 bc
	سانته × آبیاری نرمال × کمپوست (Sa×Ir1×Comp)	58.54 bc	6.82 cd	0.9166 a
	سانته × آبیاری نرمال × شاهد (Sa×Ir1×Cont)	60.80 a	8.27 bc	0.7666 b
	سانته × آبیاری نرمال × کاه و کلش (Sa×Ir1×Str)	56.76 c	7.48 bc	0.4000 gh
	سانته × آبیاری نرمال × چیپس چوب (Sa×Ir1×WC)	55.54 cd	7.57 bc	0.6083 bcdef
	سانته × تنش × کمپوست (Sa×Ir2×Comp)	55.88 c	7.12 c	0.4166 gh
	سانته × تنش × شاهد (Sa×Ir2×Cont)	56.69 c	7.14 c	0.4000 h
	سانته × تنش × کاه و کلش (Sa×Ir2×Str)	58.14 bc	7.41 bc	0.4666 fgh
	سانته × تنش × چیپس چوب (Sa×Ir2×WC)	58.04 c	6.49 cde	0.6833 bcd

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

Means with the same letter are not significantly different.

Ag:Agria, Ar:Arinda, Sa:Sante, Ir1:Normal Irrigation, Ir2:Draught stress, WC: Wood Chips, Str:Straw, Cont:Control, Comp:Compost.

در پژوهشی که از مالچ پلاستیکی استفاده شده بود، گزارش شد که این نوع مالچ سبب کاهش میزان مواد آلی خاک شده است (Gen-hai, 2010).

مقایسه میانگین صفت میزان فتوسنتز خالص تحت تأثیر اثر متقابل تنش آبیاری × رقم × مالچ (جدول ۳) نشان داد که در رقم آگریا و در شرایط آبیاری نرمال، بیشترین میزان فتوسنتز خالص در صورت عدم استفاده از مالچ (شاهد) و نیز استفاده از مالچ کمپوست حاصل از زباله شهری ایجاد شده و استفاده از مالچ کاه و کلش و چیپس چوب سبب کاهش معنی‌دار فتوسنتز خالص شده است، این در حالی است که در شرایط تنش، استفاده از کاه و کلش و چیپس چوب به عنوان مالچ سبب افزایش معنی‌دار فتوسنتز خالص در رقم آگریا شده است. در رقم آرینـدا و در شرایط آبیاری نرمال، استفاده از کاه و کلش به عنوان مالچ میزان فتوسنتز خالص را نسبت به سایر سطوح فاکتور مالچ به طور معنی‌داری افزایش داده است، این در حالی است که در شرایط تنش در این رقم نیز همانند رقم آگریا میزان فتوسنتز خالص در صورت استفاده از مالچ کاه و کلش و چیپس چوب به طور معنی‌داری افزایش یافته است. در رقم سانته و در شرایط آبیاری نرمال، بیشترین میزان فتوسنتز خالص در صورت استفاده از مالچ کمپوست ایجاد گردیده و استفاده از مالچ کاه و کلش و چیپس چوب سبب کاهش معنی‌دار فتوسنتز خالص شده است. در رقم سانته و در شرایط تنش، استفاده از چیپس چوب به عنوان مالچ میزان فتوسنتز خالص را نسبت به سایر سطوح فاکتور مالچ به طور معنی‌داری افزایش داده است. قبلاً نیز گزارش شده بود که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار میزان فتوسنتز خالص می‌شود (Li *et al*., 2015).

نتیجه‌گیری کلی و پیشنهاد

در شرایط تنش ملایم خشکی، استفاده از مالچ به ویژه مالچ حاصل از بقایای گیاهی (کاه و کلش و چیپس چوب) تأثیر مثبتی بر تعداد بوته استقرار یافته، ارتفاع بوته و تعداد غده سیب‌زمینی تولید شده در واحد سطح داشته و میزان عملکرد را نسبت به شرایط عدم استفاده از مالچ (شاهد) به طور معنی‌داری افزایش داد. بنابراین به نظر می‌رسد مالچ حاصل از بقایای گیاهی از طریق افزایش میزان آب قابل دسترس در خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک و نهایتاً بهبود کیفیت خاک سبب ارتقای شاخص‌های زراعی می‌شود. بنابراین استفاده از مالچ حاصل از بقایای گیاهی بویژه مالچ کاه و کلش و مالچ چیپس چوب در شرایط مواجهه با تنش ملایم خشکی در کشت سیب‌زمینی، می‌تواند به طور مؤثری در کاهش اثرات تنش خشکی عمل نموده و عملکرد را تا حدی زیادی از تأثیرات منفی تنش خشکی مصون نگه دارد.

منابع

Reference

Adavi, Z., M.R. Tadaion, and A. Baghbani Arani. 2019. The impact of climate change on potato production and evaluation of compatibility solutions in Feridoonshahr rejoin climate. J Plant Proc and Func. 8: 151-169.

Alizade, Y., A. Koocheki, and M. Nasiri Mahallati. 2017. Study of carbon budget and CO2 emissions rate from soil surface in no tillage systems. J. Agroecol. 7: 107-118.

Allahdadi, I., A. Memari., Gh.A. Akbari, and O. Lotfifar. 2011. Effect of Different Amounts of Municipal Solid Waste Compost on Soil Properties, Nutrient Concentration, Growth and Yield of Corn. J. Plant Prod. Technol. 11: 83-97.

Azizi, M., S. Shahriari., H. Arooee, and H. Ansaari. 2015. The effect of different irrigation regimes and mulch types on vegetative characteristics and essential oil content of Peppermint (*Mentha piperita*). J. Hortic. Sci. 29: 11-21.

Bayat Movahhed, F., D. Nikkami., M. Tokasi, and P. Moradi. 2011. Effect of wheat straw mulch application on soil and organic carbon loss in rainfed hill slope lands. Watershed Eng. Manage. 3: 223-230.

Brady, N., and R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soils (13th ed.). The Prentice Hall Press, United States.

Chang, D.C., C.S. Park., S.Y. Kim., S.J. Kim and Y.B. Lee, 2008. Physiological growth responses by nutrient interruption in aeroponically grown potatoes. Am. J. Potato. Res. 85: 315-323.

Eslami, A., and M. Farzamnia. 2009. The effect of mulch type on soil water storage capacity and pistachio trees yield. Iranian J. Irrig. Drain. 3: 79-87.

Essah, S.Y., C. Delgado., J.A. Dillon, and R. Sparks. 2012. Cover crops can improve potato tuber yield and quality. Hortic. Technol. 22: 185-190.

FAOSTAT. 2015. FAOSTAT emissions database [Online]. Available at WWW.faostat.fao.org.

Ghasemi Nejad Raeini, M., and H. Sadeghi. 2018. Evaluation of carbon sequestration in soil and plant organs of *Zygophyllum atriplicoides* and *Gymnocarpus decander* (Case study: Saleh-Abad, Hormozgan). Iranian J. Range. Des. Res. 24: 699-707.

Gen-hai, Y. 2010. Effect of plastic film-mulching on the yield of maize and soil condition. J. Anhui Agric. Sci. 2: 2010 -2012.

Harahagazwe, D., J.F. Ledent, and G. Rusuku. 2010. Effects of rice straw mulch and planting density on potato growth and performance in lowlands of Burundi. Exp. Agric. 46: 501-518.

Jihade-Agriculture Ministry. 2017. Agricultural Statistics. Field Crops. Volume 1.

Li, J., Z. Cang., F. Jiao., X. Bai., D. Zhang, and R. Zhai. 2015. Influence of drought stress on photosynthetic characteristics and protective enzymes of potato at seedling stage. J. Saudi Soc. Agric Sci. 10:1-15.

Mojdem, M. 2016. Drought stress effect on physiological characteristics and yield of sunflower in nitrogen different levels. J. Crop Prod. 9:121-126.

Morse, R. 2006. Using high-residue cover crop mulch for weed management in organic no-till potato production systems. Virginia State University, Department of Horticulture, Final Project Report. VA 24061.

Porter, G.A., G.B. Opena., W.B. Bradbury., J.C. McBurnie, and J.A. Sisson. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato. I. Soil properties, tuber yield, and quality. Agron. J. 91: 416- 425.

Rahman, M.A., and H. Yahata. 2007. Effect of mulch and irrigation on leaf water relation and pod yield of common bean in dry period of Bangladesh. Int. J. Agric. Res. 2: 862-869.

Ramakrishna, A., H.M. Tam., S.P. Wani, and T.D. Long. 2006. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in Northern Vietnam. Field Crops Res. 95: 115-125.

Sinkevičiene, A., D. Jodaugiene., R. Pupaliene, and M. Urboniene. 2009. The influence of organic mulches on soil properties and crop yield. Agron. J. 7: 485-491.

Singh, C.B., S. Singh., V.K. Arora, and N.K. Sekhon. 2015. Residue mulch effects on potato productivity and irrigation and nitrogen economy in a subtropical environment. Potato Res. 58: 245-260.

Soltani, A., P. Fathi, and F. Hosein Panahi. 2011. Effect of irrigation depth and mulch on the yield and water use efficiency of potato under drainage irrigation in Dehgolan plain. Kordestan Univercity. MSc Thesis.

Walkley, A., and Black, I. A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 63: 251-264.