Archive of SID

Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 50, No 4, Winter 2020 (155-173)
DOI: 10.22059/ijfcs.2018.257318.654520

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۸ (ص۱۷۳-۱۵۵)

اثر رژیم‌های مختلف آبیاری، کودهای شیمیایی و زیستی بر میزان اسیدهای چرب و عملکرد روغن گل مغربی (*Oenothera Biennis L.*)

محمود محمدی[۱]، سید علی محمد مدرس ثانوی*[۲]، همت اله پیردشتی[۳]، بهنام زند[٤] و زین العابدین طهماسبی سروستانی[٥]

۱- فارغ التحصیل دکتری زراعت، دانشگاه تربیت مدرس ۲ و ۵- استاد و دانشیار گروه زراعت، دانشگاه تربیت مدرس ۳- دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری ٤- استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/٦/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۲۸)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری، کودهای شیمیایی و زیستی در میزان اسیدهای چرب و عملکرد روغن گل مغربی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۹٤-۱۳۹۳ انجام شد. در کرت‌های اصلی، سه سطح رژیم آبیاری (آبیاری در زمان باقی ماندن ۳۰، ٤۰ و ۵۰ درصد از ظرفیت زراعی) و در کرت‌های فرعی ترکیب فاکتوریل سه سطح کود شیمیایی (عدم کاربرد، کاربرد توأم اوره + سوپرفسفات تریپل به میزان ۵۰ و ۱۰۰ درصد توصیه شده) همراه با چهار سطح کودهای زیستی (تلقیح و عدم تلقیح میکوریزا و آزوسپیریلوم) قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس، حاکی از اختلاف معنی‌دار بین آبیاری، کودهای شیمیایی، کودهای زیستی و اثر برهمکنش رژیم آبیاری و کود شیمیایی در تمامی صفات مورد بررسی بود. تنش خشکی، باعث کاهش عملکرد روغن در هکتار، امگا (۳، ٦، ۷ و ۹)، مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع، نسبت مجموع اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع و تمامی اسیدهای چرب غیر اشباع گردید. ولی مجموع اسیدهای چرب اشباع و تمامی اسیدهای چرب اشباع افزایش یافتند. بالاترین میزان اسیدهای چرب گامالینولنیک، لینولنیک، اولئیک و واکسینیک در اثر برهمکنش آبیاری در زمان حصول ٤۰ درصد از ظرفیت زراعی و کاربرد توأم کودهای شیمیایی اوره + سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۰۰ درصد توصیه شده به همراه تلقیح گیاه گل مغربی با میکوریزا و آزوسپیریلوم، به دست آمد. به طور کلی تنش خشکی باعث کاهش میزان اسیدهای چرب غیر اشباع (کاهش کیفیت روغن) به همراه عملکرد روغن گردید و استفاده از کودها باعث افزایش میزان اسیدهای چرب غیر اشباع شد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، اوره، سوپرفسفات تریپل، میکوریزا، آزوسپیریلوم، اسیدهای چرب

Effect of different irrigation regime, chemical, and biological fertilizers, on fatty acids content and oil yield of evening primrose (*Oenothera Biennis* L.)

Mahmood Mohammadi[1], Seyed Ali Mohammad Modarres-Sanavy[1]*, Hemmatolah Pirdashti[2], Behnam Zand[3] and Zeinolabedin Tahmasebi-Sarvestani[1]

1: Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2: Agronomy Department, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.3: Seed and Plant Improvement Research Department, Tehran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Varamin, Iran.

(Received: September 1, 2018 - Accepted: October 19, 2018)

ABSTRACT

To evaluate the effect of different irrigation regime and chemical and biological fertilizers on the fatty acids content and oil yield of evening primrose, a factorial experiment based on randomized complete blocks design with three replications was conducted in the years of 2015-2016. In the main plots, three levels of irrigation regime (irrigation at 30, 40 and 50% of field capacity) and in the factorial sub-plots three levels of chemical fertilizer (no application, 50% and 100% urea + superphosphate combined application Recommended) with four levels of biofertilizers (inoculation and non- inoculation of mycorrhiza and azospirillum). The results of the analysis of variance showed a significant difference between irrigation regimes, chemical fertilizers, biological fertilizers and interaction of irrigation regimes and fertilizer in all studied traits. Drought stress, reduced oil yield per hectare, omega (3, 6, 7 and 9), ratio of total unsaturated fatty acids to saturated fatty acids and total unsaturated fatty acids. But the total saturated fatty acids and all saturated fatty acids increased. The highest levels of gamma-linolenic, linolenic, oleic and vaccinic fatty acids due to irrigation interaction at 40% agronomic capacity and combined application of urea + triple superphosphate fertilizers with 100% recommended in combination with inoculation of mycorrhiza and Azospirilum were achieved. In general, drought stress decreased the amount of unsaturated fatty acids (reduced oil quality) and oil yield, and the use of fertilizers increased the amount of unsaturated fatty acids.

Keywords: *Azospirillum*, drought stress, fatty acids, mycorrhiza, urea, superphosphate triple.

* Corresponding author E-mail: modaresa@modares.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تمایل برای تولید گیاهان دارویی و تقاضا برای تولید محصولات، بدون استفاده از کودهای شیمیایی در جهان رو به افزایش است (Mahmoud and Soliman, 2017). در بین گیاهان دارویی، گل مغربی (*Oenothera biennis* L.) از خانواده *Onagraceae* با گل‌هایی به رنگ زرد روشن، گیاهی دوساله، مقاوم به سرما، با تولید ساقه گل-دهنده در سال دوم و حساس به تنش خشکی از مهم‌ترین آنها می‌باشد (Ghasemnezhad and Honermeier, 2008). از مهم‌ترین خواص دارویی روغن بذر گل مغربی می‌توان به اثرات ضد آلرژی، ضد التهاب، کاهش دهندهٔ کلسترول، تنظیم دوره قاعدگی، کاهش فشار خون و گشاد کنندگی رگ‌ها به دلیل اسید چرب گامالینولنیک اشاره نمود (Mahmoud and Soliman, 2017). بالاترین میزان سطح زیر کشت مربوط به کشور آمریکا و در رتبه دوم کشور چین قرار دارد (Ghasemnezhad and Honermeier, 2008). در ارتباط با سطح زیر کشت این گیاه در کشور ایران، اطلاعاتی در دسترس نمی‌باشد.

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی و عامل محدودکننده تولید موفقیت‌آمیز محصولات گیاهی در سراسر جهان محسوب می‌شود (Osuagwu *et al*., 2010). السید و همکاران، در دو آزمایش مزرعه‌ای و گلدانی، روی دو نوع گونه گیاه خارخاسک (*Tribulus terrestris*) در سطوح مختلف رژیم آبیاری، گزارش نمودند که درصد روغن بذر آنها به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر تنش کم‌آبی کاهش یافت (El Sayed *et al*., 2008). در گزارشی دیگر، با اعمال تنش کم‌آبی در گیاه آفتابگردان و ذرت نشان داده شده است که تنش کم‌آبی باعث کاهش درصد اسیدهای چرب غیر اشباع این گیاه گردیده است (Heidari and Karami, 2014; Qasim *et al*., 2010). در ارتباط با رشد گل مغربی تحت شرایط تنش خشکی اطلاعات کمی در دسترس است. نتایج حاصل از تحقیقات محققین دیگر، نشان از بهبود عملکرد روغن بذر گل مغربی تحت شرایط کاربرد کود کمپوست داشت (Mahmoud and Soliman, 2017). اما نتایج تحقیقات دیگری نشان داد، تنش گرمایی حاصل از اواخر دوره رشد در فصل تابستان همراه با کمبود آب خاک، نقش بسیار مؤثری در کاهش میزان درصد اسیدهای چرب غیر اشباع گیاه گل مغربی دارد (Andrew *et al*., 2000).

نتایج بررسی گیانیشوار و همکاران نشان داد، همزیستی میکوریزایی راهکاری بسیار مناسب برای کمک به افزایش اثر بخشی سنگ فسفات در مزارع برای رشد گیاهان می-باشد (Gyaneshwar *et al*., 2002). پژوهشگران دیگر گزارش نمودند که همزیستی میکوریزایی، جذب عناصر غذایی کم‌تحرک به‌ویژه فسفر و روی را در گیاهان میکوریزایی شده افزایش می‌دهد (Kaya *et al*., 2003; Farahani *et al*., 2008). میکوریزا، افزایش جذب عناصر غذایی را از راه افزایش انشعابات ریشه گیاه و ریشه قارچ در یک محدوده معین و جدید با رشد ریشه از خاک ممکن می‌سازد (Heidari and Karami, 2014)؛ و از این طریق موجب تغییراتی در روابط آبی گیاه و بهبود تحمل به کم‌آبی در گیاه میزبان می‌شود (Sharma, 2002). میکوریزا رشد گیاه و جذب مواد معدنی را افزایش و در شرایط خشکی تحمل بالایی را در گیاه ایجاد می‌کند (Beltrano and Ronaco, 2008). پژوهش‌های زیادی ثابت نموده‌اند که اثر قارچ‌های میکوریزا بر روابط آبی گیاه میزبان می‌تواند مستقل از وضعیت تغذیه‌ای فسفر باشد (Farahani *et al*., 2008; Heidari and Karami, 2014). کاپور و همکاران در تحقیقات خود روی گشنیز دو گونه قارچ میکوریزایی (*Glomus macrocarpum*) و (*Glomus fasciculatum*) به کار بردند و نتایج آن‌ها بیانگر افزایش درصد اسیدهای چرب غیر اشباع روغن در شرایط کاربرد قارچ میکوریزایی بود (Kapoor *et al*., 2004). همچنین نتایج تحقیقات فاناتسو و همکاران روی همزیستی میکوریزایی گونه گیاهی پامچال شب (*Oenothera laciniata*) از خانواده گل مغربیان *Onagraceae*، نشان از کاهش میزان مصرف کود سوپر فسفات تریپل در مزرعه به دلیل همزیستی میکوریزا با ریشه این گیاه داشت (Funatsu *et al*., 2005).

آزوسپیریلوم (*Azospirillum*) یکی از مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های همیار تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن در خاک می‌باشد (Mahfouz and Sharaf-Eldin, 2007). قریب و همکاران ، نشان دادند که کاربرد مخلوط تعدادی از باکتری‌های محرک رشد (ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و باسیلیوس)، درصد اسیدهای چرب غیر اشباع گیاه مرزنگوش (*Majorana hortensis*) را افزایش داد

www.SID.ir

Archive of SID

(Gharib *et al*., 2008). در تحقیق دیگر، کاربرد باکتری-های محرک، رشد میزان اسیدهای چرب غیر اشباع گیاه دارویی با نام علمی *Cymbopogon witerianus* را افزایش داده است (Tanu *et al*., 2004). همچنین محققین دیگر گزارش کرده‌اند که کاربرد کودهای زیستی از جمله آزوسپیریلوم باعث افزایش اسیدهای چرب غیر اشباع در گیاه رازیانه می گردد (Mahfouz and Sharaf-Eldin, 2007).

باتوجه به مطالب ذکر شده، هدف از اجرای این آزمایش، بررسی کاربرد کودهای شیمیایی (اوره + سوپرفسفات تریپل) و زیستی (میکوریزا و آزوسپیریلوم) در شرایط کمبود آب در میزان عملکرد روغن و درصد اسیدهای چرب روغن بذر گیاه گل مغربی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت مزرعه‌ای و در دو منطقه شامل مزرعه نگهداری گیاهان فضای سبز شهرداری منطقه ۱۴ (واقع در تهران) در مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۱۸۹ متر از سطح دریا و در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران (محل استقرار در ورامین) با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه، ۲۳ دقیقه عرض شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه، ۵۳ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۹۱۴ متر از سطح دریا در سال ۹۴-۱۳۹۳ انجام شده است. نمونه‌های خاک از پنج نقطه تصادفی از عمق‌های ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر از خاک تهیه و به همراه نمونه آب آبیاری به آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، منتقل گردید. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در جداول ۱ ارائه گردیده است. همچنین داده‌های هواشناسی از سازمان هواشناسی به‌دست‌آمده و در شکل ۱ ارائه گردیده است. آب و هوای مناطق تهران و ورامین بر اساس شاخص کوپن، به ترتیب نیمه‌خشک و خشک می‌باشد. همچنین براساس گزارش سازمان آب و هواشناسی، میانگین بارندگی سی ساله در مناطق تهران و ورامین به ترتیب برابر با ۲۲۰ و ۱۰۲ میلیمتر و میانگین دمای سی ساله در مناطق تهران و ورامین به ترتیب برابر با ۱۶/۱ و ۱۸/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. به‌منظور ارزیابی اثر همزیستی میکوریزایی، باکتری آزوسپیریلوم، کود شیمیایی نیتروژن و فسفر بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گل مغربی در شرایط تنش کم‌آبی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد؛ رژیم آبیاری، در کرت‌های اصلی که شامل سه تیمار بدون تنش کم‌آبی (آبیاری در زمان باقی ماندن ۵۰ درصد از ظرفیت زراعی)، تنش متوسط (آبیاری در زمان باقی ماندن ۴۰ درصد از ظرفیت زراعی) و تنش شدید (آبیاری در زمان باقی ماندن ۳۰ درصد از ظرفیت زراعی) بود، قرارگرفت و زمان شروع تنش خشکی در آغاز گلدهی بود. و در کرت‌های فرعی ترکیب فاکتوریل از سه سطح تغذیه شامل کود شیمیایی (بدون مصرف کود، مصرف ۵۰ و ۱۰۰ درصدی اوره + سوپرفسفات تریپل توصیه شده)، کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریزایی و باکتری آزوسپیریلوم در نظر گرفته شدند. برای شناسایی نوع گونه قارچ میکوریزایی و شدت کلونیزاسیون آن با ریشه گیاه گل مغربی از تحقیقات کواس و سزیگیتوار استفاده گردید (Kovacs and Szigetvar, 2002). سپس مقدار ۱۶ گرم از خاکی که شامل ریشه، خاک و اسپور قارچ بود (هر گرم خاک شامل ۲۱ پروپاگول "اسپور، ریشه گیاه و هیف قارچی") از شرکت زیست‌فناوری سبز آسیا تهیه گردید و هم‌زمان با کاشت بذرها در کیسه‌های نشاء با ابعاد ۲۰×۳۰، به میزان هشت گرم برای هر بذر استفاده گردید و هنگام انتقال و کاشت نشاها به مزرعه نیز به میزان هشت گرم برای هر نشاء در اطراف هر بوته بکار رفت (Kovacs and Szigetvar, 2002). باکتری تهیه شده از شرکت زیست-فناوری سبز آسیا، در سه مرحله به شرح زیر استفاده گردید: مرحله اول به‌صورت بذرمال و به میزان دو لیتر در هکتار، مرحله دوم همراه با آب آبیاری در مرحله هفت برگی در کیسه‌های نشاء و مرحله سوم یک ماه بعد از مرحله دوم بود که به‌صورت محلول در آبیاری در مزرعه استفاده گردید.

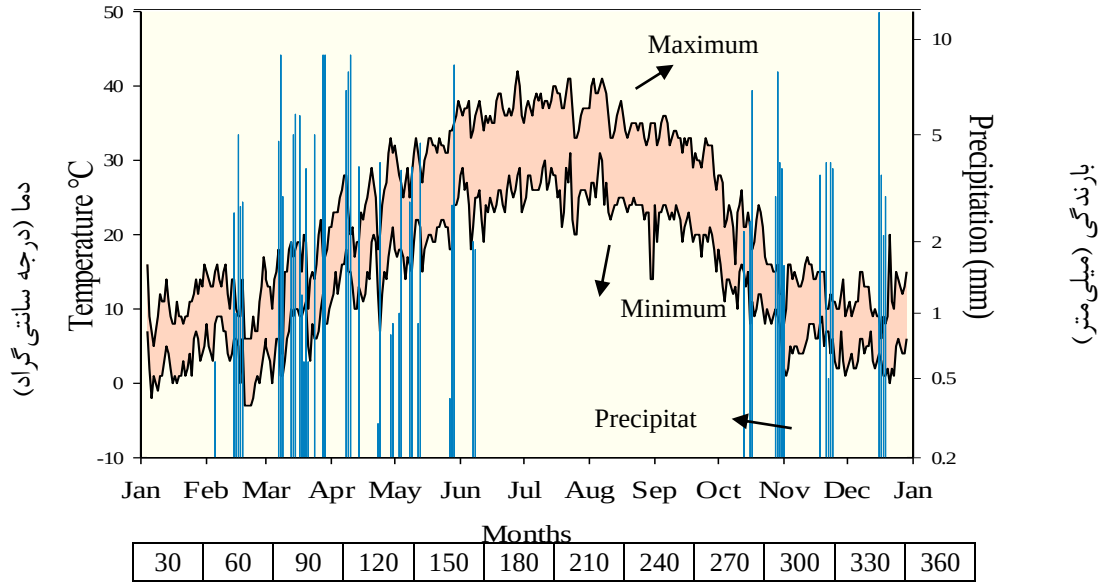
www.SID.ir

Archive of SID

A

میانگین دما و بارندگی تهران از تاریخ ۱۳۹۲/۹/۱۱ تا ۱۳۹۳/۹/۱۱

Average daily temperature range and precipitation, Tehran, Iran
Begin : 1/ 1/2014 - End : 30/12/2014



30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360

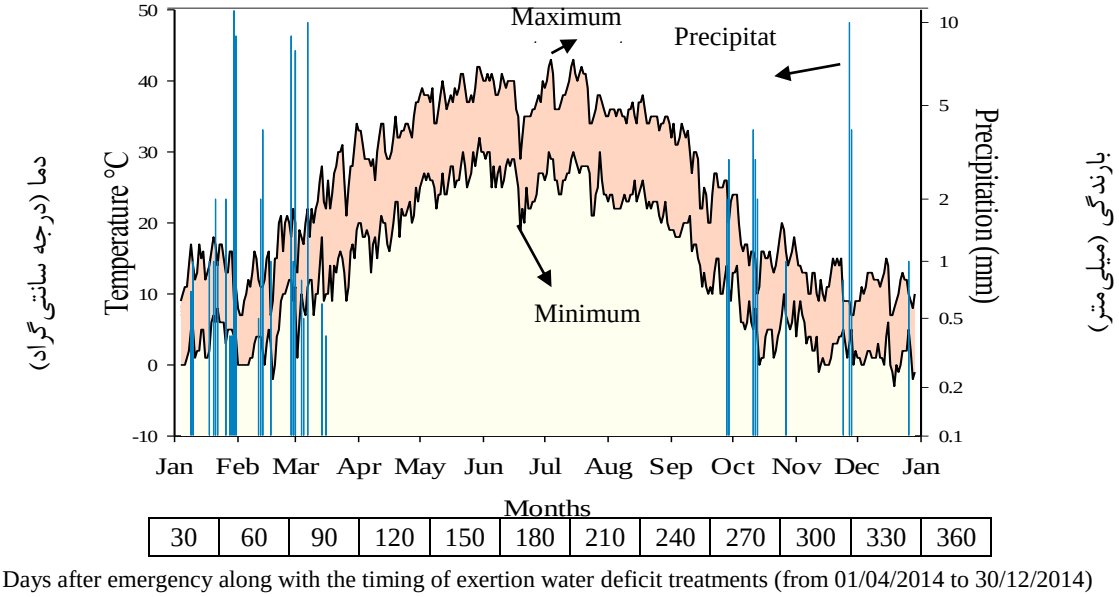
Days after emergency along with timing of exertion water deficit treatments (from 01/04/2014 to 30/12/2014)

تعداد روز بعداز سبز شدن، همراه با زمان اعمال تنش خشکی (از تاریخ ۲۰۱۴/۴/۱ تا ۲۰۱۴/۱۲۱/۳۰)

B

میانگین دما و بارندگی ورامین از تاریخ ۱۳۹۲/۹/۱۱ تا ۱۳۹۳/۹/۱۱

Average daily temperature range and precipitation, Varamin, Iran
Begin : 1/ 1/2014 - End : 30/12/2014



30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360

Days after emergency along with the timing of exertion water deficit treatments (from 01/04/2014 to 30/12/2014)

تعداد روز بعداز سبز شدن، همراه با زمان اعمال تنش خشکی (از تاریخ ۲۰۱۴/۴/۱ تا ۲۰۱۴/۱۲۱/۳۰)

شکل ۱- حداقل و حداکثر دمای هوا (درجه سانتی‌گراد) و میزان بارندگی (میلیمتر) ثبت شده در مناطق تهران (A) و ورامین (B).

Fig. 1. Daily maximum and minimum air temperatures (°C) and precipitation (mm) recorded during the growing season in 2014, Tehran (A) and Varamin (B) regions.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های آزمایش
Table 1. Soil physical and chemical properties of the experiment station.

Tehran region										
Depth	Soil texture	Bulk density	Organic matter	pH	N	P	K	PWP	FC	EC
cm			%		%	mg kg^{-1}		%	%	dSm^{-1}
0-30	Sandy clay	1.3	294	7.05	0.123	1.7	275	3.21	15.12	0.32
30-60	Sandy clay	1.3	231	7.19	0.102	2.8	320	3.21	15.12	0.37
Varamin region										
Depth	Soil texture	Bulk density	Organic matter	pH	N	P	K	PWP	FC	EC
cm			%		%	mg kg^{-1}		%	%	dSm^{-1}
0-30	clay	1.3	312	7.43	0.114	1.5	287	3.93	17.23	0.46
30-60	clay	1.3	301	7.25	0.093	3.1	346	3.93	17.23	0.51

در پاییز، بعد از آماده‌سازی زمین، کود سوپر فسفات تریپل (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار برابر با میزان توصیه شده) و کود اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار برابر با میزان توصیه شده) در سه مرحله هفت برگی، چهارده برگی و قبل از گل‌دهی براساس نیاز، مصرف شد (Ghasemnezhad and Honermeier, 2008). با توجه به مقدار توصیه‌شده مصرف کود شیمیایی برای این گیاه، مقدار مصرف بعد از نتایج آزمایش خاک و با توجه به میزان مواد آلی خاک، میزان نیتروژن آلی، میزان نیتروژن قابل‌جذب و وزن مخصوص ظاهری خاک مورد محاسبه قرار گرفت؛ در مرحله اول با توجه به وزن مخصوص ظاهری خاک و مساحت کرت آزمایشی، وزن خاک در کرت آزمایشی محاسبه شد، در مرحله دوم با توجه به تناسب میزان مواد آلی خاک و وزن خاک در کرت آزمایشی، میزان مواد آلی موجود در خاک محاسبه گردید، در مرحله سوم نیز با توجه به میزان نیتروژن مواد آلی (حدود ۰/۰۵) و میزان نیتروژنی که سالانه قابل‌جذب می‌گردد (حدود ۰/۰۱)، میزان نیتروژن قابل جذب آزاد شده توسط مواد آلی خاک کرت آزمایشی محاسبه گردید و در مرحله پایانی از میزان کودی توصیه‌شده و مصرف برای هر تیمار به طور دقیق کم شد. برای اعمال تیمارهای تنش کم‌آبی، به ترتیب این مراحل اعمال گردید: ابتدا ظرفیت زراعی مزرعه به دست آمد، به این صورت که ابتدا یک کرت (طول دو متر × عرض دو متر) از هر مکان آزمایشی را کاملاً تا انتهای بلندی دیواره کرت از آب پر کرده و روی آن با پلاستیک محصور شد (برای جلوگیری از تبخیر آب و ایجاد خطا) تا خاک کاملاً از آب اشباع گردد و بعد از گذشت ۴۸ ساعت، زمانی که آب موجود در خلل و فرج درشت خاک توسط نیروی ثقل خارج گردید، پلاستیک از روی کرت برداشته شد، نمونه خاک تهیه شد و پس از توزین، در آون با درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. سپس نمونه را با ترازوی دقیق وزن و میزان رطوبت تبخیر شده (درصد رطوبت وزنی خاک تقریباً برابر با ۵۰ درصد) محاسبه گردید. ابتدا برای اجرای تنش کم‌آبی منحنی رطوبت خاک‌های مناطق مورد آزمایش در تهران و ورامین به‌صورت رابطه بین مکش آب خاک (مگا پاسگال) و میزان آب موجود در خاک رسم گردید. برای انجام این کار از دستگاه صفحات فشاری برای فشارهای ۰/۱ تا ۵- بار و غشای تحت‌فشار برای فشارهای ۵ تا ۱۵- بار، تولیدشده توسط شرکت ابزار توسعه سهند استفاده گردید. برای تعیین میزان آب موردنیاز برای هر یک از تیمارهای تنش کم‌آبی، قبل از اجرای آزمایش، درصد رطوبت وزنی (θ_m) نمونه‌های خاکی دست‌نخورده از عمق توسعه ریشه ۰-۶۰ سانتی‌متر در حلقه‌های لاستیکی مخصوصی ریخته شد و پس‌ازآن که با اضافه کردن آب مقطر به حالت اشباع درآمد، تحت مکش در فشارهای ۰/۳-، ۵-، ۱۰- و ۱۵- بار توسط صفحات فشاری به همراه غشای تحت فشار قرار گرفت و منحنی رطوبتی آن‌ها ترسیم گردید. برای تعیین دقیق زمان آبیاری برای هر تیمار کم‌آبیاری در هر آزمایش، با گذشت ۴۸ ساعت از زمان آبیاری به‌صورت روزانه و متوالی توسط آگر از خاک مزرعه در عمق توسعه ریشه نمونه-برداری انجام شد تا درصد رطوبت وزنی خاک مشخص شود. علاوه بر این روش برای اطمینان از دقت نمونه‌برداری، با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج از نوع انعکاس‌سنج زمانی مدل E-127-6005CL2 ساخت شرکت Soil moisture Equipment Corp، میزان درصد رطوبت وزنی خاک تعیین و پس از رسیدن درصد رطوبت وزنی خاک به میزان تعیین‌شده برای اعمال تیمار، از فرمول

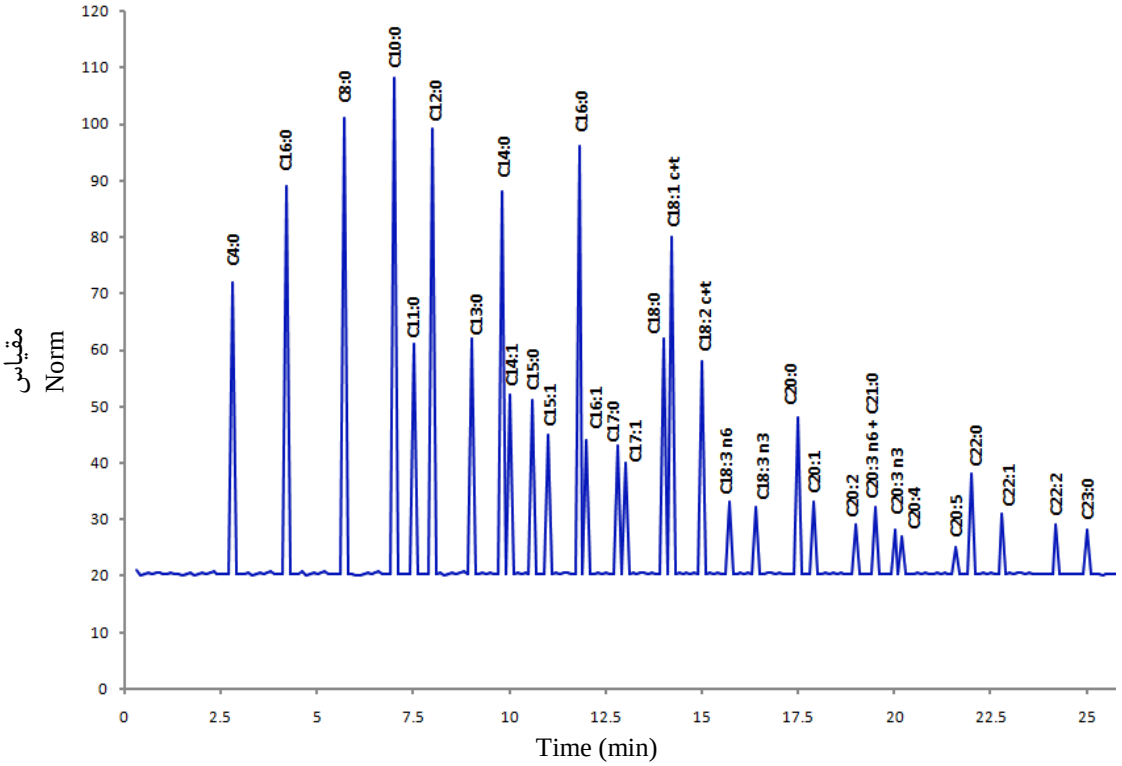
www.SID.ir

Archive of SID

$V=(\theta_{FC}-\theta_m)\times BD\times A\times D)/E_i$ حجم آب مصرفی مورد نیاز هر تیمار محاسبه شد (Mokhtassi-Bidgoli *et al.*, 2013). در این رابطه V حجم آب آبیاری موردنیاز برحسب مترمکعب، θ_{FC} درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی خاک در مکش ۰/۳ بار یا معادل ۰/۰۳ مگاپاسگال، θ_m درصد رطوبت وزنی خاک (کسر وزن خاک مرطوب بر حسب گرم از وزن خاک خشک بر حسب گرم تقسیم‌بر وزن خاک مرطوب بر حسب گرم) قبل از آبیاری، BD وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، A مساحت کرت آزمایشی بر حسب متر (طول دو متر × عرض دو متر)، D عمق توسعه ریشه ۰/۶ متر (Ghasemnezhad and Honermeier, 2008) و E_i راندمان آبیاری بر حسب درصد (برای محاسبه راندمان آبیاری از رابطه $E_i=V_n/Q\times T_{co}$ استفاده شد (Mokhtassi-Bidgoli *et al.*, 2013)، E_i راندمان آبیاری برای یک مترمربع زمین، V_n حجم خالص آبیاری بر حسب متر مکعب برای یک متر مربع زمین، Q دبی ورودی آب بر حسب مترمکعب در دقیقه و T_{co} زمان قطع آبیاری بر حسب دقیقه) هستند. پس از آماده‌سازی کیسه‌های نشاء، بذرهای گل مغربی همراه با اعمال تیمارها در آن قرار داده شد و در طول مدت رشد نشای گل مغربی، عملیات تهیه بستر زمین اصلی به مساحت ۱۵۰۰ مترمربع شامل شخم، تسطیح، مرزبندی و ماله‌کشی انجام شد. ابعاد هر کرت آزمایشی چهار متر مربع (طول دو متر × عرض دو متر)، فاصله بین کرت‌ها یک متر، فاصله بین فاکتورهای اصلی دو متر و تراکم کاشت ۱۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. برای استخراج روغن از دستگاه سوکسله (ظرفیت ۱۰۰ میلی‌لیتر) و با استفاده از حلال هگزان (دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۱۰ ساعت برای هر نمونه (۱۰ گرم بذر) استفاده شد (Christay, 1999). سپس با دستگاه روتاری اواپوراتور (تبخیر در خلاء) حلال زدایی صورت گرفت و درصد روغن تعیین شد، همچنین برای شناسایی اسیدهای چرب موجود در روغن از دستگاه گاز کروماتوگرافی ساخت کشور آمریکا، Agilent Technologies "GC" با آشکارساز یونیزاسیون شعله "FID" (ستون BPX "شماره ۰۵۴۹۸۰"، قطر داخلی ۳۰ متر × ۰/۲۵ میلی‌متر، گاز نیتروژن، فشار ۶۰ psi، دمای اولیه ستون ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد و افزایش دما در هر دقیقه ۱/۵ درجه سانتی‌گراد تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، دمای انژکتور و آشکارساز به ترتیب برابر با ۲۵۰ و ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد) در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری طبرستان)، استفاده شد. برای تعیین اسیدهای چرب موجود در روغن بذر گل مغربی از استاندارد تهیه‌شده از سایت سیگما با شماره AMP۱-۱۸۹۱۹ (http://www.sigmaaldrich.com) تهیه با خلوص بالای ۹۸ درصد استفاده گردید. این استاندارد توانایی شناسایی ۳۷ اسید چرب و مخصوصاً گامالینولنیک را داشت که برای شناسایی اسیدهای چرب بذر گل مغربی از آن استفاده شد (شکل ۲) و پس از تجزیه روغن گل مغربی مشخص گردید که شامل اسیدهای چرب موجود در جدول ۴ بوده است. داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌ها برای سهولت در محاسبات ریاضی در صفحات برنامه‌ی صفحه گستر Excel ثبت گردید و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مطابق روش تجزیه واریانس (ANOVA) از برنامه آماری SAS استفاده شد (SAS Institute Inc., 2002) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)، انجام گردید. براساس عدم معنی‌داری آزمون بارتلت برای برخی از صفات اندازه‌گیری شده، تجزیه واریانس آنها به صورت جداگانه (تهران و ورامین) مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۵). رگرسیون خطی برای صفات عملکرد روغن و مجموع اسیدهای چرب غیراشباع تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در سطوح مختلف کودهای شیمیایی با هدف مقایسه شیب خط و بررسی میزان تغییرات در مناطق تهران و ورامین مورد بررسی قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- نمودار کروماتوگرافی گازی با آشکارساز یونیزاسیون شعله برای مخلوط استاندارد FAME 37 (شماره محصول: ۱۸۹۱۹)

Fig. 2. Gas chromatography (GC) - flame ionization detector (FID) of 37 component FAME standard mixture (product number: 18919-1AMP, 10 mg mL^{-1}, 1 mL for list of analytes and concentrations).

جدول ۴- مشخصات اسیدهای چرب گل مغربی مورد مطالعه شامل فرمول مولکولی و نام جدید آنها

Table 4. Fatty acid, IUPAC name, molecular formula, common name, lipid numbers, Trans or cis and (omega=n) abbreviation studied in this study

Lipid numbers, trans or cis and omega "number"	Common name	Molecular formula	International union of pure and applied chemistry (IUPAC name)
C 14:0	Myristic acid SFA	$C_{14}H_{28}O_2$	Tetradecanoic acid
C 16:0	Palmitic acid SFA	$C_{16}H_{32}O_2$	Hexadecanoic acid
C 16:1, cis and ω7	Palmitoleic acid UFA	$C_{16}H_{30}O_2$	(Z)-hexadec-9-enoic acid
C 17:0	Margaric acid SFA	$C_{17}H_{34}O_2$	Heptadecanoic acid
C 18:0	Stearic acid SFA	$C_{18}H_{36}O_2$	Octadecanoic acid
C 18:1, cis and ω9	Oleic acid UFA	$C_{18}H_{34}O_2$	(Z)-octadec-9-enoic acid
C 18:1, trans and ω7	Vaccenic acid UFA	$C_{18}H_{34}O_2$	(E)-octadec-11-enoic acid
C 18:2, cis and ω6	Linoleic acid UFA	$C_{18}H_{32}O_2$	(9Z,12Z)-octadeca-9,12-dienoic acid
C 18:3, cis and ω3	Linolenic acid UFA	$C_{18}H_{30}O_2$	(9Z,12Z,15Z)-octadeca-9,12,15-trienoic acid
C 18:3, cis and ω6	γ -linolenic acid UFA	$C_{18}H_{30}O_2$	(6Z,9Z,12Z)-octadeca-6,9,12-trienoic acid
C 20:0	Arachidic acid SFA	$C_{20}H_{40}O_2$	Icosanoic acid
C 20:1, cis and ω9	Eicosenoic acid UFA	$C_{20}H_{38}O_2$	(Z)-icos-11-enoic acid
C22:0	Behenic acid SFA	$C_{22}H_{44}O_2$	Docosanoic acid

SFA: اسیدهای چرب اشباع، UFA: اسیدهای چرب غیراشباع.

SFA: Saturated fatty acid, UFA: Unsaturated fatty acid

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر اختلاف بسیار معنی‌دار رژیم آبیاری (IR)، کود شیمیایی (CF)، میکوریزا (M) و آزوسپیریلوم (Az) در تمامی صفات مورد بررسی در این آزمایش بود (جداول ۵ و ۶). بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، IR×CF×M×Az به‌طور معنی‌داری لینولئیک اسید و عملکرد روغن را در مناطق تهران و ورامین؛ IR×CF×Az در سطح یک درصد، لینولئیک اسید و مجموع اسیدهای چرب غیراشباع را در منطقه تهران؛ IR×CF×M در سطح پنج درصد، ایکوسنوئیک اسید را در منطقه ورامین؛ IR×CF×M در سطح یک درصد، آراشیدیک اسید را در منطقه تهران؛ IR×M×Az در سطح یک درصد، مجموع اسیدهای چرب امگا ۷ را در مناطق تهران و ورامین؛ IR×CF×Az در سطح یک درصد، مجموع اسیدهای چرب امگا ۶ را در مناطق تهران و ورامین؛ IR×CF×Az در سطح پنج درصد نسبت مجموع اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع را در منطقه تهران، تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد بین IR×CF×M×Az×F در میزان پالمیتولئیک اسید، اولئیک اسید، گامالینولنیک اسید، مارگاریک اسید، استئاریک اسید و مجموع اسیدهای چرب امگا ۹؛ IR×M×F در میزان واکسینیک اسید؛ IR×CF×Az×F در میزان میریستیک اسید؛ CF×Az×F در میزان پالمیتیک اسید و مجموع اسیدهای چرب اشباع و IR×CF×F در میزان بهینیک اسید بود (جدول ۶). بذر گل مغربی یک منبع بسیار خوب و با ارزشمند از اسید چرب گامالینولنیک می‌باشد و میزان آن در این گیاه به میزان ۷ تا ۹ درصد گزارش گردیده است و به همین دلیل به عنوان یک گیاه دارویی مهم برای درمان بسیاری از بیماری‌ها در جهان شناخته می‌شود (Rodrigues *et al*., 2015; Mahmoud and Soliman, 2017). گزارش‌ها نشان از وجود اسیدهای چرب دیگری مانند لیتولئیک اسید (۵۰ تا ۶۰ درصد)، لینولنیک اسید (۵ تا ۷۰ درصد)، پالمیتولئیک اسید (۱/۸ تا ۷ درصد)، واکسینیک اسید (۰/۳ تا ۵ درصد)، اولئیک اسید (۳/۴ تا ۶ درصد)، آراشیدیک اسید (۰/۱ تا ۳ درصد)، ایکوسنوئیک اسید (۰/۱ تا ۰/۵ درصد) و پالمیتیک اسید (۳ تا ۶ درصد) در این گیاه می‌باشد (Mahmoud and Soliman, 2017; Sekeroglu and Özguven, 2006; Vilela *et al*., 2008; Ghasemnezhad and Honermeier, 2008; Christie, 1999). میانگین اسیدهای چرب ذکرشده براساس نتایج دیگر پژوهشگران، با میانگین اسیدهای چرب ذکرشده در این تحقیق (در ادامه ذکر گردیده است)، مطابقت کامل دارد (جداول ۶ و ۷، شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶). بالاترین میزان گامالینولنیک اسید در تیمار تنش متوسط کم‌آبی همراه با استفاده ۱۰۰ درصدی از کود شیمیایی مورد نیاز گیاه، تلقیح با میکوریزا و استفاده از آزوسپیریلوم با میزان ۶/۶۱ درصد نسبت به تیمار تنش متوسط کم‌آبیاری همراه با استفاده ۱۰۰ درصدی از کود شیمیایی، عدم تلقیح با میکوریزا و استفاده از آزوسپیریلوم با میزان ۶/۱۱ درصد به میزان ۷ درصد افزایش یافت (جدول ۷). در بذر گیاهان روغنی، اسید لینولئیک منجر به تولید آلفا لینولنیک اسید می‌گردد و این موضوع در حالی است که در بذر گیاه گل مغربی به صورت مستقیم، لینولئیک اسید تبدیل به گامالینولنیک اسید می‌گردد (Heuer *et al*., 2002). به وجود آمدن تنش کم‌آبیاری باعث جلوگیری از فعالیت آنزیم استر اسید چرب "fatty acid ester" (نوع C1، C2 و C3) گردیده و این موضوع باعث کاهش اسیدهای چرب استئاریک، آراشیدیک و بهینیک (طبق نتایج این تحقیق) شده است، تنش متوسط کم‌آبیاری باعث کاهش فعالیت آنزیم FAD3 گردیده و تأثیر چندانی در فعالیت آنزیم Δ6ES نداشته و این موضوع باعث افزایش میزان تولید گامالینولنیک اسید در تنش متوسط کم‌آبیاری گردیده است و در ارتباط با همین زمینه گزارش‌های متعددی در ارتباط با این موضوع و افزایش میزان گامالینولنیک اسید هنگام تنش متوسط خشکی نیز ارائه گردیده است (Bailey *et al*., 1977; Hassam *et al*., 1977). همچنین بالاترین میزان پالمیتولئیک با میزان ۶/۶۷ درصد در تیمار عدم تنش کم‌آبی همراه با استفاده ۱۰۰ درصدی از کود شیمیایی مورد نیاز گیاه، عدم تلقیح با میکوریزا و استفاده از آزوسپیریلوم در منطقه تهران، به میزان ۹ درصد نسبت به منطقه ورامین با میزان ۶/۱۵ درصد، بیشتر بود (جدول ۷). میزان لینولئیک اسید (C18:2, cis) در تیمار عدم تنش کم‌آبی در منطقه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- تجزیه واریانس خصوصیات فیزیولوژیکی گل مغربی در تیمارهای رژیم آبیاری، کودهای شیمیایی و زیستی در مناطق تهران و ورامین

Table 5. Analysis of variance for physiological characteristics of evening primrose at irrigation regime, chemical and biological fertilizer treatments in Tehran and Varamin regions.

SOV	d.f	C18:2, cis, ω6	C18:3, cis, ω3	C20:1, cis, ω9	C20:0	OY	TO7	TO6	TUFA	TUFA / TSFA
		Means squares								
		Tehran (T)								
Block	2	1.11 ns	0.073 ns	0.0020 ns	0.00052 ns	1050.72 ns	0.00137 ns	2.274 ns	1.93 ns	1.01 ns
IR	2	2811.66**	118.834**	0.5592**	0.36341**	835119.68**	2.41955**	1043.499**	351.90**	1065.13**
Main error	4	878.30	12.650	0.0493	0.03252	77168.80	0.12275	946.705	974.12	85.77
CF	2	281.40**	12.528**	0.0510**	0.02516**	58765.94**	0.18769**	538.181**	743.84**	158.07**
M	1	473.83**	5.764**	0.0319**	0.01662**	30010.67**	0.01215**	473.202**	325.80**	85.04**
Az	1	703.66**	7.775**	0.0547**	0.03535**	88489.61**	0.27592**	1136.191**	1540.73**	285.03**
IR×CF	4	67.09**	0.819**	0.0048**	0.00178**	3219.14**	0.00722**	88.423**	98.30**	3.81**
IR×M	2	28.32 ns	0.274 ns	0.0011 ns	0.00058 ns	2777.55**	0.00114**	24.975 ns	31.73**	9.68**
IR×Az	2	27.85 ns	0.057 ns	0.0012 ns	0.00046**	4815.27**	0.00730**	17.318 ns	9.15 ns	22.73 ns
CF×M	2	14.02 ns	0.003 ns	0.0011 ns	0.00008 ns	413.43 ns	0.00719**	13.379 ns	10.50 ns	0.09 ns
CF×Az	2	19.73 ns	0.343 ns	0.0003 ns	0.00053 ns	5076.15**	0.00073 ns	22.123 ns	26.24 ns	4.05*
M×Az	1	6.80 ns	0.398 ns	0.0003 ns	0.00023 ns	389.65 ns	0.00055ns	1.448 ns	1.05 ns	0.67*
IR×CF×M	4	1.79 ns	0.014 ns	0.0005 ns	0.00099**	318.31 ns	0.00105 ns	1.561 ns	2.78 ns	0.52 ns
IR×CF×Az	4	54.72**	0.164**	0.0003 ns	0.00020 ns	43.71 ns	0.00142 ns	57.739**	57.92**	2.32*
CF×M×Az	2	17.86*	0.066 ns	0.0017 ns	0.00059 ns	4000.43**	0.00091 ns	17.634 ns	22.31 ns	1.15 ns
IR×M×Az	2	1.12*	0.244 ns	0.0017 ns	0.00011 ns	1891.90 ns	0.00178**	0.003 ns	0.06 ns	0.41 ns
IR×CF×M×Az	4	16.49*	0.109 ns	0.0005 ns	0.00062 ns	1382.59**	0.00447 ns	19.785 ns	17.81 ns	0.53 ns
Sub error	66	53.68	0.084	0.0019	0.00316	5269.32	0.00968	51.367	58.46	10.27
C.V. (%)	-	6.03	8.420	7.5754	7.65957	7.73	5.60707	5.335	4.82	8.25
		Varamin (V)								
Block	2	3.62 ns	0.1296 ns	0.00115 ns	0.0010 ns	850.77 ns	0.0016 ns	6.61 ns	4.98 ns	0.52 ns
IR	2	3297.16**	133.644**	0.74346**	0.4234**	105783.29**	1.8502**	1377.13**	423.23**	1301.44**
Main error	4	912.95	11.2361	0.04568	0.0346	78571.03	0.0942	943.12	912.15	78.66
CF	2	189.81**	9.3543**	0.05566**	0.0397**	76810.93**	0.1516**	380.23**	617.22**	174.36**
M	1	525.56**	11.6254**	0.03326**	0.0312**	70025.19**	0.0040**	605.38**	408.10**	111.17**
Az	1	923.55**	12.5373**	0.03547**	0.0733**	95518.93**	0.2211**	1323.59**	1789.82**	309.88**
IR×CF	4	85.78**	0.2909**	0.00210**	0.0013**	4457.32**	0.0113**	93.80**	104.96**	5.95**
IR×M	2	21.98 ns	0.6988 ns	0.00341*	0.0029**	2247.26 ns	0.0064**	15.91 ns	31.45 ns	7.98 ns
IR×Az	2	4.36 ns	1.2770 ns	0.00033 ns	0.0045**	5645.19**	0.0167**	1.84 ns	2.37 ns	14.70**
CF×M	2	1.75 ns	0.3487 ns	0.00002 ns	0.0004 ns	640.96 ns	0.0079**	1.91 ns	1.19 ns	1.16 ns
CF×Az	2	12.23 ns	0.2000 ns	0.00020 ns	0.0011 ns	1784.38 ns	0.0015 ns	9.89 ns	10.02 ns	0.36 ns
M×Az	1	0.63 ns	0.0009 ns	0.00065 ns	0.0002 ns	48.35 ns	0.0001 ns	1.96 ns	1.14 ns	3.32*
IR×CF×M	4	61.29 ns	0.0377 ns	0.00176*	0.0005 ns	363.42 ns	0.0029 ns	63.73 ns	67.71**	2.81*
IR×CF×Az	4	12.51**	0.4708**	0.00042 ns	0.0002 ns	689.72 ns	0.0007 ns	15.76**	16.02 ns	1.73 ns
CF×M×Az	2	22.47*	0.4654*	0.00015 ns	0.0005 ns	2006.40 ns	0.0026 ns	28.42 ns	34.13*	2.55 ns
IR×M×Az	2	18.10*	0.1292 ns	0.00104 ns	0.0003 ns	10.80 ns	0.0036**	17.94 ns	23.96*	0.31 ns
IR×CF×M×Az	4	7.48*	0.1784 ns	0.00026 ns	0.0005 ns	1433.97**	0.0024 ns	5.28 ns	4.66 ns	0.89 ns
Sub error	66	40.63	0.7893	0.00372	0.0020	962.42	0.0079	36.58	40.28	1.83
C.V. (%)	-	5.71	6.9061	6.35224	6.9257	6.90	5.5657	4.99	4.36	7.12

IR: رژیم آبیاری، CF: کود شیمیایی، M: میکوریزا، A: آزوسپیریلوم، T: منطقه تهران و V: منطقه ورامین.

IR: Irrigation regime; CF: chemical fertilizers; M: mycorrhizal; Az: Azospirillum; T: Tehran and V: Varamin regions.

C18:2= linoleic acid; C18:3= linolenic acid; C20:1= eicosenoic acid; C20:0= arachidic acid; OY: oil yield; TO7: total omega 7; TO6: total omega 6; TUFA: total unsaturated fatty acid and TUFA/TSFA: total unsaturated fatty acid/ saturated fatty acid.

ns، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: significant at the 0.05 and 0.01 percentage probability levels.

www.SID.ir

Archive of SID

ورامین و تهران به ترتیب برابر با ۷۴ و ۷۰ درصد، در تیمار استفاده ۱۰۰ درصدی از کود شیمیایی مورد نیاز گیاه در منطقه ورامین و تهران به ترتیب برابر با ۷۰ و ۶۳ درصد، در تیمار تلقیح با میکوریزا در منطقه ورامین و تهران به ترتیب برابر با ۶۷ و ۶۲ درصد و در تیمار استفاده از آزوسپیریلوم در منطقه ورامین و تهران به ترتیب برابر با ۶۸ و ۶۴ درصد بود (شکل ۳). میزان مارگاریک اسید، میریستیک اسید و پالمیتیک اسید (از نوع اسیدهای چرب اشباع) با کاهش آبیاری افزایش و اسیدهای چرب غیراشباع کاهش معنی‌داری یافت (جداول ۷ و ۸، شکل-های ۴ و ۵). بالاترین میزان عملکرد روغن در تیمار عدم تنش آبی به همراه استفاده ۱۰۰ درصدی از کود شیمیایی مورد نیاز گل مغربی ۶۶۰ تا ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار در منطقه ورامین و ۶۰۰ تا ۶۶۰ کیلوگرم در هکتار در منطقه تهران به‌دست‌آمده است و با کاهش آبیاری به همراه عدم استفاده از کود شیمیایی میزان عملکرد روغن ۲۴۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در منطقه ورامین و ۲۱۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در منطقه تهران کاهش یافت (شکل ۶).

عملکرد روغن گل مغربی در تحقیقات پژوهشگران در هنگام عدم کاربرد و کاربرد کود کمپوست، به ترتیب به میزان ۳۰۰ تا ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش گردیده است (Mahmoud and Soliman, 2017). در تحقیق دیگری میزان عملکرد روغن این گیاه توسط کشاورزان در شرایط عدم وجود تنش و بدون اعمال تیمار روی این گیاه در کشور چین به میزان ۳۳۷ تا ۴۹۰ کیلوگرم در هکتار گزارش گردیده است (Deng *et al*., 2001). همچنین کاهش عملکرد روغن در اثر کاهش میزان آب آبیاری و عدم کاربرد عناصر غذایی در گیاهان روغنی دیگر مانند آفتابگردان (Heidari and Karami, 2014) و ذرت (Qasim *et al*., 2010)، نیز گزارش گردیده است. همچنین تنش کم‌آبی در گیاهان روغنی باعث اکسیداسیون تمامی اسیدهای چرب (اشباع و غیر اشباع) گردیده و عملکرد روغن کاهش خواهد یافت (Laribi *et al*., 2009). همچنین گزارش گردیده است، که تنش خشکی با کاهش جذب عناصر غذایی و در نتیجه تأثیر منفی در میزان فتوسنتز گیاه به همراه تأثیر منفی در انتقال آسیمیلات‌ها به دانه، نقش بسیار مهمی در کاهش میزان عملکرد روغن دارد (Egert and Tevini, 2002; Jami *et al*., 2017). در ارتباط با همین موضوع نیز نتایج مقایسه میانگین این آزمایش حاکی از کاهش معنی‌دار میزان اسیدهای چربی شامل لینولنیک (از نوع اسیدهای چرب غیراشباع و تشکیل دهنده یکی از اسیدهای چرب امگا ۳)؛ لینولئیک و گامالینولنیک (از نوع اسیدهای چرب غیراشباع و تشکیل دهنده یکی از اسیدهای چرب امگا ۶)؛ پالمیتولئیک و واکسینیک (از نوع اسیدهای چرب غیراشباع و تشکیل دهنده یکی از اسیدهای چرب امگا ۷)؛ اولئیک و ایکوسنوئیک (از نوع اسیدهای چرب غیراشباع و تشکیل دهنده یکی از اسیدهای چرب امگا ۹)؛ استئاریک، آراشیدیک و بهینیک (از نوع اسیدهای چرب اشباع) با کاهش شدید آبیاری (۳۰ درصد آب قابل استفاده)، در مناطق تهران و ورامین بود (جداول ۷ و ۸). میزان مارگاریک اسید، میریستیک اسید و پالمیتیک اسید با کاهش شدید آبیاری (۳۰ درصد آب قابل استفاده) به طور معنی‌داری افزایش یافت (جداول ۷ و ۸، شکل ۴). مجموع اسیدهای چرب اشباع با افزایش تنش خشکی به‌طور معنی‌داری در مناطق تهران و ورامین افزایش یافت. اما مجموع اسیدهای چرب غیراشباع (امگا ۳، ۶، ۷ و ۹) با افزایش تنش کم‌آبی به طور معنی‌داری در مناطق تهران و ورامین کاهش یافت و همچنین نسبت مجموع اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع با افزایش تنش کم‌آبی به‌طور معنی‌داری در مناطق تهران و ورامین کاهش یافت (جداول ۷ و ۹). در تأیید نتایج این تحقیق، محققان دیگری نیز به کاهش میزان اسیدهای چرب غیراشباع و افزایش اسیدهای چرب اشباع در هنگام تنش خشکی اشاره نموده‌اند (Marrink *et al*., 1996; Laribi *et al*., 2009). افزایش اسیدهای چرب اشباع (TSFA) و کاهش میزان اسیدهای چرب غیراشباع (TUFA) به دلیل افزایش استحکام و تحمل غشایی در حفظ سیالیت غشایی و ایجاد محیط مناسب در سلول در برابر شرایط تنش کم‌آبی، در گیاهان روغنی دیگر مانند ذرت (Bettaieb *et al*., 2009) و زیتون (Maria-Palese *et al*., 2010)، نیز گزارش گردیده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- تجزیه واریانس خصوصیات فیزیولوژیکی گل مغربی در تیمارهای رژیم آبیاری، کودهای شیمیایی، زیستی و مکان‌های آزمایشی

Table 6. Analysis of variance for physiological characteristics of evening primrose in effect of field locations, irrigation regime, chemical , and biological fertilizer treatments.

SOV	d.f	C16:1, cis, ω7	C18:1, cis, ω9	C18:1, Tran, ω7	C18:3, cis, ω6	C14:0	C16:0	C17:0	C18:0	C22:0	TO9	TSFA
		Mean squares										
F	1	0.03022**	46.71**	0.24001**	26.16**	0.00898**	11.19**	0.002144**	2.11**	0.0143505**	52.22**	3.105**
Error	3	0.00076	0.58	0.00114	0.14	0.00002	0.119	0.000040	0.06	0.0000434	0.60	0.032
IR	2	0.40584**	512.2**	2.02880**	221.1**	0.08843**	136.2**	0.021426**	27.21**	0.1343992**	564.9**	323.6**
IR×F	2	0.00223**	2.83**	0.00918**	1.21**	0.00053**	0.363**	0.000068**	0.06**	0.0002695**	3.11**	0.146**
Main error	8	0.03561	44.59	0.21292	21.97	0.00853	12.830	0.001653	2.53	0.0105400	44.51	14.957
CF	2	0.03793**	35.72**	0.15038**	18.37**	0.00708**	10.71**	0.001705**	2.33**	0.0118276**	39.63**	27.79**
M	1	0.02829**	36.12**	0.08454**	8.59**	0.00381**	6.020**	0.000983**	0.95**	0.0035010**	33.12**	14.42**
Az	1	0.04412**	56.55**	0.24387**	23.41**	0.01217**	12.02**	0.002124**	3.16**	0.0186632**	52.14**	34.36**
IR×CF	4	0.00173**	0.43**	0.00889**	0.56**	0.00022**	0.319**	0.000037*	0.08**	0.0004936**	0.52**	0.786**
IR×M	2	0.00156**	3.52**	0.00238 ns	0.14**	0.00006 ns	0.330**	0.000037*	0.01 ns	0.0000650 ns	3.32**	0.524*
IR×Az	2	0.00200**	2.29**	0.01069**	0.43**	0.00105**	0.161**	0.000120**	0.19**	0.0010019**	2.19**	0.807**
CF×M	2	0.00045 ns	0.79**	0.00256 ns	0.04 ns	0.00004 ns	0.057 ns	0.000007 ns	0.09**	0.0000300 ns	0.76**	0.179 ns
CF×Az	2	0.00009 ns	0.26 ns	0.00033 ns	0.01 ns	0.00003 ns	0.005 ns	0.000010 ns	0.01 ns	0.0004544**	0.26 ns	0.007 ns
CF×F	2	0.00028 ns	0.79**	0.00233 ns	0.16 ns	0.00005 ns	0.187 ns	0.000006 ns	0.13**	0.0005920**	0.79**	0.010 ns
M×Az	1	0.00003 ns	0.01 ns	0.00031 ns	1.00**	0.00007 ns	0.028 ns	0.000007 ns	0.02 ns	0.0001904 ns	0.01 ns	0.075 ns
M×F	1	0.00031 ns	0.20 ns	0.00262 ns	0.23 ns	0.00013 ns	0.112 ns	0.000004 ns	0.03 ns	0.0000162 ns	0.20 ns	0.021 ns
Az×F	1	0.00124**	0.07 ns	0.00001 ns	1.89**	0.00025**	0.067 ns	0.000036**	0.06**	0.0000002 ns	0.09 ns	0.001 ns
IR×CF×M	4	0.00008 ns	0.93**	0.00088 ns	0.03 ns	0.00006 ns	0.069 ns	0.000021 ns	0.01 ns	0.0000884 ns	0.89**	0.102 ns
IR×CF×Az	4	0.00008 ns	0.10 ns	0.00166 ns	0.03 ns	0.00003 ns	0.022 ns	0.000008 ns	0.02 ns	0.0001162 ns	0.10 ns	0.010 ns
IR×CF×F	4	0.00017**	0.04 ns	0.00073 ns	0.05 ns	0.00005 ns	0.137 ns	0.000005 ns	0.06**	0.0001783**	0.03 ns	0.078 ns
CF×M×Az	2	0.00004 ns	0.40 ns	0.00252 ns	0.06**	0.00011 ns	0.017 ns	0.000008 ns	0.05**	0.0001580 ns	0.38 ns	0.012 ns
CF×M×F	2	0.00105**	0.11 ns	0.00727 ns	0.18 ns	0.00001 ns	0.302**	0.000002 ns	0.01 ns	0.0001095 ns	0.10 ns	0.234 ns
M×Az×F	1	0.00002 ns	0.11 ns	0.00018**	0.01 ns	0.00009 ns	0.128 ns	0.000006 ns	0.02 ns	0.0000156 ns	0.11 ns	0.045 ns
IR×M×Az	2	0.00002 ns	0.48 ns	0.00145 ns	0.36 ns	0.00003 ns	0.069 ns	0.000005 ns	0.02 ns	0.0000212 ns	0.49 ns	0.149 ns
IR×M×F	2	0.00044 ns	0.50 ns	0.00386**	0.36 ns	0.00003 ns	0.039 ns	0.000008 ns	0.07**	0.0000020 ns	0.47 ns	0.005 ns
IR×Az×F	2	0.00001 ns	0.40 ns	0.00219 ns	0.57 ns	0.00003 ns	0.016 ns	0.000035**	0.09**	0.0000002 ns	0.39 ns	0.052 ns
CF×Az×F	2	0.00007 ns	0.30 ns	0.00158 ns	0.20 ns	0.00007 ns	0.614**	0.000003 ns	0.02 ns	0.0000188 ns	0.30 ns	0.899**
IR×CF×M×Az	4	0.00043**	0.10 ns	0.00303 ns	0.28 ns	0.00009 ns	0.077 ns	0.000018 ns	0.02 ns	0.0000253 ns	0.10 ns	0.040 ns
IR×CF×M×F	4	0.00039 ns	0.18 ns	0.00197 ns	0.24**	0.00007 ns	0.053 ns	0.000007 ns	0.001 ns	0.0001319 ns	0.16 ns	0.045 ns
IR×CF×Az×F	4	0.00038 ns	0.21 ns	0.00077 ns	0.18 ns	0.00015**	0.091 ns	0.000014 ns	0.02 ns	0.0000254 ns	0.21 ns	0.156 ns
IR ×M×Az×F	2	0.00037 ns	0.11 ns	0.00180 ns	0.12 ns	0.00001 ns	0.188 ns	0.000016 ns	0.03 ns	0.0000218 ns	0.13 ns	0.168 ns
CF×M×Az×F	2	0.00014 ns	0.84**	0.00036 ns	0.10 ns	0.00004 ns	0.071 ns	0.000060**	0.01 ns	0.0000339 ns	0.84**	0.021 ns
IR×CF×M×Az×F	4	0.00010**	0.20**	0.00263 ns	0.05**	0.00008 ns	0.077 ns	0.000024**	0.06**	0.0000413 ns	0.21**	0.077 ns
Sub error	132	0.00245	1.78	0.01282	0.80	0.00012	0.978	0.000079	0.25	0.0010276	1.81	1.124
C.V. (%)	-	7.39450	7.45	8.00305	8.19	7.88080	8.001	7.053832	7.51	6.9823370	7.09	5.319

IR: رژیم آبیاری، CF: کود شیمیایی، M: میکوریزا، A: آزوسپیریلوم، F: مکان‌های کشت گیاه.

IR: Irrigation regime; CF: chemical fertilizers; M: mycorrhizal; Az: Azospirillum and F: Field locations (Tehran and Varamin regions)

C16:1=پالمیتولئیک اسید، C18:1= اولئیک اسید، C18:1= واکسینیک اسید، C18:3= گامالینولنیک اسید، C14:0= میریستیک اسید، C16:0= پالمیتیک اسید، C17:0= مارگاریک اسید، C18:0= استئاریک اسید، C22:0= بهینیک اسید، TO9: مجموع امگا ۹ و TSFA: مجموع اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع.

C16:1= palmitoleic acid; C18:1, cis= oleic acid; C18:1 and trans= vaccenic acid; C18:3= γ-linolenic acid; C14:0= myristic acid; C16:0= palmitic acid; C17:0= margaric acid; C18:0= stearic acid; C22:0= behenic acid; TO9: total omega 9 and TSFA: total saturated fatty acid.

ns، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: significant at the 0.05 and 0.01 percentage probability levels.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های برخی از اسیدهای چرب در برهمکنش تیمارهای رژیم آبیاری × کود شیمیایی × میکوریزا × آزوسپیریلوم.

Table 7. Mean comparison of some physiological characteristics in the interaction effect of IR×CF×M×Az×F.

IR×CF×M×Az×F	C16:1, cis, ω7		C18:3, cis, ω6		C17:0		C18:0		TO9	
	F (T: Tehran and V: Varamin regions) %									
	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V
30% SAW ×CF0×-M×-Az	2.210v	1.850z	2.330u	1.740z	9.650k	12.220ef	5.740st	6.330r	0.236z	0.245y
30% SAW ×CF0×-M×+Az	2.710r	2.060yz	2.390st	2.060yz	11.320g	13.010d	6.080s	6.920q	0.254w	0.258u
30% SAW ×CF0×+M×-Az	2.130x	2.130w	2.090y	2.130x	9.350l	10.000j	5.920s	7.060pq	0.256v	0.257uv
30% SAW ×CF0×+M×+Az	2.350t	2.330u	2.850r	2.410st	10.280i	12.420e	6.630qr	7.480p	0.261t	0.268s
30% SAW ×CF50%×-M×-Az	2.300u	2.090y	2.490s	2.210v	11.470fg	11.290g	5.280w	5.660t	0.240yz	0.263st
30% SAW ×CF50%×-M×+Az	2.850r	2.300u	2.710r	2.300u	12.160ef	14.020ab	5.650t	6.360r	0.260t	0.274r
30% SAW ×CF50%×+M×-Az	2.630rs	2.390st	2.350t	2.300u	10.510h	12.210ef	5.400uv	6.380r	0.255v	0.266s
30% SAW ×CF50%×+M×+Az	2.920qr	2.410st	3.120pq	2.710r	11.420fg	12.730de	6.300rs	7.020q	0.273r	0.278q
30% SAW ×CF100%×-M×-Az	2.530s	2.290st	2.530s	2.130w	12.510e	13.410c	4.470z	5.100y	0.262st	0.277r
30% SAW ×CF100%×-M×+Az	3.050q	2.710r	3.080q	2.630rs	13.620b	15.470a	5.330v	5.670st	0.269rs	0.282pq
30% SAW ×CF100%×+M×-Az	2.940q	2.490s	3.050q	2.390st	10.690h	11.670f	5.070yz	5.310v	0.265s	0.279q
30% SAW ×CF100%×+M×+Az	3.380op	3.080q	3.380op	2.920qr	12.950de	13.670b	5.510u	5.970s	0.279q	0.288op
40% SAW ×CF0×-M×-Az	3.350p	3.120pq	4.550hi	4.040l	6.330r	7.520p	6.760qr	7.700op	0.314lm	0.335ij
40% SAW ×CF0×-M×+Az	3.680o	3.410op	5.140f	4.530hi	7.480p	8.350n	8.000o	8.290no	0.343g	0.358f
40% SAW ×CF0×+M×-Az	3.890n	3.110pq	4.890gh	4.260k	7.700op	8.270no	7.520p	7.760op	0.339hi	0.353f
40% SAW ×CF0×+M×+Az	4.580hi	3.620o	5.890cd	5.000g	8.000op	9.360l	8.220no	9.350l	0.347fg	0.379de
40% SAW ×CF50%×-M×-Az	3.380op	3.330pq	5.230ef	4.600hi	7.530p	8.500mn	7.230pq	8.270no	0.323k	0.341h
40% SAW ×CF50%×-M×+Az	3.990lm	3.430op	5.760d	4.700h	8.220o	9.680k	8.420n	9.360l	0.346g	0.371e
40% SAW ×CF50%×+M×-Az	4.260k	3.780no	5.080fg	4.700h	8.290no	9.160m	9.160m	8.500mn	0.336hi	0.383d
40% SAW ×CF50%×+M×+Az	4.700h	4.200k	6.430ab	5.240ef	8.420n	10.120ij	9.680k	10.500hi	0.380de	0.397b
40% SAW ×CF100%×-M×-Az	3.990lm	3.900n	5.408e	5.260ef	7.760op	9.860j	7.530p	9.470l	0.340h	0.363ef
40% SAW ×CF100%×-M×+Az	4.700h	4.010l	6.110b	5.570de	9.470l	10.500hi	9.210lm	10.510hi	0.355f	0.395b
40% SAW ×CF100%×+M×-Az	4.500hi	4.070l	5.980c	5.540de	9.210lm	10.120ij	8.350n	10.000j	0.364e	0.396b
40% SAW ×CF100%×+M×+Az	5.080fg	4.530hi	6.610a	5.620de	9.870j	10.960h	10.208i	11.320g	0.393c	0.408a
50% SAW ×CF0×-M×-Az	5.230ef	4.310j	3.350p	2.940q	5.970s	5.670st	9.860j	10.120ij	0.280q	0.285pq
50% SAW ×CF0×-M×+Az	5.760d	4.600hi	3.900n	3.380op	6.630qr	7.060pq	10.960h	12.510e	0.286p	0.307n
50% SAW ×CF0×+M×-Az	5.240ef	3.920n	3.430op	3.110pq	5.660t	7.020q	9.650k	9.870j	0.288p	0.308mn
50% SAW ×CF0×+M×+Az	4.360j	4.550hi	4.070l	3.410op	6.920q	7.230pq	12.220ef	11.290g	0.297no	0.323k
50% SAW ×CF50%×-M×-Az	5.050fg	5.140f	3.780no	3.330pq	5.070yz	5.400uv	12.420e	13.010d	0.286p	0.297no
50% SAW ×CF50%×-M×+Az	6.490ab	5.540de	4.360j	3.890n	5.920s	6.300rs	11.420fg	13.570b	0.289op	0.302n
50% SAW ×CF50%×+M×-Az	5.000g	4.040l	4.010l	3.680o	5.330v	6.360r	10.120ij	10.690hi	0.301no	0.330j
50% SAW ×CF50%×+M×+Az	5.260ef	4.730h	4.500hi	3.990lm	5.740st	6.760qr	11.670f	13.620b	0.311lm	0.327jk
50% SAW ×CF100%×-M×-Az	5.880c	5.570de	4.200k	3.620o	4.470z	5.310v	12.160ef	13.430c	0.294o	0.322l
50% SAW ×CF100%×-M×+Az	6.670a	6.150b	4.730h	3.920n	5.280w	6.080s	12.950de	15.760a	0.310m	0.331j
50% SAW ×CF100%×+M×-Az	5.480e	4.890gh	4.310j	3.990lm	5.100y	5.510u	11.470fg	12.210ef	0.322l	0.335i
50% SAW ×CF100%×+M×+Az	5.980bc	5.620de	5.050fg	4.580hi	5.650u	6.380r	12.730de	14.050ab	0.334ij	0.349fg

C16:1=پالمیتولئیک اسید، C18:3= گامالینولنیک اسید، C17:0= مارگاریک اسید، C18:0= استئاریک اسید و TO9: مجموع امگا.

C16:1= palmitoleic acid; C18:3= γ - linolenic acid; C17:0= margaric acid; C18:0= stearic acid and TO9: total omega 9.

IR: رژیم آبیاری (30 % SAW: ۳۰ درصد آب قابل استفاده ، 40 % SAW: ۴۰ درصد آب قابل استفاده و 50 % SAW: ۵۰ درصد آب قابل استفاده)، CF: کود شیمیایی (0 CF: بدون استفاده از کود شیمیایی، 50 % CF: ۵۰ درصد کود شیمیایی موردنیاز گیاه و 100 % CF: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی موردنیاز گیاه)، M: میکوریزا (+M: تلقیح با میکوریزا و -M: عدم تلقیح با میکوریزا)، A: آزوسپیریلوم (+Az: تلقیح و -Az: عدم تلقیح)، F: مکان‌های کشت گیاه (T: منطقه تهران و V: منطقه ورامین).

IR: Irrigation regime (30 % SAW: 30 % of Soil Available Water, 40 % SAW: 40 % of Soil Available Water and 50 % SAW: 50 % of Soil Available Water); CF: chemical fertilizers (CF 0: no application, CF 50 %: 50 % of nitrogen and phosphorus needed by plant and CF 100 %: 100 % of nitrogen and phosphorus needed by plant); M: mycorrhizal (+M: inoculated and -M: non-inoculated); Az: Azospirillum (+Az: inoculated and -Az: non-inoculated) and F: Field locations (T: Tehran and V: Varamin regions).

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارد.

Means in each column followed by a similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using the LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های برخی از اسیدهای چرب در تیمارهای رژیم‌آبیاری و کود در مناطق تهران و ورامین

Table 8. Mean comparison of some fatty acids in irrigation regime and fertilizer in Tehran and Varamin regions.

	C 14:0		C 18:1, cis and ω9		C 18:1, trans and ω7		C 18:3, cis and ω3		C 20:1, cis and ω9		C 20:0		C22:0	
	%													
	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V
30% SAW	0.14a	0.12a	3.40c	4.04c	0.35c	0.30c	7.20b	8.11b	0.23c	0.26c	0.18c	0.22c	0.09c	0.07c
40% SAW	0.10b	0.09b	7.03a	7.89a	0.71a	0.62a	9.20a	9.86a	0.36b	0.42b	0.28b	0.33b	0.13b	0.12b
50% SAW	0.07c	0.06c	5.16b	5.98b	0.53b	0.47b	4.93c	5.47c	0.48a	0.55a	0.39a	0.43a	0.18a	0.16a
	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V
CF 0	0.09c	0.08c	4.63c	5.43c	0.48c	0.42c	6.79c	7.54c	0.32c	0.37c	0.26c	0.29c	0.12c	0.10c
CF50%	0.10b	0.09b	5.15b	6.03b	0.53a	0.49a	7.22b	8.11b	0.35b	0.41b	0.28b	0.32b	0.13b	0.12b
CF100%	0.11a	0.10a	5.81a	6.45a	0.58a	0.53a	7.98a	9.14a	0.39a	0.45a	0.31a	0.36a	0.15a	0.12a
	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V
+M	0.11a	0.09a	5.43a	6.3a	0.55a	0.48a	7.71a	8.70a	0.36a	0.43a	0.30a	0.34a	0.14a	0.12a
-M	0.10b	0.09b	4.96b	5.64b	0.51b	0.45b	6.95b	7.82b	0.34b	0.39b	0.27b	0.31b	0.13b	0.11b
	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V
+Az	0.11a	0.09a	5.46a	6.31a	0.56a	0.50a	7.83a	8.79a	0.38a	0.48a	0.30a	0.35a	0.15a	0.14a
-Az	0.10b	0.09b	4.93b	5.63b	0.50b	0.43b	6.84b	7.73b	0.31b	0.39b	0.27b	0.30b	0.12b	0.11b

C14:0= میریستیک، C18:1= اولئیک، C18:1= واکسینیک، C18:3= لینولنیک، C20:1= ایکوسنوئیک، C20:0= آراشدیک و C22:0= بهینیک اسید.

C14:0= myristic acid; C18:1= oleic acid; C18:1 and trans= vaccenic acid; C18:3= linolenic acid; C20:1= eicosenoic acid; C20:0= arachidic acid and C22:0= behenic acid.

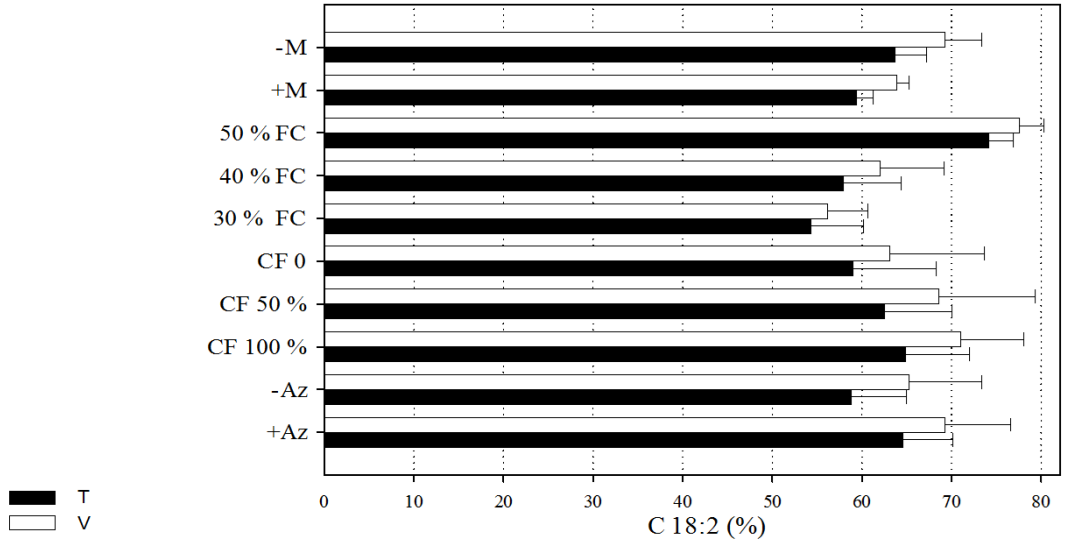
30 % SAW: ۳۰ درصد آب قابل استفاده ، 40 % SAW: ۴۰ درصد آب قابل استفاده و 50 % SAW: ۵۰ درصد آب قابل استفاده، CF 0: بدون استفاده از کود شیمیایی، CF 50 %: ۵۰ درصد کود شیمیایی موردنیاز گیاه و CF 100 %: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مورد نیاز گیاه، +M: تلقیح با میکوریزا و -M: عدم تلقیح با میکوریزا، +Az: تلقیح و -Az: عدم تلقیح، T: منطقه تهران و V: منطقه ورامین.

30 % SAW: 30 % of Soil Available Water, 40 % SAW: 40 % of Soil Available Water and 50 % SAW: 50 % of Soil Available Water

CF 0: no application, CF 50 %: 50 % of nitrogen and phosphorus and CF 100 %: 100 % of nitrogen and phosphorus, +M: inoculated and -M: non-inoculated, +Az: inoculated and -Az: non-inoculated, T: Tehran and V: Varamin regions

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارد.

Means in each column followed by a similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using the LSD test.



شکل ۳- اثر رژیم آبیاری (30 % FC: ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، 40 % FC: ۴۰ درصد ظرفیت زراعی و 50 % FC: ۵۰ درصد ظرفیت زراعی)، کود شیمیایی (CF0: بدون استفاده از کود شیمیایی، CF 50 %: ۵۰ درصد کود شیمیایی و CF 100 %: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی)، میکوریزا (+M: تلقیح با میکوریزا و -M: عدم تلقیح با میکوریزا)، آزوسپیریلوم (+Az: تلقیح با آزوسپیریلوم و -Az: عدم تلقیح با آزوسپیریلوم) و مکان‌های کشت گیاه (T: منطقه تهران و V: منطقه ورامین) بر میزان درصد لینولئیک اسید (C18:2).

Fig. 3. Effect of irrigation regime (30, 40 and 50 percent of FC), chemical fertilizers (no application, 50 and 100 percent), Azospirillum (inoculated and non-inoculated) and mycorrhizal (inoculated and non-inoculated) on the average of linoleic acid (C 18:2) contents in Tehran (T) and Varamin (V) regions.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های اسیدهای چرب اشباع، غیراشباع و غیراشباع/اشباع، مجموع اسیدهای چرب امگا ۶ و ۷ در تیمارهای رژیم آبیاری و کود در مناطق تهران و ورامین

Table 9. Mean comparison of total saturated fatty acid, total unsaturated fatty acid, TUFA to TSFA ratio, total omega 6 and total omega 7 in effect of irrigation regime and fertilizer in Tehran and Varamin regions.

	TSFA		TUFA		TUFA / TSFA		TO6		TO7	
	%									
	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V
30 % SAW	28.58a	28.30a	69.18b	71.28b	2.42c	2.51c	67.52b	71.3b	0.5c	0.44c
40 % SAW	26.47b	25.17b	66.82b	73.20b	2.52b	2.907b	68.26b	73.04b	0.77b	0.68b
50 % SAW	24.27c	24.14c	73.01a	74.13a	3.00a	3.07a	77.19a	82.78a	1.02a	0.9a
	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V
CF 0	25.81c	25.58c	64.68c	68.9c	2.50c	2.69c	66.67c	72.15c	0.7c	0.61c
CF 50 %	26.45b	26.23b	70.76b	70.89b	2.67b	2.70b	72.2b	76.44b	0.76b	0.67b
CF 100 %	27.07a	26.8a	71.57a	74.12a	2.64a	2.76a	74.11a	78.53a	0.84a	0.74a
	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V
+M	26.71a	26.45a	71.41a	74.25a	2.67a	2.80a	73.09a	78.08a	0.77a	0.68a
-M	26.18b	25.95b	64.93b	70.36b	2.48b	2.71b	68.9b	73.34b	0.75b	0.67a
	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V
+Az	26.84a	26.60a	71.45a	73.37a	2.66a	2.75a	74.24a	79.21a	0.81a	0.72a
-Az	26.05b	25.80b	63.89b	70.23b	2.45b	2.70b	67.75b	72.21b	0.71b	0.63b

TSFA: مجموع اسیدهای چرب اشباع، TUFA: مجموع اسیدهای چرب غیراشباع، TUFA / TSFA: نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع، TO6: مجموع اسیدهای چرب امگا ۶ و TO7: مجموع اسیدهای چرب امگا ۷.

TSFA: total saturated fatty acid; TUFA: total unsaturated fatty acid; TUFA / TSFA: total unsaturated fatty acid to total saturated fatty acid; TO6: total omega 6 and TO7: total omega 7.

SAW % 30: ۳۰ درصد آب قابل استفاده ، SAW % 40: ۴۰ درصد آب قابل استفاده و SAW % 50: ۵۰ درصد آب قابل استفاده، CF 0: بدون استفاده از کود شیمیایی، % CF 50: ۵۰ درصد کود شیمیایی موردنیاز گیاه و % CF 100: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مورد نیاز گیاه، M+: تلقیح با میکوریزا و -M: عدم تلقیح با میکوریزا، Az+: تلقیح و -Az: عدم تلقیح، T: منطقه تهران و V: منطقه ورامین

30 % SAW: 30 % of Soil Available Water, 40 % SAW: 40 % of Soil Available Water and 50 % SAW: 50 % of Soil Available Water

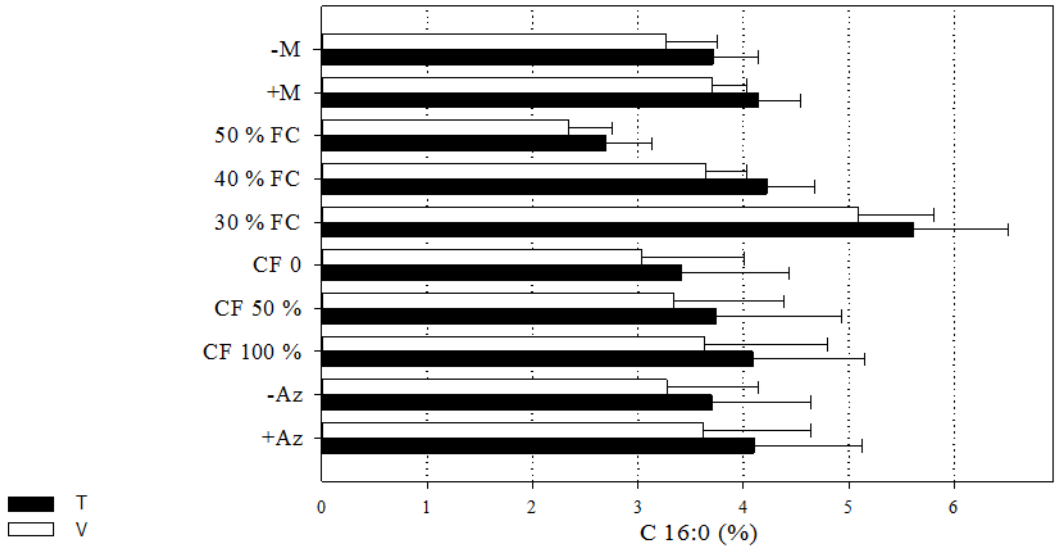
CF 0: no application, CF 50 %: 50 % of nitrogen and phosphorus and CF 100 %: 100 % of nitrogen and phosphorus, +M: inoculated and -M: non-inoculated, +Az: inoculated and -Az: non-inoculated, T: Tehran and V: Varamin regions

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارد.

Means in each column followed by a similar letter (s) are not significantly different at 5 % probability level using the LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- اثر رژیم آبیاری (30 % FC: ۳۰ درصد ظرفیت زراعی، 40 % FC: ۴۰ درصد ظرفیت زراعی و 50 % FC: ۵۰ درصد ظرفیت زراعی)، کود شیمیایی (CF0: بدون استفاده از کود شیمیایی، CF 50 %: ۵۰ درصد کود شیمیایی مورد نیاز گیاه و CF 100 %: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی موردنیاز گیاه)، میکوریزا (M+: تلقیح با میکوریزا و M-: عدم تلقیح با میکوریزا)، آزوسپیریلوم (Az+: تلقیح با آزوسپیریلوم و Az-: عدم تلقیح با آزوسپیریلوم) و مکان‌های کشت گیاه (T: منطقه تهران و V: منطقه ورامین) بر میزان درصد پالمیتیک اسید (C16:0).

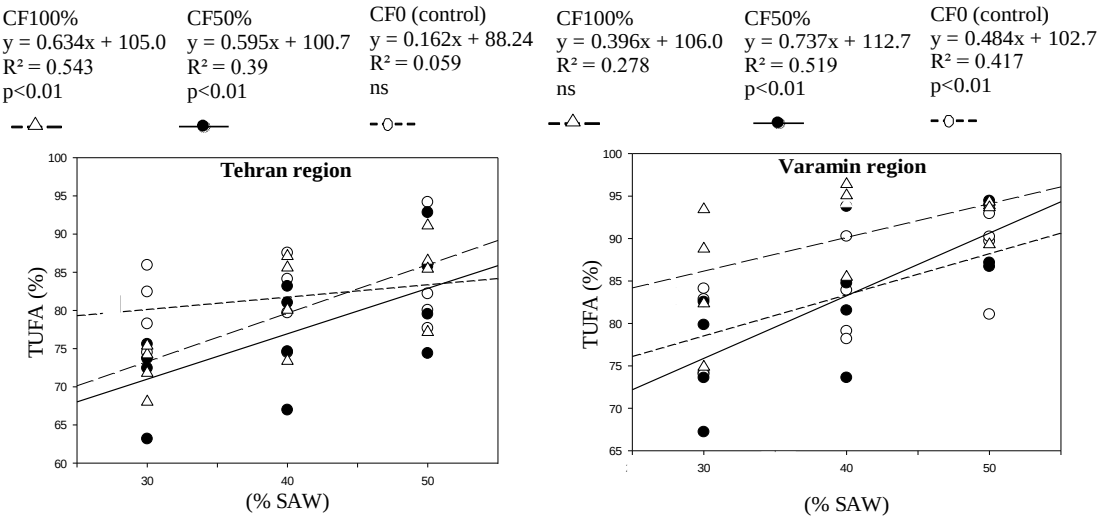
Fig. 4. Effect of irrigation regime (30, 40 and 50 percent of field capacity), chemical fertilizers (no application, 50 and 100 percent), Azospirillum (inoculated and non-inoculated) and mycorrhizal (inoculated and non-inoculated) on the average of palmitic acid (C 16:0) content in Tehran (T) and Varamin (V) regions.

بر اساس نتایج حاصل از میانگین اثرات ساده استفاده از میکوریزا و آزوسپیریلوم نسبت به عدم استفاده از آن‌ها در مناطق تهران و ورامین در میزان میریستیک اسید، اولئیک اسید، واکسینیک اسید، لینولنیک اسید، لینولئیک اسید، ایکوسنوئیک اسید، پالمیتیک اسید، آراشیدیک اسید، بهینیک اسید، مجموع اسیدهای چرب اشباع، مجموع اسیدهای چرب غیراشباع، نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع، مجموع اسیدهای چرب امگا ۶ و ۷ به‌طور کاملاً معنی‌داری افزایش یافت (جداول ۸ و ۹، شکل‌های ۳ و ۴). گزارش‌های متعددی در ارتباط با کاهش میزان روغن و اسیدهای چرب در شرایط تنش خشکی و بهبود عملکرد روغن و تولید اسیدهای چرب از طریق رابطه میکوریزایی و استفاده از آزوسپیریلوم انجام گردیده است (Kaya *et al.*, 2003; Farahani *et al.*, 2008). بهبود عملکرد روغن و اسیدهای چرب از طریق رابطه میکوریزایی، در گزارش‌های پژوهشگران به دلیل افزایش سطح ریشه، جذب آب بیشتر (تحمل به کم‌آبی) و عناصر غذایی (مخصوصاً فسفر و روی)، افزایش طول ریشه، تولید ریشه‌های نازک‌تر و جذب عناصر غذایی از مکان‌های جدید (به دلیل نفوذ ریشه به مکان‌های جدید)، گزارش گردیده است (Heidari and Karami, 2014; Farahani *et al.*, 2008). همچنین بهبود عملکرد روغن، اسیدهای چرب، اسانس، عملکرد و اجزای عملکرد از طریق استفاده از آزوسپیریلوم به دلیل تثبیت نیتروژن هوا و جذب آن از طریق ریشه به همراه تولید هورمون‌های رشد ازجمله ایندول استیک اسید گزارش گردیده است (Vurukonda *et al.*, 2016). رابطه‌ی بین میزان اسیدهای چرب غیراشباع و عملکرد روغن در هکتار با رژیم‌های آبیاری (تنش شدید، تنش متوسط و بدون تنش) در بین کاربرد کودهای شیمیایی (۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد از کود شیمیایی مورد نیاز گل مغربی) مورد بررسی در این آزمایش بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون خطی نشان داد، استفاده ۵۰ درصدی از کود شیمیایی مورد نیاز گل مغربی در سطح یک درصد با بالاترین میزان شیب‌خط ($y= 0.737x + 112.7$) برای

www.SID.ir

Archive of SID

اسیدهای چرب غیراشباع به همراه استفاده ۱۰۰ درصدی از کود شیمیایی مورد نیاز گیاه در سطح یک درصد با بالاترین میزان شیب‌خط (y= 18.49x + 203.0) برای عملکرد روغن در هکتار در منطقه ورامین، و استفاده ۱۰۰ درصدی از کود شیمیایی موردنیاز گیاه در سطح یک درصد با بالاترین میزان شیب‌خط (y = 0.634x + 105.0) برای اسیدهای چرب غیراشباع به همراه بالاترین میزان شیب خط (y = 17.31x + 211.8) برای عملکرد روغن در هکتار در منطقه تهران، دارای بالاترین میزان رابطه‌ی خطی نسبت به افزایش آب خاک و افزایش اسیدهای چرب غیراشباع و عملکرد روغن گل مغربی در مناطق تهران و ورامین بوده است (شکل‌های ۵ و ۶). پژوهشگران در گزارش‌های خود تأثیر مثبت نیتروژن و فسفر در افزایش اسیدهای چرب، در گیاهان روغنی را گزارش نموده‌اند (Reiner and Marquard, 1988; Sekeroglu and Özguven, 2006). در گزارش‌های مختلف افزایش میزان روغن و اسیدهای چرب توسط نیتروژن و فسفر به دلیل افزایش سطح برگ و افزایش میزان فتوسنتز به همراه بلوغ مناسب بذرها در کپسول ذکر گردیده است (Cechin and Fumis, 2004; Verardo *et al*, 2013).



شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف کودهای شیمیایی در رژیم‌های آبیاری در میزان اسیدهای چرب اشباع نشده در مناطق تهران و ورامین

Fig. 5. Influence of different levels of application chemical fertilizer in irrigation regimes on total unsaturated fatty acid contents (%) in Tehran and Varamin regions.

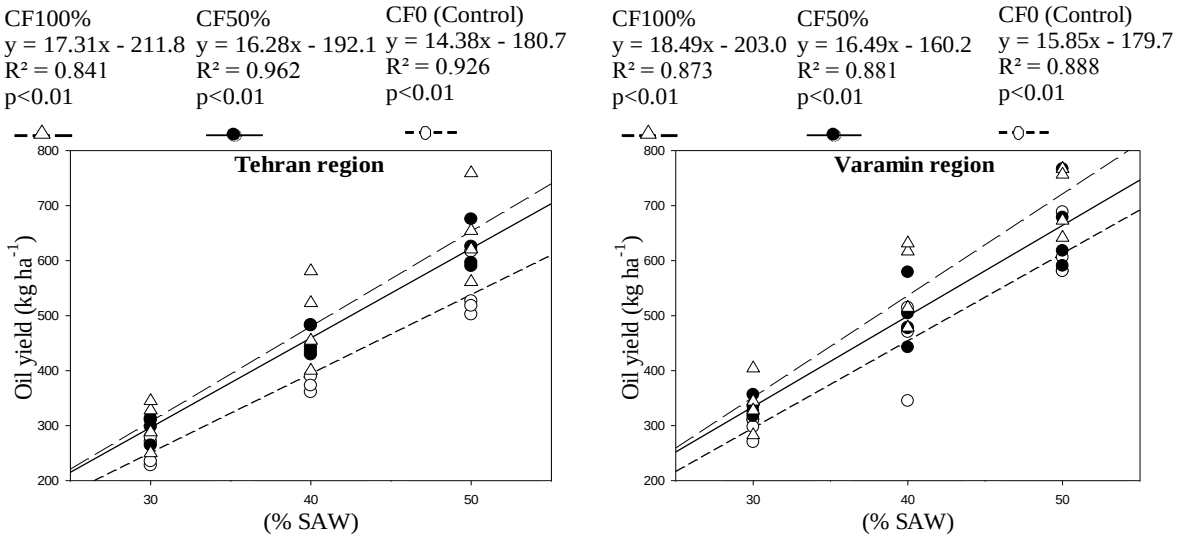
30 % SAW: ۳۰ درصد آب قابل استفاده ، 40 % SAW: ۴۰ درصد آب قابل استفاده و 50 % SAW: ۵۰ درصد آب قابل استفاده، CF 0: بدون استفاده از کود شیمیایی، CF 50 %: ۵۰ درصد کود شیمیایی موردنیاز گیاه و CF 100 %: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مورد نیاز گیاه

30 % SAW: 30 % of Soil Available Water, 40 % SAW: 40 % of Soil Available Water and 50 % SAW: 50 % of Soil Available Water

CF 0: no application, CF 50 %: 50 % of nitrogen and phosphorus and CF 100 %: 100 % of nitrogen and phosphorus

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- تأثیر سطوح مختلف کودهای شیمیایی در رژیم‌های آبیاری در میزان عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) در مناطق تهران و ورامین

Fig. 6. Influence of different levels of application of chemical fertilizer in irrigation regimes on oil yield (Kg ha^{-1}) in Tehran and Varamin regions.

30 % SAW: ۳۰ درصد آب قابل استفاده ، 40 % SAW: ۴۰ درصد آب قابل استفاده و 50 % SAW: ۵۰ درصد آب قابل استفاده، CF 0: بدون استفاده از کود شیمیایی، 50 % CF: ۵۰ درصد کود شیمیایی موردنیاز گیاه و 100 % CF: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مورد نیاز گیاه

30 % SAW: 30 % of Soil Available Water, 40 % SAW: 40 % of Soil Available Water and 50 % SAW: 50 % of Soil Available Water
CF 0: no application, CF 50 %: 50 % of nitrogen and phosphorus and CF 100 %: 100 % of nitrogen and phosphorus

نتیجه‌گیری

عوامل محیطی، تأثیر بسیار زیادی در میزان تولید و نسبت اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع بذر دارند. نتایج این پژوهش نشان داد تنش شدید کم‌آبی (آبیاری در زمان باقی ماندن ۳۰ درصد از ظرفیت زراعی)، در مناطق تهران و ورامین باعث کاهش میزان اسیدهای چرب غیر اشباع (به خصوص در منطقه ورامین با آب و هوای خشک طبق نمودار آب و هواشناسی) و افزایش میزان اسیدهای چرب اشباع (به خصوص در منطقه ورامین با آب و هوای خشک) گردید. در مجموع در گیاه گل مغربی برای تولید روغن با کیفیت بالا (افزایش میزان اسیدهای چرب غیر اشباع مانند امگا ۳، ۶، ۷ و ۹) باید از مواجه شدن این گیاه با تنش خشکی جلوگیری نمود. کاربرد کود شیمیایی (اوره + سوپرفسفات تریپل) و همچنین کود زیستی (رابطه میکوریزایی و استفاده از آزوسپیریلوم) در تمامی رژیم-های آبیاری باعث افزایش میزان عملکرد روغن و مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع در مناطق تهران و ورامین گردیده است (عدم وجود تفاوت معنی‌داری بین کودهای شیمیایی و زیستی در میزان عملکرد روغن و مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع). کودهای زیستی مانند رابطه میکوریزایی و استفاده از آزوسپیریلوم باعث تعدیل تنش کم‌آبی در گل مغربی گردید. با توجه به اینکه کشور ایران دچار بحران کمبود آب است و با توجه به اهمیت کاهش مصرف کودهای شیمیایی، تمامی تیمارهایی که در آنها کودهای زیستی مصرف شده‌اند، قابل توصیه بوده و حتی الامکان باید از مصرف کودهای شیمیایی به دلیل آلودگی‌های زیست محیطی اجتناب کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

REFERENCES

1. Andrew, F., Morison, H. & James, I. (2000). Climatic conditions during seed growth significantly influence oil content and quality in winter and spring evening primrose crops (*Oenothera* spp.). *Industrial Crops and Products*, 12(2), 137-147.
2. Bailey, J. M., Howard, B. V. & Tillman, S. F. (1977). Lipid metabolism in cultured cells. In: Snyder, F. (Ed.), Lipid Metabolism in Mammals 11. Plenum Press, New York, pp. 352-360.
3. Beltrano, J. & Ronaco, M. G. (2008). Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 20(1), 29-37.
4. Bettaieb, N., Zakhama, W., Aidi-Wannes, M. E. K. & Marzouk, C. B. (2009). Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. *Scientia Horticulturae*, 120(2), 271-275.
5. Cechin, I. & Fumis, T. F. (2004). Effect of nitrogen supply on growth and photosynthesis of sunflower plants grown in the greenhouse. *Plant Science*, 166, 1379-1385.
6. Christay, W. W. (1999). The analysis of evening primrose oil. *Industrial Crops and Products*, 10, 73-83.
7. Deng, Y., Hua, H. M., Li, J. & Lapinskas, P. (2001). Studies on cultivation and use of evening primrose (*Oenothera* spp.) in China. *Economic Botany*, 55, 83-92.
8. Egert, M. & Tevini, M. (2002). Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). *Environmental and Experimental Botany*, 48, 43-49.
9. El Sayed, A. A., Razin, A. M., Swaefy, H. M. F., Mohamed, S. M. & Abou, K. E. (2008). Effect of water stress on yield and bioactive chemical constituents of *Tribulus* Species. *Journal of Research in Science*, 4(12), 2134-2144.
10. Farahani, A., Lebaschi, H., Hussein, M., Hussein, S. A., Reza, V. A. & Jahanfar, D. (2008). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi, different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency, relative water content and proline accumulation rate of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 2(6), 125-131.
11. Funatsu, Y., Nakatsubo, T., Yamaguchi, O. & Horikoshi, T. (2005). Effects of arbuscular mycorrhizae on the establishment of the alien plant *Oenothera laciniata* (Onagraceae) on a Japanese coastal sand dune. *Journal of Coastal Research*, 21(5), 1054-1061.
12. Gharib, F., Moussa, A. & Massoud, O. N. (2008). Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. *International Journal of Agriculture and Biology*, 10, 381-387.
13. Ghasemnezhad, A. & Honermeier, B. (2008). Yield, oil constituents, and protein content of evening primrose (*Oenothera biennis* L.) seed depending on harvest time, harvest method and nitrogen application. *Industrial Crops and Products*, 28, 17-23.
14. Gyaneshwar, P., Kumar, G. N., Parekh, L. J. & Poole, P. S. (2002). Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant Soil*, 245, 83-93.
15. Hassam, A. G., Rivers, J. P. & Crawford, M. A. (1977). Metabolism of gamma-linolenic acid in essential fatty acid deficient rats. *The Journal of Nutrition*, 4, 127-134.
16. Heidari, M. & Karami, V. (2014). Effects of different mycorrhiza species on grain yield, nutrient uptake and oil content of sunflower under water stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13, 9-13.
17. Heuer, B., Yaniv, Z. & Ravina, I. (2002). Effect of late salinization of chia (Sal_ia Hispanica), stock (*Matthiola tricuspidata*) and evening primrose (*Oenothera biennis*) on their oil content and quality. *Industrial Crops and Products*, 15, 163-167.
18. Jami, M. G., Ghalavand, A., Modarres-Sanavy, S. A. M. & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2017). Evaluation of agronomic characteristics and seed quality of sunflower in response to different regimes of nitrogen, irrigation, and zeolite. *Journal of Agricultural Crops Production*, 19, 1011-1031.
19. Kapoor, R., Giri, B. & Mukerji, K. G. (2004). Improved growth and essential oil yield and quality in Foeniculum Vulgare mill on mycorrhiza inoculation supplemented with p-fertilizer. *Bioresource Technology*, 93, 307-311.
20. Kaya, C., Higgs, D. & Kirnak, H. (2003). Mycorrhizal colonization improves fruit yield and water use efficiency in watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) grown under well-watered and water-stressed conditions. *Plant Soil*, 253, 287-292.
21. Kovacs, G. M. & Szigetvar, C. (2002). Mycorrhizae and other root associated fungal structures of the plant of a sandy grassland on the great Hungarian plain. *Phyton*, 42(2), 211-223.

www.SID.ir

22. Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A. & Marzouk, R. (2009). Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil, and fatty acid composition. *Industrial Crops and Products*, 30(3), 372-379.
23. Mahfouz, S. A. & Sharaf-Eldin, M. A. (2007). Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *International Agrophysics*, 21, 361-366.
24. Mahmoud, A. M. & Soliman, A. (2017). Comparative study on the influence of organic fertilizer and soil amendments on evening primrose (*Oenothera biennis* L.). *International Journal of Agricultural Research*, 12(2), 52-63.
25. Maria-Palese, A., Nuzzo, F., Favati, F., Pietrafesa, A., Celano, G. & Xiloyannis, C. (2010). Effects of water deficit on the vegetative response, yield and oil quality of olive trees (*Olea europaea* L, cv Coratina) grown under intensive cultivation. *Scientia Horticulturae*, 125(3), 222-229.
26. Marrink, S. J., Tieleman, D. P., Buuren, A. R. & Berendsen, J. C. (1996). Membranes and water: an interesting relationship. *Faraday Discuss*, 103, 191-201.
27. Mokhtassi-Bidgoli, A., AghaAlikhani, M., Nassiri-Mahallati, M., Zand, E., Gonzalez-Andujar, J. L., & Azari, A. (2013). Agronomic performance, seed quality and nitrogen uptake of *Descurainia sophia* in response to different nitrogen rates and water regimes. *Industrial Crops and Production*, 44, 583-592.
28. Osuagwu, G. G. E., Edeoga, H. O. & Osuagwu, A. N. (2010). The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves *Ocimum gratissimum* L. *Recent Research in Science and Technology*, 2, 27-33.
29. Qasim, A., Muhammad, A. & Farooq, A. (2010). Seed composition and seed oil antioxidant activity of maize under water stress. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87, 1179-1187.
30. Reiner, H. & Marquard, R. (1988). Investigations in cultivation abilities and seed quality of *Oenothera biennis* L. *Fat Science Technology*, 90, 1-7.
31. Rodrigues, R. F., Costa, I. C., Almeida, F. B., Cruz, R. A. S., Ferreira, A. M., Vilhena, J. C. E., Florentino, A. C., Carvalho, G. C. & Fernandes, C. P. (2015). Development and characterization of evening primrose (*Oenothera biennis*) oil nanoemulsions. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 25, 422-425.
32. Sekeroglu, N. & Özguven, M. (2006). Effects of different nitrogen doses and row spacing applications on yield and quality of *Oenothera biennis* L. grown in irrigated lowland and un-irrigated dry-land conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30, 125-135.
33. Sharma, A. K. (2002). Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India. 407 pp.
34. Tanu, A., Prakash, A. & Adholeya, A. (2004). Effect of different organic manures/composts on the herbage and essential oil yield of *Cymbopogon winterianus* and their influence on the native AM population in a marginal alfisol bioresource. *Technology*, 92, 311-319.
35. Verardo, V., Riciputi, Y., Sorrenti, G., Ornaghi, P., Marangoni, B. & Caboni, M. F. (2013). Effect of nitrogen fertilization rates on the content of fatty acids, sterols, tocopherols, and phenolic compounds, and on the oxidative stability of walnuts. *Food Science Technology*, 50(2), 732-738.
36. Vilela, A., Gonza, L., Rondanini, D. & Ravetta, D. (2008). Biomass allocation patterns and reproductive output of four *Oenothera* L. accessions native to Argentina. *Industrial Crops and Products*, 27, 249-256.
37. Vurukonda, S. S. K. P., Vardharajula, S., Shrivastava, M. & Skz, A. (2016). Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth-promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*, 184, 13-24.

www.SID.ir