نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال سیزدهم / شماره سوم / پاییز ۱۴۰۲/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۹۳ تا ۱۰۷

اثر سیستم‌های خاک‌ورزی، عناصر روی، آهن وگوگرد بر عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

محمد حطیم[۱]، مجید مجیدیان[۲*]، اشکان نبوی پله‌سرایی[۳] و مونا طهماسبی[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷)

چکیده

در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی آزمایشی به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر ضروری آهن، روی و مصرف خاکی کود گوگرد با سه سیستم خاک‌ورزی بر صفات کمی و کیفی گلرنگ انجام شد. آزمایش به‌صورت اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سه شیوه خاک‌ورزی شامل (بدون خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم) که به‌عنوان کرت‌های اصلی در نظر گرفته شدند و تیمارهای کودی شامل ۱- شاهد ۲- عنصر روی ۳- عنصر آهن ۴- عنصر گوگرد ۵- روی + آهن ۶- روی + گوگرد ۷- آهن + گوگرد ۸- آهن + گوگرد + روی در کرت‌های فرعی منظور شدند. صفات مورد بررسی کمی از قبیل عملکرد دانه، عملکرد گل، وزن دانه در طبق، تعداد طبق و همچنین صفات کیفی درصد پروتئین، روغن دانه و اسیدهای اشباع و غیر اشباع اندازه-گیری شدند. نتایج نشان داد که بین تیمارهای کودی از نظر عملکرد دانه، عملکرد گل، وزن دانه در طبق، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، درصد پروتئین و روغن دانه تفاوت معنی‌دار وجود داشت. در تیمار روش‌های خاک‌ورزی وزن هزار دانه و اسید چرب لینولئیک تفاوت معنی‌دار نشان دادند. در اثرات متقابل روش‌های خاک‌ورزی و تیمارهای کودی دو صفت تعداد طبق در بوته و اسید لینولنیک تحت تأثیر قرار گرفتند و این دو صفت تفاوت معنی‌دار داشتند. تیمار کودی (آهن + گوگرد + روی) بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۱۳۹۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد گل با میانگین ۱۸۳ کیلوگرم در هکتار، وزن هزار دانه با میانگین ۴۵/۸گرم، وزن دانه در طبق با میانگین ۱/۲۷ گرم، تعداد طبق با میانگین۷/۹۱ عدد در بوته، درصد پروتئین با میانگین ۲۱/۲ درصد و درصد روغن دانه با میانگین ۲۶/۵ درصد را به خود اختصاص داد. نتایج این تحقیق نشان داد محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی از طریق افزایش اجزای عملکرد به‌ویژه وزن هزار دانه، تعداد طبق در بوته و وزن دانه در طبق سبب افزایش عملکرد دانه، درصد روغن و درصد پروتئین دانه گلرنگ شد. همچنین روش‌های خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری بر عملکرد دانه گلرنگ نداشت. با توجه به نتایج این آزمایش مصرف کودهای روی، گوگرد و آهن همراه با کودهای پایه به همراه شیوه کم خاک‌ورزی می‌تواند به افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه گلرنگ کمک کند.

واژه‌های کلیدی: اسید لینولنیک، پروتئین دانه، روغن، عناصر ریزمغذی

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۳. پژوهشگر پسادکتری، گروه مهندسی محیط زیست و منابع، دانشگاه فنی دانمارک، لونگبو، دانمارک.
۴. استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، اراک، اراک، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: ma_ majidian@guilan.ac.ir

مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت جهان در چند دهه اخیر محدودیت شدید منابع غذایی را به دنبال داشته است. اگرچه ذخایر جهانی غذا معمولاً با تکیه برحبوبات، گندم و ذرت به‌عنوان غذاهای اصلی، مورد بحث قرار می‌گیرند اما دانه‌های روغنی در مقام دوم محصولات نقش مهمی در برنامه غذایی ایفا می‌کنند (۲). ملکوتی (۱۹) گزارش کرد که عناصر ریزمغذی با افزایش فتوسنتز و بهبود دوام سطح برگ باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی می‌شوند. یکی از روش‌های بهینه درافزایش عملکرد گیاهان تعیین نیاز تغذیه‌ای مناسب با توجه به ویژگی‌های فیزیولوژیکی رشد و نمو آنها است. آگاهی از نیاز تغذیه‌ای گیاه می‌تواند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بسیاری از اجزای عملکرد نظیر تعداد دانه، عملکرد دانه، درصد روغن و پروتئین را تحت تاثیر قرار داده و باعث افزایش عملکرد دانه شود. میزان مواد غذایی خاک ممکن است همیشه برای تامین نیاز گیاه کافی نباشد. عرضه مقادیر مناسب عناصر معدنی به گیاهان در حال رشد روش مناسبی برای بهبود عملکرد گیاهان زراعی است. اکثر عناصر ریزمغذی در خاک‌های قلیایی، تثبیت شده و ریشه‌های گیاه قادر به جذب کافی آن‌ها از خاک نیستند (۶). استمپر (به نقل از پوریوسف میاندوآب) (۲۷) بیان می‌کند که محلول‌پاشی برگی می‌تواند دسترسی گیاهان به عناصر غذایی را برای به‌دست آمدن عملکرد بالا را تضمین کند و از دید اکولوژیکی، کوددهی برگی قابل‌قبول‌تر است، چون مقادیر کم‌تر عناصر غذایی برای مصرف سریع به‌وسیله گیاه فراهم می‌شود. به‌طورکلی در خاک‌های زراعی ایران با پی–اچ قلیایی، خاک‌های آهکی، خاک‌های شنی، مصرف بیش از حد کودهای فسفاته، جذب عناصر کم مصرف نظیر آهن و روی کمتر از نیاز گیاه بوده و تحت این شرایط کمبود آهن و روی عمومیت بیشتری دارد، در این شرایط محلول‌پاشی به‌عنوان یک روش موثر و با صرفه نسبت به مصرف کلات‌های آهن و روی، در خاک شناخته شده است (۱۹). در اثر کاربرد گوگرد، به‌دلیل وجود مقادیر نسبتا بالایی از اسید آمینه‌های گوگرددار مانند متیونین و سیستئین و یا به‌علت وجود همبستگی منفی بین محتوی روغن و پروتئین، میزان پروتئین دانه افزایش می‌یابد (۱۴). کمبود گوگرد اثرات چندی بر رشد و ترکیب دانه‌ی کلزا دارد. گوگرد با اینکه در ترکیب کلروفیل وجود ندارد ولی برای تشکیل کلروفیل ضروری بوده و کمبود آن باعث کم‌رنگ شدن برگ‌ها و کلروز اندام‌های رویشی می‌شود. کمبود گوگرد اغلب مانع سنتز پروتئین‌ها و درنتیجه موجب کاهش نسبی اسیدهای آمینه گوگرددار می‌شود (۱۲). محمدی لیمایی و همکاران (۲۳) گزارش کردند محلول‌پاشی سه عنصر ریزمغذی (روی، بُر و مس) با توجه به نقش آنها در فتوسنتز سبب افزایش شاخص سطح برگ و به‌دنبال آن افزایش ماده خشک تولیدی در واحد سطح و افزایش سرعت رشد گیاه ذرت شیرین شدند. مجموعه عوامل بیان شده سبب شد تا مواد کربوهیدراتی بیشتری نیز تولید و با انتقال این مواد به دانه عملکرد دانه بیشتری نیز حاصل شود. به‌علاوه با توجه به نقش روی، بر و مس در تشکیل دانه‌ها، تعداد دانه در بلال افزایش یافت. کریمی و همکاران (۱۷) اظهار داشتند که در شرایط کمبود عناصر کم مصرف، محلول‌پاشی آنها باعث افزایش رشد و تولید گلرنگ شده است و تیمار کودی گوگرد، روی و بُر، تاثیر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه داشته به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه از این تیمار مشاهده شد. جنا و بهرا (۱۶) عنوان کردند که ترکیب عناصر کم مصرف آهن، روی و منگنز رشد، نمو و عملکرد دانه گلرنگ را نسبت به تیمارهای دوتایی و تکی این عناصر به‌طور معنی‌داری افزایش داد. کامارکی (به نقل از پوریوسف میاندوآب) (۲۷) اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و بُر بر عملکرد دانه گلرنگ را معنی‌دار گزارش دادند. محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله غنچه‌دهی گیاه گلرنگ منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و ماده خشک شد (۱۳). اثر کاربرد گوگرد، روی و آهن بر گیاه گلرنگ باعث افزایش رشد، عملکرد دانه، درصد روغن و با محلول‌پاشی کلات آهن به میزان دو در هزار بر روی گیاه گلرنگ بیشترین عملکرد روغن و دانه گزارش شده است (۱۱). وانزلوبر (به نقل از

اصغری میدانی) (۳) اعمال روش‌های مختلف خاک‌ورزی در مناطق نیمه‌خشک و سردسیر شمال کانادا توانست عملکرد بذر دانه‌های روغنی را متاثر سازد به‌طوری‌که در روش کم خاک-ورزی، عملکرد دانه افزایش یافت. استفاده از شخم گاوآهن قلمی + دیسک بشقابی در پاییز و کاشت خطی‌کار در بهار، بستر مناسبی جهت کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک و افزایش رطوبت خاک ایجاد نموده درنتیجه سبب افزایش عملکرد گلرنگ شد (۳). دهقانی و همکاران (۸) گزارش کرد که روش‌های خاک‌ورزی نیز ممکن است به‌دلیل تفاوت در میزان بهم زدن خاک سطحی و حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، خصوصیات فیزیکی خاک، مصرف آب، عملکرد محصول و کارایی مصرف آب را تحت تأثیر قرار دهند. در بین روش‌های خاک‌ورزی، خاک‌ورزی حفاظتی خاک را کمتر بهم می‌زند و بقایای بیشتری را در سطح خاک حفظ می‌کند که می-تواند به کاهش مصرف آب آبیاری کمک کند. خاک‌ورزی حفاظتی روشی است که در آن با کمترین عملیات خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، رطوبت حاصل از آبیاری و نزولات جوی جهت پایداری عملکرد محصولات کشاورزی ذخیره و حفظ می‌شود. در بیشتر سال‌های انجام تحقیق، تیمار کم خاک‌ورزی و تیمار کشت مستقیم، عملکرد نزدیک به عملکرد تیمار خاک‌ورزی مرسوم و حتی در یک مورد بیشتر از عملکرد این تیمار داشتند که نشان‌دهنده امکان جایگزینی روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی به جای خاک‌ورزی مرسوم در کشت ذرت در مناطق معتدل استان فارس است (۱). روش‌های حفاظتی باعث افزایش ذخیره رطوبت در خاک (حداکثر ۲۵ درصد) شدند اما ماده آلی خاک را افزایش ندادند. روش‌های خاک‌ورزی اثر قابل‌توجهی بر مصرف انرژی و سوخت در مرحله تهیه زمین و کاشت محصول دارند.

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گیاه دانه روغنی مهمی است که از گذشته دور در مناطق خشک دنیا از جمله هندوستان و دیگر نقاط خاورمیانه و شرق آفریقا کشت می‌شد (۲۹). از دانه‌های گلرنگ، روغن خوراکی با کیفیتی مطلوب به‌دست می‌آید که ماده اصلی مارگارین، مایونز، روغن‌های سالاد و سرخ کردنی را تشکیل می‌دهد (۲۶). پراکنش تیپ‌های وحشی آن در سراسر کشور بیانگر سازگاری بالای آن به شرایط آب و هوایی به‌ویژه تحمل خوب آن به تنش‌های شوری و خشکی است (۲۵). گلرنگ در مناطق خشک و نیمه خشک جهت استخراج روغن از دانه کشت می‌شود و درصد روغن گلرنگ از ۳۶ تا ۳۸ درصد متغیر است و یکی از بهترین دانه‌های روغنی از نظر ترکیب اسیدهای چرب است (۲۰). این آزمایش به‌منظور بررسی عکس‌العمل گیاه گلرنگ به سیستم‌های مختلف خاک-ورزی تحت تاثیر تیمارهای عناصر غذایی انجام شده است. براساس اطلاعات نگارندگان، تاکنون آزمایشی در خصوص بررسی اثر هم‌زمان دو عامل روش خاک‌ورزی و استفاده از سه عنصر گوگرد، روی و آهن در زراعت گلرنک در استان مرکزی صورت نگرفته است. این آزمایش با هدف شناسایی مناسب-ترین روش‌های خاک‌ورزی، و استفاده از سه عنصر گوگرد، روی و آهن جهت دستیابی به پتانسیل عملکرد گلرنگ، با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی و مصرف انرژی، در اراضی زراعی شهرستان اراک طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌منظور بررسی اثرمحلول‌پاشی عناصر ضروری آهن، روی و مصرف خاکی کود گوگرد با سه شیوه خاک-ورزی بر صفات کمی و کیفی گلرنگ در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی با میانگین بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در سال و ارتفاع ۱۷۱۸ متر از سطح دریا در شهرستان اراک انجام شد. آزمایش به‌صورت اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. سه شیوه خاک‌ورزی شامل (بدون خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی وخاک‌ورزی مرسوم) مورد آزمایش قرار گرفتند. در روش بدون خاک‌ورزی مزرعه سال قبل، کشت گندم بدون بهم خوردگی خاک و با دستگاه کشت مستقیم صورت گرفت و در کم خاک‌ورزی زمین در

جدول ۱. خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	pH	هدایت الکتریکی(دسی زیمنس برمتر)	درصد کربن آلی	سولفات محلول (میلی اکی‌والان بر لیتر)	روی قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	آهن قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
رسی لومی شنی	۶/۹	۲۰۰	۷	۰/۵	۰/۹	۱/۷۸	۰/۹۶	۴/۴۴

پاییز با چیزل شخم زده شد و در بهار زمان آماده‌سازی بستر قبل از کشت، لولر زده و کشت انجام شد. همچنین در روش مرسوم با توجه به نحوه کشت معمول در پاییز ابتدا زمین با گاو آهن برگردان‌دار دو مرحله شخم و سپس دیسک زده شد و در اسفندماه زمان آماده‌سازی بستر قبل از کشت لولر زده شد و سپس کشت صورت گرفت. قبل از شروع آزمایش و اعمال تیمارها از خاک مزرعه برای تعیین بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌گیری به عمل آمد (جدول ۱). تیمارهای اصلی شامل سه روش خاک‌ورزی که هرکدام از این روش‌ها شامل تیمارهای کودی به شرح ذیل بود ۱- شاهد ۲- عنصر روی ۳- عنصر آهن ۴- عنصر گوگرد ۵- روی + آهن ۶- روی + گوگرد ۷- آهن + گوگرد ۸- آهن + گوگرد + روی. در تمام تیمارهای کودی گوگرد در زمان کاشت به خاک اضافه و تیمارهای کودی آهن و روی به صورت محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس نتایج تجزیه خاک و نیاز عناصر غذایی گیاه کود فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود نیتروژن (از منبع اوره ۴۶ درصد) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار که یک سوم این میزان کود در زمان کاشت به صورت خاک مصرف و دو سوم باقی کود نیتروژن در شروع ساقه‌دهی به صورت سرک به گلرنگ داده شد گوگرد گرانوله (حاوی ۷۰ درصد گوگرد) نیز به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در فقط زمان کاشت استفاده شد و محلول‌پاشی عناصر آهن (از منبع کودی فروسولفات آهن) و روی (از منبع کودی سولفات روی) به میزان سه کیلوگرم در هکتار در دو مرحله هشت برگی و دیگری ابتدای ظهور طبق‌ها یا غنچه‌دهی مطابق با کدهای BBCH18 وBBCH51 کدبندی گلرنگ انجام شد (۲۱). محلول‌پاشی ترکیبی به صورت جداگانه در صبح زود و دیگری در عصر بود.رقم مورد ارزیابی گلدشت و به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار مصرف گردید. عمق کاشت دو سانتی‌متر و فاصله ردیف‌ها ۴۰ سانتیمتر و فاصله بوته‌ها از هم پنج سانتی‌متر برای تراکم ۵۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد همچنین ابعاد کرت‌ها ۷× ۲ متر بود. در مرحله برداشت محصول از هر کرت ۲۰ بوته انتخاب و برداشت شد و بعد از انتقال به آزمایشگاه صفت‌هایی مانند تعداد طبق در بوته اندازه‌گیری شد، که ابتدا طبق‌ها از بوته جدا و سپس بر اساس تعداد بوته‌ها این صفت محاسبه شد. دانه‌ها از طبق‌ها جدا و دانه‌ها با ترازوی دقیق توزین صفت وزن دانه در طبق بر اساس میانگین وزنی هر طبق محاسبه شد. عملکرد دانه و وزن هزار دانه نیز پس از برداشت محصول توزین و به‌صورت میانگین وزنی برای هر کرت در نظر گرفته شد. جهت اندازه‌گیری صفت عملکرد گل، در ابتدای صبح با روشن شدن هوا، که بالاترین رطوبت هوا را در طول روز وجود داشت و غوزه‌ها باز بودند و امکان برداشت گل فراهم بود، تمامی گل‌های هر کرت آزمایشی به‌صورت مجزا برداشت و بعد از خشک کردن با ترازوی دقیق توزین و برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شدند .همچنین صفت‌های درصد روغن دانه، درصد پروتئین دانه و درصد اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع محاسبه شدند. برای تعیین میزان روغن دانه‌ها، مقدار ۵۰ گرم از بذرهای برداشت شده از هر کرت، قبل از خشک کردن، انتخاب و میزان روغن به روش سوکسله (Soxtec system HT 1043-Tecator-Sweden) و

ترکیب اسیدهای چرب و مقدار آنها با استفاده از کروماتوگرافی گازی (مدل Unicam 4600)، ساخت کمپانی DANI ایتالیا تعیین شد (۳۴).

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای کودی از نظر صفت عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). تیمار (روی+ گوگرد+ آهن) با میانگین ۱۳۹۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه و همچنین تیمار شاهد با میانگین ۶۳۴ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را نشان دادند (جدول ۳). عملکرد بالای دانه حاکی از تاثیر بسزای محلول‌پاشی عناصر است. تامین عناصر مغذی به‌ویژه روی، آهن و منگنز عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (۳۰). عناصر ریزمغذی برای رشد طبیعی گیاهان موردنیاز هستند و ضمن شرکت در ساختار بعضی از اندامک‌ها، در بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه دخالت دارند، به‌عنوان مثال، عنصر روی در تولید هورمون‌های رشد (اکسین) و انجام فتوسنتز، عنصر بر در تقسیم سلولی و آهن در تشکیل کلروفیل نقش دارند (۲۹). مصرف عناصر ریزمغذی در موارد کمبود به‌خصوص از طریق محلول‌پاشی می‌تواند عملکرد و اجزاء عملکرد گلرنگ را بهبود بخشند. نتایج تحقیقی نشان داد که محلول پاشی بر با غلظت ۰/۲ درصد، سولفات آهن با غلظت ۰/۴ درصد، سولفات روی با غلظت ۰/۵ درصد و ترکیب روی و بر، به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه گلرنگ را افزایش دادند (۳۱). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمار روش‌های خاک‌ورزی در عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جداول ۲ و ۴). عملکرد دانه به شدت تحت تاثیر شرایط مزرعه و نحوه مدیریت آن است. تاثیرات مثبت اجرای صحیح کشاورزی حفاظتی بر کیفیت خاک و پایداری تولید، موضوع مهمی است. مدیریت کشاورزی حفاظتی در هر مزرعه‌ای، حتی در یک منطقه متفاوت است. معنی‌دار نبودن عملکرد دانه در تیمارهای خاک‌ورزی نشان می‌دهد که با توجه به ترافیک مزرعه، هزینه و انرژی مصرفی کمتر، روش کم‌خاک‌ورزی پیشنهاد می‌شود. در غیر این صورت، جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی، روش بدون‌خاک‌ورزی پیشنهاد می‌شود. روش بدون‌خاک‌ورزی در مواقعی که با محدودیت زمان کاشت مواجه هستیم، روش بسیار مناسبی است. از سوی دیگر منافع اقتصادی اجرای بدون خاک‌ورزی را نیز باید در نظرگرفت. نکته بسیار مهم از مقایسه میانگین عملکرد سه سال آزمایش این است که اجرای روش بدون‌خاک‌ورزی در سال اول و دوم باعث کاهش عملکرد نشده بود (۱۵ و ۲۲).

عملکرد گل

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بین تیمارهای کودی از نظر عملکرد گل تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). تیمار (روی+گوگرد+آهن) با میانگین ۱۸۳ کیلوگرم بیشترین مقدار عملکرد گل را داشت همچنین نتایج نشان داد دو تیمار (گوگرد+روی) با میانگین ۱۵۳ کیلوگرم و (آهن+ روی) با میانگین۱۵۵ کیلوگرم بعد از تیمار سه کودی، عملکرد دانه بیشتری را به خود اختصاص دادند. تیمار شاهد با میانگین ۱۰۸ کیلوگرم کمترین مقدار عملکرد گل را نشان داد (جدول ۳). این تفاوت به‌دلیل افزایش طول دوره گل‌دهی است که با مصرف کود ریزمغذی زمان خاتمه گل‌دهی طولانی‌تر می‌شود. نتایج یک تحقیق نشان داد بیشترین دوره گلدهی در گلرنگ با مصرف ریزمغذی طی ۴ هفته پس از تشکیل طبق حاصل شد (۲۴). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عملکرد گل در تیمار روش‌های خاک‌ورزی تحت تاثیر قرار نگرفته است و تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲).با توجه به نتایج مقایسه میانگین روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد و اجزای عملکرد، صفت اندازه‌گیری شده عملکرد گل در تیمارخاک‌ورزی مرسوم بیشترین مقدار عملکرد را با

جدول ۲. تجزیه واریانس اثرات روش‌های خاک‌ورزی و تیمارهای کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		عملکرد دانه	عملکرد گل	وزن هزار دانه	وزن دانه در طبق	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	درصد روغن دانه	درصد پروتئین دانه
تکرار	۲	۱۸۲۵۴**	۱۶۷۷**	۶/۲۱$^{n.s}$	۰/۳۵**	۶/۶۴**	۹۹/۱$^{n.s}$	۰/۴۷$^{n.s}$	۳/۴۲**
روش‌های خاک‌ورزی	۲	۲۰۴۰۹$^{n.s}$	۶۷۷$^{n.s}$	۱۲/۴۳*	۰/۰۲$^{n.s}$	۱/۳۵$^{n.s}$	۳۳/۳۳$^{n.s}$	۰/۴۸$^{n.s}$	۰/۱۸۹$^{n.s}$
خطای اصلی	۴	۲۴۴۱۰	۱۹۷	۱/۶۵	۰/۰۷	۳/۱۴	۱۴/۱۱	۰/۳۸	۰/۳۰۱
تیمارهای کودی	۷	۶۲۸۰۴۶**	۴۷۱۱**	۶۷/۵**	۰/۴۷**	۱۲/۹۰**	۳۰۴/۴۶**	۸/۴۸**	۵/۰۷**
روش‌های خاک‌ورزی× تیمارهای کودی	۱۴	۱۷۶۳$^{n.s}$	۲۱۶$^{n.s}$	۲/۸۱$^{n.s}$	۰/۰۱$^{n.s}$	۳/۰۱**	۶/۶۷$^{n.s}$	۰/۴۸$^{n.s}$	۰/۱۴$^{n.s}$
خطای فرعی	۴۲	۲۳۹۹۳	۲۲۱	۲/۴۱	۰/۰۳	۰/۹۲	۲۲/۴۴	۰/۶۴	۰/۳۹
درصد ضریب تغییرات		۱۶/۴	۱۰/۴	۳/۷۰	۱۸/۹۰	۱۵/۹	۱۴/۴۸	۳/۱۷	۳/۱۳

n.s، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد

تیمار	عملکرد دانه	عملکرد گل	وزن هزار دانه	وزن دانه درطبق	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه درطبق	روغن دانه	پروتئین دانه
	(کیلوگرم در هکتار)		(گرم)		(عدد)		(درصد)	
شاهد	۶۳۴^{d}	۱۰۸^{d}	۳۶/۷^{e}	۰/۵۵^{e}	۴/۱۰^{e}	۱۴/۸^{c}	۲۳/۳^{d}	۱۸/۹^{e}
آهن	۷۴۵^{d}	۱۲۶^{dc}	۳۹/۹^{d}	۰/۶۵^{de}	۵/۱۳^{de}	۱۹/۷^{bc}	۲۵/۱^{bc}	۱۹/۳^{de}
روی	۷۶۹^{cd}	۱۳۳^{dc}	۴۱/۵^{cd}	۰/۷۹^{cde}	۵/۷۱^{bcd}	۲۱/۱^{bc}	۲۴/۸^{c}	۲۰/۱^{bcd}
گوگرد	۷۵۱^{d}	۱۲۹^{cd}	۴۱/۲^{cd}	۰/۷۷^{cde}	۵/۳۶$^{c-e}$	۲۰/۵^{bc}	۲۵/۳^{abc}	۱۹/۵^{cde}
آهن+ گوگرد	۱۰۵۵^{b}	۱۴۸^{bc}	۴۲/۲^{bcd}	۰/۸۸^{bcd}	۶/۴۷$^{a-c}$	۲۶/۷ ^{ab}	۲۵/۸^{abc}	۱۹/۷^{cde}
آهن + روی	۹۹۸^{bc}	۱۵۵^{b}	۴۴/۱^{ab}	۱/۰۵^{ab}	۶/۸۷^{ab}	۲۲/۶^{bc}	۲۵/۶^{abc}	۲۰/۶^{abc}
گوگرد + روی	۱۲۰۹^{ab}	۱۵۳^{b}	۴۳/۱^{bc}	۰/۹۸^{bc}	۶/۷۴^{abc}	۲۶/۲ ^{ab}	۲۶/۱^{ab}	۲۰/۷^{ab}
آهن + گوگرد + روی	۱۳۹۰^{a}	۱۸۳^{a}	۴۵/۷ ^{a}	۱/۲۷^{a}	۷/۹۱^{a}	۳۴/۱ ^{a}	۲۶/۵^{a}	۲۱/۲^{a}

در هر ستون تیمارهایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرروش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی

تیمار	عملکرد دانه	عملکرد گل	وزن هزار دانه	وزن دانه در طبق	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه درطبق	روغن دانه	پروتئین دانه
	(کیلوگرم در هکتار)		(گرم)		(عدد)		(درصد)	
خاک ورزی مرسوم	۹۷۷ ^{a}	۱۴۸^{a}	۴۲/۵^{a}	۰/۸۹^{a}	۵/۸۱^{a}	۲۴/۲ ^{a}	۲۵/۴^{a}	۲۰/۵^{a}
کم خاک ورزی	۹۳۵^{a}	۱۴۰^{a}	۴۱/۹ ^{ab}	۰/۸۸^{a}	۶^{a}	۲۳/۵ ^{a}	۲۵/۳^{a}	۲۰/۵^{a}
بدون خاک ورزی	۹۲۰ ^{a}	۱۳۸^{a}	۴۱/۱^{b}	۰/۸۴^{a}	۶/۲۹^{a}	۲۱/۹ ^{a}	۲۵/۱^{a}	۱۹/۹^{a}

در هر ستون تیمارهایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد ندارند

میانگین ۱۴۸/۳۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد گل در تیمار بدون خاک‌ورزی با میانگین ۱۳۸/۰۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۴). این نتایج ممکن است به‌دلیل فشردگی خاک و عدم گسترش مناسب ریشه در تیمار بدون خاک‌ورزی حاصل شده باشد.

وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین تیمارهای مورد آزمایش از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری درسطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). تیمار ترکیب کودی (روی + گوگرد + آهن) با میانگین ۴۵/۸ گرم بیشترین مقدار نسبت به سایر تیمارها را نشان داد که تفاوت معنی‌داری با تیمار (آهن+ روی) با میانگین ۴۴/۱ گرم، تیمار (گوگرد+ روی) با میانگین۴۳/۱ گرم و تیمار (گوگرد + آهن) با میانگین ۴۲/۳ گرم را نشان داد همچنین کمترین مقدار هم مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۳۶/۷ گرم بود که نشان می‌دهد کاربرد عناصر در تیمارهای کودی نقش به سزایی در افزایش وزن هزار دانه داشته است (جدول ۳). سنگل و همکاران (۳۰) اظهار داشتند که عملکرد دانه تابع اجزاء عملکرد (شامل تعداد طبق بارور، تعداد دانه دربوته و وزن هزار دانه) است و تغییر در هر یک از اجزاء سبب تغییر در عملکرد خواهد شد. آهن با تاثیر در فتوسنتز باعث افزایش کربوهیدرات‌ها می‌شود و از آنجا که پایان ذخیره این مواد در دانه صورت می‌گیرد می‌توان گفت محلول‌پاشی آهن سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود. عنصر بر نقش موثر در انتقال کربوهیدرات‌ها دارد که همراه با آهن، باعث افزایش عملکرد دانه خواهد شد. آهن از طریق افزایش فعالیت فتوسنتزی و تولید مواد پروتئینی وکربوهیدرات‌ها درگیاه سبب افزایش وزن هزاردانه می‌شود (۳۵). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد روش خاک‌ورزی بین تیمارهای مورد آزمایش از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری درسطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، تیمار خاک‌ورزی مرسوم با میانگین ۴۲/۵ گرم بیشترین وزن هزار دانه و کمترین با میانگین ۴۱/۱ درصد مربوط به تیمار بدون خاک‌ورزی بود (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد تیمارهای مختلف خاک‌ورزی با تاثیر بر روی اجزای عملکرد، عملکرد دانه را تحت تاثیر قرار می‌دهند و در این میان وزن هزار دانه تاثیر مهمی را بر عملکرد دانه دارد. چون در روش خاک‌ورزی متداول، خاک دارای تخلخل بیشتری می‌باشد لذا رشد گیاه بهتر شده و باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود (۱۰).

وزن دانه در طبق

نتایج نشان داد وزن دانه در طبق در تیمارهای کودی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشته است (جدول ۲). بیشترین میانگین وزن دانه در طبق به میزان ۱/۲۷ گرم در طبق نسبت به تیمار شاهد به میزان ۰/۵۵ گرم در طبق در تیمار سه کودی (روی+ گوگرد+آهن) دیده شد (جدول ۳). عناصر ریزمغذی بر وزن دانه و عملکرد دانه تأثیر بسزایی دارند. در طول دوره تشکیل طبق و پر شدن دانه، محلول‌پاشی عناصر غذایی ممکن است سبب افزایش دوره سبزینگی وفعالیت برگ-ها شده و درنتیجه نقل و انتقال مواد فتوسنتزی سبب بهبود تعداد شاخه گل‌دهنده، تعداد و وزن طبق درگیاه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شود که نتیجه مشابه توسط کاکمک (۶) در سال ۲۰۰۸ به‌دست آمده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بین تیمارهای خاک‌ورزی تفاوت معنی-دار در وزن دانه در طبق نشان ندادند (جدول۲) و همچنین نتایج مقایسه میانگین روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد که بیشترین وزن دانه در طبق مربوط به تیمار خاک‌ورزی مرسوم با میانگین ۰/۸۹ گرم در طبق و کمترین میزان به تیمار بدون خاک‌ورزی با میانگین ۰/۸۴ گرم در طبق تعلق داشت.

تعداد طبق در بوته

بین تیمارهای کودی مورد آزمایش از نظر تعداد طبق در بوته

جدول ۵. تجزیه واریانس اثرات روش‌های خاک‌ورزی و تیمارهای کودی بر اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		اسید لینولئیک	اسید پالمتیک	اسید استئاریک	اسید لینولنیک	اسید اولئیک
بلوک	۲	۰/۰۰۴$^{n.s}$	۰/۰۰۳$^{n.s}$	۰/۰۰۰۰۰۱$^{n.s}$	۰/۰۱۹$^{n.s}$	۰/۱۱$^{n.s}$
روشهای خاک ورزی	۲	۰/۵۴**	۰/۰۴۴$^{n.s}$	۰/۰۰۳$^{n.s}$	۰/۰۰۵$^{n.s}$	۰/۲۷$^{n.s}$
خطای اصلی	۴	۰/۰۰۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۴۴	۰/۱۰
تیمارهای کودی	۷	۱۱/۳۹**	۰/۵۷**	۰/۲۶**	۰/۰۹۶*	۵/۴۹**
روشهای خاک ورزی × تیمارهای کودی	۱۴	۰/۱۰**	۰/۱۱$^{n.s}$	۰/۰۰۲$^{n.s}$	۰/۰۰۳$^{n.s}$	۰/۰۴$^{n.s}$
خطای فرعی	۴۲	۰/۰۰۸	۰/۲۲	۰/۰۰۱	۰/۲۹	۰/۱۳
درصد ضریب تغییرات		۰/۱۲	۲/۰۱	۱/۴۷	۸۹/۷	۲/۳۸

n.s، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر عناصر آهن، روی و گوگرد بر اسید های چرب اشباع و غیراشباع

تیمار	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید پالمتیک	اسید استئاریک	اسید لینولنیک
	(میلی‌گرم بر گرم)				
شاهد	۱۴/۳ ^{f}	۷۰/۵^{h}	۷/۳۳^{cde}	۲/۵۹^{b}	۰/۱۱^{b}
آهن	۱۵/۱^{cde}	۷۲/۵^{e}	۷/۲۶^{de}	۲/۲۵^{f}	۰/۱۴^{b}
روی	۱۴/۹^{de}	۷۲/۳^{f}	۷/۴۵^{bcd}	۲/۳۴^{de}	۰/۱۴^{b}
گوگرد	۱۴/۷^{ef}	۷۱/۷^{g}	۷/۲۰^{ef}	۲/۵۴^{c}	۰/۱۳^{b}
آهن+گوگرد	۱۵/۴^{cd}	۷۳/۶^{b}	۷/۰۲^{f}	۲/۳۰^{e}	۰/۱۵^{b}
آهن+روی	۱۵/۵^{bc}	۷۴/۱^{a}	۷/۵۰^{bc}	۲/۷۶^{a}	۰/۲۴^{ab}
گوگرد+روی	۱۶/۱^{b}	۷۲/۸^{d}	۷/۸۲^{a}	۲/۳۵^{de}	۰/۱۷^{ab}
آهن+گوگرد+روی	۱۶/۸^{a}	۷۳/۲^{c}	۷/۶۲^{ab}	۲/۳۸^{d}	۰/۴۲^{a}

در هر ستون تیمارهایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد ندارند

تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). تیمار (روی + گوگرد + آهن) با میانگین ۷/۹۱ تعداد طبق در بوته بیشترین و تیمار شاهد با میانگین ۴/۱۰ تعداد طبق در بوته کمترین تعداد طبق در بوته را داشتند (جدول ۳). این افزایش را می‌توان به تاثیر بسیار معنی‌دار گوگرد بر افزایش تعداد طبق و تعداد دانه در طبق دانست. اثرات مثبت گوگرد بر متابولیسم گیاه و همچنین تقویت گیاه در مرحله زایشی موجب افزایش عملکرد گیاهان می‌شود. نتایج مشابهی در مورد گیاه کتان و نخود گاوی گزارش شده است (۷). نتایج تجزیه واریانس تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای خاک‌ورزی را نشان نداد (جدول ۲). اما با این وجود مقایسه میانگین داده‌ها در روش‌های خاک‌ورزی نشان داد که تیمار بدون خاک‌ورزی با میانگین ۶/۲۹ تعداد طبق در بوته بیشترین و تیمار خاک‌ورزی مرسوم با میانگین ۵/۸۱ تعداد طبق در بوته کمترین تعداد را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). اما نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در اثرات متقابل روش‌های خاک‌ورزی و تیمارهای کودی برعملکرد و اجزای عملکرد نشان دادند که تعداد طبق در بوته یکی از صفات تاثیرگذار بر عملکرد دانه است که در سطح

احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۲). تیمار کودی (آهن + گوگرد + روی) در روش خاک ورزی مرسوم با متوسط میانگین ۹/۲۳ تعداد طبق در بوته بیشترین تعداد طبق و کمترین با میانگین ۳/۹۶ تعداد طبق در بوته در تیمار شاهد در روش بدون خاک‌ورزی به‌دست آمد (جدول ۸). انجام عملیات خاک‌ورزی مرسوم، که جزء مهم آن شخم و برگرداندن خاک تا عمق حدود ۲۵ سانتی‌متراست، نتایج بهتری در مقایسه با تیمار کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی حاصل نموده است. همان گونه که قبلا نیز به‌طور اختصار اشاره شد در شرایط سنگینی بافت خاک و پایین بودن میزان مواد آلی، بدون برهم زدن خاک امکان این که گیاه بتواند سیستم ریشه‌ای خود را در حد مطلوب توسعه دهد، وجود نداشته و یا احتمال آن کم است. به بیان دیگر، لازمه عملکرد بالا و قابل قبول، داشتن سطح بهینه و مطلوب فتوسنتز است که برای این کار، گیاه بایستی میزان مناسبی شاخه و برگ داشته باشد. نظر به این که در دو تیمار کم خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی، به‌علت فشردگی خاک ریشه‌ها امکان توسعه مناسب را نداشته‌اند، آب و مواد غذایی کمتری جذب کرده و باعث محدود شدن رشد گیاه شده‌اند.

تعداد دانه در طبق

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای کودی از نظر صفت تعداد دانه در طبق تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار (روی + گوگرد + آهن) با میانگین۳۴/۲ عدد دانه بیشترین تعداد دانه در طبق و تیمار شاهد با میانگین۱۴/۸ عدد کمترین تعداد دانه در طبق را به خود اختصاص داده بودند (جدول ۳). بیشتر محققان گزارش نمودند که تعداد دانه در طبق بیشتر تحت کنترل عوامل ژنتیکی بوده و شرایط محیطی کمتر آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۸). با این حال به‌نظر می‌رسد که در صورت مساعد بودن عوامل محیطی و شرایط تغذیه‌ای مناسب به‌دلیل توسعه پوشش گیاهی و آسیمیلاسیون بیشتر، جذب و انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی گیاه نظیر طبق و تعداد دانه در طبق افزایش یافته و عملکرد بیشتری تولید می‌شود (۲۸). استفاده از عناصر گوگرد، روی و بُر تاثیر مثبت و معنی‌داری بر اجزای عملکرد گلرنگ داشته و این عناصر باعث افزایش تعداد دانه در طبق شدند (۱۷). همچنین نتایج تجزیه واریانس اثرات روش‌های خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری بر تعداد دانه در طبق نشان ندادند (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمار خاک‌ورزی مرسوم با میانگین ۲۴/۲ عدد بیشترین تعداد دانه در طبق و کمترین با میانگین ۲۱/۹ عدد مربوط به تیمار بدون خاک‌ورزی بود (جدول ۴). همچنین با توجه به داده‌های تجزیه واریانس برهم‌کنش روش‌های خاک‌ورزی و تیمارهای کودی بر تعداد دانه در طبق معنی‌دار نشد (جدول ۲). کاهش عملکرد دانه، وزن دانه در طبق و تعداد دانه در طبق همگی می‌توانند به عدم امکان توسعه مطلوب ریشه و کاهش جذب آب و مواد غذایی ناشی از تراکم زیاد خاک در تیمار بدون خاک‌ورزی مرتبط دانست. با توجه به گروه‌بندی تیماری در مقایسه میانگین اثرات متقابل روش‌های خاک‌ورزی و تیمارهای کودی بر تعداد دانه در طبق مشاهده شد که بیشترین وزن دانه در طبق مربوط به تیمار (روی + گوگرد + آهن) در روش خاک‌ورزی مرسوم با میانگین عملکرد ۳۶/۴۳ عدد دانه در طبق و کمترین مربوط به تیمار شاهد در روش بدون خاک‌ورزی با میانگین ۱۲/۶۳ عدد بود.

درصد روغن دانه

بین تیمارهای کودی از نظر درصد روغن دانه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). تیمار (روی + گوگرد + آهن) با میانگین ۲۶/۵ درصد و سپس تیمار (گوگرد + روی) با میانگین ۲۶/۱درصد بیشترین درصد روغن دانه را به خود اختصاص دادند و کمترین مقدار درصد روغن دانه در تیمار شاهد با میانگین ۲۳/۳درصد مشاهده شد. درصد روغن دانه را به خود اختصاص دادند و کمترین مقدار درصد روغن دانه در تیمار شاهد با میانگین ۲۳/۳درصد مشاهده شد. همچنین تیمارهای کودی (گوگرد + آهن)، (آهن+ روی)

جدول ۷. مقایسه میانگین اثرروش‌های خاک‌ورزی بر اسیدهای چرب

تیمار	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید پالمتیک	اسید استئاریک	اسید لینولنیک
	(میلی‌گرم بر گرم)				
خاک ورزی مرسوم	۱۵/۴^{a}	۷۲/۷^{a}	۷/۴۵^{a}	۲/۴۴^{a}	۰/۲۱^{a}
کم خاک ورزی	۱۵/۴^{a}	۷۲/۷^{a}	۷/۳۹^{a}	۲/۴۴^{a}	۰/۱۸^{a}
بدون خاک ورزی	۱۵/۲^{a}	۷۲/۴^{b}	۷/۳۶^{a}	۲/۴۲^{a}	۰/۱۸^{a}

در هر ستون تیمارهایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ۸. مقایسه میانگین اثرات متقابل روش‌های خاک‌ورزی و تیمارهای کودی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسیدهای چرب

تیمار		اسید لینولئیک (میلی‌گرم بر گرم)	تعداد طبق در بوته
خاک ورزی مرسوم	شاهد	۷۰/۷^{m}	۴/۱۶^{b}
	آهن	۷۲/۵^{gh}	۵/۴۶^{ab}
	روی	۷۲/۴^{hij}	۶/۰۶ ^{ab}
	گوگرد	۷۱/۹^{k}	۵/۸۶^{ab}
	آهن+گوگرد	۷۳/۷^{cd}	۶/۷۰ ^{ab}
	آهن+روی	۷۴/۱^{b}	۷/۶۳ ^{ab}
	گوگرد+روی	۷۳/۱^{f}	۷/۰۷^{ab}
	آهن+گوگرد+روی	۷۳/۳^{ef}	۹/۲۳^{a}
کم خاک ورزی	شاهد	۷۰/۶^{mn}	۴/۱۶^{b}
	آهن	۷۲/۶^{gh}	۵/۴۳ ^{ab}
	روی	۷۲/۲^{ij}	۶/۱۰^{ab}
	گوگرد	۷۲/۱^{j}	۵/۲۲^{ab}
	آهن+گوگرد	۷۳/۶^{cd}	۶/۴۰^{ab}
	آهن+روی	۷۴/۴^{a}	۶/۶۶ ^{ab}
	گوگرد+روی	۷۲/۷^{gh}	۶/۸۳ ^{ab}
	آهن+گوگرد+روی	۷۳/۱^{f}	۷/۹۶^{ab}
بدون خاک ورزی	شاهد	۷۰/۳^{n}	۳/۹۶^{b}
	آهن	۷۲/۴^{hi}	۴/۵۱ ^{b}
	روی	۷۲/۲^{ij}	۴/۹۶^{ab}
	گوگرد	۷۱/۲^{l}	۴/۹۸^{ab}
	آهن+گوگرد	۷۳/۵^{de}	۶/۳۱ ^{ab}
	آهن+روی	۷۳/۸^{bc}	۶/۳۳^{ab}
	گوگرد+روی	۷۲/۸^{g}	۶/۳۳^{ab}
	آهن+گوگرد+روی	۷۳/۱^{f}	۶/۳۳^{ab}

در هر ستون تیمارهایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

و (گوگرد) به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۵/۸، ۲۵/۶ و ۲۵/۴ درصد تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). تاثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر درصد روغن نسبت به تیمار شاهد افزایشی بود. بنابراین عناصر ریزمغذی مانند روی، می‌توانند متابولیسم چربی‌ها را افزایش داده و از این طریق درصد روغن را تحت تأثیر قرار دهند. بابهولکار و همکاران (۴) با بررسی اثر عناصر روی و گوگرد بر گیاه گلرنگ، نشان داد که افزایش سطوح کود سبب افزایش معنی‌دار محتوی روغن دانه شد. در آزمایشی در بررسی تاثیر روی و آهن بر کلزا با هشت تیمار شاهد (بدون کود)، آهن (خاک‌پاشی)، روی (خاک‌پاشی)، آهن (محلول‌پاشی)، روی (محلول‌پاشی)، آهن + روی (محلول‌پاشی)، آهن+ روی (خاک‌پاشی) و روی + آهن (خاک‌پاشی + محلول‌پاشی) اجرا شد. نتایج نشان داد بالاترین میزان روغن دانه مربوط به تیمار هشتم بود (۵). همچنین در آزمایشی دیگر نتایج نشان داد بالاترین میزان روغن دانه مربوط به تیماری بود که هر سه عنصر را با هم دریافت کرده بودند و کمترین میزان روغن دانه در تیمار شاهد (بدون کود) مشاهده شد (۳۴). که این نتایج با نتایج آزمایش حاضر مطابقت داشت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بین تیمارهای خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری را در درصد روغن دانه نشان نداد (جدول ۲). مقایسه میانگین روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و صفات کیفی در (جدول ۴) نشان داد که بیشترین درصد روغن دانه در تیمار خاک‌ورزی متداول با میانگین ۲۵/۴ درصد و پس از آن تیمار کم خاک‌ورزی با میانگین ۲۵/۴ درصد و کمترین درصد روغن به تیمار بدون خاک‌ورزی با میانگین ۲۵/۱ درصد مشاهده شد. همانطور که قبلا بحث شد این کاهش درصد می‌توان فشردگی خاک و عدم توسعه ریشه در روش بدون خاک‌ورزی نسبت داد.

درصد پروتئین دانه

بین تیمارهای کودی مورد آزمایش از نظر درصد پروتئین دانه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). تیمار (آهن + گوگرد + روی) با میانگین ۲۱/۲ درصد بیشترین و تیمار شاهد با میانگین ۱۸/۹ درصد کمترین مقدار درصد پروتئین دانه را داشتند. همچنین تیمارهای دوتایی (گوگرد + آهن)، (آهن + روی) و (گوگرد + روی) باعث افزایش درصد پروتئین دانه به‌ترتیب به میزان ۲۰/۷، ۲۰/۶ و ۱۹/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۵). اثر افزاینده عنصر روی بر میزان پروتئین، به نقش آن در متابولیسم نیتروژن مربوط می‌شود. عنصرروی نقش مهمی در سنتز پروتئین‌ها ومتابولسیم کربوهیدرات‌ها دارند (۴۲). بابهولر و همکاران (۴) اظهار داشتند که در اثر کمبود عنصر روی فعالیت آنزیم RNA پلیمراز کم می‌شود و با کاهش انتقال اسیدهای آمینه، تجزیه و تخریب RNA سنتز پروتئین کاهش یافته که همین امر سبب کاهش تولید پروتئین می‌شود. تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی توام با کاربرد کودهای شیمیایی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، درصد پروتئین و درصد روغن گلرنگ شد (۱۸). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای خاک‌ورزی بر درصد پروتئین دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی، بیشترین درصد پروتئین دانه مربوط به روش خاک‌ورزی مرسوم با میانگین ۲۰/۵ درصد و کمترین درصد پروتئین دانه با میانگین ۱۹/۹ درصد مربوط به روش بدون خاک‌ورزی بود (جدول ۴). گزارشات زیادی در خصوص همبستگی بین میزان مصرف نیتروژن و محتوای پروتئین دانه وجود داشت، به گونه‌ای که با افزایش مصرف نیتروژن، محتوای پروتئین دانه افزایش و میزان روغن دانه کاهش یافت. هرچه تخلخل خاک بیشتر بوده ریشه بهتر توسعه یافته و در جذب مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن موثرتر عمل می‌کند و این امر در روش خاک‌ورزی متداول بیشتر امکان‌پذیر است. افزایش درصد پروتئین که به‌علت افزایش نیتروژن دانه می‌باشد به‌واسطه مصرف عناصر ریزمغذی از جمله آهن و روی افزایش یافته است (۷).

اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای کودی از نظر درصد اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۵). در اسید چرب اسید اولئیک تیمار کودی (آهن + گوگرد + روی) با میانگین ۱۶/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین و تیمار شاهد با میانگین ۱۴/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم کمترین میزان را داشتند، همچنین در اسید چرب اسید لینولئیک بیشترین میزان با میانگین ۰/۴۲ میلی‌گرم در کیلوگرم مربوط به تیمار کودی (آهن + گوگرد + روی) و کمترین میزان در تیمار شاهد با میانگین ۰/۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم مشاهده شد. همچنین کاربرد عناصر (آهن + روی) باعث افزایش اسید لینولئیک با میانگین ۷۴/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم نسبت به تیمار شاهد با میانگین ۷۰/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم شد. بیشترین میزان اسید پالمتیک با میانگین ۷/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار (گوگرد + روی) و کمترین میزان در تیمار کودی (آهن + روی) با میانگین ۷/۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم مشاهده شد. افزایش میزان اسید استئاریک در تیمار کودی (آهن+ روی) با میانگین ۲/۷۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و کمترین میزان آن در تیمار کودی آهن با میانگین ۲/۲۵ میلی‌گرم در گیلوگرم مشاهده شد (جدول ۶).

والترهلد و پایکولا (۳۳) اظهار داشتند که تاثیر مصرف عناصر گوگرد، روی و بُر بر میزان اسید پالمیتیک افزایشی بود و اثر تیمارهای حاوی روی بر میزان افزایش آن موثرتر از دو عنصر دیگر می‌باشد. به طور مثال گوگرد یک ماده متشکله کوانزیم آ است و زمانی که با اسید استیک ترکیب می‌شود استیل کوآنزیم آ به وجود می‌آید و نقش مهمی در متابولیسم چربی‌ها بازی می‌کند. در آزمایشی دیگر که بر روی گیاه کلزا انجام شد، کاربرد دو عنصر روی و آهن به‌صورت برگ‌پاش سبب افزایش معنی‌دار اسید پالمیتیک نسبت به شاهد شد (۴). در یک مطالعه که اثر دو منبع گوگرد (سولفات پتاسیم و ژیپس) و زمان مصرف آنها بر دو رقم شلغم روغنی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که اثر هر دو منبع گوگرد سبب افزایش اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک، لینولئیک و لینولنیک در هر دو رقم شد (۹). زمانی که میزان مصرف سولفات روی در پنبه از صفر به ۶۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، مقدار اسید لینولئیک از ۵۳/۴ درصد به ۵۴/۵۵ درصد بهبود یافت (۳۶).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بین تیمار روش‌های خاک‌ورزی بر میزان اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، به جز در اسید لینولئیک که در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳). در اسید لینولئیک بیشترین میزان با میانگین ۷۲/۷۵ میلی‌گرم درکیلوگرم مربوط به روش خاک‌ورزی مرسوم و کمترین میزان با میانگین ۷۲/۴۸ میلی‌گرم در کیلوگرم مربوط به تیمار بدون خاک‌ورزی مشاهده شد (جدول ۷).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در اثرات متقابل روش‌های خاک‌ورزی و تیمارهای کودی اسیدهای چرب نشان داد که تنها بین اسید لینولئیک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل روش‌های خاک‌ورزی و تیمارهای کودی اسیدهای چرب، تیمار کودی (آهن + روی) در روش کم خاک‌ورزی با میانگین ۷۴/۴۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین و تیمار شاهد در روش بدون خاک‌ورزی با میانگین ۷۰/۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کمترین میزان اسید لینولئیک در دانه را نشان داد (جدول ۸). عناصر ریزمغذی به‌عنوان کو فاکتور آنزیم‌های مسئول بیوسنتز اسیدهای چرب عمل می کنند به‌طوری‌که روی در تشکیل اسید ایندول اسیتیک، سنتز کلروفیل و تشکیل کربوهیدرات‌ها و تنظیم رشد ضروری است، لذا اثرمتقابل عناصر غذایی و روش کم خاک‌ورزی شرایط را برای رشد و جذب بهتر فراهم می‌نماید و تاثیر مثبت و معنی‌داری بر افزایش اسیدهای چرب که تحت تاثیر شرایط محیطی است، دارد.

نتیجه‌گیری

محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی از طریق افزایش اجزای عملکرد

به‌ویژه وزن هزاردانه، تعداد طبق و وزن دانه در طبق سبب افزایش عملکرد دانه، درصد روغن و درصد پروتئین دانه گلرنگ شدند. همچنین روش‌های خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری بر عملکرد دانه گلرنگ نداشت لذا به‌منظور کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و روش‌های خاک‌ورزی متداول، تلفیق محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و شیوه کم‌خاک‌ورزی به‌عنوان یک راهکار مدیریتی کارآمد در تولید محصول زراعی گلرنگ مناسب است.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از معاونت پژوهشی دانشگاه گیلان، به جهت تقبل هزینه وحمایت‌های مالی از اجرای این تحقیق تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

1. Afzalinia, S. and A. Karami. 2017. The effect of conservation tillage on soil properties and corn yield in rotation with wheat. *Iranian Journal of Biosystem Engineering* 1: 129-137. (In Farsi).
2. Ahmad, A. and M. Z. Abdin. 2000. Effect of sulphur application on lipid, RNA and fatty acid content in developing seed of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plant Science* 112: 71-76.
3. Asghari Maidani, J., A. Karimi and A. Pour Mohammad. 2013. The effect of different tillage and planting methods on soil moisture and yield in rotation with wheat in dry areas. *Water and Soil Magazine* 23: 237-245.
4. Babhulkar, P. S., K. Dinesk, W. P. Badole, S. S. Balpandeand, D. Kar. 2000. Effect of sulfur and zinc on yield, quality and nutrient uptake by safflower in vertisols. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 48: 541-543.
5. Bybordi, A. and G. Mamedov. 2010. Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for Canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae* 2(1): 94-103.
6. Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic bio-fortification? *Plant Soil* 302: 1-17.
7. Cakmak, I., M. Marzorati, P. V. D. Abbeele, K. Hora, T. H. IjallingHolwerda, M. A. Yazici, E. Savasli, J. Neri and G. D. Laing. 2020. Fate and bio accessibility of lodine in food prepared from agronomically biofortified wheat and rice and impact of cofertilization with zinc and Selenium. *Journal of Agricultural and Food chemistry* 68(6): 1525-1535.
8. Dehghani, M., M. J. Aghaee and S. Mohammadikia. 2015. Effect of cotton transplanting on its yield and water use efficiency. *Iranian Journal Soil Water Research* 28(2): 307-314. (In Farsi).
9. Desouky, I. M., L. F. Haggag, M. M. Abd El-MigeedKishk and E. L. Hady. 2009. Effect of boron and calcium nutrients sprays on fruit set, oil content and oil quality of some olive cultivars. *World Journal Agricultural Sciences* 5(2): 180-185.
10. Fageria, K. and V. C. Baligar. 2005. Encyclopedia of Soils in the Environment. Elsevier, San Diego.
11. FathiAmirkhiz, K., M. AminiDehaghi, S. A. M. ModaresSanavy, A. R. Reza Zadeh and S. Heshmati. 2011. Effect of iron application on enzymatic activity, grain yield and oil content of safflower under water deficit conditions of Iranian. *Journal of Agricultural Sciences of Iran* 3: 452-465. (In Farsi).
12. Finlayson, A. J., C. M. Christ and R. K. Downey. 1970. Changes in the nitrogenous components of rape seed (*Brassica napus*) grown on a nitrogen and sulphur deficient soil. *Canadian Journal of Plant Science* 50: 9-22.
13. GhofraniMaghsud, S., H. R. Mobasser and H. R. Fanaei. 2014. Effect of foliar application and time foliar application microelements (Zn, Fe, Mn) on safflower. *Journal of Novel Applied Sciences* 3(4): 396-399.
14. Hao, X., C. Chang and C. Travis. 2004. Effect of long term cattle manure application on relation between nitrogen and oil content in canola seed. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 167: 214-215.
15. Hedayatipour, A., M.Godarzi, M. Tahmasabi and H. Beheshti. 2016. The effect of no tillage method on soil moisture retention after barley harvesting. In: Proceeding of Conference on water management in the field. Karaj, Iran. Volume 1, pp. 123-127. (In Farsi).
16. Jena, N. and P. K. Behera. 2018. Physiological adaptation of sunflower to Iron, Manganes and Zinc pollutants. *Asia Journal of Microbiology Biotechnology* 20: 220-223.
17. Karimi, A. Z., M. Behdai, A. Islamic and M. H. Fathi. 2016. The yield and yield of safflower under the influence of the application of low consumption elements and vermicompost in two regions of Kerman and Bardsir. *Journal of Agricultural Ecology* 9: 505-519.
18. Khan, H., G. McDonald and Z. Rengel. 2003. Zn fertilization improves water use efficiency, grain yield and seed Zn

content in chickpea. *Plant Soil* 249: 389-400.
19. Malakouti, M. J. 2007. Zinc is a neglected element in the life cycle of plants. A review. *Middle East and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology* 1: 1-12.
20. Mattthaus, B., M. Ozcan and F. G. Al Juhaimi. 2015. Fatty acid composition and tocopherol profiles of safflower (*Carthamus tinctorius*) seed oils. *Natural Product Research* 29(2): 193-196.
21. Meier, U. 2001. Growth Stages of Mono-and Dicotyledonous Plants. *Blackwell Wiss-Verlag*, Berlin.
22. Mirzaei, H., A. Hedayatipour and N. Sajdi. 2018. Investigating the effect of tillage and seed density on the quantitative and qualitative characteristics of Dorsa cultivar white beans. MSc thesis. Islamic Azad University. Arak, Iran. (In Farsi).
23. Mohammadi Limaei, A., M. Majidian and Gh. R. Mohsen Abadi. 2018. The effect of foliar application of zinc, boron and copper micronutrients on the growth and yield indicators of sweet corn. *Plant Process and Function* 8(33): 431-448.
24. Mostafavi Rad, M., Z.Tahmasbi Sarostani, S. A. M. Modares Sanavy and A. Qalavand. 2005. Evaluation of yield, composition of fatty acids and the amount of micronutrient elements in high-yielding rapeseed cultivars under the influence of different amounts of sulfur. *Electronic Journal of Crop Production* 4(1): 43-60. (In Frsi).
25. Movahhedy Dehnavi, M., S. A. M. Modarres Sanavy and A. Mokhtassi-Bidgoli. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctoriusL.*) grown under water deficit stress. *Industrial Crops and Products* 30: 82-92.
26. Nimbkar, N. 2005. Safflower improvement. Program at the Nimbkar Agricultural Research Institue. Available online at www. nari. phalton. virtualve /safflower. Accessed 12 April 2013.
27. Poryosof Miandoab, M. and M. Shahee 2015. The effect of foliar spraying of growth stimulants and their application time on yield and some agronomic characteristics of safflower. *Scientific Research Quarterly Journal of Crop Physiology* 32: 25-42.
28. Ramee, V, and Salimi, M. 2014. Effect of different amounts of nitrogen on phenology, plant height, yield components and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of oilseed production* 1: 1-12.
29. Ravi, S., H. T. Channal, N. S. Hebsur, B. N. Patil and P. R. Dharmatti. 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Karnataka Journal Agriculture Science* 32: 382-385.
30. Sangale, P. B., G. D. Palit and Y. Daftardar. 1981. Effect foliar application of zinc, iron and boron on yield of safflower. *Journal of Maharashtra Agriculture University* 6: 65-66.
31. Sarkar, D., B. Mandal and M. C. Kundu. 2007. Increasing use efficiency of boron fertilizers by rescheduling the time and methods of application for crops in India. *Plant Soil* 301: 77-85.
32. Sawan, Z. M., S. A. Hafez and A. E. Basyony. 2001. Effect of nitrogen fertilization and foliar application of plant growth retardant and zinc on cotton seed, protein and oil yields and oil properties of cotton. *Journal of Agronomy and Crop Science* 186: 183-191.
33. Walter Heldt, H. and B. Piechulla. 2011. Plant biochemistry. Elsevier, San Diego.
34. Yang, M., L. Shi, F. S. Xu, J. W. Lu and Y. H. Wang. 2009. Effects of B, Mo, Zn and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus*L.*). Pedosphere* 19(1): 53-59.
35. Yilmaz, A., H. E. Kiz, B. Torun, I. Gulekin, S. Karanlk, A. Bagci and I. Cakmak. 1997. Effects of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc deficient calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition* 20: 461-471.
36. Zakaria, M. S., S. A. Hafez, A. E. Basyon and A. E. R. Alkassas. 2006. Cottonseed, protein, oil yields and oil properties as affected by nitrogen fertilization and foliar application of potassium and a plant growth retardant. *World Journal Agricultural Sciences* 2(1): 56-65.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 13, No. 3, Fall 2023, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effects of Tillage Systems, Zinc, Iron and Sulfur on Grain Yield of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

M. Hatim[1], M. Majidian[2*], A. Nabavi-Pelesaraei[3] and M. Tahmasebi[4]

(Received: May 19-2023; Accepted: September 18-2023)

Abstract

Seed yield in soybean is a complex trait and is influenced by multiple genetic and environmental factors. Safflower is one of the oilseeds adapted to a wide range of soil conditions, but micronutrients deficiencies cause a decrease in its grain yield and quality. Hence, an experiment was conducted as a split factorial based on randomized complete block design with three replications at Agricultural and Natural Resources Research Center of Arak, Iran in 2019. Three tillage methods (including no tillage, low tillage and conventional tillage) were considered as the main plots and fertilizer treatments (including 1- Control, 2- Zinc, 3- Iron, 4- Sulfur, 5- Zinc + Iron, 6-Zinc + Sulfur, 7- Iron + Sulfur, and 8- Iron + Sulfur + Zinc) were considered as sub-plots. Results showed that there were significant differences between the fertilizer treatments in terms of seed yield, flower yield, seed weight per head, number of heads, number of seeds per head, percentage of seed protein and seed oil. In the treatment of tillage methods, thousand seed weight and linoleic fatty acid had significant differences. Interaction effects of soil tillage methods X fertilizer were significant on number of heads and linolenic acid. Fertilizer treatment of iron + sulfur + zinc had the highest seed yield (i.e. 1391 kg ha^{-1}), flower yield (i.e. 183.7 kg ha^{-1}), 1000 seed weight (i.e. 45.8 g), seed weight per head (i.e. 1.27 g), number of heads (i.e. 7.9), protein percentage (i.e. 21.2%) and seed oil percentage (i.e. 26.5). Results of this research showed that application of micronutrient elements by increasing the yield components, particularly 1000-seed weight, number of heads, and the weight of seeds per head led to increases in seed yield, oil percentage and protein percentage of safflower seeds. Though, tillage methods had no significant effect on safflower seed yield. According to the results of this experiment the use of zinc, sulfur, and iron fertilizers along with the method of low tillage can help to increase the grain yield and quality of rapeseed.

Keywords: Linolenic acid, Micronutrient elements, Oil, Seed protein

1 and 2. PhD Student and Associate Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
3. Postdoctoral Researcher, Department of Environmental and Resource Engineering, Technical University of Denmark, 2800 Kongens Lyngby, Denmark.
4. Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension, Organization (AREEO), Arak, Iran.
*: Corresponding Author, Email: ma_ majidian@guilan.ac.ir