

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی زراعت

بررسی تأثیر منابع مختلف گوگردی بر رشد، عملکرد و صفات فیزیولوژیکی گیاه کلزا

نگارنده: رقیه بخشی خندقی

اساتید راهنما

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

دکتر حسن مکاریان

استاد مشاور

دکتر احمد غلامی

مهر ۱۳۹۹

شماره: ۹۷۵
تاریخ: ۱۳۹۹/۰۷/۰۶

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خاتم رقیه بخشی خندقی با شماره دانشجویی ۹۶۳۳۱۰۴ رشته کشاورزی گرایش زراعت تحت عنوان بررسی تأثیر منابع مختلف گوگردی بر رشد، عملکرد و صفات فیزیولوژیکی گیاه کلزا که در تاریخ ۱۳۹۹/۰۷/۲۲ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☒ الف) درجه عالی: نمره ۱۹-۲۰	☐ ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸-۱۸/۹۹
☐ ج) درجه خوب: نمره ۱۷/۹۹-۱۶	☐ د) درجه متوسط: نمره ۱۵/۹۹-۱۴
☐ ه) کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد	
☐ نظری	☐ عملی

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاداراهنمای اول	دکتر مهدی برادران فیروزآبادی	دانشیار	
۱- استاداراهنمای دوم	دکتر حسن مکارین	دانشیار	
۳- استاد مشاور	دکتر احمد غلامی	دانشیار	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر زهرا گنجی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر حمیدرضا اسفندی	دانشیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر منوچهر قلی پور	دانشیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر علی درخشان شادمهری

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:



تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

سپاس و ستایش خدای را که آدمیان را به فضیلت نطق و مزیت عقل از دیگر موجودات ممیز گردانید
و سپاس بیکران ذات اقدس را که در پرتو لطف لایزالش توفیق آموختن میسر گردید.

تقدیم به او که جهان در انتظار عدالت اوست

و

تقدیم به پدر و مادرم که از آموختن الفبای زندگی تا سپری شدن این مرحله از زندگی‌ام در کنارم
بودند و بدون وجود با ارزششان، طی کردن این مراحل برایم رویایی بیش نبود.

تشکر و قدردانی

از استاد اندیشمند و فرهیخته جناب آقای دکتر مهدی برادران فیروزآبادی که همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار دادند و در تمامی این مدت با بردباری مرا راهنمایی فرمودند و بی‌شک انجام مراحل مختلف این پایان‌نامه بدون حمایت و پشتیبانی ایشان امکان‌پذیر نبود، کمال تشکر و قدردانی را دارم. از استاد گرامی جناب آقای دکتر حسن مکاریان و جناب آقای دکتر غلامی به‌دلیل همیاری‌ها و راهنمایی‌های ارزشمندشان سپاس گزارم.

تعهدنامه

اینجانب رقیه بخشی خندقی کارشناسی ارشد مهندسی زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی تأثیر منابع مختلف گوگردی بر رشد، عملکرد و صفات فیزیولوژیکی گیاه کلزا تحت راهنمایی دکتر مهدی برادران فیروزآبادی و دکتر حسن مکاریان متعهد می‌شوم:

تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است. در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است. مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است. کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University of Technology** » به چاپ خواهد رسید . حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد. در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

گوگرد چهارمین عنصر مورد نیاز گیاهان به خصوص کلزا می باشد که کمبود آن در خاک های زراعی جهان رو به افزایش است. گوگرد جزء مهمی از اسیدهای آمینه متیونین و سیستئین می باشد و در تشکیل کلروفیل، ترکیبات فعال کننده آنزیم ها، سنتز ویتامین B و فتوسنتز نقش دارد. به همین منظور آزمایشی در جهت بررسی منابع مختلف گوگردی بر رشد، عملکرد و صفات فیزیولوژیکی گیاه کلزا آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در اسفند ۱۳۹۷ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل مصرف خاکی گوگرد بنتونایت دار در دو سطح (عدم مصرف و مصرف)، محلول پاشی منابع گوگرد در سه سطح (صفر، گوگرد مایع و سدیم هیدروسولفید) و پیش تیمار بذری با ویتامین های گوگرددار در سه سطح (صفر، تیامین و بیوتین) بودند، که به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. مصرف خاکی گوگرد قبل از کاشت و محلول پاشی قبل از گلدهی انجام شد. نتایج نشان داد پیش تیمار تیامین موجب افزایش تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه کلزا نسبت به شاهد شد. همچنین مصرف خاکی گوگرد تعداد دانه در خورجین، درصد روغن، پایداری غشاء و کاروتنوئید را بهبود بخشید. سدیم هیدروسولفید در شرایط عدم پیش تیمار اثر مثبت روی درصد و عملکرد پروتئین دانه داشت. محلول پاشی گوگرد مایع موجب افزایش وزن خشک برگ و خورجین، پروتئین دانه و آب نسبی برگ شد. همچنین برهم کنش سدیم هیدروسولفید در پیش تیمار تیامین موجب افزایش وزن خشک خورجین، تعداد خورجین در بوته، کلروفیل a، کلروفیل b، درصد روغن و عملکرد پروتئین گردید. با کاربرد مصرف خاکی و پیش تیمار تیامین درصد پروتئین و عملکرد پروتئین افزایش یافت. برهم کنش محلول پاشی گوگرد مایع و سدیم هیدروسولفید در پیش تیمار بیوتین موجب افزایش اکثر صفات فیزیولوژیک و کیفی شد. به طور کلی در محدوده آزمایش انجام شده مصرف خاکی گوگرد بنتونایت دار و پیش تیمار تیامین به تنهایی و در ترکیب با تیمارهای دیگر تأثیر بیشتری بر صفات مورد بررسی داشتند. همچنین اثر متقابل محلول پاشی سدیم هیدروسولفید و پیش تیمار تیامین موجب بهبود اکثر صفات زراعی، فیزیولوژیک و کیفی کلزا شد.

کلمات کلیدی: بیوتین، تیامین، سدیم هیدروسولفید، گوگرد مایع

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه و کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- کلزا	۴
۱-۲-۱- تاریخچه	۴
۲-۲-۱- اهمیت	۴
۳-۲-۱- خصوصیات گیاهشناسی	۵
۴-۲-۱- سازگاری	۶
۳-۱- عناصر غذایی مورد نیاز کلزا	۶
۱-۳-۱- نیتروژن	۶
۲-۳-۱- فسفر	۷
۳-۳-۱- پتاسیم	۷
۴-۳-۱- گوگرد	۷
فصل دوم بررسی منابع	۱۱
۱-۲- فواید و مضرات کودهای شیمیایی	۱۲
۲-۲- روش های تأمین مواد غذایی و بهبود رشد گیاهان	۱۲
۱-۲-۲- کاربرد خاکی	۱۲
۲-۲-۲- محلول پاشی	۱۳
۳-۲-۲- پیش تیمار بذر	۱۴
۳-۲- گوگرد	۱۵
۱-۳-۲- نقش گوگرد در گیاهان	۱۵
۲-۳-۲- گوگرد بنتوناپتدار	۱۵
۳-۳-۲- سدیم هیدروسولفید NaHS (دهنده سولفید هیدروژن)	۱۷
۴-۲- ویتامین ها	۱۸
۱-۴-۲- نقش ویتامینها در رشد و نمو گیاهان	۱۸
۲-۴-۲- تیامین	۱۹
۳-۴-۲- بیوتین	۲۰
۵-۲- تأثیر گوگرد بر رشد و نمو گیاهان	۲۱
۶-۲- تأثیر گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد	۲۲
۷-۲- تأثیر گوگرد بر کلروفیل برگ	۲۳
۸-۲- تأثیر گوگرد بر پروتئین دانه	۲۴
۹-۲- تأثیر گوگرد بر روغن دانه	۲۴
فصل سوم مواد و روشها	۲۷

- ۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش ----- ۲۸
- ۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش ----- ۲۸
- ۳-۳- طرح و تیمارهای آزمایشی ----- ۲۹
- ۳-۴- عملیات اجرایی ----- ۳۰
- ۳-۴-۱- آماده سازی بستر و کاشت ----- ۳۰
- ۳-۴-۲- اعمال تیمارها ----- ۳۰
- ۳-۴-۳- داشت ----- ۳۰
- ۳-۴-۴- برداشت ----- ۳۱
- ۳-۵- نمونه برداری ----- ۳۱
- ۳-۶- اندازه گیری صفات زراعی و مورفولوژیک ----- ۳۱
- ۳-۶-۱- وزن خشک برگ، ساقه و خورجین ----- ۳۱
- ۳-۶-۲- شاخص سطح برگ ----- ۳۲
- ۳-۶-۳- عملکرد و اجزای عملکرد ----- ۳۲
- ۳-۷- اندازه گیری صفات فیزیولوژیک ----- ۳۲
- ۳-۷-۱- میزان کلروفیل و کاروتنوئید ----- ۳۲
- ۳-۷-۲- پایداری غشاء پلاسمایی برگ ----- ۳۳
- ۳-۷-۳- مقدار نسبی آب برگ ----- ۳۴
- ۳-۷-۴- اندازه گیری گوگرد کل ----- ۳۴
- ۳-۸- اندازه گیری صفات کیفی ----- ۳۶
- ۳-۸-۱- درصد و عملکرد پروتئین دانه ----- ۳۶
- ۳-۸-۲- درصد و عملکرد روغن دانه ----- ۳۷
- ۳-۹- تجزیه تحلیل داده ها ----- ۳۸
- فصل چهارم نتایج و بحث ----- ۳۹
- ۴-۱- ماده خشک برگ، ساقه و خورجین ----- ۴۰
- ۴-۱-۱- وزن خشک برگ ----- ۴۰
- ۴-۱-۲- وزن خشک ساقه ----- ۴۱
- ۴-۱-۳- وزن خشک خورجین ----- ۴۱
- ۴-۲- شاخص سطح برگ ----- ۴۲
- ۴-۳- طول ساقه ----- ۴۲
- ۴-۴- قطر ساقه ----- ۴۲
- ۴-۵- تعداد شاخه فرعی ----- ۴۳
- ۴-۶- تعداد شاخه فرعی فرعی ----- ۴۴
- ۴-۷- عملکرد و اجزای عملکرد ----- ۴۵
- ۴-۷-۱- تعداد خورجین در بوته ----- ۴۵

۴۶	۲-۷-۴- تعداد دانه در خورجین
۴۷	۳-۷-۴- وزن هزار دانه
۴۷	۴-۷-۴- عملکرد دانه
۴۸	۸-۴- صفات فیزیولوژیک
۴۸	۱-۸-۴- رنگدانه‌های فتوسنتزی
۴۸	۱-۱-۸-۴- کلروفیل a
۴۹	۲-۱-۸-۴- کلروفیل b
۵۲	۳-۱-۸-۴- کلروفیل کل
۵۴	۴-۱-۸-۴- کاروتنوئید
۵۶	۹-۴- مقدار نسبی آب برگ
۵۸	۱۰-۴- پایداری غشاء پلاسمایی
۵۹	۱۱-۴- مقدار گوگرد برگ
۵۹	۱۲-۴- صفات کیفی
۵۹	۱-۱۲-۴- درصد روغن دانه
۶۱	۲-۱۲-۴- درصد پروتئین دانه
۶۴	۱۳-۴- عملکرد روغن
۶۴	۱۴-۴- عملکرد پروتئین
۶۷	۱۵-۴- نتیجه گیری
۶۸	۱۶-۴- پیشنهادات
۶۹	پیوستها
۷۵	منابع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۳-۱ نقشه کشت طرح آزمایشی ----- ۲۹
- شکل ۳-۲ منحنی استاندارد گوگرد در طول موج ۴۲۰ نانومتر ----- ۳۶
- شکل ۴-۱ مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و مصرف خاکی گوگرد ----- ۴۰
- شکل ۴-۲ مقایسه میانگین وزن خشک خورجین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی ----- ۴۲
- شکل ۴-۳ مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر محلول پاشی گوگرد مایع و سدیم هیدروسولفید ----- ۴۳
- شکل ۴-۴ مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و مصرف خاکی گوگرد ----- ۴۴
- شکل ۴-۵ مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر مصرف خاکی گوگرد ----- ۴۵
- شکل ۴-۶ مقایسه میانگین تعداد خورجین در بوته تحت تأثیر ترکیبات حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی ----- ۴۶
- شکل ۴-۷ مقایسه میانگین تعداد دانه در خورجین تحت تأثیر مصرف خاکی گوگرد ----- ۴۷
- شکل ۴-۸ مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر پیش تیمار بذر با بیوتین و تیامین ----- ۴۸
- شکل ۴-۹ مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی ----- ۴۹
- شکل ۴-۱۰ مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و مصرف خاکی گوگرد ----- ۵۱
- شکل ۴-۱۱ مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات حاصل از پیش تیمار و مصرف خاکی گوگرد ----- ۵۱
- شکل ۴-۱۲ مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی ----- ۵۲
- شکل ۴-۱۳ مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و مصرف خاکی گوگرد ----- ۵۳
- شکل ۴-۱۴ مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر ترکیبات حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی ----- ۵۴
- شکل ۴-۱۵ مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات حاصل از محلول پاشی و مصرف خاکی گوگرد ----- ۵۵
- شکل ۴-۱۶ مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش تیمار و مصرف خاکی گوگرد ----- ۵۵
- شکل ۴-۱۷ مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی ----- ۵۶
- شکل ۴-۱۸ مقایسه میانگین مقدار نسبی آب برگ تحت تأثیر مصرف خاکی گوگرد ----- ۵۷
- شکل ۴-۱۹ مقایسه میانگین مقدار نسبی آب برگ تحت تأثیر محلول پاشی گوگرد مایع و سدیم هیدروسولفید ----- ۵۷
- شکل ۴-۲۰ مقایسه میانگین مقدار نسبی آب برگ تحت تأثیر پیش تیمار بیوتین و تیامین ----- ۵۸
- شکل ۴-۲۱ مقایسه میانگین پایداری غشاء پلاسمایی تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش تیمار و مصرف خاکی گوگرد ----- ۵۹
- شکل ۴-۲۲ مقایسه میانگین روغن دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش تیمار و مصرف خاکی گوگرد ----- ۶۰

- شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین روغن دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع
گوگردی ----- ۶۱
- شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و مصرف خاکی گوگرد
----- ۶۲
- شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش تیمار و مصرف خاکی گوگرد ۶۳
شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع
گوگردی ----- ۶۳
- شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و مصرف خاکی
گوگرد ----- ۶۵
- شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش تیمار و مصرف خاکی
گوگرد ----- ۶۵
- شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع
گوگردی ----- ۶۶

فهرست جداول

- جدول ۱-۳- خصوصیات خاک محل آزمایش ----- ۲۸
- جدول پیوست ۱- میانگین مربعات تجمع ماده خشک در برگ، ساقه و خورجین و شاخص سطح برگ کلزا تحت تأثیر مصرف خاکی، محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگرد ----- ۷۰
- جدول پیوست ۲- میانگین مربعات طول ساقه، قطرساقه و تعداد شاخه فرعی و فرعی فرعی کلزا تحت تأثیر مصرف خاکی، محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگرد ----- ۷۰
- جدول پیوست ۳- میانگین مربعات خورجین در بوته، دانه در خورجین، وزن هزاردانه و عملکرد دانه کلزا تحت تأثیر مصرف خاکی، محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگرد ----- ۷۱
- جدول پیوست ۴- میانگین مربعات کلروفیل a, b, کل و کاروتنوئید کلزا تحت تأثیر مصرف خاکی، محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگرد ----- ۷۱
- جدول پیوست ۵- میانگین مربعات مقدار نسبی آب برگ، پایداری غشاء پلاسمایی، مقدار گوگرد برگ کلزا تحت تأثیر مصرف خاکی، محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگرد ----- ۷۲
- جدول پیوست ۶- میانگین مربعات روغن، پروتئین، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین دانه کلزا تحت تأثیر مصرف خاکی، محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگرد ----- ۷۲
- جدول پیوست ۷- مقایسه میانگین وزن خشک خورجین، کلروفیل b, کلروفیل کل و پروتئین دانه تحت تأثیر برهم کنش سه جانبه مصرف خاکی گوگرد، محلول پاشی و پیش تیمار ----- ۷۳

فصل اول

مقدمه و کلیات

دانه‌های روغنی بعد از غلات دومین منبع مهم تأمین انرژی مورد نیاز جوامع انسانی به‌شمار می‌روند. یکی از منابع روغنی کلزا می‌باشد که بعد از سویا و نخل روغنی مقام سوم را در تأمین روغن نباتی و مقام پنجم را از نظر پروتئین به خود اختصاص داده است (مالکی و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از نیازهای اساسی روند رشد جمعیت در زمینه محصولات کشاورزی، تأمین روغن‌های گیاهی از دانه‌های روغنی است که تولید آن‌ها به مصارف مختلف صنعتی، خوراکی و لوازم آرایشی و بهداشتی می‌رسند (ایران نژاد و حسینی، ۱۳۸۴). نتایج مطالعات و بررسی‌های صنایع غذایی نشان داده است که ۲۱ درصد انرژی روزانه مردم از روغن تأمین می‌شود. از طرف دیگر، تولید دانه‌های روغنی به حداقل رسیده است به‌طوری که سالانه بیش از سه میلیون تن دانه روغنی، روغن خام و کنجاله وارد و بیش از ۲/۵ میلیارد دلار از کشور خارج می‌شود (محسن‌نیا و جلیلیان، ۱۳۹۰).

کلزا (*Brassica napus* L.) با حدود ۳۵ تا ۵۰ درصد روغن در دانه و حدود ۳۵ تا ۴۵ درصد پروتئین در کنجاله، در میان گیاهان روغنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (سارانی و همکاران، ۱۳۸۶). در چند سال گذشته به دلیل اهمیت بسیار بالای روغن خوراکی و کنجاله‌ی کلزا برای خوراک دام، سطح زیر کشت این گیاه روغنی به‌طور چشمگیری افزایش پیدا کرده است (مقدم و پورداد، ۱۳۹۰). وابستگی حدود ۹۰ درصدی به واردات روغن نباتی امنیت غذایی جامعه را تهدید می‌کند. کارشناسان بر این باورند که امکان دستیابی به این کالای اساسی با بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک در کشور وجود دارد، از طرفی گیاهان روغنی سویا و آفتابگردان به‌علت تابستانه بودن و نیاز آبی زیاد امکان توسعه چندان‌ی ندارند (قدمی، ۱۳۸۹). کیفیت دانه کلزا توسط مقدار پروتئین و روغن آن تعیین می‌شود که مقدار روغن به میزان زیادی توسط کودهای معدنی کنترل می‌شود (احمدی و جاویدفر، ۱۳۸۹).

کلزا نیاز بالایی به مواد غذایی دارد، لذا بیشتر زمین‌های زراعی جهت تولید عملکرد مطلوب و میزان مناسب روغن و پروتئین از نظر یک یا چند ماده غذایی مورد نیاز گیاه کمبود دارند (رودی و همکاران، ۱۳۸۲). پس از عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم، گوگرد چهارمین عنصر مورد نیاز اکثر گیاهان زراعی می‌باشد (ماخرجی و سینگ، ۲۰۰۲). این عنصر یک جزء تشکیل‌دهنده‌ی اسیدهای آمینه سیستئین، متیونین و بخشی از پروتئین است که نقش مهمی را در ساخت بیوتین و سایر ویتامین‌های B در سلول‌های گیاهی ایفا می‌کند (کرر، ۲۰۰۱). کلزا همانند دیگر اعضای خانواده‌ی خردل ترکیبات متعدد گوگردی در اندام رویشی و دانه دارد، بنابراین گوگرد اثر مستقیمی بر کیفیت، رشد و عملکرد دانه این گیاه دارد (مجیدیان، ۱۳۹۳). گوگرد برای عملکرد مطلوب دانه در تمام گونه‌ها و ارقام کلزا ضروری و نیاز آن به گوگرد حدود سه برابر بیشتر از غلات می‌باشد (مالهی و همکاران، ۲۰۰۷). آب و هوای معتدل و مرطوب شمال کشور، شرایط مطلوبی جهت رشد کلزا فراهم ساخته است و انطباق رویش کلزا با فصل بارندگی در شمال ایران و امکان قرار گرفتن آن در تناوب با برنج زمینه گسترش کشت کلزا را در شمال کشور ایجاد نموده است (قربانی، ۱۳۸۳). برای جذب کود گوگردی نیاز به آبیاری یا باران سنگین است که سولفات قابل حل را به ریشه‌ها برساند. در صورتی که عنصر گوگرد ممکن است در طی فصل مرطوب تجزیه شود و در سال بعد بر اساس نیاز مورد استفاده قرار گیرد، بهتر است گوگرد کافی را قبل یا حین کاشت تهیه کرد. یک کوددهی به‌موقع بهترین عملکرد را در پی خواهد داشت (بایوردی و ملکوتی، ۱۳۸۲). علائم کمبود گوگرد را در مرحله جوانه‌زنی نیز می‌توان مشاهده کرد ولی اغلب در مرحله ساقه‌دهی و گلدهی بیشتر است، در حالی که رگبرگ‌ها سبز باقی می‌مانند، بین رگبرگ‌ها کلروزه می‌شود و گل‌ها نسبت به حالت طبیعی کم‌رنگ‌تر می‌شوند (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۱؛ ارلوویس، ۲۰۰۴).

در شروع کار اهداف زیر در این پژوهش مطرح و دنبال گردید:

- مقایسه اثر منابع مختلف گوگردی بر خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه کلزا

- مقایسه‌ی مصرف خاکی، محلول‌پاشی و پیش‌تیمار بذری منابع مختلف گوگردی از لحاظ تأثیر بر رشد و عملکرد گیاه کلزا

۱-۲- کلزا

۱-۲-۱- تاریخچه

کلزا (*rape seed*) به‌عنوان یک گیاه روغنی خوراکی از زمان جنگ جهانی دوم مورد توجه واقع شد. ارقام زراعی کلزا به دو گونه *Brassica napus* L. یا کلزای معمولی و *Brassica rapa* یا شلغم روغنی تعلق دارند. کلزای معمولی در اروپای جنوبی و از تلاقی شلغم روغنی با کلم *Brassica oleracea* منشأ یافته است و ظاهراً در قرن هجدهم به آسیا و سایر نقاط جهان گسترش پیدا کرد. در گذشته بوته‌های کلزای معمولی و شلغم روغنی به‌عنوان سبزی، دارو و ادویه مورد استفاده بوده‌اند، همچنین از روغن آن جهت طبخ‌ی و سوخت روشنایی استفاده می‌شد. امروزه کلزای معمولی با هدف تولید روغن جهت مصارف صنعتی و تغذیه‌ای مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. کانادا و اروپا مهم‌ترین تولیدکنندگان و صادرکنندگان روغن کلزا در جهان می‌باشند (خواجه‌پور، ۱۳۹۱). شکل زمستانی کلزای روغنی در منطقه‌ی آب و هوایی معتدل اروپا رشد می‌کند (دان، ۲۰۰۴). در اروپا شکل زمستانی که از فرم بهاری پربارتر است به دلایل بیولوژیکی و قانونی ارجحیت دارد (زاجاک و همکاران، ۲۰۱۳؛ سیلینگ و کاج، ۲۰۱۰). کشت کلزا در ایران از اواخر دهه‌ی ۴۰ شمسی آغاز شده که در چند سال گذشته رشد چشمگیری داشته است (سیفی و همکاران، ۱۳۹۰).

۱-۲-۲- اهمیت

در میان دانه‌های روغنی کلزا گیاهی است که روغن آن هم از نظر کمیت و هم از نظر کیفیت و شاخص‌های تغذیه‌ای در سطح مناسبی قرار دارد (دینپروک، ۲۰۰۰) و از مهم‌ترین محصولات کشاورزی در جهان برای مصرف انسان، تغذیه حیوانات و بیودیزل می‌باشد، به‌طوری‌که امروزه در

صنایع روغن‌کشی در سطح دنیا از اهمیت خاصی برخوردار است (یاسوموتو و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین به دلیل دارا بودن صفات مثبت زراعی نظیر مقاومت به سرما، مقاومت به کم‌آبی، تحمل شوری و عملکرد بیشتر در واحد سطح نسبت به دانه‌های روغنی مورد کشت در کشور برتری دارد (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹). کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی یکساله است که در تأمین انرژی و امنیت غذایی در سطح جهان نقش به‌سزایی دارد و بر خلاف بیشتر گیاهان روغنی در فصل پاییز قابل کشت و از عملکرد بالایی برخوردار است. همچنین روغن کلزا به سبب داشتن کم‌ترین اسیدهای چرب غیراشباع و فقدان کلسترول از کیفیت غذایی بالایی برخوردار است (ایلکایی و امام، ۲۰۰۶). در مقایسه با سایر دانه‌های روغنی مانند سویا، ترکیب دانه‌ی کلزا نزدیک به توصیه‌های FAO برای انسان می‌باشد و حاوی ۳-۴ درصد اسیدهای آمینه گوگرددار است (اولسون و همکاران، ۱۹۷۹؛ نیشیناری و همکاران، ۲۰۱۴).

۱-۲-۳- خصوصیات گیاهشناسی

کلزا با نام علمی (*Brassica napus* L.)، از تیره شب‌بو یا چلیپائیان، یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی یکساله است (ایلکایی و امام، ۲۰۰۶). طول دوره رشد کلزا در ارقام زودرس و کشت بهاره ۹۰ تا ۱۵۰ روز و در کشت پاییزه ۲۰۰ تا ۳۳۰ روز می‌باشد (خواجه‌پور، ۱۳۹۱). این گیاه به صورت بوته‌ای استوار با انشعابات محدود با ارتفاع متوسط تا بلند رشد می‌کند. کلزا ریشه‌ی مستقیم و توسعه‌یافته‌ای دارد که گاهی تا عمق ۱/۵ متر در خاک نفوذپذیر قابل گسترش است. گل‌آذین کلزا به شکل خوشه‌ای و در انتهای ساقه اصلی و شاخه‌ی فرعی پدیدار می‌شود. میوه کلزا خورجینی بلند و باریک به طول ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر است که از دو برگچه تشکیل شده است. خورجین در کلزا شکوفا است و چنانچه کاملاً خشک شود از ناحیه رأس شکافته شده و دانه‌ها به شدت ریزش می‌کنند (عظیم زاده، ۱۳۹۰).

۱-۲-۴- سازگاری

کلزا گیاهی است که در مناطق معتدل رشد می‌کند ولی با اصلاح این گیاه، ارقام جدید قادر به رشد در مناطق سردسیر نیز می‌باشند. این گیاه به دلیل داشتن حالت روزت در مراحل حساس رشدی در مقابل سرما مقاوم است. کلزا به انواع خاک‌ها سازگاری دارد ولی در خاک‌هایی با بافت سنگین رشد آن دچار اختلال می‌شود. همچنین قادر است دامنه pH بین ۵/۵ تا ۸ را تحمل کند (خرازی و همکاران، ۱۳۸۹). دامنه فتوپریود برای این گیاه بسیار گسترده است به طوری که در دامنه ۱۰ تا ۲۴ ساعت روشنایی قادر به رشد و نمو می‌باشد و جزء گیاهان روز بلند است (قدمی، ۱۳۸۹). توانایی کلزا برای جوانه‌زنی و رشد در دماهای پایین باعث می‌شود که بتوان آن را در اکثر مناطق کشور به خصوص در مناطق کشاورزی معتدل کشت نمود (خواجه‌حسینی و همکاران، ۱۳۸۹). در ایران به دلیل سازگاری با شرایط اقلیمی گیلان، کشت دوم آن بعد از برنج مورد علاقه می‌باشد (مجیدیان، ۱۳۹۳).

۱-۳- عناصر غذایی مورد نیاز کلزا

۱-۳-۱- نیتروژن

یکی از عناصر غذایی مورد نیاز کلزا نیتروژن است که از اجزای مهم تشکیل دهنده پروتئین‌ها، آمینواسیدها، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل به‌شمار می‌رود و گیاه آن را به شکل معدنی (آمونیم و نترات) جذب می‌کند (احمد و همکاران، ۲۰۰۵). کلزا ظرفیت بالایی در جذب نیتروژن از خاک دارد (سدلاسکاس و تاراکنواس، ۲۰۰۴). کودهای نیتروژنی نه تنها عملکرد و کیفیت محصولات روغنی را افزایش می‌دهند بلکه کارایی مصرف سایر کودها را نیز بهبود می‌بخشند (اسماعیل و پات واردان، ۲۰۰۶). نحوه جذب و کارایی مصرف و نحوه تخصیص نیتروژن در گیاهان تحت تأثیر عواملی هم‌چون رطوبت، حاصلخیزی خاک و رقابت قرار می‌گیرد، این گیاه نیاز بالایی به نیتروژن دارد تا جایی که به عنوان یک گیاه گیرنده برای کاهش آبشویی نترات از نظام‌های زراعی به کار می‌رود (مول و همکاران، ۱۹۸۲).

۱-۳-۲- فسفر

فسفر یکی از عناصر غذایی پر مصرف برای گیاهان به‌شمار می‌رود (هینسینگر، ۲۰۰۱). این عنصر تمامی واکنش‌های بیوشیمیایی و توسعه‌ای در گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (اختر و همکاران، ۲۰۰۷). نقش این عنصر در گیاه قابل جایگزین با عنصر دیگری نیست (الانچریان و همکاران، ۲۰۱۵). از آن‌جا که کلزا نیاز بالایی به فسفر دارد، رشد گیاه در خاک‌هایی با فسفر کم ضعیف است. گیاه در مراحل اولیه رشد به سرعت این عنصر را جذب می‌کند و تا ۸ هفته این جذب ادامه دارد، بنابراین این کود باید هم‌زمان با کاشت مصرف شود (رضایی‌زاده و زارعی، ۱۳۹۴). مقدار نیاز گیاه کلزا به فسفر بیشتر از گندم است (رز و همکاران، ۲۰۰۷).

۱-۳-۳- پتاسیم

پتاسیم جزء عناصر پرمصرف گیاه می‌باشد. بر خلاف نیتروژن و فسفر که بیشتر در ساختمان سلول‌ها شرکت دارند، پتاسیم عموماً در گیاه به‌صورت ترکیبات یونی است و هیچ‌گاه به‌صورت غیریونی و به‌عنوان عنصر تشکیل دهنده‌ی ترکیبات آلی دیده نمی‌شود ولی تأثیر آن بر رشد امری قطعی است و در ساخت مواد هیدروکربنه و پروتئین‌ها نقش مؤثری دارد (محمدی، ۱۳۸۵). میزان پتاسیم مورد نیاز این گیاه به‌روش مصرف خاکی و براساس مقدار سولفات پتاسیم برای اقلیم‌های متفاوت، متغیر است (رضایی‌زاده و زارعی، ۱۳۹۴). در شرایط کمبود این عنصر، حساسیت این گیاه به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد (کاک‌ماک، ۲۰۰۲).

۱-۳-۴- گوگرد

کلزا همانند سایر اعضای خانواده خردل ترکیبات متعدد گوگردی در اندام رویشی و دانه دارد، بنابراین گوگرد اثر مستقیمی بر کیفیت، رشد و عملکرد دانه این گیاه دارد (مجیدیان، ۱۳۹۳). گوگرد برای عملکرد مطلوب دانه در تمام گونه‌ها و ارقام کلزا ضروری و نیاز آن به گوگرد حدود سه برابر

بیشتر از غلات می‌باشد (مالهی و همکاران، ۲۰۰۷). گوگرد از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد، عملکرد و کیفیت محصول در دانه‌های روغنی محسوب می‌شود از این رو محققان کشاورزی توصیه می‌کنند که برای گیاهان روغنی گوگرد را به NPK اضافه کنند (الطاف و همکاران، ۲۰۰۰). گرچه گاز دی اکسید گوگرد موجود در هوا از سوی بخش‌های هوایی گیاهان عالی جذب و مصرف می‌شود، ولی مهم‌ترین منبع گوگرد سولفات است، که توسط جریان توده‌ای درون محلول خاک از راه انتشار جابه‌جا و از سوی ریشه‌ها جذب می‌شود (میرنیا و حبیب‌زاده، ۱۳۸۵). گوگرد از طریق کودها، مواد اصلاح کننده، هوا دیدگی کانی‌های گوگرددار، آب آبیاری، مصرف آفت‌کش‌ها، اتمسفر و بقایای آلی وارد خاک می‌شود و توسط آبشویی، فرسایش، تصاعد، جذب و سوزاندن بقایای گیاهی از خاک خارج می‌شود (تیس‌دال، ۱۹۹۳). این ماده به‌دلیل ویژگی‌های ارزنده از قبیل ارزان بودن، خاصیت قارچ‌کشی و توانایی اکسایش در خاک و تولید اسید به‌عنوان یکی از نهاده‌های کشاورزی جهت اصلاح خاک‌ها، بهبود تغذیه گیاهان و کنترل برخی از عوامل بیماری‌زا کاربرد وسیعی دارد (الکراکی و همکاران، ۱۹۹۸). گوگرد به‌دلیل ظرفیت اکسیده شدن و تولید اسید سولفوریک، پتانسیل لازم برای کاهش pH خاک را حداقل در مقیاس کوچک اطراف ذرات خود داراست، بنابراین می‌تواند به‌خصوص در منطقه ریزوسفر در انحلال ترکیبات غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری مؤثر واقع شود. لذا، استفاده از گوگرد عنصری به‌عنوان یک ماده اسیدزا به‌منظور افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک‌های آهکی کاربرد دارد (کایا و همکاران، ۲۰۰۹). کمبود گوگرد در خاک یکی از دلایل کاهش کارایی استفاده از نیتروژن می‌باشد و نیاز به کودهای حاوی گوگرد به‌دلیل نقش این دو عنصر در بیوسنتز پروتئین می‌باشد (فضیلی، ۲۰۰۸).

روغن کلزا تنها روغن خوراکی است که حاوی اسیدهای چرب گوگرددار است (اوه‌ارا و همکاران، ۲۰۰۹). متأسفانه اغلب تولیدکنندگان دانه‌های روغنی، ۱۰ الی ۴۰ درصد از پتانسیل و بازده تولید محصولشان را به‌دلیل عدم آگاهی از اهمیت گوگرد در تولید دانه‌های روغنی از دست می‌دهند (سپهر

و ملکوتی ، ۱۳۸۳). مقدار گوگرد مورد نیاز برای تولید یک تن محصول غلات حدود ۳ تا ۴ کیلوگرم،

گیاهان لگوم ۸ کیلوگرم و دانه‌های روغنی ۵ تا ۲۰ کیلوگرم می‌باشد (سپهر و همکاران، ۱۳۸۲).

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- فواید و مضرات کودهای شیمیایی

کودهای شیمیایی یکی از عوامل اصلی حاصل خیزی خاک می باشند (حمدالله، ۲۰۰۰). یکی از روش های متداول برای رفع کمبود عناصر غذایی در خاک های آهکی استفاده از کودهای شیمیایی حاوی این عناصر می باشد (وایدنفلد، ۲۰۱۱). انتخاب نوع و میزان کود شیمیایی مورد نیاز به شرایط آب و هوایی ناحیه، بافت خاک و خصوصیات شیمیایی خاک بستگی دارد (خواجه پور، ۱۳۹۰) اما استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی برای تولید بیشتر، فاقد توجیه اقتصادی و زیست محیطی است (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۹۱). در سال های اخیر افزایش مصرف نهاده های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب مشکلات زیست محیطی فراوانی از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصل خیزی خاک ها گردیده است (شرما، ۲۰۰۲). کودهای شیمیایی به تنهایی می توانند اثرات زیان باری روی محیط زیست و سلامت انسان ها داشته باشند و باید در هر فصل کشت دوباره تجدید شوند. کودهای شیمیایی معمولاً توسط تبخیر و آبشویی به سرعت از دسترس گیاه خارج می شوند و سبب آلودگی محیطی می شوند (آیسا و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین جهت تهیه این کودها از انرژی فسیلی و منابع معدنی استفاده می شود که هر دو تجدیدناپذیر هستند، بنابراین برای توسعه کشاورزی پایدار باید مصرف این کودها کاهش یابد (پیمنتل و داژونگ، ۱۹۹۰).

۲-۲- روش های تأمین مواد غذایی و بهبود رشد گیاهان

۲-۲-۱- کاربرد خاکی

کودها با روش های مختلف به کار می روند. روش پخش سطحی روش خوب و کم هزینه ای است، ولی به دلیل تثبیت بعضی عناصر در خاک، تلفات آبشویی و یا رقابت علف هرز، گیاه نمی تواند از آن استفاده کند. بنابراین اگر کود به روش نواری مصرف شود نسبت به پخش سطحی بهتر عمل می کند. سولفات در خاک به روش جریان توده ای به طرف ریشه گیاهان حرکت می کند. شدت نگهداری سولفات توسط خاک ها متغیر و تابع عواملی مانند مقدار و نوع رس خاک، pH خاک و مقدار

هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم در خاک می‌باشد (سالار دینی، ۱۳۸۲). برای جذب کود گوگردی به باران سنگین نیاز است تا سولفات قابل حل را به ریشه‌ها برساند. یک کوددهی به‌موقع بهترین عملکرد را در بر خواهد داشت بهتر است گوگرد کافی قبل یا حین کاشت تهیه گردد (بای بوردی و ملکوتی، ۱۳۸۲).

۲-۲-۲- محلول‌پاشی

محلول‌پاشی عناصر غذایی، یکی از روش‌های معمول تأمین نیاز غذایی گیاهان عالی است که کارایی آن وقتی شرایط خاک برای دسترسی عناصر نامناسب است بیشتر از مصرف خاکی کود می‌باشد (اردال و همکاران، ۲۰۰۴). اکثر عناصر ریزمغذی در خاک‌های قلیایی تثبیت می‌شوند و ریشه‌های گیاه قادر به جذب کافی آن‌ها از خاک نمی‌باشند (کاک ماک، ۲۰۰۸). کاربرد برگی می‌تواند دسترسی گیاهان به عناصر غذایی را برای به‌دست آمدن عملکرد بالا تضمین کند. از دید اکولوژیکی کوددهی برگ قابل قبول‌تر است، زیرا مقادیر کمتر عناصر غذایی برای مصرف سریع به‌وسیله گیاه فراهم می‌شود (استامپر و همکاران، ۱۹۹۸). ریشه‌های گیاهان به‌دلیل برخی از شرایط خاکی از جمله خصوصیات خاک، اسیدیته بالای خاک، بافت خاک و سایر عوامل قادر به جذب برخی از عناصر غذایی خاک نیستند به طوری که تحت این شرایط محلول‌پاشی عناصر غذایی مفید خواهد بود (کیناسی و گول مزگول، ۲۰۰۷). محلول‌پاشی می‌تواند کارایی استفاده از عناصر غذایی را افزایش و در نتیجه کاربرد خاکی کودها را کاهش دهد، بنابراین مصرف برگی عناصر غذایی موجب کاهش آلودگی‌های محیطی می‌شود و جذب ریشه‌ای مواد غذایی را نیز همراه با رشد ریشه افزایش می‌دهد (ابو ال-نور، ۲۰۰۲). آریف و همکاران (۲۰۰۶) معتقدند که با توجه به شرایط خاک کارایی محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی حدود ۶ تا ۲۰ برابر بیشتر از کارایی کاربرد خاکی آن است.

از جمله تیمارهای افزایش دهنده‌ی قدرت جوانه‌زنی بذرها می‌توان به پرایمینگ اشاره کرد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۶). پیش تیمار بذر به عنوان یک تکنیک نوین در علوم و تکنولوژی بذر مطرح می‌باشد که می‌تواند به ظهور بهینه پتانسیل بذر کمک کند و موجب افزایش کمی و کیفی محصولات شود (اشرف و فولاد، ۲۰۰۵) و یکی از روش های بهبود کارکرد بذر و افزایش کیفیت بذر در شرایط نامساعد محیطی می‌باشد (باسرا و همکاران، ۲۰۰۴). پیش تیمار بذر در مزرعه تکنیکی است که به وسیله آن بذور قبل از کشت در آب و محلول‌هایی برای مدت معین خیسانده و سپس به‌طور سطحی خشک می‌شوند، همچنین پیش تیمار بذر موجب خروج سریع‌تر گیاهچه، تحمل بهتر گیاه به خشکی، گلدهی زودتر و افزایش عملکرد گیاهان نخود، ذرت و گندم در مناطق نیمه خشک شده است (هریس، ۲۰۰۶). گزارش‌های موجود نشان می‌دهد که استفاده از این تکنیک موجب افزایش عملکرد در گیاهان شده است (هریس و همکاران، ۲۰۰۱). اشرف و رئوف (۲۰۰۱) گزارش کردند که پیش تیمار بذر ذرت با آب و یا محلول‌های اسموتیک تحت شرایط تنش شوری، جوانه‌زنی و استقرار اولیه را بهبود بخشید. دادرسی و ابوطالبیان (۱۳۹۱) نشان دادند که پیش تیمار کردن بذر ذرت به‌ویژه با محلول سولفات روی سبب افزایش سرعت سبز شدن، ارتفاع بوته، طول و قطر بلال و پروتئین دانه گردید. پیش تیمار بذر کلزا با اسید سالیسیلیک بر درصد سبز شدن، شاخص سبز شدن، وزن تر و وزن خشک گیاهچه و وزن مخصوص برگ معنی‌دار بود (میار صادقی و همکاران، ۱۳۸۹). رحیمی و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقات خود روی گلرنگ در شرایط تنش شوری دریافتند که پیش تیمار بذر با کلرید سدیم سبب افزایش پرولین و قند محلول شد و صدمات شوری را کاهش داد.

۲-۳- گوگرد

۲-۳-۱- نقش گوگرد در گیاهان

پس از عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم، گوگرد چهارمین عنصر مورد نیاز اکثر گیاهان زراعی می باشد (ماخرجی و سینگ، ۲۰۰۲). روغن بعضی از گیاهان، به ویژه خانواده شب بو و پیاز، غنی از گوگرد است (کوچکی و سرمدیا، ۱۳۹۰). این عنصر یک جزء تشکیل دهنده اسیدهای آمینه سیستمین، متیونین و بخشی از پروتئین است که نقش مهمی را در ساخت بیوتین و سایر ویتامین های B در سلول های گیاهی ایفا می کند (کرر، ۲۰۰۱). یکی از نقش های دیگر گوگرد شرکت در ساختمان سولفولیپیدهاست که در غشاء سلول وجود دارند و در واقع روغن گیاه را تشکیل می دهند (خلد برین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). متابولیسم گوگرد در سطوح مختلف در کنترل جوانه زنی و استقرار نهال نقش دارد (راجو و همکاران، ۲۰۱۲). با توجه به تحقیقات محققان که در شرایط تنش رطوبتی بر کلزا انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که کاهش شدید گوگرد در اندام های کلزا موجب کاهش کلروفیل می شود (جاکسون و جاسینکا، ۱۹۹۶). کمبود گوگرد نه تنها عملکرد، بلکه کیفیت محصولات غذایی را نیز تحت تأثیر قرار می دهد. کمبود گوگرد با کاهش در میزان ترکیبات دفاعی دارای گوگرد، موجب کاهش تحمل گیاه می شود (هدجی فاکسی و همکاران، ۲۰۱۲). عمارلو و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که با افزایش مقادیر مختلف گوگرد، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز افزایش و در نتیجه باعث افزایش تحمل گیاه سیر به تنش ها می شود.

۲-۳-۲- گوگرد بنتونایت دار

نظر به اینکه کودهای شیمیایی با گوگرد پایین به طور گسترده ای در کشاورزی استفاده می شوند، مشکلات کمبود گوگرد بیشتر از قبل پدیدار شده است (هیتسودا و همکاران، ۲۰۰۵). منابع گوگرد قبل از آن که توسط گیاهان مورد استفاده قرار گیرند، ابتدا باید به سولفات اکسیده شوند که مهم ترین اکسیدکننده های گوگرد در اکثر خاک های زراعی، باکتری های جنس تیوباسیلوس می باشند (تیسدل و

همکاران، ۱۹۹۳). کودهای متعددی وجود دارند که حاوی مقادیر چشمگیر گوگرد هستند این کودها را می‌توان به دو دسته کودهای حاوی سولفات و کودهای حاوی سولفور تقسیم کرد. بنتونایت گوگرد-دار گرانوله از جمله کودهای حاوی سولفور است (راندازو، ۲۰۰۹). بنتونایت از جمله سوپر جاذب‌های طبیعی است که چسبندگی زیادی دارد و زمانی که آب به آن‌ها اضافه شود به‌صورت ژله‌ای در می‌آیند (همیلتون، ۲۰۱۲). وقتی این کود به خاک اضافه می‌شود جزء بنتونیت آن رطوبت خاک را جذب می‌کند و موجب می‌شود که گرانوله‌های کود به اجزای ریز حاوی گوگرد تقسیم شود. این امر سبب می‌شود که گوگرد سریع‌تر به یون سولفات تبدیل شود (راندازو، ۲۰۰۹). گوگرد بنتونایتی برای اولین بار در ایالات متحده به بازار عرضه شد، که حاوی ۹۰ درصد گوگرد عنصری و ۱۰ درصد بنتونایت بوده است. این فرآورده غبار تولید نمی‌کند، خاصیت انبارداری و حمل و نقل آن خوب است و با داشتن اندازه مناسب، برای مخلوط شدن با مواد جامد حامل P و N بسیار مطلوب می‌باشد (امیرمکری و ملکوتی، ۱۳۸۴). مناسب‌ترین قطر گرانول‌های گوگرد بنتونایت برای استفاده در بخش کشاورزی را می‌توان ۲-۵ میلی‌متر عنوان کرد. زیرا گرانول‌ها پس از قرارگیری در مجاورت رطوبت گسسته و با اندازه ذرات بین ۷۵-۱۵۰ میکرون از هم پاشیده می‌شود، ذرات با این اندازه جهت اکسیداسیون و دسترسی گیاه مناسب‌تر می‌باشند (همیلتون، ۲۰۱۲). بوسول و همکاران (۱۹۸۸) در مطالعه‌ی تأثیر نسبت‌های بنتونایت در گرانول‌های گوگرد بنتونایتی، برای دسترسی گیاهان مرتعی با مقدار ۴۰-۵ درصد بنتونایت در گرانول‌ها دریافتند که با افزایش مقدار بنتونایت، گوگرد قابل دسترس برای گیاه افزایش می‌یابد، همچنین بنتونایت موجب کاهش آبشویی فلزاتی مانند آرسنیک، کادمیوم و سرب در خاک‌های آلوده می‌شود (کایسر، ۲۰۰۰). کمبود گوگرد با مصرف گوگرد طی مراحل رشد برطرف می‌گردد، منتها باید کودی قبل از گلدهی کلزا انجام شود (مالهی و لیچ، ۲۰۰۰).

۲-۳-۳- سدیم هیدروسولفید NaHS (دهنده سولفید هیدروژن)

سولفید هیدروژن گازی بی‌رنگ، قابل اشتعال، با رایحه تخم‌مرغ فاسد شده است. تا مدت‌ها تصور بر این بود که سولفید هیدروژن یک گاز سمی است، ولی کم‌کم آشکار شد که در گیاهان نقش مهمی به‌عنوان تنظیم‌کننده فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه از جمله جوانه‌زنی بذر، فتوسنتز و پیری گلها دارد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱). گیاهان قادر به جذب برگی سولفید هیدروژن (H_2S) به‌عنوان منبعی از گوگرد برای رشد هستند، به‌خصوص تحت شرایطی که دسترسی به گوگرد در محیط ریشه محدود شده باشد (کورالسکا و همکاران، ۲۰۰۸). یکی از منابع سولفید هیدروژن، NaHS است. به اثبات رسیده که NaHS به‌عنوان دهنده (H_2S) می‌تواند رشد ریشه و جوانه‌زنی بذر را تقویت کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰). شواهدی وجود دارد که سدیم هیدروسولفید به‌عنوان دهنده سولفید هیدروژن در پاسخ آن‌تی‌اکسیدانی گیاه به شرایط تنش نقش دارد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۰). کاربرد سدیم هیدروسولفید به صورت خارجی در گیاهان bermudagrass در تنش شوری سرما میزان قند محلول را افزایش داد (شی و همکاران، ۲۰۱۳) همچنین با محلول‌پاشی سدیم هیدروسولفید (دهنده سولفید هیدروژن) تنش شوری کاهش یافت (وانگ و همکاران، ۲۰۱۲). H_2S به‌عنوان یک ترکیب مهم در متابولیسم گوگرد گیاه نقش دارد. قابل توجه است که تأمین گوگرد می‌تواند به گیاهان در مقابله با کمبود آهن کمک کند (استولفی و همکاران، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲؛ زوجی و همکاران، ۲۰۱۲). افزایش میزان اکسین و نیتریک اسید در سه رقم گیاه کلزا بر اثر تیمار سدیم هیدروسولفید گزارش شده است (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۹). میزان گزارش شده است که کاربرد NaHS به‌عنوان دهنده سولفید هیدروژن موجب افزایش جوانه‌زنی بذر گندم می‌شود همچنین موجب کاهش خطرات اکسیداتیو تحت تنش مس، جلوگیری از کاهش کلروفیل و کاهش آسیب اکسیداتیو ناشی از تنش اسمزی در جوانه‌زنی سیب زمینی شیرین می‌شود (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹). H_2S سبب افزایش فتوسنتز در گیاه اسفناج و محافظت از جوانه‌زنی گیاه جو در برابر سمیت آلومینیوم نیز شده است (چن و همکاران، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳).

۲-۴- ویتامین ها

ویتامین ها ترکیبات آلی هستند که برای انجام واکنش های خاص متابولیک ضروری اند، بیشتر آن ها به عنوان کوآنزیم یا جزئی از آنزیم در فعال کردن واکنش های ضروری شرکت می کنند (شاکر حسینی و آزادبخت، ۱۳۸۳). سنتز ویتامین ها به طور عمده به عنوان واسطه های اساسی در واکنش های بیوشیمیایی می باشد یا به عنوان کاتالیزور در مسیرهای مختلف استفاده می شود. ویتامین ها به دو گروه اصلی محلول در آب (اسیدآسکوربیک، تیامین، ریبوفلاوین، پیریدوکسین، اسیدفولیک و بیوتین) و محلول در چربی (آ، ای، دی، کا) تقسیم می شوند (هورتن، ۲۰۰۶). ویتامین ها می توانند به عنوان یک تنظیم کننده زیستی در نظر گرفته شوند که در غلظت های کم تأثیر عمیقی بر رشد گیاه می گذارند (عبدالعزیز و همکاران، ۲۰۰۷). ویتامین های گروه B از جمله ویتامین هایی هستند که برای پیش تیمار بذر از آن ها استفاده می شود، در این گروه می توان به تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین، بیوتین، پیریدوکسین و اسیدفولیک اشاره کرد (ربانی چادگانی، ۱۳۸۷). ثابت شده است که ویتامین های گروه B جهت بهبود جوانه زنی بذر ضروری هستند (بوگیرس و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۴-۱- نقش ویتامین ها در رشد و نمو گیاهان

امروزه از ویتامین ها برای پیش تیمار بذر استفاده می شود. ویتامین ها مانند سایر گروه های غذایی به روش های مختلف در اختیار گیاهان قرار می گیرند. ویتامین ها را می توان به صورت خیساندن بذر گیاهان در محلول ویتامین، خیس کردن قلمه های گرفته شده از گیاهان در محلول ویتامین، اسپری برگی روی گیاه و همچنین از طریق اضافه شدن به محیط خاک و ریشه (همراه با آبیاری) در اختیار گیاه قرار داد (اورتلی، ۱۹۸۷). دت و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند نقش اصلی ویتامین ها برای جلوگیری از تخریب ناشی از رادیکال های آزاد می باشد. ویتامین ها می توانند به عنوان تنظیم کننده های زیستی در غلظت های کم تأثیر به سزایی در رشد گیاه داشته باشند که بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند سنتز آنزیم ها را تحت تأثیر قرار می دهند (عبدل حمیم، ۱۹۹۵؛ هاتوت، ۱۹۹۵).

ویتامین‌های گروه B یک فاکتور ضروری برای متابولیسم اسیدهای آمینه و سنتز آنتی‌بیوتیک می‌باشند (دولت آبادیان و ثانوی، ۲۰۰۸). اثرات ویتامین‌ها و کاربرد آن‌ها به‌صورت اسپری برگ‌ری سبزیجات سبب شده است که تولید گیاهان در بسیاری از گزارش‌ها بیش‌تر شود (ال-توهای و همکاران، ۲۰۰۷). محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و تیامین موجب بالا رفتن ارتفاع گیاه، تعداد برگ‌ها، سطح برگ، وزن تر و خشک و ترکیبات شیمیایی در گیاه پنجه‌غازی گردید (ناهد و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی با کاربرد ویتامین‌ها در گیاه برگ‌انجیری و رازیانه گزارش شده است (حسنین، ۲۰۰۳). در اثر مصرف اسید آسکوربیک طول ساقه، ریشه و وزن خشک کل در آفتابگردان به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است (دولت آبادیان و ثانوی، ۲۰۰۸).

۲-۴-۲- تیامین

تیامین جزء ویتامین‌های گروه B و محلول در آب است. این ویتامین دارای دو حلقه گوگرددار (تiazول) و نیتروژن‌دار (پریمیدین) است و تأثیر آن در تولید متابولیت‌های ثانویه اثبات شده است (ابراهامیان و کانتاراجه، ۲۰۱۱). ارگانسیم‌های زنده به‌منظور بازی در نقش کوفاکتور به فرم فعال تیامین نیاز دارند که به‌عنوان تیامین پیروفسفات (TPP) شناخته می‌شود. TPP یک جزء مهم است که در بسیاری از فعالیت‌های متابولیکی مانند بیوسنتز استیل کوآنزیم آ، بیوسنتز اسید آمینه، چرخه کربس و چرخه کالوین مورد نیاز است (دیوکیو وانگ و زای، ۲۰۱۱). در گیاهان تیامین نقش خود را به‌عنوان یک کوفاکتور برای فعالیت‌های مهم متابولیکی شناخته است (کولیناس و فیتزپاتریک، ۲۰۱۵). تیامین به‌عنوان کوآنزیم ضروری در تنفس سلولی و در دکربوکسیله شدن پیروات به استیل کوآنزیم آ نقش داشته و سبب ورود مواد اکسیدکننده به سیکل کربس برای تولید انرژی و ایجاد مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده در گیاهان می‌گردد (شاکر حسینی و آزادبخت، ۱۳۸۳؛ گویر، ۲۰۱۰). تیامین یک تنظیم‌کننده اساسی است که نقش مهمی در سیستم نظارتی اولیه گیاهان ایفا می‌کند (بوکویزا و آهارونی، ۲۰۱۴). کاربرد غلظت‌های مختلف تیامین، موجب افزایش رشد در گیاهان

سویا (ناهید و همکاران، ۲۰۱۰) و کتان (ال شاوی و همکاران، ۲۰۰۸) شده است. بر اساس نتایج به- دست آمده توسط محجوب و همکاران (۲۰۱۱) محلول پاشی تیامین باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی کوکب نسبت به گیاهان شاهد شد. کاربرد تیامین در گلایول باعث افزایش کلروفیل a و b، کلروفیل کل، کاروتنوئید و قندهای محلول نسبت به گیاه شاهد شد (ناهد و همکاران، ۲۰۰۹). در گزارش دیگر کاربرد تیامین موجب افزایش قندهای محلول گیاه نوش (*Thuja orientalis*) شد (ناهد و همکاران، ۲۰۱۰)، گزارش شده است که این ویتامین تحمل به استرس اکسیداتیو تحمیل شده توسط پاراکوات را در آرابیدوپسیس تقویت می‌کند (تانک- ازدمیر، ۲۰۰۹). علی‌پور و محسن‌زاده (۱۳۹۱) مشاهده کردند گیاهان آلئوئورا تیمار شده با تیامین تحت تنش نیکل و کادمیوم، زیست توده گیاه را بهبود بخشید. اعلام شده است که تیامین برای رشد ضروریست و نقش مستقیم یا غیرمستقیم در ایجاد و توسعه ریشه‌های گیاهی دارد (گویر، ۲۰۱۰؛ ابراهامیان و کانتاراجه، ۲۰۱۱). تیامین در توسعه و رشد ریشه اهمیت دارد و فرم‌های مختلفی از ویتامین B برای تحریک تقسیم سلولی شناخته شده است (أهن و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۴-۳- بیوتین

ویتامین‌ها به‌عنوان فاکتورهای رشدی شناخته می‌شوند که فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بیوتین از ویتامین‌های گروه B محلول در آب می‌باشد که عمدتاً در فعالیت آنزیم‌ها (فرآیندهای کربوکسیلاسیون، دکربوکسیلاسیون و واکنش ترانس کربوکسیلاسیون) در چرخه متابولیسم سلولی نقش دارد و با افزایش متابولیسم سلول موجب رشد و تقسیم سلولی می‌شود (شرف الدین و همکاران، ۲۰۰۸). بیوتین برای متابولیسم اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب ضروری است (پولیاک و همکاران، ۲۰۱۲). چسبیدن واحدهای دو کربنی به یکدیگر برای ساختن اسیدهای چرب به مصرف موقت گروه کربوکسیل نیاز دارد که به‌وسیله بیوتین انجام می‌گیرد (جان و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین بیوتین به‌عنوان کوفاکتور برای مجموعه‌ای از آنزیم‌ها عمل می‌کند که در برخی از

فرآیندهای متابولیسم کربوکسیلاسیون و واکنش‌های دی‌کربوکسیلاسیون کاتالیز می‌شود (نوولز، ۱۹۸۹). طبق نتایج وجودی و همکاران (۱۳۹۷) محلول‌پاشی گیاه نعنای با جیبرلین و بیوتین موجب افزایش محتوی اسانس، فنل، فلاونوئید، مقدار نسبی آب برگ و کلروفیل a و b شد.

۲-۵- تأثیر گوگرد بر رشد و نمو گیاهان

راوی و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که کاربرد گوگرد موجب افزایش تولید ماده خشک و بهبود اجزای عملکرد (کلاپرک در بوته، تعداد دانه در کلاپرک و وزن هزاردانه) گلرنگ نسبت به شاهد شد. نجارزادگان و همکاران (۱۳۸۷) نشان دادند سطح ۴۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بیش‌ترین تجمع ماده خشک را در کلزا داشته است. بهمنیار و همکاران (۱۳۸۴) پی بردند که کاربرد گوگرد در تیمارهای مختلف به‌طور معنی‌دار موجب افزایش ماده خشک و عملکرد سویا گردید. اخوان و فلاح نصرت آباد (۱۳۹۲) در تحقیق خود نشان دادند که گوگرد سبب افزایش ماده خشک و درصد روغن در گیاه کلزا می‌شود. پلات و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که میزان ماده خشک و وزن هزار دانه گندم در طی دوره رشد زایشی با کاربرد گوگرد افزایش یافت. بشارتی و فلاح (۱۳۸۸) نشان دادند که بیش‌ترین وزن خشک بخش هوایی ذرت از مصرف ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و مصرف ۴ درصد مایه تلقیح به‌دست آمد. خان و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که ارتفاع بوته کلزا به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر گوگرد قرار گرفت. چیمما و همکاران (۲۰۰۱) میزان تأثیر گوگرد در چهار سطح را روی کلزا ارزیابی کردند و بالاترین ارتفاع را با ۶۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار گزارش کردند. گزارش شده است که گوگرد تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد کپسول در بوته را در گلرنگ افزایش می‌دهد (راتور و ماناهور، ۱۹۸۹). راوی و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که کاربرد ۳۰ کیلوگرم گوگرد، تعداد شاخه‌ها گلرنگ را نسبت به سایر تیمارها بهبود بخشید. نادری عارفی (۱۳۸۶) گزارش نمودند که افزایش گوگرد موجب افزایش برخی از صفات رویشی مانند سطح برگ، ماده خشک کل، ارتفاع بوته و ارتفاع محل تشکیل اولین شاخه کلزا گردید. نجارزادگان و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی سطوح مختلف

گوگرد بر کلزا دریافتند که حداکثر میزان شاخص سطح برگ در کلزا متعلق به تیمار ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. سالواگیوتی (۲۰۰۶) و سالواگیوتی و میرالز (۲۰۰۸) اظهار داشتند که مصرف گوگرد باعث افزایش ۱۳ درصدی شاخص سطح برگ نسبت به شاهد می‌شود. به عقیده‌ی زولک و همکاران (۲۰۰۸) کاربرد گوگرد تأثیری بر شاخص سطح برگ ندارد. ولی هاکینگ و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که کاربرد گوگرد در کلزا شاخص سطح برگ را افزایش می‌دهد.

۲-۶- تأثیر گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد

جلیلی و همکاران (۱۳۷۹) گزارش نمودند با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عنصری عملکرد کلزا از ۴۴۷۰ کیلوگرم به ۵۰۵۵ کیلوگرم افزایش یافت و این افزایش در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. نورالله و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند کاربرد گوگرد در کشت کلزا، می‌تواند از طریق افزایش تعداد کپسول در واحد سطح باعث افزایش عملکرد گردد. گزارش شده که کمبود گوگرد عملکرد دانه سویا را از طریق تأثیر بر رشد گیاه در دوره پر شدن دانه کاهش می‌دهد (بوم و همکاران، ۲۰۰۷). کود گوگرد با اکسید شدن و تولید اسیدسولفوریک می‌تواند موجب جذب عناصر غذایی و در نهایت افزایش عملکرد محصولات شود (ایرشاد و همکاران، ۲۰۱۱). کمبود گوگرد می‌تواند اختلال عمیقی در متابولیسم دانه، کاهش تجمع ذخایر بذر و کاهش بقای گیاه و قدرت جوانه‌زنی ایجاد کند (دیپهوقه و همکاران، ۲۰۱۴). فنگ و چن (۲۰۱۱) گزارش دادند که کمبود گوگرد در پنبه به میزان قابل توجهی تعداد قوزه در بوته را کاهش داد. اردم و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند کاربرد گوگرد بر اساس ویژگی‌های خاک به‌خصوص مقدار سولفات قابل جذب باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود. شهابی‌فر (۱۳۸۵) تأثیر مقادیر مختلف گوگرد بر عملکرد و اجزای آن و غلظت عناصر در اندام گیاهی ذرت دانه‌ای را مورد بررسی قرار داد و اظهار داشت که اثر گوگرد بر صفت عملکرد دانه معنی‌دار شد. رضوی‌پور و صبوری (۱۳۸۵) در مطالعه‌ای روی اثرات گوگرد بر عملکرد کلزا دریافتند که کاربرد ۷۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه کلزا نسبت به شاهد شد.

آثار مثبت گوگرد بر فتوسنتز، متابولیسم گیاه و تقویت گیاهان در مرحله زایشی تشکیل دانه را تحریک می‌کند و در نتیجه تعداد دانه در خورجین گیاه کلزا افزایش می‌یابد (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳). گیلانی و همکاران (۱۳۹۷) گزارش نمودند که کود گوگرد در سطح احتمال یک درصد روی صفات تعداد دانه در غلاف و عملکرد بیولوژیک گیاه ماش معنی‌دار بود. موسوی و همکاران (۲۰۱۴) اثر مثبت گوگرد را بر تعداد دانه در خوشه‌های اصلی و فرعی کرچک گزارش کردند. در بررسی اثر گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، رشید و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند که بیشترین تعداد دانه در بلال با کاربرد مقادیر بالای گوگرد حاصل می‌گردد. بررسی کریمی و همکاران (۱۳۹۱) نشان‌دهنده‌ی افزایش معنی‌دار وزن دانه کلزا در نتیجه مصرف گوگرد می‌باشد. فروغی و عبادی (۱۳۹۱) گزارش کردند بالاترین وزن هزار دانه در گلرنگ، از تیمار کودی ۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. چقازردی و همکاران (۱۳۹۲) در گیاه ذرت تأثیر حضور گوگرد بر وزن هزار دانه را گزارش کردند. ماهلی و همکاران (۲۰۰۵) و ستار و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند که وزن هزار دانه خردل با افزایش سطح گوگرد تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است.

۲-۷- تأثیر گوگرد بر کلروفیل برگ

گوگرد با اینکه در ساختار کلروفیل وجود ندارد ولی نقش مهمی در مقدار کلروفیل برگ دارد چون کمبود آن موجب رنگ‌پریدگی آشکار در گیاه می‌شود. بنابراین گوگرد برای تشکیل کلروفیل ضروری است. گوگرد یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان محسوب می‌شود و کمبود آن سبب کاهش کلروفیل در سلول‌های برگ شده که نتیجه آن کاهش رشد گیاه می‌باشد (قاسمیان، ۲۰۰۰). این عنصر نقش مهمی در متابولیسم اسیدهای چرب، اسیدهای آمینه گوگرددار و کلروفیل برگ دارد و در نتیجه می‌تواند موجب افزایش عملکرد دانه گردد (بارکر و پیلیم، ۲۰۰۷). حیدری و رضاپور (۱۳۹۰) اعلام نمودند مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد سبب افزایش کلروفیل a و عملکرد گیاه دارویی سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) می‌گردد. ساها و سینک (۱۹۸۷) با تحقیق بر روی بادام

زمینی نتیجه گرفتند که مصرف ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد عنصری در هکتار مقدار کلروفیل برگ را افزایش و مقدار pH شیره سلولی و آهن برگ را کاهش داد که این امر احتمالاً به دلیل تأثیر گوگرد بر تعادل عناصر غذایی برگ بوده است که موجب افزایش فعالیت آهن و محتوی کلروفیل برگ گردیده است. کومارت و همکاران (۲۰۰۶) در آزمایشی اثر گوگرد و آهن را روی فعالیت آنزیمی و محتوی کلروفیل لوبیا بررسی کردند و نتایج نشان داد ۶۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار اثر مثبت روی کلروفیل داشت.

۲-۸- تأثیر گوگرد بر پروتئین دانه

افزایش درصد پروتئین ناشی از مشارکت گوگرد در ساختمان اسید آمینه‌هایی مانند سیستئین و متیونین می‌باشد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). با کاربرد ۳۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار عملکرد دانه، مقدار روغن و پروتئین دانه در ارقام و گونه‌های مختلف براسیکا بیش‌ترین مقدار را داشت (مالهی و همکاران، ۲۰۰۷). صفاری و همکاران (۱۳۹۰) گزارش نمودند با افزایش میزان گوگرد عملکرد دانه، تعداد غوزه، تعداد دانه در غوزه، درصد روغن و پروتئین در پنبه به‌طور بسیار معنی‌دار افزایش یافت. چاهوهان (۲۰۱۳) اظهار داشت که گوگرد می‌تواند سبب فراهمی جذب عناصر ضروری مورد نیاز سویا شده و درصد پروتئین و روغن دانه را بهبود می‌بخشد.

۲-۹- تأثیر گوگرد بر روغن دانه

گوگرد همچنین از مواد تشکیل دهنده کوآنزیم آ است. زمانی که با اسید استیک ترکیب می‌شود، استیل کوآنزیم آ به‌وجود می‌آید که در متابولیسم چربی‌ها اهمیت دارد (والتر هلد و پیکولا، ۲۰۱۱). کمبود گوگرد می‌تواند سبب کاهش کربوکسیلاز استیل کوآنزیم آ و در نتیجه موجب کاهش بیوسنتز روغن گردد (الطاف و همکاران، ۲۰۰۰). مالهی و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند با کاربرد گوگرد میزان روغن و پروتئین دانه گیاه کلزا افزایش یافت. میرزاشاهی و همکاران (۱۳۸۹) نیز گزارش کردند که مصرف گوگرد سبب افزایش معنی‌دار در درصد روغن دانه کلزا شد. در مطالعه‌ای گوگرد روی کلزا در

هندوستان گزارش شده است که کاربرد منابع مختلف گوگرد در مرحله قبل از گلدهی سبب افزایش عملکرد دانه و درصد روغن گردید (شرما و همکاران، ۱۹۹۱). کاندیل و گاد (۲۰۱۲) در بررسی اثر منابع مختلف گوگرد بر عملکرد و کیفیت کلزا بیان کردند که اثر منابع مختلف بر پارامترهای رشد، مقدار روغن و پروتئین دانه و مقدار عناصر پرمصرف و کم مصرف موجود در دانه معنی‌دار شد (هاک اسفورد، ۲۰۱۲).

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود) اجرا شد. شهر بسطام در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ۵۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک است و میانگین بارندگی سالانه در این منطقه حدود ۱۵۴ میلی‌متر است و بارندگی‌ها عمدتاً در فصل پاییز و بهار رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۹/۶- و ۴۰ درجه سانتی‌گراد است.

۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

جدول ۳-۱- خصوصیات خاک محل آزمایش

پارامترهای اندازه گیری شده	مقدار	واحد
شن	۲۰/۱	درصد
لای	۴۹/۲	درصد
رس	۳۰/۷	درصد
کربن آلی	۰/۴	درصد
نیتروژن کل	۰/۱۰	درصد
پتاسیم قابل جذب	۲۸۰	پی‌پی‌ام
فسفر قابل جذب	۱۰	پی‌پی‌ام
روی	۱/۱	پی‌پی‌ام
هدایت الکتریکی	۱/۵	دسی‌زیمنس بر متر

۳-۳- طرح و تیمارهای آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه‌ی بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل مصرف خاکی گوگرد به شکل بنتونیت‌دار در دو سطح (عدم مصرف و مصرف)، محلول‌پاشی منابع گوگرد در سه سطح (صفر، گوگرد مایع و سدیم هیدروسولفید) و پیش‌تیمار بذری با ویتامین‌های گوگرددار در سه سطح (صفر، تیامین و بیوتین) بودند، که روی گیاه کلزای بهاره رقم هایولا ۴۰۱ اعمال شدند. مصرف گوگرد به شکل گرانوله بنتونیت‌دار (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کاشت مورد استفاده قرار گرفت. گوگرد مایع با غلظت ۱/۵ در هزار از منبع سولفام، ۳۰ درصد گوگرد و NaHS به عنوان دهنده سولفید هیدروژن با غلظت ۰/۶ میلی‌مولار قبل از گلدهی گیاه محلول‌پاشی شدند. برای پیش‌تیمار بذری با ویتامین‌های تیامین و بیوتین از غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر استفاده شد. آزمایش دارای ۵۴ کرت بود، که در هر کرت آزمایشی ۴ خط کاشت به طول ۴ متر با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۵ سانتی‌متر قرار گرفت در مجموع در هر تکرار ۱۸ ترکیب تیماری (شکل ۳-۱) وجود داشت.

تکرار ۳	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2
	b1	b2	b2	b3	b2	b3	b1	b3	b2	b1	b3	b2	b1	b2	b3	b1	b3
	c2	c3	c2	c1	c1	c3	c1	c2	c3	c1	c3	c2	c3	c1	c2	c3	c1
تکرار ۲	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1
	b3	b3	b1	b3	b3	b2	b1	b3	b2	b1	b2	b1	b2	b1	b3	b2	b1
	c3	c2	c1	c3	c2	c3	c2	c1	c1	c2	c3	c1	c2	c3	c1	c2	c3
تکرار ۱	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2
	b2	b3	b3	b2	b1	b3	b2	b1	b3	b2	b1	b2	b1	b3	b2	b1	b3
	c1	c3	c1	c2	c3	c1	c2	c3	c2	c1	c2	c3	c1	c2	c3	c1	c2

شکل ۳-۱ نقشه کشت طرح آزمایشی

a₁: عدم مصرف کود b₁: عدم محلول‌پاشی C₁: عدم پیش‌تیمار
a₂: مصرف خاکی گوگردی b₂: محلول‌پاشی سدیم هیدروسولفید C₂: پیش‌تیمار بیوتین
b₃: محلول‌پاشی گوگرد مایع C₃: پیش‌تیمار تیامین

۳-۴- عملیات اجرایی

۳-۴-۱- آماده سازی بستر و کاشت

زمین در سال قبل به صورت آیش بود. حدود دو هفته قبل از کاشت در تاریخ ۹۷/۱۱/۲۷ اقدام به آماده سازی زمین با استفاده از دیسک گردید. عملیات کاشت در تاریخ ۹۷/۱۲/۱۴ با دست انجام شد. عمق کاشت بذر ۲-۱/۵ سانتی متر بود. در هر کرت آزمایشی ۴ خط کاشت به طول ۴ متر با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی متر و روی ردیف ۵ سانتی متر قرار داشت. دو خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و صفات مورد نظر از خطوط وسط اندازه گیری شدند.

۳-۴-۲- اعمال تیمارها

مصرف گوگرد به فرم گرانوله بنتونیت دار بر اساس میزان در نظر گرفته شده برای هر خط کاشت اندازه گیری شد و زیر بذور قرار گرفت و مقداری خاک روی آن ریخته شد و در نهایت کاشت بذور صورت پذیرفت. پیش تیمار بذر با تیمارهای مورد نظر (بیوتین و تیامین) در ظروف جداگانه به مدت ۳ ساعت و با رعایت هوادهی به این شکل که قسمت بالایی بذور در مجاورت هوا قرار گرفت و قسمت پایین در محلول ویتامینه شناور بود انجام گرفت. سپس بذور در سایه خشک شدند. تیمار محلول پاشی گوگرد مایع و سدیم هیدروسولفید با غلظت های مورد نظر طی یک مرحله و در دو روز متوالی قبل از گلدهی (۶۲ روز پس از کاشت)، هنگام غروب و در هوای ملایم انجام شد. به طوری که برگ های گیاه کاملاً خیس شدند.

۳-۴-۳- داشت

آبیاری به صورت جوی و پشته ای هر هفت روز یکبار انجام شد. مقادیر آب مصرفی برای تمام تیمارها تقریباً یکسان بود. پس از استقرار بوته ها اقدام به تنک کردن بوته های اضافی گردید. بلافاصله بعد از مشاهده علف های هرز عملیات وجین آغاز گردید و تقریباً یک ماه به طول انجامید.

۳-۴-۴- برداشت

برداشت جهت تعیین عملکرد نهایی و اجزای عملکرد، در تاریخ ۹۸/۴/۱۶ مقارن با (۲۳) روز پس از کشت) انجام شد، در این زمان بوته‌ها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و بذرها داخل خورجین قابل تشخیص و جدا شدن بودند.

۳-۵- نمونه برداری

از دو هفته پس از محلول‌پاشی نمونه برداری جهت اندازه‌گیری صفات آغاز گردید. بدین منظور ردیف‌های کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. برای اندازه‌گیری صفات زراعی ۵ بوته کلزا به‌نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوطه را نشان دهند. قطع بوته‌ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه صورت گرفت. نمونه‌ها پس از برداشت در پاکت قرار داده شدند و جهت تعیین این صفات به آزمایشگاه انتقال داده شدند. جهت اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک نیز بر حسب نیاز از برگ یا بوته هم‌سن و درگیر در رقابت استفاده گردید.

۳-۶- اندازه‌گیری صفات زراعی و مورفولوژیک

طول ساقه اصلی در ۵ بوته از هر کرت بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و سپس میانگین آن‌ها ثبت گردید. قطر ساقه با استفاده از کولیس بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری و سپس میانگین آن محاسبه گردید. همچنین صفاتی مانند تعداد انشعابات جانبی (شاخه‌های فرعی و فرعی فرعی) شمارش و در نهایت از میانگین آن‌ها برای انجام محاسبات استفاده گردید.

۳-۶-۱- وزن خشک برگ، ساقه و خورجین

نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به بخش‌های برگ، ساقه و خورجین تفکیک و به‌طور مجزا در پاکت قرار داده شدند. بخش‌های تفکیک شده به مدت ۴۸ ساعت (تا رسیدن به وزن ثابت) در دمای

۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند. پس از اعمال زمان لازم پاکت‌ها دقایقی در محیط آزمایشگاه قرار داده شدند تا با محیط آزمایشگاه به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. مقادیر به‌دست آمده بر حسب گرم در مترمربع محاسبه گردید.

۳-۶-۲- شاخص سطح برگ

اندازه‌گیری سطح برگ‌های جدا شده از نمونه‌ها توسط دستگاه سنجش سطح برگ انجام و شاخص سطح برگ بر حسب مترمربع سطح برگ به مترمربع سطح زمین محاسبه گردید. بر اساس تعریف، واژه شاخص سطح برگ شامل نسبت سطح برگ محصول به سطح زمینی است که محصول روی آن سایه می‌اندازد. از آنجا که تشعشع خورشیدی به‌طور یکنواخت روی سطح زمین پخش می‌شود، لذا LAI یک معیار تقریبی از مساحت برگ‌ها در واحد سطح است که تشعشع خورشیدی برای آن‌ها قابل دسترس می‌باشد.

۳-۶-۳- عملکرد و اجزای عملکرد

۱۲۳ روز پس از کاشت زمانی که گیاهان به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رسیده بودند، از هر کرت ۵ بوته برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، و وزن هزار دانه) و تعداد ۱۰ بوته برای تعیین عملکرد نهایی برداشت شد.

۳-۷-۱- اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک

۳-۷-۱- میزان کلروفیل و کاروتنوئید

به‌منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ، دو هفته پس از محلول‌پاشی به‌طور تصادفی از چند گیاه در هر کرت، از برگ‌های هم‌سن نمونه‌برداری انجام شد. جهت ارزیابی غلظت کلروفیل برگ از روش بدون لهیدگی استفاده شد. بدین ترتیب ۰/۰۱ گرم از بافت تازه برگ توزین و به قطعات کوچکی خرد شد. به نمونه‌ها ۶ میلی‌لیتر دی‌متیل سولفوکسید اضافه شد و محلول حاصل به مدت ۴ ساعت درون

حمام آب گرم با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. نمونه‌ها از حمام آب گرم خارج شدند و پس از سرد شدن با قرار گرفتن در اسپکتروفتومتر مدل Jenway ۶۳۰۵ ساخت کشور آلمان، میزان جذب نمونه‌های حاوی کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. سپس با استفاده از روابط موجود میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید محاسبه گردید (هیسوکسوایسریلستام، ۱۹۷۹).

$$\text{Ch a } (\mu\text{g /ml}) = (12.25 \text{ A } 663) - (2.55 \text{ A } 645) \quad (\text{رابطه ۱-۳})$$

$$\text{Ch b } (\mu\text{g /ml}) = (20.31 \text{ A } 645) - (4.91 \text{ A } 663) \quad (\text{رابطه ۲-۳})$$

$$\text{Ch T} = \text{ch a} + \text{ch b} \quad (\text{رابطه ۳-۳})$$

$$\text{Car } (\mu\text{g/ml}) = (1000 \text{ A } 470 - 1.90 \text{ chl a} - 63.14 \text{ chl b})/214 \quad (\text{رابطه ۴-۳})$$

پس از جایگزین کردن داده‌ها در روابط بالا اعداد به‌دست آمده در $v/w \times 1000$ ضرب گردید تا اعداد بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آیند. V حجم محلول کلروفیلی بر حسب میلی‌لیتر و w وزن نمونه تر برگ بر حسب گرم می‌باشد.

۳-۷-۲- پایداری غشاء پلاسمایی برگ

برای تعیین شاخص پایداری غشاء پلاسمایی اقدام به نمونه‌گیری تعدادی برگ هم‌سن از هر ترکیب تیماری گردید، از نمونه برگ‌های تهیه شده به اندازه ۰/۰۱ گرم به‌صورت قطعات کوچک و هم‌اندازه جدا گردید، سپس این قطعات به فالکن‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد (C1) قرار داده شدند. به همین ترتیب سری دوم فالکن‌ها آماده‌سازی گردید و این بار به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد (C2) قرار

گرفتند. پس از خنک شدن، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد هدایت الکتریکی آن‌ها توسط دستگاه Ec متر اندازه‌گیری شد و از طریق رابطه ۳-۵ میزان پایداری غشاء پلاسمایی محاسبه گردید (سایرام و سریوآساوا، ۲۰۰۱).

$$\text{رابطه ۳-۵} \quad 100 \times (C1/C2) - 1 = \text{پایداری غشاء پلاسمایی}$$

۳-۷-۳- مقدار نسبی آب برگ

از هر کرت دو بوته به‌طور تصادفی انتخاب و از هر بوته یک برگ جوان و کاملاً رشد یافته قطع گردید. برگ‌ها بلافاصله درون پوشش‌های پلاستیکی داخل یخدان به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از توزین با ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم (وزن تر)، به مدت ۲۴ ساعت درون آب مقطر و در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (روش کرامر، ۱۹۸۳). سپس برگ‌ها از آب مقطر خارج و آب روی آن‌ها با دستمال خشک گردیدند و دوباره توزین شدند (وزن اشباع)، در نهایت نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید (وزن خشک). مقدار نسبی آب برگ با استفاده از رابطه ۳-۶ محاسبه شد.

$$\text{رابطه ۳-۶} \quad 100 \times \frac{(\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع})}{(\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})} = \text{مقدار نسبی آب برگ}$$

۳-۷-۴- اندازه‌گیری گوگرد کل

گوگرد کل در گیاه با روش هضم در لوله‌های مخصوص در مجاورت نیترات منیزیم و اسید پرکلریک اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵). این روش دارای چند مرحله بود.

- تهیه محلول نیترات منیزیم: ۰/۴ گرم سولفات پتاسیم (K_2SO_4) و ۱۰۰۰ گرم نیترات منیزیم ($Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) در آب حل شد و به حجم ۱ لیتر رسانده شد.

- محلول استاندارد ۰/۱ درصد گوگرد: ۵۴/۳۵ گرم از سولفات پتاسیم (K_2SO_4) خالص در آب حل شد و به حجم ۱ لیتر رسانده شد.

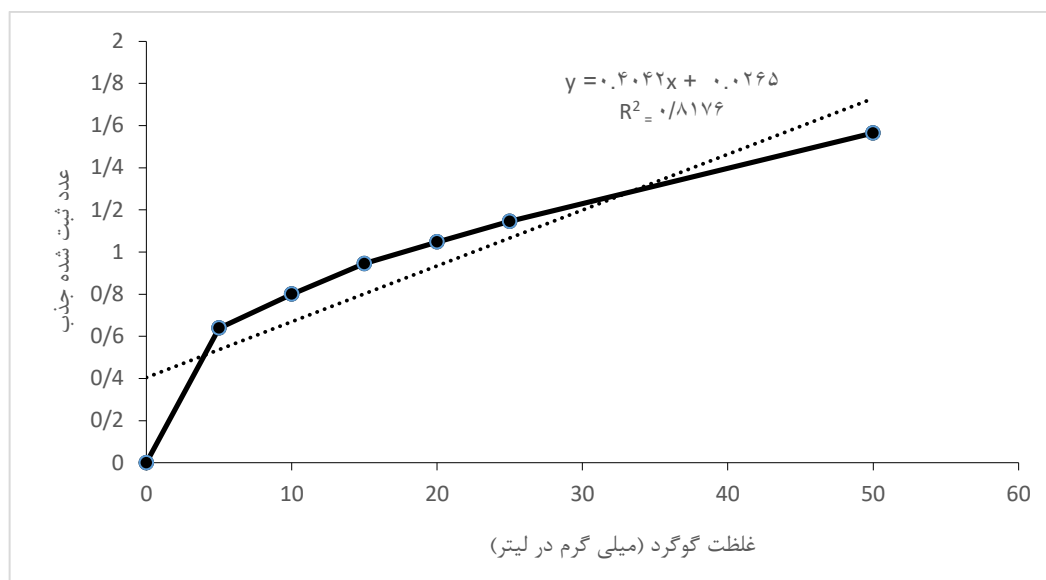
- سری محلول‌های استاندارد گوگرد: ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر از استاندارد ۱٪ گوگرد به بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل و به حجم رسانده شد. این محلول‌ها حاوی ۰، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۱ درصد گوگرد می‌باشند.

- تهیه محلول‌های استاندارد:

۰/۱ میلی‌لیتر از سری محلول‌های استاندارد به کمک میکروپیپت به لوله‌های هضم منتقل شد و ۰/۷ میلی‌لیتر از محلول نیترات منیزیم به آن اضافه شد. نمونه‌ها به مدت یک شب به حال خود رها شدند (یا ۳ ساعت در آن ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد). سپس ۲ میلی‌لیتر اسید پرکلریک غلیظ (۷۰٪) اضافه شد و ۱۵ دقیقه تا دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. در انتها به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد که غلظت گوگرد در نمونه‌ها به ترتیب ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر گوگرد می‌باشد.

- هضم نمونه‌های گیاه:

۰/۱ گرم از نمونه خشک و پودر شده برگ گیاه کلزا با دقت ۰/۰۰۱ توزین و در لوله‌های هضم ریخته شد. به کمک پیپت ۰/۷ میلی‌لیتر از محلول نیترات منیزیم اضافه و لوله‌ها در بلوک هضم قرار داده شدند و به مدت نیم ساعت تا دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند. سپس لوله‌ها از اجاق برداشته شدند و با پیپت ۲ میلی‌لیتر اسید پرکلریک غلیظ (۷۰٪) روی آن‌ها ریخته شد و بعد به مدت ۱۵ دقیقه در اجاق با دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها از اجاق برداشته و حجم آن‌ها به ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد. عصاره‌ها تکان داده و یک شب به حال خود رها شدند تا SiO_2 رسوب کند. میزان گوگرد در عصاره نمونه‌های گیاهی و استانداردها با روش توریدومتری اندازه گیری و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر قرائت شد. مقدار گوگرد نمونه با استفاده از منحنی استاندارد ارزیابی شد (شکل ۳-۲).



شکل ۳-۲- منحنی استاندارد گوگرد در طول موج ۴۲۰ نانومتر

۳-۸- اندازه گیری صفات کیفی

۳-۸-۱- درصد و عملکرد پروتئین دانه

برای انجام عمل هضم ۲۵۰ میلی گرم از ماده گیاهی خوب پودر شده درون فلاسک‌های مخصوص کج‌ال‌ریخته و مقدار ۱/۵ گرم سولفات پتاسیم و ۰/۱۵ گرم سولفات مس به‌عنوان کاتالیزور به هر فلاسک اضافه شد. سپس به هر فلاسک ۱۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ افزوده شد و فلاسک‌ها درون اجاق مخصوص قرار داده شدند. دمای اجاق به آرامی و هر بار ۴۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت تا به دمای ۳۸۰ درجه سانتی‌گراد رسید. این شیوه برای جلوگیری از جوشش و کف کردن مواد درون فلاسک‌ها بسیار مؤثر بود. پایان عمل هضم پس از ۲ تا ۲/۵ ساعت و با تبدیل شدن محلول سیاه‌رنگ درون فلاسک‌ها به محلولی نسبتاً زلال به رنگ سبز بسیار کم‌رنگ مشخص می‌شد. مقدار نیتروژن نمونه‌ها پس از سرد شدن در دمای آزمایشگاه توسط دستگاه کج‌ال‌سنجیده شد.

دستگاه دارای سه مخزن آب مقطر، سود سوزآور ۴۰ درصد و محلول دریافت کننده بود. محلول دریافت کننده از ترکیب ۱۰۰ میلی‌لیتر بروموکروزول سبز (۰/۱ گرم بروموکروزول سبز در ۱۰۰ میلی‌لیتر الکل)، ۷۰ میلی‌لیتر متیل قرمز (۰/۱ گرم متیل قرمز در ۱۰۰ میلی‌لیتر الکل) و ۱۰ لیتر اسید

بوریک ۱ درصد تشکیل شده بود. پس از قرارگیری فلاسک‌ها در دستگاه به‌ترتیب ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی لیتر سود سوزآور ۴۰ درصد به نمونه و با فشار بخار آب عمل تقطیر انجام شد. طی مرحله تقطیر نیتروژن موجود در نمونه به‌صورت گاز آمونیاک متصاعد می‌شود و رنگ محلول حاوی نمونه به قهوه‌ای سوخته تبدیل می‌گردد. گاز آمونیاک حاصل به ظرفی حاوی محلول دریافت کننده منتقل می‌شود و به همراه اسید بوریک، بورات آمونیوم را تشکیل می‌دهد که معرف‌های موجود در محلول دریافت کننده آن را به‌صورت رنگ سبز نمایان می‌سازند. عمل تیتراسیون نیز صورت گرفت. طی این عمل بورات آمونیوم حاصل در محلول دریافت کننده توسط مقدار کافی از محلول تیتریزول اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال و تا رسیدن به رنگ ارغوانی تیره تیتراژ شد. به‌منظور تبدیل مقدار اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرف شده در تیتراسیون به درصد نیتروژن نمونه و تبدیل آن به درصد پروتئین از روابط ۷-۳ و ۸-۳ استفاده شد. ضریب تبدیل برای کلزا ۶/۲۵ در نظر گرفته شد. برای محاسبه عملکرد پروتئین از حاصل ضرب عملکرد در درصد پروتئین دانه استفاده گردید (والینگ و همکاران، ۱۹۸۹).

$$\text{وزن نمونه (گرم)} / (A \times 0.14) = \text{درصد نیتروژن نمونه} \quad (\text{رابطه ۷-۳})$$

$$\text{ضریب تبدیل پروتئین} \times \text{درصد نیتروژن} = \text{درصد پروتئین نمونه} \quad (\text{رابطه ۸-۳})$$

$$A = \text{حجم اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرفی برحسب میلی لیتر}$$

۳-۸-۲- درصد و عملکرد روغن دانه

برای این منظور نمونه‌های پودر شده به مقدار لازم در سل‌های مربوط به دستگاه NIR قرار گرفتند. دستگاه از قبل کالیبراسیون شده و با قرار گرفتن نمونه‌ها در آن با طول موج مشخص میزان روغن دانه اندازه‌گیری شد. عملکرد روغن از حاصل ضرب درصد روغن دانه در عملکرد به‌دست آمد.

۳-۹- تجزیه تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و MSTATC و رسم شکل‌ها توسط نرم‌افزار EXCEL انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

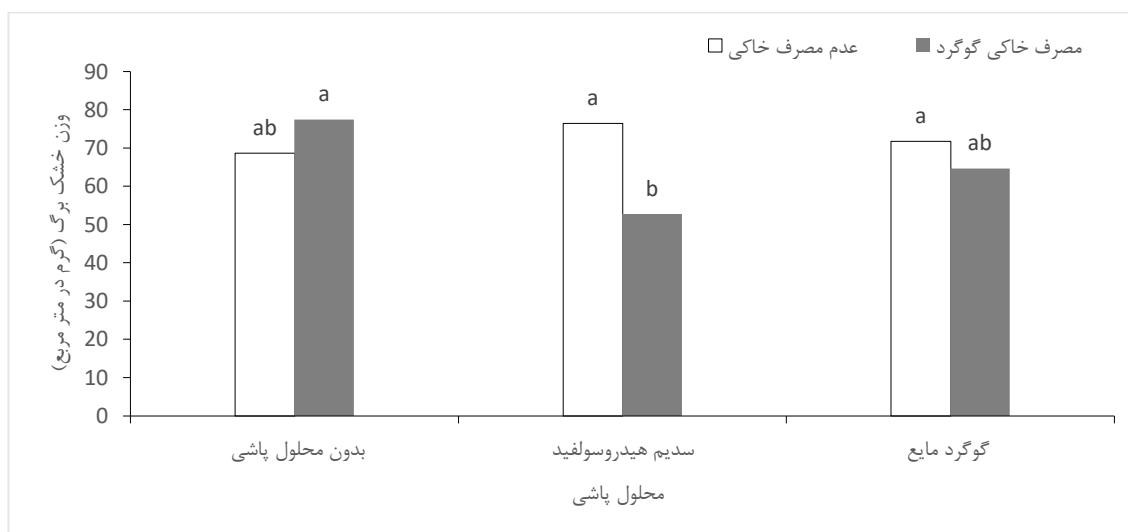
فصل چہارم

نتایج و بحث

۱-۴- ماده خشک برگ، ساقه و خورجین

۱-۴-۱- وزن خشک برگ

نتیجه حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱) نشان داد که تنها اثر متقابل مصرف خاکی گوگرد و محلول پاشی بر وزن خشک برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد. ترکیبات تیماری از نظر تأثیرگذاری بر وزن برگ در شکل ۱-۴ مقایسه شده اند. ملاحظه می گردد که اگرچه محلول پاشی سدیم هیدروسولفید و گوگرد مایع به تنهایی و مصرف خاکی گوگرد به تنهایی موجب افزایش جزئی این صفت نسبت به شاهد و محلول پاشی سدیم هیدروسولفید در شرایط مصرف خاکی گوگرد موجب کاهش این صفت شدند ولی اختلاف هیچ کدام از تیمارها نسبت به شاهد معنی دار نبود. سدیم هیدروسولفید (دهنده سولفید هیدروژن) در گیاهان نقش مهمی به عنوان تنظیم کننده فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه از جمله جوانه زنی بذر، فتوسنتز و پیری گلها دارد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱). بهمنیار و همکاران (۱۳۸۴) در آزمایشی روی سویا دریافتند که کاربرد گوگرد موجب افزایش وزن خشک گیاه می گردد. امانی و همکاران (۱۳۸۶) نشان دادند که تحت تأثیر سطوح مختلف گوگرد در رقم سحر سویا افزایش در وزن خشک دانه و وزن خشک کل گیاه مشاهده شد.



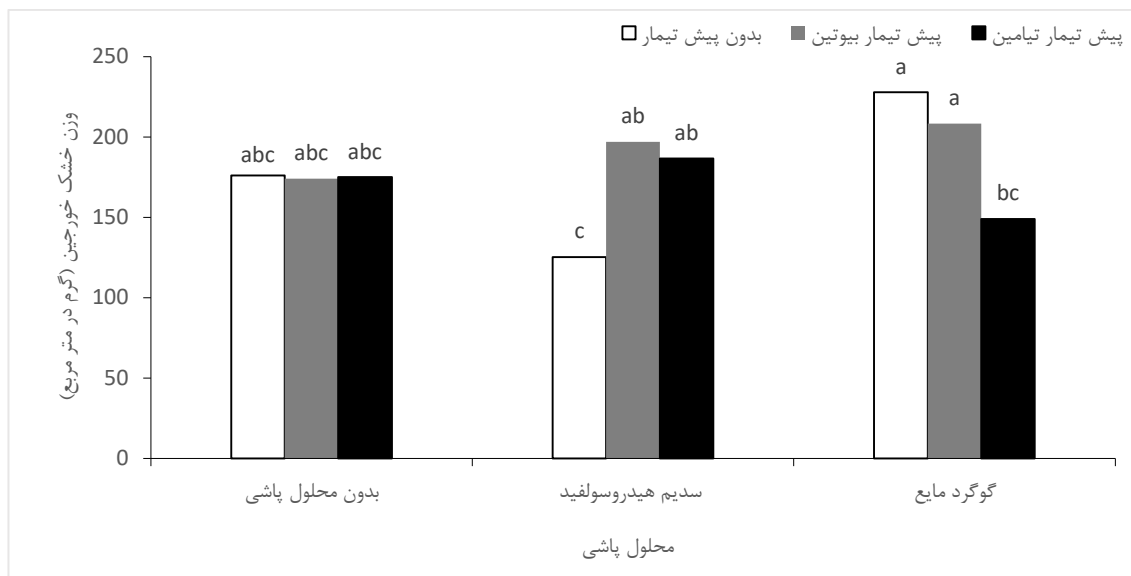
شکل ۱-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و مصرف خاکی گوگرد

۴-۱-۲- وزن خشک ساقه

نتیجه حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱) نشان داد که اثر هیچ کدام از منابع تغییر بر وزن خشک ساقه معنی دار نشد.

۴-۱-۳- وزن خشک خورجین

نتایج نشان داد که اثر متقابل محلول پاشی در پیش تیمار در سطح احتمال ۵ درصد و اثر سه جانبه در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت معنی دار شد (جدول پیوست ۱). همان طور که در شکل ۴-۲ مشاهده می شود هیچ کدام از تیمارها اختلاف معنی داری در وزن خشک خورجین نسبت به شاهد ایجاد نکردند. این در حالی است که مقادیر ثبت شده برای تیمارهای محلول پاشی گوگرد مایع در بذره‌ای تیمار نشده و نیز همراه با پیش تیمار بیوتین برای وزن خشک خورجین به ترتیب ۲۷ و ۱۸ درصد بیشتر از شاهد بود. بررسی برهم کنش سه جانبه تیمارها نشان داد که پیش تیمار بیوتین همراه با محلول پاشی گوگرد مایع در شرایط عدم مصرف خاکی، همچنین پیش تیمار بیوتین بدون محلول پاشی و نیز همراه با محلول پاشی سدیم هیدروسولفید در شرایط مصرف خاکی گوگرد بالاترین وزن خشک کپسول را دارا بودند (جدول پیوست ۷). راوی و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که کاربرد ۳۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار موجب افزایش ماده خشک در گلرنگ شد. ناهد و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان دادند که ویتامین B₁ و C سبب افزایش وزن خشک اندام گیاه می شود.



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک خورجین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی

۴-۲- شاخص سطح برگ

یکی از شاخص‌ها در آنالیز رشد، شاخص سطح برگ می‌باشد که نتایج تجزیه واریانس نشان داد که هیچ‌کدام از منابع تغییر بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول پیوست ۱).

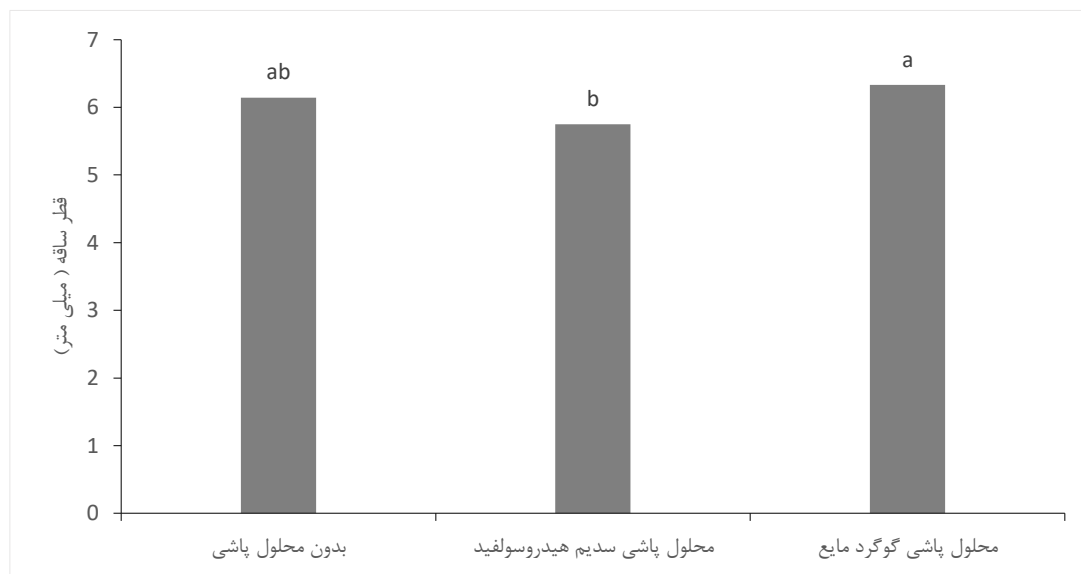
۴-۳- طول ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۲) نشان داد که هیچ‌کدام از منابع تغییر بر طول ساقه معنی‌دار نشد.

۴-۴- قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر اصلی محلول پاشی در سطح احتمال ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۲). همان‌طور که در شکل ۴-۳ مشاهده می‌شود تنها بین دو تیمار محلول پاشی گوگرد مایع و سدیم هیدروسولفید اختلاف معنی‌داری از نظر قطر ساقه وجود داشت و این تیمارها اختلافی نسبت به شاهد نداشتند. جامسون و همکاران (۱۳۸۸) با محلول پاشی سولفات روی بر سویا مشاهده کردند که قطر ساقه گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با

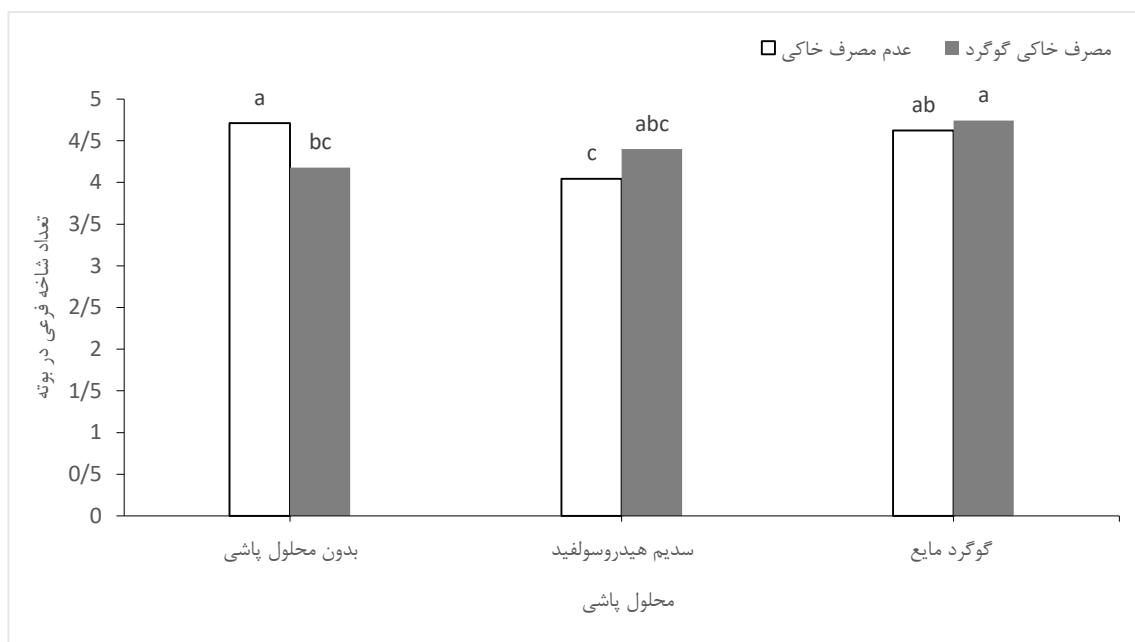
افزایش کاربرد گوگرد میزان فتوسنتز، ماده‌سازی و میزان جذب مواد توسط ریشه افزایش می‌یابد به همین دلیل می‌تواند موجب افزایش قطر ساقه شود (آقایی و شریعتی، ۱۳۸۶).



شکل ۴-۳- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر محلول پاشی گوگرد مایع و سدیم هیدروسولفید

۴-۵- تعداد شاخه فرعی

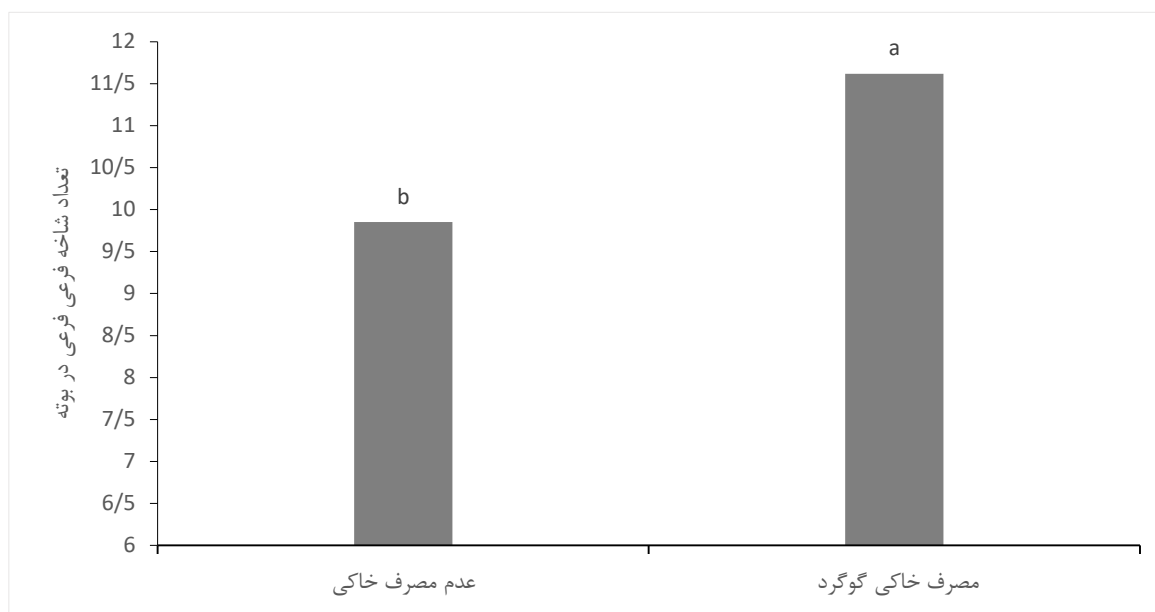
از آنجایی که شاخه‌های فرعی می‌توانند تعیین کننده تعداد برگ‌ها و در نتیجه میزان فتوسنتز باشند، بررسی این صفت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. آنالیز داده‌ها حاکی از آن بود که شاخه فرعی در سطح احتمال ۵ درصد از محلول پاشی منابع گوگردی و برهم‌کنش آن با مصرف خاکی گوگرد تأثیر پذیرفت (جدول پیوست ۲). همان‌طور که در شکل ۴-۴ مشاهده می‌شود گیاهان شاهد به‌طور متوسط ۴/۷ شاخه در بوته تولید نمودند که با مصرف خاکی گوگرد به‌تنهایی و محلول پاشی سدیم هیدروسولفید به‌تنهایی کاهش معنی‌داری پیدا کرد ولی سایر ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند. راوی و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد، تعداد شاخه‌های گل‌رنگ را نسبت به سایر تیمارها بهبود بخشید. در آزمایش پیری و همکاران (۲۰۱۲)، نیز افزایش در تعداد شاخه‌ها در گیاه با مصرف ۴۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار مشاهده شده است.



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و مصرف خاکی گوگرد

۴-۶- تعداد شاخه فرعی

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس از بین منابع تغییر فقط اثر اصلی مصرف خاکی گوگرد در سطح ۱ درصد معنی دار گردید. با توجه به شکل ۴-۵ مصرف خاکی گوگرد موجب افزایش ۱۸ درصدی این صفت نسبت به عدم مصرف گردید. به دلیل تأثیر گوگرد بر میزان ماده سازی و اسید آمینه، اندازه سلول و تعداد سلول، توانایی گیاه در تولید شاخه نیز افزایش می یابد (خان و همکاران، ۲۰۰۲). افزایش تعداد شاخه جانبی در بوته با کاربرد گوگرد توسط کاندیل و گاد (۲۰۱۲) و راوی و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است.



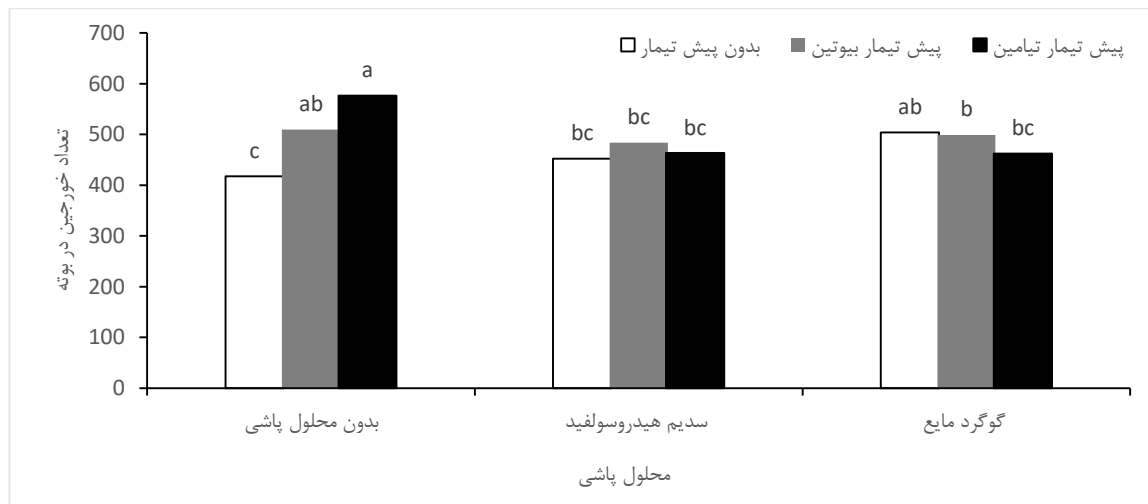
شکل ۴-۵- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر مصرف خاکی گوگرد

۴-۷- عملکرد و اجزای عملکرد

۴-۷-۱- تعداد خورجین در بوته

بر اساس جدول تجزیه واریانس برهم‌کنش محلول‌پاشی و پیش‌تیمار منابع گوگردی در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت معنی‌دار شد. در بین ۹ ترکیب تیماری مورد مطالعه پیش‌تیمار بذر با بیوتین و تیامین در شرایط بدون محلول‌پاشی و ترکیب پیش‌تیمار بیوتین با محلول‌پاشی گوگرد مایع و نیز کاربرد گوگرد مایع به‌تنهایی این صفت را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌دار بهبود بخشیدند. اگرچه تیمارهای دیگر نیز موجب افزایش جزئی در تعداد خورجین در بوته شدند ولی اختلاف با شاهد معنی‌دار نبود (شکل ۴-۶). در این بین اثر پیش‌تیمار بذر با تیامین در شرایط بدون محلول‌پاشی قابل توجه بود که موجب افزایش ۳۸ درصدی این صفت گردید (شکل ۴-۶). جانسون و جیمرسون (۲۰۰۳) خورجین در بوته را به‌عنوان یکی از معیارهای نوسان عملکرد مطرح کرده‌اند که می‌تواند عملکرد و ماده خشک گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. برخی از ویتامین‌های گروه B موجب افزایش سرعت جذب

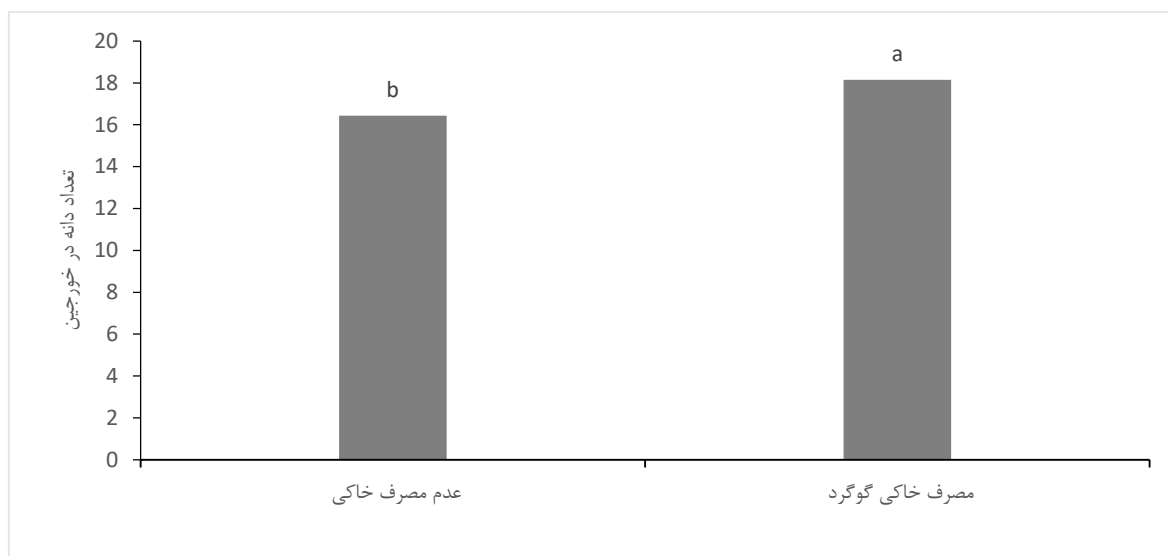
مواد غذایی در بوته گیاه می‌شود و به دلیل افزایش توانایی جذب، عملکرد گیاه را از طریق تغییر مثبت اجزای عملکرد افزایش می‌دهند (خان و همکاران، ۲۰۰۱).



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین تعداد خورجین در بوته تحت تأثیر ترکیبات حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی

۴-۷-۲- تعداد دانه در خورجین

همان‌طور که در نتایج حاصل از تجزیه واریانس در جدول پیوست ۳ مشاهده می‌گردد تنها اثر مصرف خاکی گوگرد در سطح احتمال ۵ درصد برای صفت دانه در خورجین معنی‌دار گردید. مطابق شکل ۴-۷ تعداد دانه در خورجین در گیاهانی که گوگرد را از طریق خاک دریافت کرده بودند به‌طور معنی‌دار و معادل ۱۱ درصد بیشتر از گیاهانی بود که این عنصر را دریافت نکرده بودند. رضوانی مقدم و همکاران (۱۳۸۳) معتقدند که تعداد دانه در بوته نسبت به تعداد خورجین در بوته معیار مناسب‌تری برای ارزیابی عملکرد دانه می‌باشد، زیرا امکان پوک بودن تعدادی از خورجین‌ها وجود دارد. آثار مثبت گوگرد بر فتوسنتز، متابولیسم گیاه و تقویت گیاهان در مرحله زایشی، تشکیل دانه را تحریک می‌کند و در نتیجه تعداد دانه در خورجین افزایش می‌یابد (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳). موسوی و همکاران (۲۰۱۴) اثر مثبت گوگرد را بر تعداد دانه در خوشه‌های اصلی و فرعی کرچک گزارش کردند.



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین تعداد دانه در خورجین تحت تأثیر مصرف خاکی گوگرد

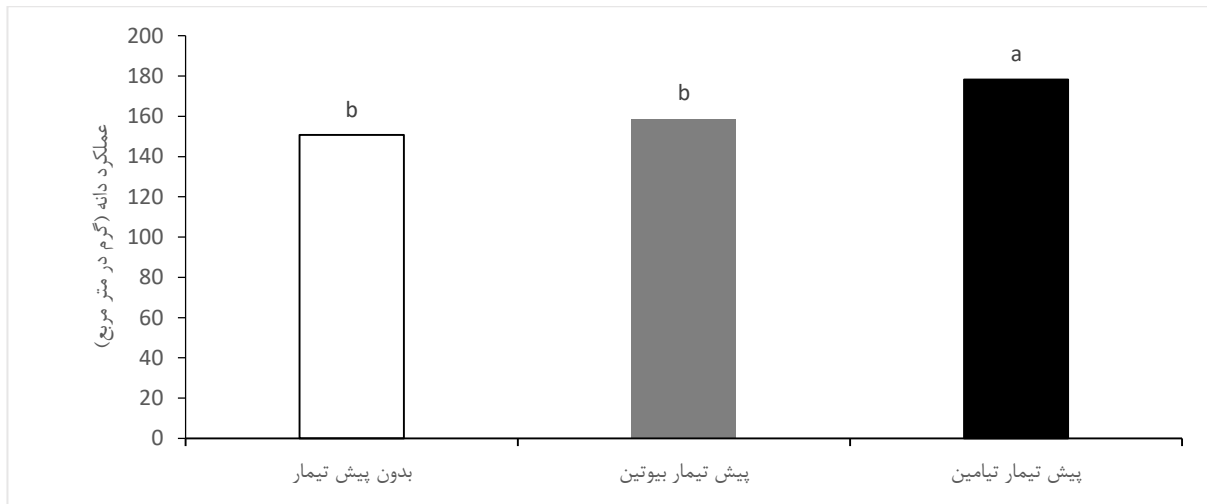
۴-۷-۳- وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۳) نشان داد که اثر هیچ کدام از منابع تغییر بر وزن هزار دانه معنی دار نشد.

۴-۷-۴- عملکرد دانه

عملکرد دانه کلزا از پیش تیمار بذر با ویتامین های B در سطح احتمال ۱ درصد اثر پذیرفت (جدول پیوست ۳). در شکل ۴-۸ دیده میشود که عملکرد گیاهان حاصل از بذور تیمار نشده به طور متوسط ۱۵۰ گرم در متر مربع بود که در اثر پیش تیمار بذر با بیوتین به ۱۵۸ گرم در متر مربع رسید که البته اختلاف معنی داری با هم نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند. بالاترین مقدار عملکرد مربوط به پیش تیمار تیامین معادل ۱۷۸ گرم در متر مربع بود که نسبت به شاهد افزایش ۱۸ درصدی را نشان داد. ویتامین ها موجب افزایش جذب ریشه و ظهور برگ در گیاه می گردند در نتیجه میزان ماده خشک افزایش می یابد و موجب تأثیر مثبت روی سرعت جذب خالص می شود (خان و همکاران، ۱۹۹۶). در بررسی انجام شده روی گیاه بادرنجبویه مشخص شد که محلول پاشی گیاه با مخمر تأثیر

مثبت در رشد و عملکرد گیاه داشت که دلیل آن وجود مقادیر بالایی از ویتامین ب در مخمر ذکر شد (شرف الدین و همکاران، ۲۰۰۸).



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر پیش تیمار بذر با بیوتین و تیامین

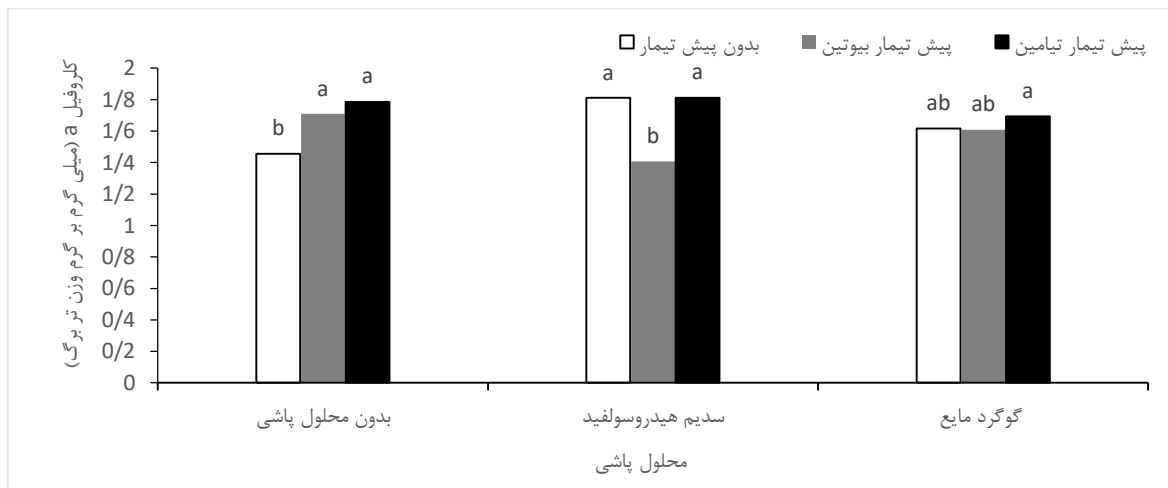
۴-۸- صفات فیزیولوژیک

۴-۸-۱- رنگدانه‌های فتوسنتزی

۴-۸-۱-۱- کلروفیل a

نتایج نشان داد که اثر اصلی پیش تیمار بذر در سطح احتمال ۵ درصد و برهم کنش محلول پاشی و پیش تیمار در سطح احتمال ۱ درصد بر مقدار کلروفیل a در برگ معنی دار شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل در جدول پیوست ۴ آورده شده است. پیش تیمار تیامین به تنهایی و همراه با محلول پاشی سدیم هیدروسولفید و گوگرد مایع، همچنین پیش تیمار بذر با بیوتین و نیز محلول پاشی سدیم هیدروسولفید هر کدام به تنهایی موجب افزایش معنی دار میزان کلروفیل a در برگ نسبت به شاهد شدند که البته همه در یک گروه آماری قرار گرفتند. در این بین بیشترین افزایش مربوط به کاربرد توأم پیش تیمار با تیامین و محلول پاشی سولفید هیدروژن بود که این صفت را ۲۴ درصد نسبت به شاهد بهبود بخشید. در بررسی انجام شده توسط ال اوادی و همکاران (۲۰۱۶) مشخص شد که

محلول پاشی با تیمامین موجب افزایش محتوی کلروفیل می شود که این عمل را از طریق جلوگیری از فتواکسیداسیون نوری در گیاه انجام می دهد. همچنین طبق گزارشی سولفید هیدروژن سبب افزایش فتوسنتز در گیاه اسفناج شد (چن و همکاران، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳).

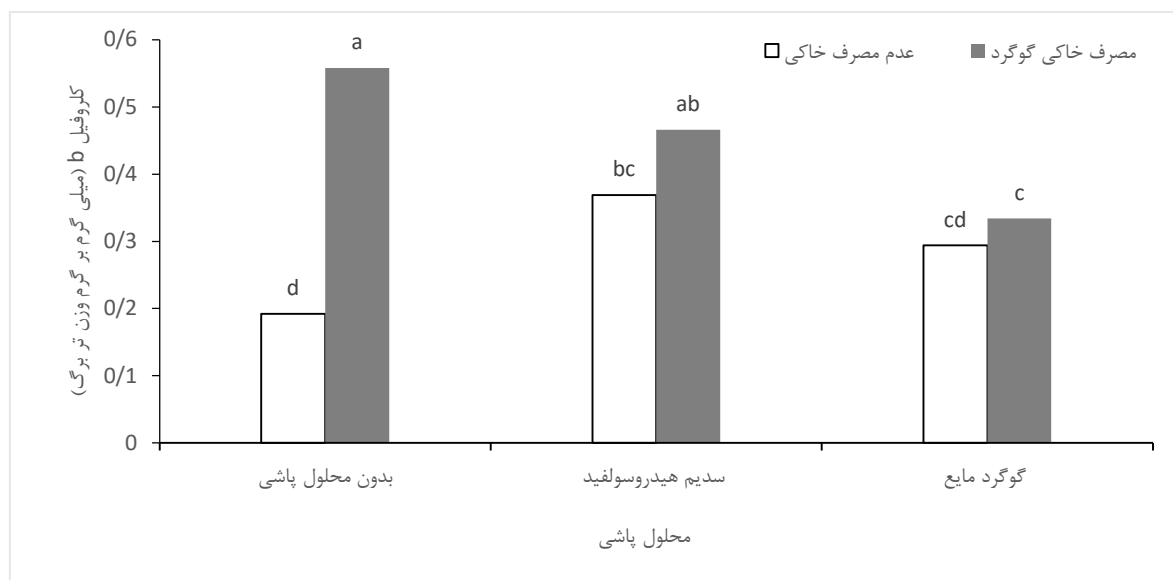


شکل ۴-۹- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی

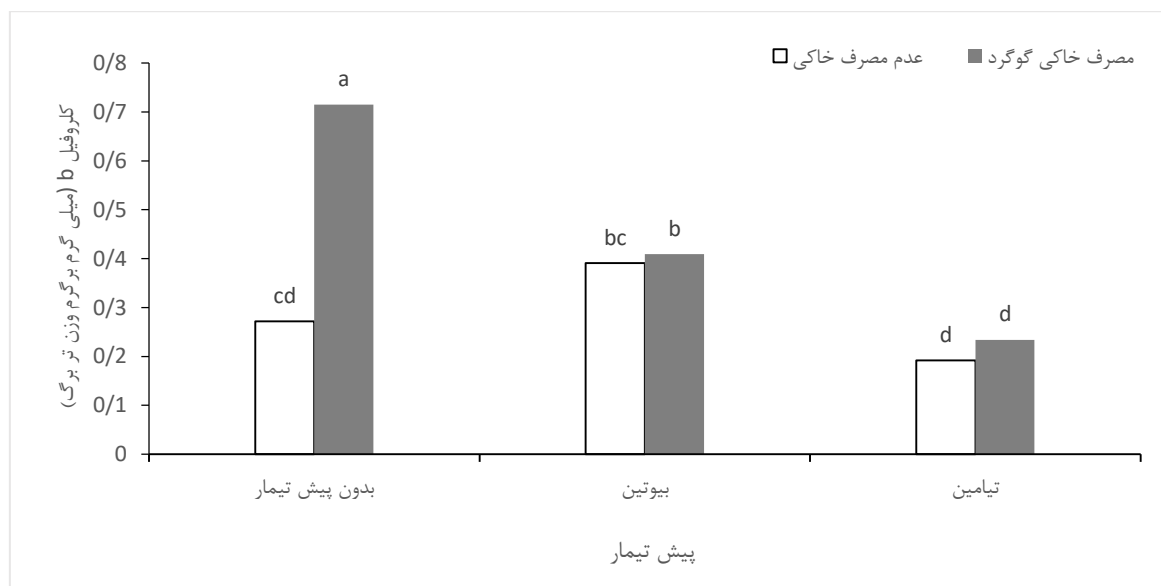
۴-۸-۱-۲- کلروفیل b

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی مصرف خاکی گوگرد و پیش تیمار و تمامی اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۴). در بین ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و مصرف خاکی منابع گوگرد (شکل ۴-۱۰)، میزان کلروفیل b بین ۰/۱۹ تا ۰/۵۵ متغیر بود. در هر سه سطح محلول پاشی گیاهانی که با مصرف خاکی گوگرد تیمار شده بودند، از میزان کلروفیل b بالاتری برخوردار بودند. تمامی تیمارها (به جز محلول پاشی گوگرد مایع در شرایط عدم مصرف خاکی) افزایش معنی داری در این صفت نسبت به شاهد ایجاد نمودند. در شکل ۴-۱۱ ترکیبات تیماری حاصل از پیش تیمار و مصرف خاکی گوگرد مقایسه شده اند، مشاهده می گردد که تیمار مصرف خاکی گوگرد در شرایط بدون پیش تیمار موجب افزایش چشمگیر کلروفیل b در برگ نسبت به شاهد و سایر تیمارها گردیده است. مقدار این افزایش نسبت به شاهد بسیار

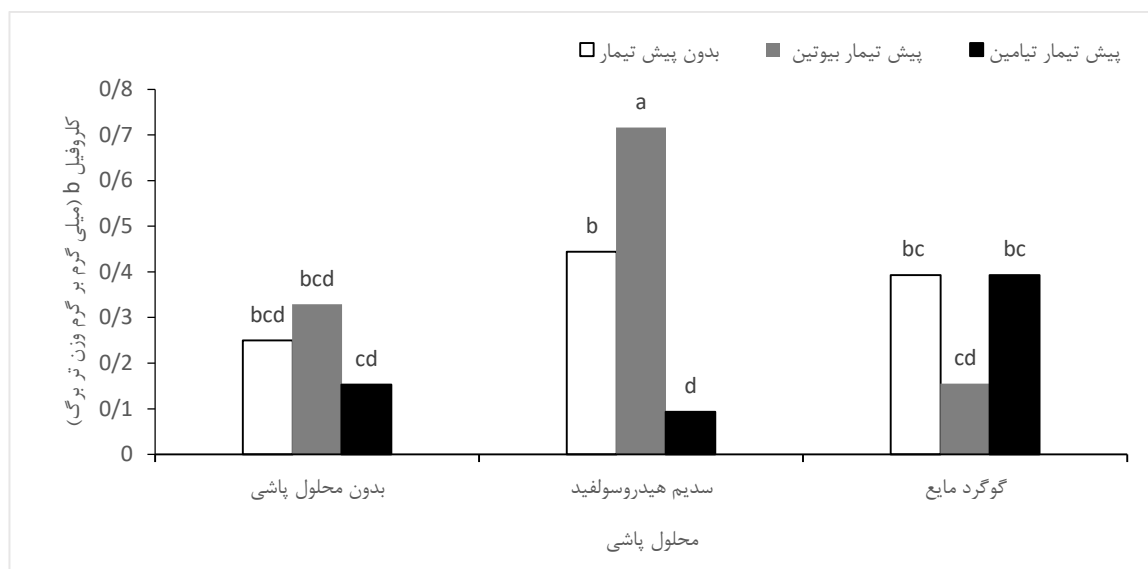
چشمگیر بود. همراه شدن مصرف خاکی گوگرد با پیش تیمار بیوتین اگر چه افت شدیدی در این صفت ایجاد نمود ولی همچنان نسبت به شاهد به طور معنی داری بیشتر بود. سایر ترکیبات تیماری اختلاف معنی داری با شاهد نداشتند. در شکل ۴-۱۲ مشاهده می شود که تیمار حاصل از کاربرد توأم پیش تیمار بیوتین با محلول پاشی سدیم هیدروسولفید موجب افزایش کلروفیل b نسبت به سایر ترکیبات تیماری و افزایش ۱۸۶ درصدی آن نسبت به شاهد شد. اما سایر تیمارها اختلاف معنی داری با شاهد نداشتند. همچنین کاهش معنی داری با کاربرد سولفید هیدروژن و تیامین مشاهده می شود. در مقایسه اثرات سه جانبه (جدول پیوست ۷) بیشترین مقدار کلروفیل b در برگ گیاهانی ثبت شد که فقط کود گوگردی را از طریق خاک دریافت کرده بودند و در معرض تیمارهای محلول پاشی و پیش تیمار قرار نداشتند. گزارش های متفاوتی در مورد اثر گوگرد بر کلروفیل b وجود دارد به عنوان مثال بیان شده است که مصرف بیش از حد گوگرد موجب کاهش کلروفیل می شود و کاهش بارز در کلروفیل b به کارایی به دام انداختن انرژی توسط PSII آسیب می رساند و انتقال الکترون را کاهش می دهد (دوب و همکاران، ۲۰۰۳). چائوهان (۲۰۱۳) نتیجه گرفت با مصرف گوگرد میزان کلروفیل برگ افزایش یافت. همادا و خولیف (۲۰۰۰) گزارش کردند که تیامین به عنوان پیش ماده بیوسنتز تیامین دی فسفات (کوآنزیم بسیاری از مسیرهای متابولیکی) بوده که موجب بیوسنتز رنگیزه های گیاهی و متابولیسم کربوهیدرات در گیاه می شود. طبق نتایج وجودی و همکاران (۱۳۹۷) محلول پاشی گیاه نعنای با بیوتین موجب افزایش کلروفیل b شد. گزارش شده است که سولفید هیدروژن موجب جلوگیری از کاهش کلروفیل در سیب زمینی شیرین شد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۸؛ ۲۰۰۹).



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و مصرف خاکی گوگرد



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات حاصل از پیش تیمار و مصرف خاکی گوگرد

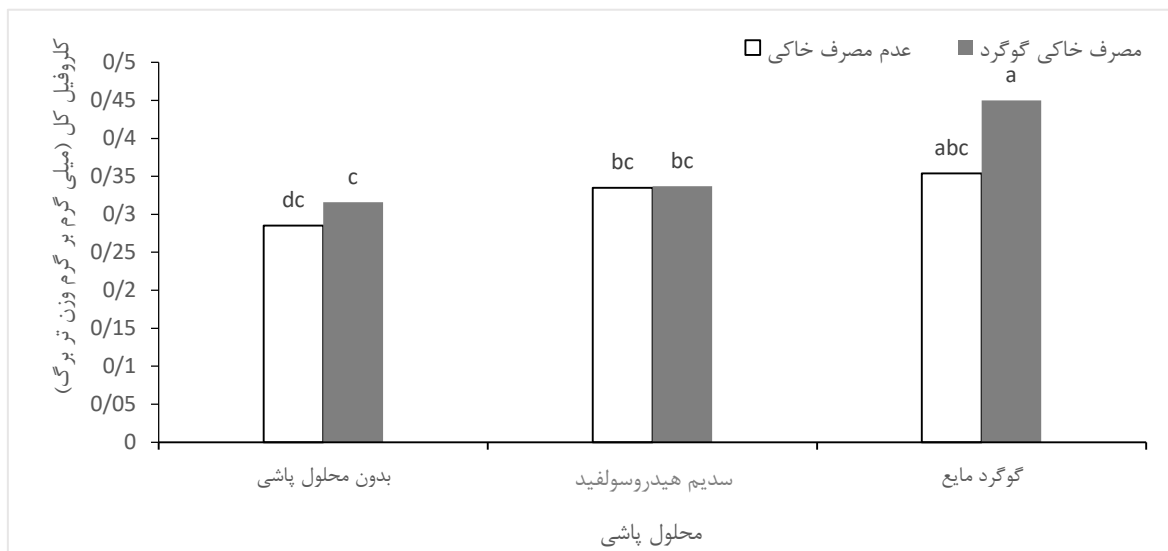


شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی

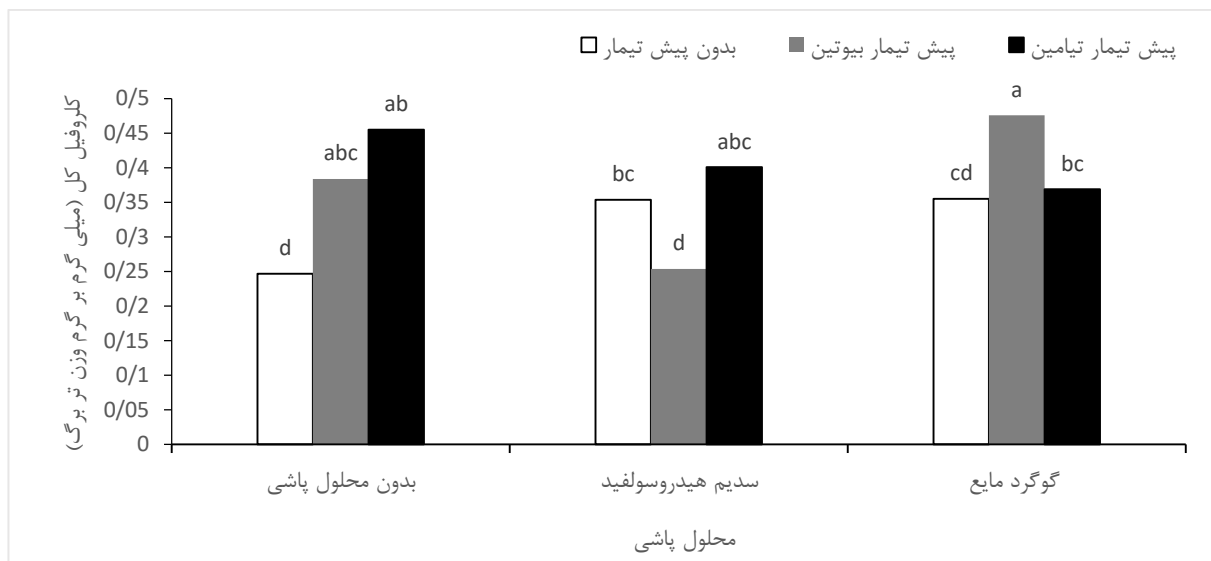
۴-۸-۱-۳- کلروفیل کل

همان طور که در نتایج حاصل از تجزیه واریانس در جدول پیوست ۴ مشاهده می گردد کلروفیل کل از اثر متقابل مصرف خاکی گوگرد در محلول پاشی و اثر سه جانبه در سطح احتمال ۵ درصد و پیش تیمار در محلول پاشی و پیش تیمار به تنهایی در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر پذیرفت. در شکل ۴-۱۳ مشاهده می شود که مقدار کلروفیل کل در برگ گیاهان شاهد ۰/۲۸۵ میلی گرم بر گرم وزن تر بود که در نتیجه مصرف خاکی گوگرد و محلول پاشی گوگرد مایع به ۰/۷۹۵ میلی گرم بر گرم وزن تر رسید و موجب بهبود این صفت شد. سایر تیمارها اختلاف معنی داری با شاهد نداشتند. همچنین با توجه به شکل ۴-۱۴ اثر مثبت تیمارها (به جزء محلول پاشی سدیم هیدروسولفید همراه با پیش تیمار بیوتین و محلول پاشی گوگرد مایع بدون پیش تیمار) در بهبود صفت کلروفیل کل نسبت به شاهد مشهود است، که در این میان اثر محلول پاشی گوگرد مایع در پیش تیمار بیوتین با ۹۲ درصد و تیامین با ۸۳ درصد افزایش نسبت به شاهد به ترتیب بالاترین اثر را دارا بودند. بررسی برهم کنش سه جانبه تیمارها نشان داد که مصرف خاکی گوگرد با محلول پاشی گوگرد مایع و پیش تیمار بیوتین در بالاترین سطح نسبت به شاهد و سایر ترکیبات تیماری قرار گرفت ولی از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با

شاهد نداشت (جدول پیوست ۷). همچنین مصرف خاکی گوگرد به تنهایی و همراه با محلول پاشی سدیم هیدروسولفید و پیش تیمار بیوتین موجب کاهش این صفت شد (جدول پیوست ۷). بر اساس نظر مارشدر (۱۹۹۵) اغلب این ترکیبات دارای ساختار نیتروژنی هستند و از آنجایی که گوگرد موجب افزایش کارایی نیتروژن و همچنین افزایش قابلیت سایر عناصر در گیاهان می گردد، از این رو استفاده از گوگرد سبب افزایش مقدار کلروفیل در گیاهان می گردد. حیدری و رضاپور (۱۳۹۰) گزارش کردند گوگرد، مجموع کلروفیل گیاه سیاهدانه را افزایش می دهد. ال قمرینی و همکاران (۲۰۰۵) اظهار داشتند که اسپری ویتامین های B برای لوبیا چشم بلبلی باعث افزایش کلروفیل برگ در گیاه می شود.



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و مصرف خاکی گوگرد

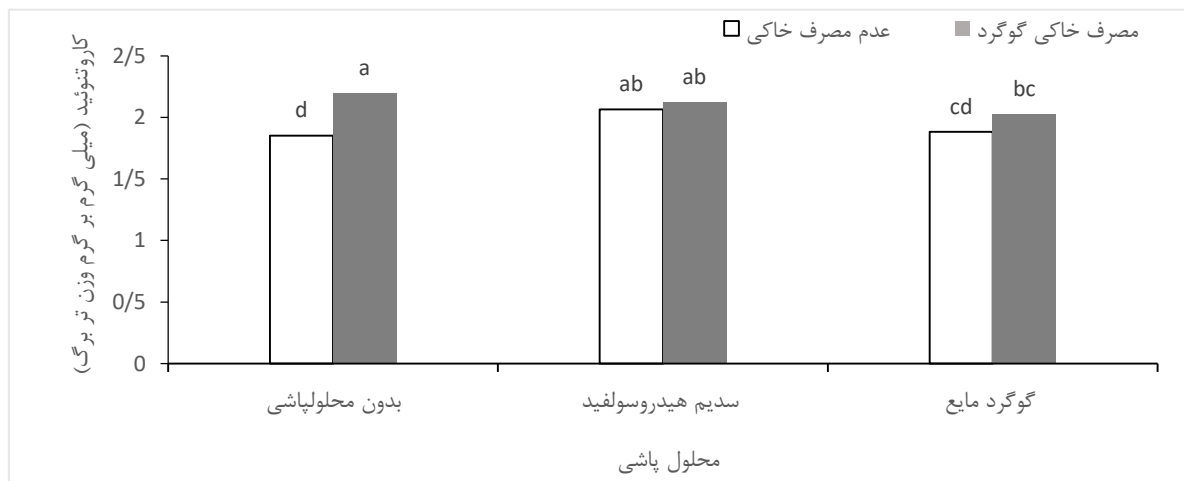


شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر ترکیبات حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی

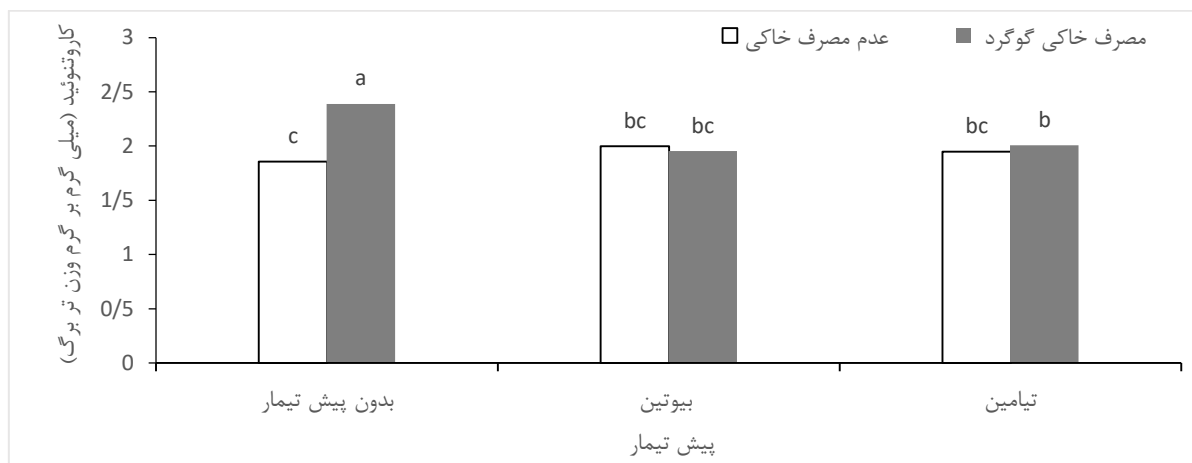
۴-۱-۸-۴- کاروتنوئید

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان کاروتنوئید موجود در برگ نشان داد که این صفت از تمام منابع تغییر به جز اثر متقابل سه جانبه تأثیر پذیرفت (جدول پیوست ۴). طبق شکل ۴-۱۵ تمام تیمارها (به جز محلول پاشی گوگرد مایع در شرایط عدم مصرف خاکی) موجب افزایش این صفت نسبت به شاهد شدند. در این میان مصرف خاکی گوگرد بدون محلول پاشی اختلاف ۱۸ درصدی نسبت به شاهد را ایجاد نمود. طبق نتایج مقایسه میانگین در شکل ۴-۱۶، در بین ترکیبات تیماری حاصل از پیش تیمار و مصرف خاکی گوگرد، بالاترین مقدار ثبت شده مربوط به مصرف خاکی گوگرد بدون پیش تیمار بود که این صفت را به میزان ۲۸ درصد نسبت به شاهد بهبود بخشید. در شکل ۴-۱۷ مشاهده می‌شود که نه تنها هیچ کدام از ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی نتوانستند سبب بهبود مقدار کاروتنوئید برگ شوند بلکه کاربرد هم‌زمان پیش تیمار تیامین با محلول پاشی سدیم هیدروسولفید و نیز پیش تیمار بیوتین با محلول پاشی گوگرد مایع سبب کاهش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد شدند. کاروتنوئیدها دسته‌ای از رنگدانه‌ها هستند که در جذب نور در گیاهان نقش مهمی را ایفا می‌کنند و در از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژن در کمپلکس فتوسنتزی دخالت دارند (هولت و پوگسون، ۲۰۰۶). رضاپور و همکاران (۱۳۹۰) بیان نمودند که

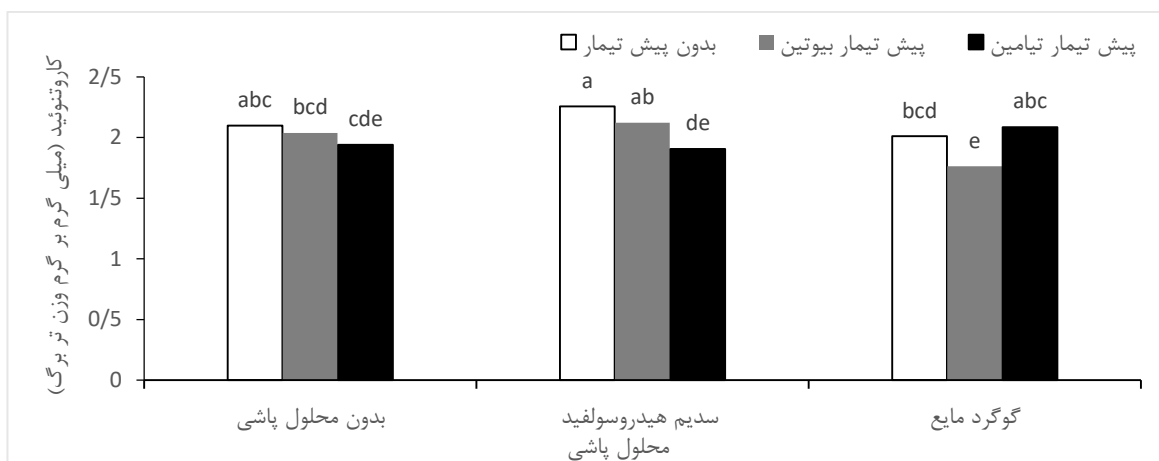
استفاده از گوگرد موجب افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌شود. کاربرد سدیم هیدروسولفید (دهنده سولفید هیدروژن) در گیاهان نقش مهمی به‌عنوان تنظیم‌کننده فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه از جمله فتوسنتز دارد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱).



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات حاصل از محلول‌پاشی و مصرف خاکی گوگرد



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش تیمار و مصرف خاکی گوگرد

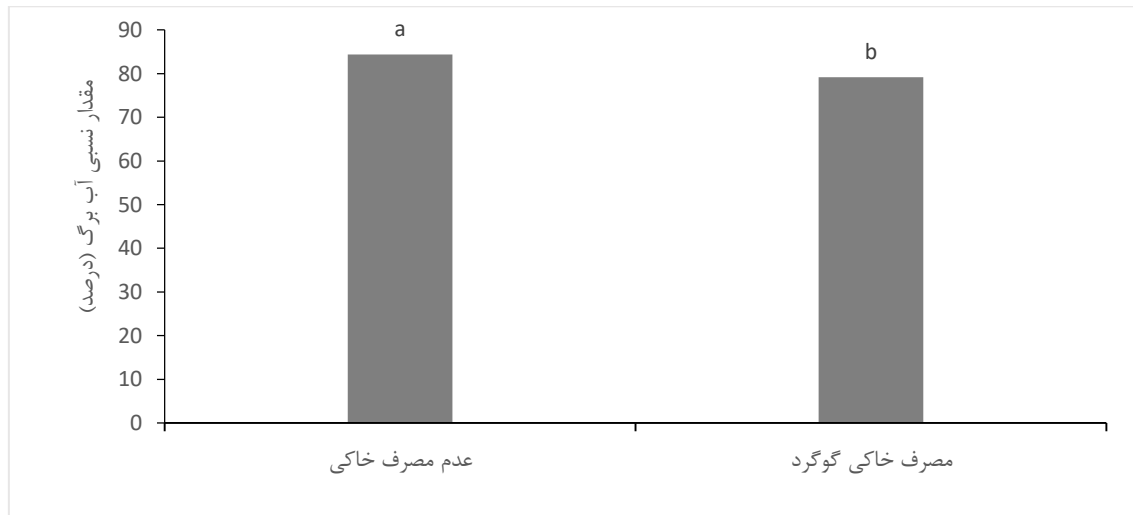


شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی

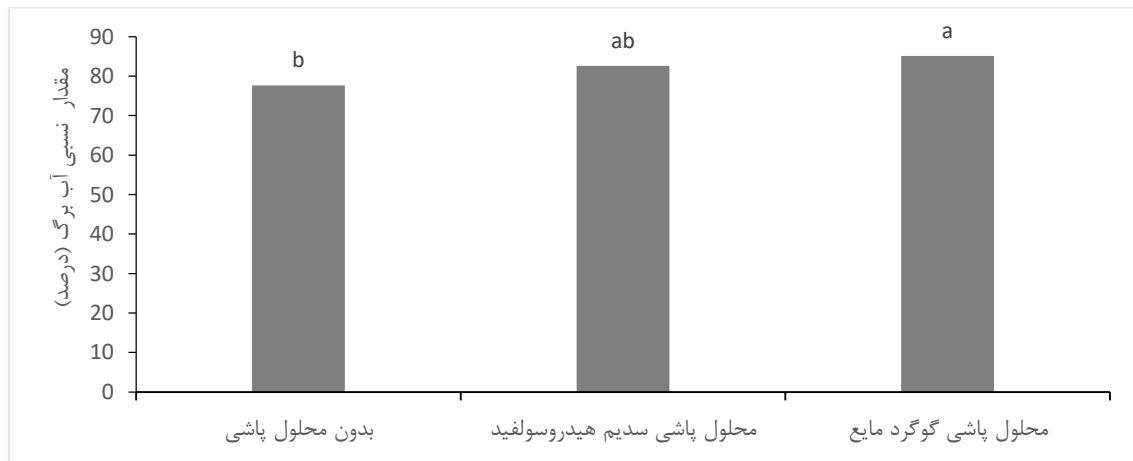
۴-۹- مقدار نسبی آب برگ

مقدار نسبی آب برگ، شاخص مناسبی برای بیان وضعیت آب برگ در گیاهان زراعی می باشد. این صفت تحت تأثیر سه اثر اصلی مصرف خاکی گوگرد، محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۵). مقدار نسبی آب برگ طبق شکل ۴-۱۸ در زمان عدم مصرف خاکی گوگرد ۸۴ درصد بود که با مصرف خاکی گوگرد به طور معنی داری کاهش یافت و به ۷۹ درصد رسید، همچنین با توجه به شکل ۴-۱۹ محلول پاشی گوگرد مایع این صفت را نسبت به شرایط عدم محلول پاشی به طور معنی داری افزایش داد در حالی که محلول پاشی سدیم هیدروسولفید اثر معنی داری نداشت. بررسی اثر پیش تیمار بذر بر این صفت نشان داد که اگرچه هیچ کدام از پیش تیمارهای بیوتین و تیامین اختلاف معنی داری با شاهد نداشتند ولی بین خود این تیمارها اختلاف معنی دار بود طوری که مقدار نسبی آب در برگ گیاهان روییده از بذور تیمار شده با بیوتین بیشتر از تیامین بود (شکل ۴-۲۰). مقدار نسبی آب برگ یکی از ویژگی های مؤثر در تداوم رشد تحت شرایط تنش است، چنانچه محتوی نسبی آب برگ بالا باشد گیاه تورم سلولی خود را حفظ می کند و رشد آن تداوم می یابد (یاسن و مامری، ۱۹۹۵). پور موسوی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند با افزایش مقدار نسبی آب برگ از پایداری غشاء سلولی کاسته می شود، زیرا در مقدار

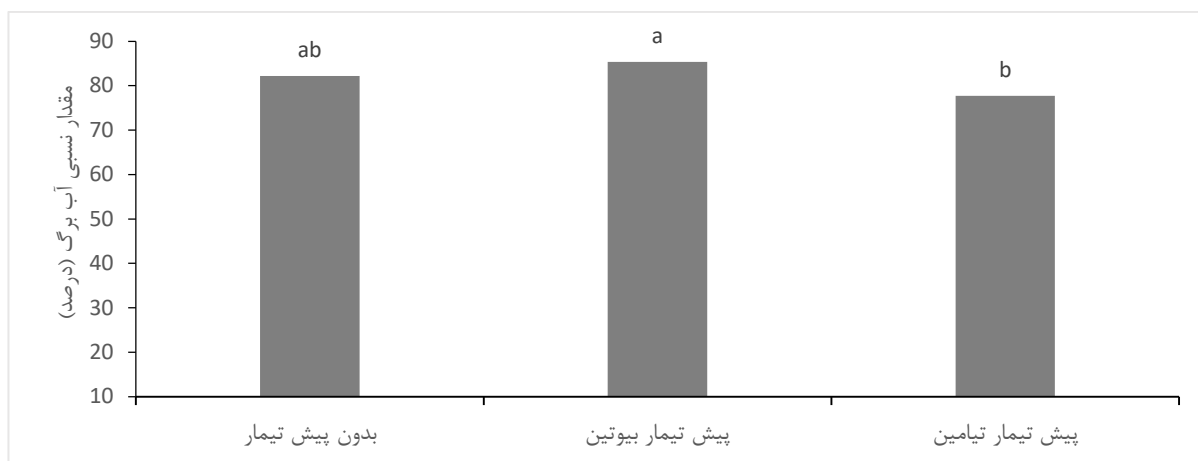
نسبی آب بالاتر برگ امکان رشد و توسعه دیواره سلولی فراهم گردیده و به کاهش پایداری غشاء سلول منجر می‌گردد. طبق تحقیق وجودی و همکاران (۱۳۹۷) محلول‌پاشی بیوتین تأثیر مثبت روی مقدار نسبی آب برگ در گیاه نعنای داشته است.



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین مقدار نسبی آب برگ تحت تأثیر مصرف خاکی گوگرد



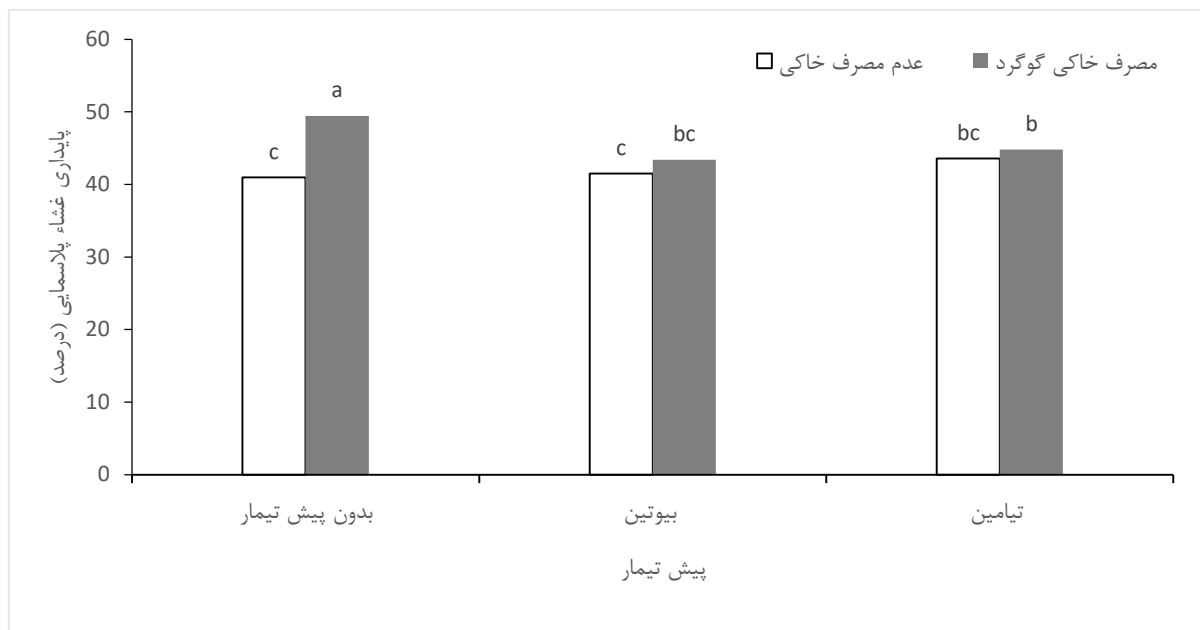
شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین مقدار نسبی آب برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی گوگرد مایع و سدیم هیدروسولفید



شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین مقدار نسبی آب برگ تحت تأثیر پیش تیمار بیوتین و تیامین

۴-۱۰- پایداری غشاء پلاسمایی

این صفت تحت تأثیر مصرف خاکی گوگرد و برهم کنش آن با پیش تیمار در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۵). طبق شکل ۴-۲۱ مصرف خاکی گوگرد به تنهایی و برهم کنش مصرف خاکی و پیش تیمار تیامین صفت پایداری غشاء را نسبت به شاهد به طور معنی دار افزایش داد که تأثیر مصرف خاکی به تنهایی مشهود است. سایر تیمارها اگرچه این صفت را به مقدار ناچیز افزایش دادند ولی این اثر از لحاظ آماری معنی دار نبود. با توجه به گزارش سهرابی و همکاران (۱۳۹۸) کاربرد کود گوگردی موجب کاهش آسیب به غشاء سلولی می شود. تیامین موجب به تأخیر انداختن اثرات تحریک کنندگی نشت پتاسیم در گیاه لوبیا آلوده به قارچ شد (ال حکیمی و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین پایداری غشاء پلاسمایی تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش تیمار و مصرف خاکی گوگرد

۴-۱۱- مقدار گوگرد برگ

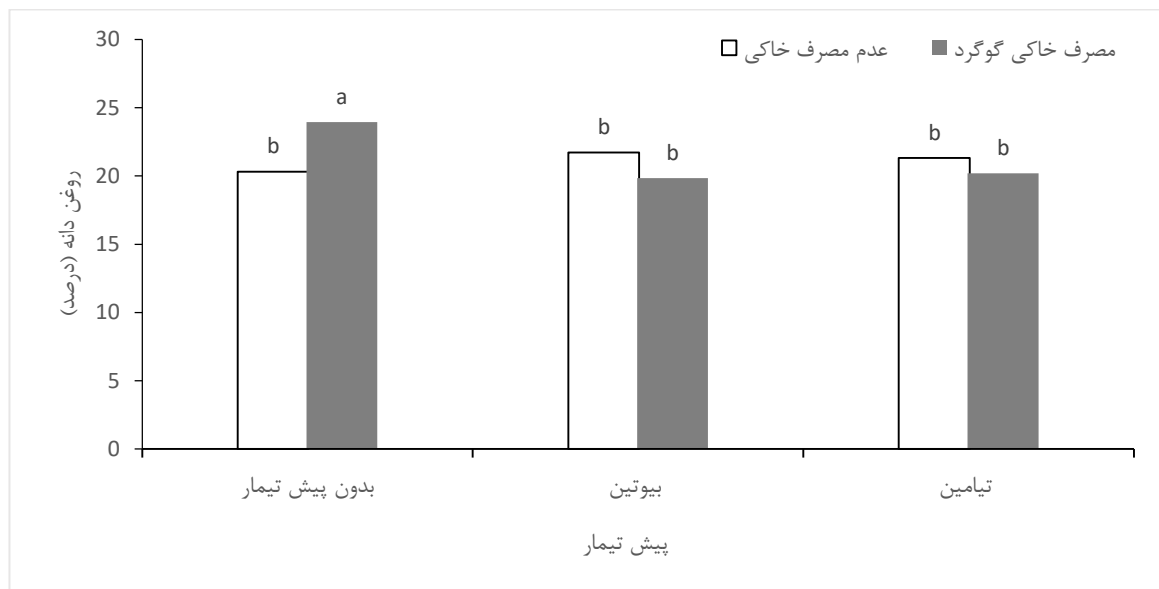
نتیجه حاصل از تجزیه واریانس جدول پیوست ۵ نشان داد که اثر هیچ کدام از منابع تغییر بر مقدار گوگرد برگ معنی دار نشد.

۴-۱۲- صفات کیفی

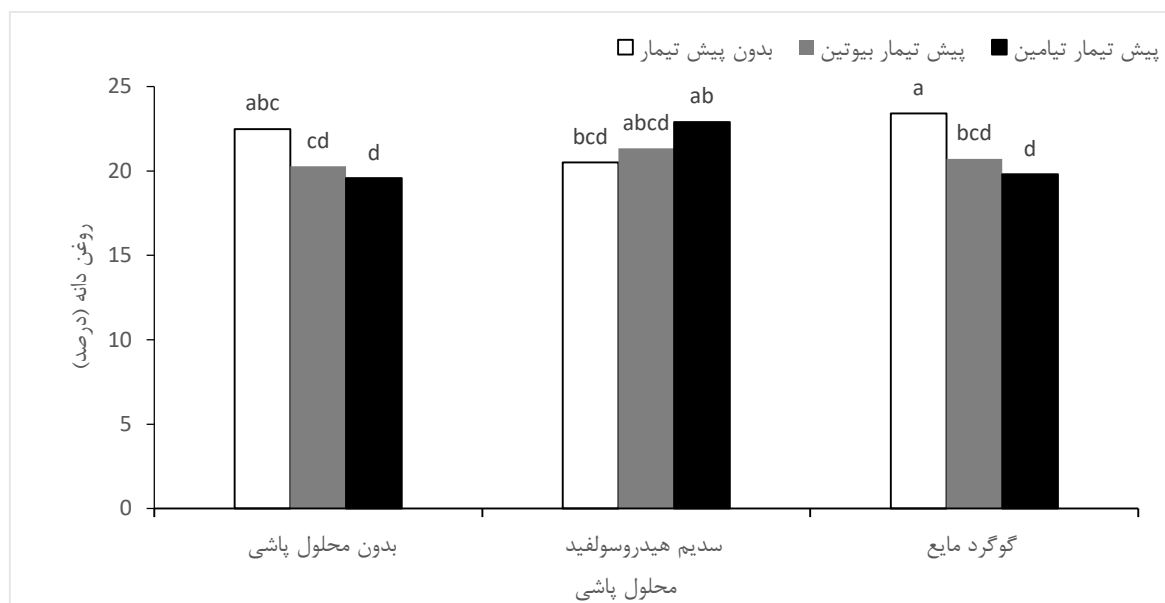
۴-۱۲-۱- درصد روغن دانه

درصد روغن دانه از منابع تغییری همچون برهم کنش مصرف خاکی در پیش تیمار در سطح احتمال ۱ درصد و محلول پاشی در پیش تیمار در سطح احتمال ۵ درصد تأثیر پذیرفت. مصرف خاکی گوگرد بدون انجام پیش تیمار به طور معنی دار نسبت به شاهد افزایش یافت و به ۲۴ درصد رسید (شکل ۴-۲۲). در شکل ۴-۲۳ ترکیبات تیماری حاصل از پیش تیمار و محلول پاشی مقایسه شده اند. مشاهده می شود که درصد روغن دانه در این ترکیبات تیماری بین ۱۹ تا ۲۳ درصد متغیر بود. هیچ کدام از تیمارها نتوانست موجب بهبود معنی دار این صفت گردد ولی پیش تیمار بذر با تیمامین در شرایط بدون محلول پاشی و نیز همراه با محلول پاشی گوگرد مایع این صفت را کاهش دادند و کمترین

مقدار در این تیمارها ثبت شد. گوگرد جزء ساختمان آنزیم‌ها است که در واکنش‌های تشکیل اسید چرب و پیوند این اسیدها برای تولید چربی و روغن دخالت دارد. بر اساس مطالعات انجام شده میزان روغن ذخیره شده بر حسب درصدی از کل وزن دانه مشخص می‌شود و طی ذخیره‌سازی بسته به اندازه دانه، درصد پوسته و مقدار روغن ذخیره شده متغیر است (خواجه‌پور، ۱۳۸۳). از این رو کاربرد گوگرد سبب فراهمی آن در محیط سلول شده و در نتیجه با افزایش درصد اسیدهای چرب بر میزان روغن دانه افزوده می‌شود (احمد و همکاران، ۲۰۰۷). سدیم هیدروسولفید به عنوان دهنده H_2S یک ترکیب مهم در متابولیسم گوگرد گیاه نقش دارد (استولفی و همکاران، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲؛ زوجی و همکاران، ۲۰۱۲). مک گراث و ژائو (۱۹۹۶) گزارش کردند که با کاربرد گوگرد محتوای روغن افزایش می‌یابد. تیامین از ترکیبات اولیه ضروری برای بیوسنتز اسید چرب و کربوهیدرات می‌باشد (ال-دین، ۲۰۰۵). بهترین درصد روغن در سویا با کاربرد غلظت ۱۰۰ ppm تیامین حاصل شد (ناهد و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین روغن دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش تیمار و مصرف خاکی گوگرد



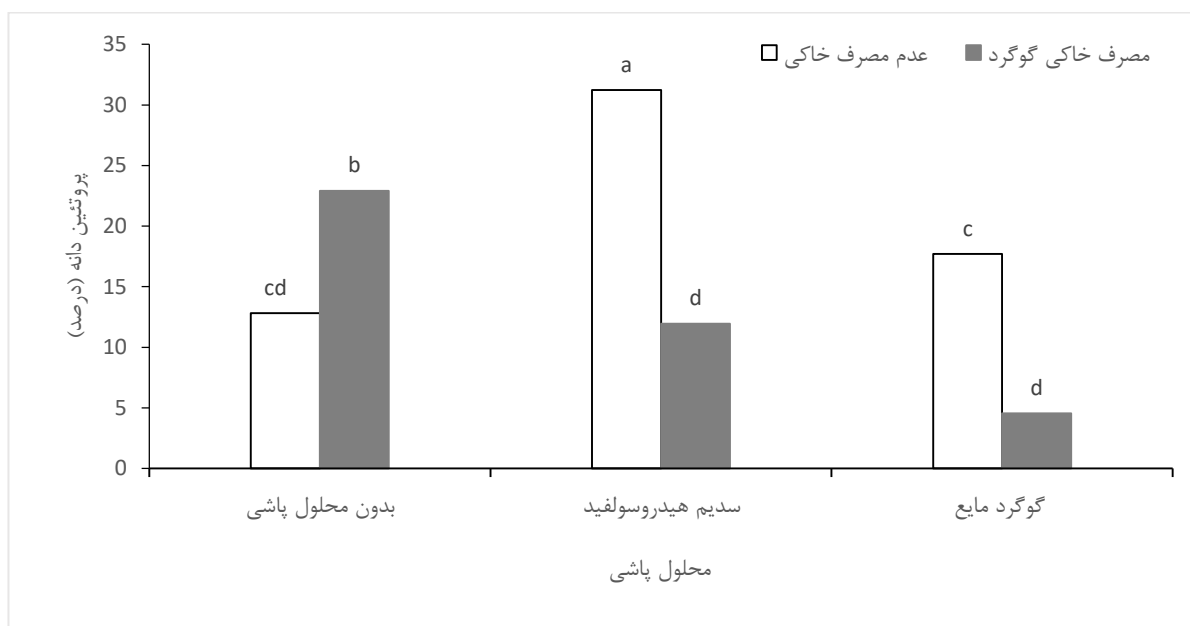
شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین روغن دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی

۴-۱۲-۲- درصد پروتئین دانه

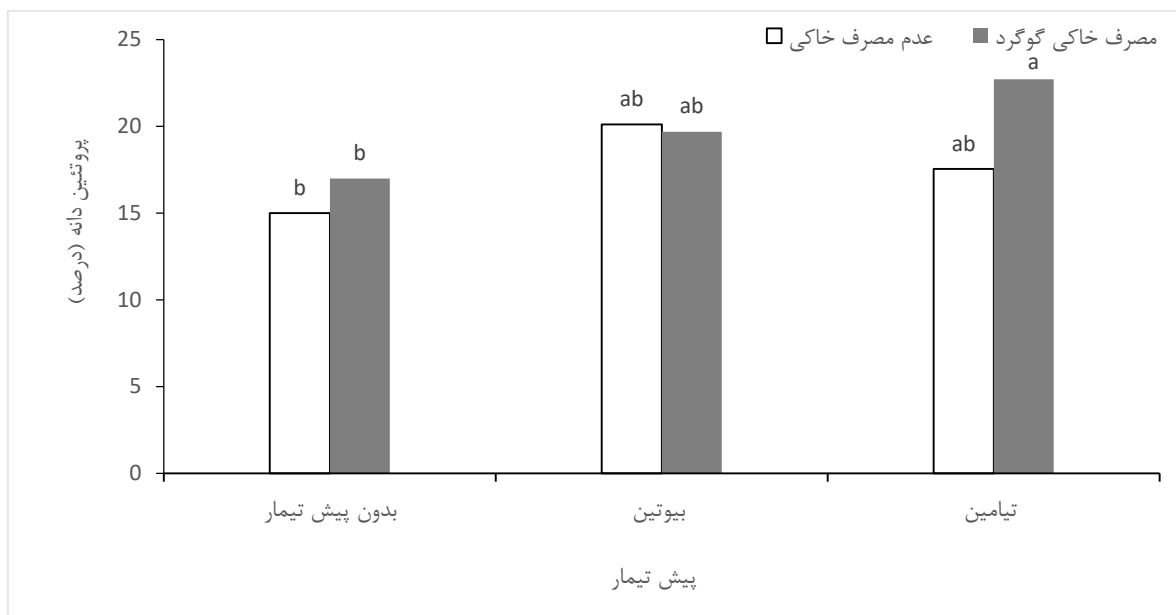
پروتئین دانه تحت تأثیر اثرات متقابل مصرف خاکی در محلول پاشی، مصرف خاکی در پیش تیمار و محلول پاشی در پیش تیمار در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل سه جانبه در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۶ و ۷). همان طور که در شکل ۴-۲۴ مشاهده می شود محلول پاشی سدیم هیدروسولفید در شرایط عدم مصرف خاکی گوگرد پروتئین دانه را با اختلاف معنی داری بهبود بخشید و پروتئین دانه را از ۱۳ درصد در گیاهان شاهد به ۳۱ درصد رساند، در مقابل محلول پاشی گوگرد مایع اثری نداشت. مصرف خاکی گوگرد به تنهایی نیز پروتئین دانه را به طور معنی داری افزایش داد ولی هنگامی که با محلول پاشی همراه شد نه تنها اثر مثبتی نداشت حتی سبب کاهش جزئی و غیر معنی دار در این صفت گردید.

در مقایسه میانگین ترکیبات تیماری حاصل از مصرف خاکی در پیش تیمار تمام ترکیبات تیماری به جز پیش تیمار تیامین با مصرف خاکی گوگرد که موجب افزایش ۴۶ درصدی پروتئین دانه با شاهد گردید همه در یک گروه آماری قرار گرفتند و اختلاف معنی داری با شاهد مشاهده نشد (شکل ۴-۲۵).

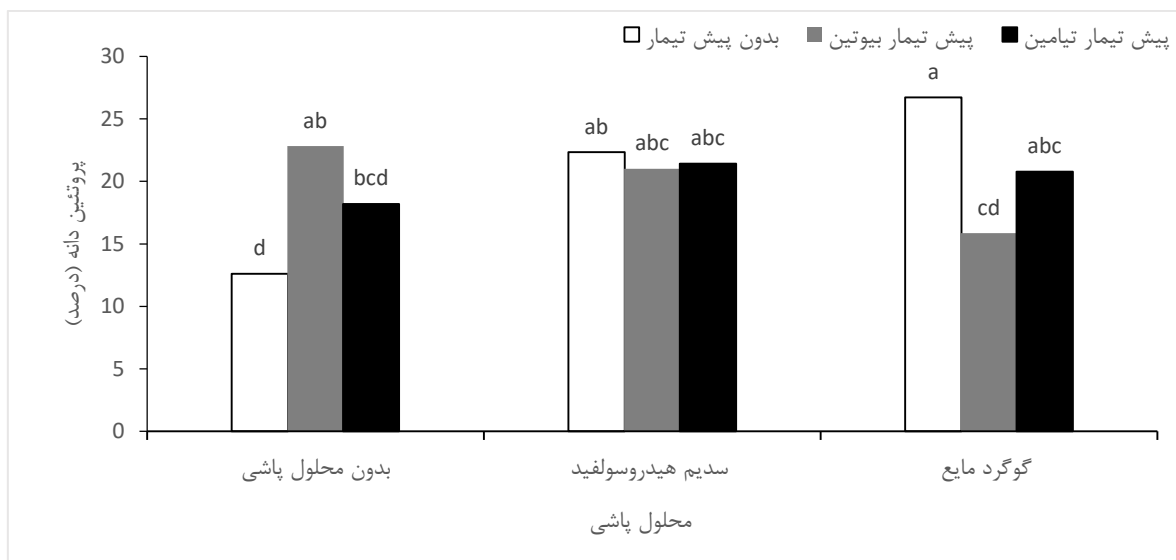
۹ ترکیب تیماری حاصل از برهم کنش پیش تیمار بذر و محلول پاشی با منابع گوگردی در شکل ۴-۲۶ مقایسه شده‌اند. مشاهده می‌شود که پروتئین دانه در تمام گیاهان تیمار شده نسبت به شاهد بهبود یافت. البته افزایش مشاهده شده در ترکیب تیماری پیش تیمار بیوتین با محلول پاشی گوگرد مایع و پیش تیمار تیامین بدون محلول پاشی از نظر آماری معنی دار نبود. در مقایسه اثرات سه جانبه (جدول پیوست ۷) در شرایط عدم مصرف خاکی با محلول پاشی سدیم هیدروسولفید به تنهایی و همچنین همراه با پیش تیمار بیوتین و تیامین، پروتئین دانه نسبت به شاهد و سایر تیمارها افزایش یافت ولی با گیاهانی که در شرایط مصرف خاکی گوگرد با بیوتین و تیامین پیش تیمار شدند و همچنین در شرایط محلول پاشی گوگرد مایع به همراه پیش تیمار تیامین در یک گروه آماری قرار گرفتند. گیاهان قادر به جذب برگی سولفید هیدروژن (H_2S) به عنوان منبعی از گوگرد برای رشد هستند، به خصوص تحت شرایطی که دسترسی به گوگرد در محیط ریشه محدود شده باشد (کورالسکا و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج مالهی و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد محتوی پروتئین گیاه کلزا با سطوح بالای گوگرد افزایش یافت. اسپری برگی تیامین روی گیاه سویا نشان داد که تیمار این ماده موجب بهبود پروتئین شد (ناهد و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و مصرف خاکی گوگرد



شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش تیمار و مصرف خاکی گوگرد



شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی

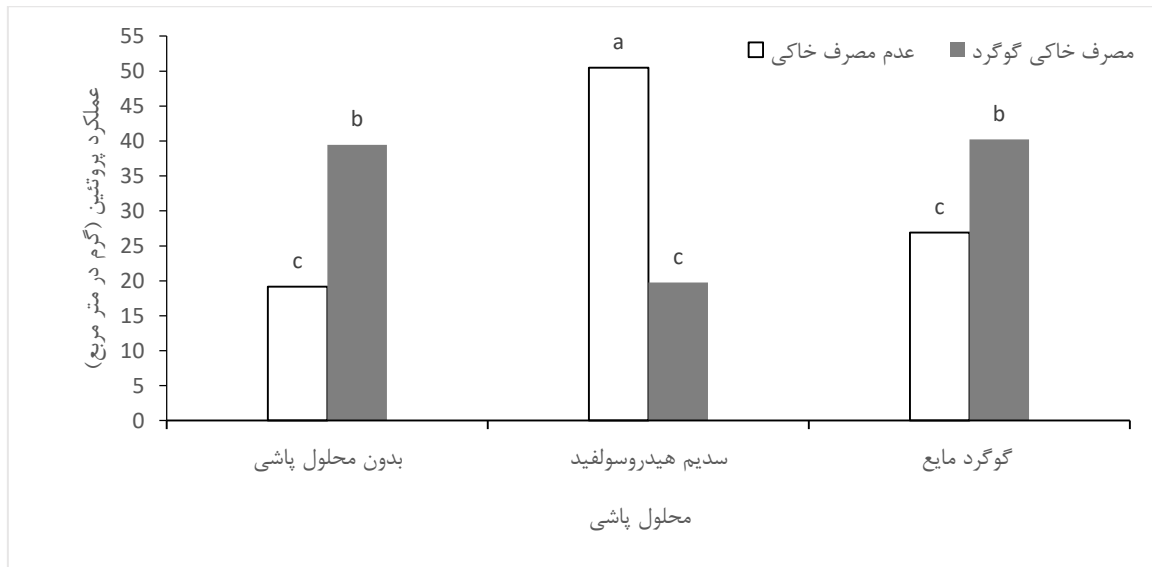
۴-۱۳- عملکرد روغن

نتیجه تجزیه واریانس (جدول پیوست ۶) نشان داد که اثر هیچ کدام از منابع تغییر بر عملکرد روغن معنی دار نشد.

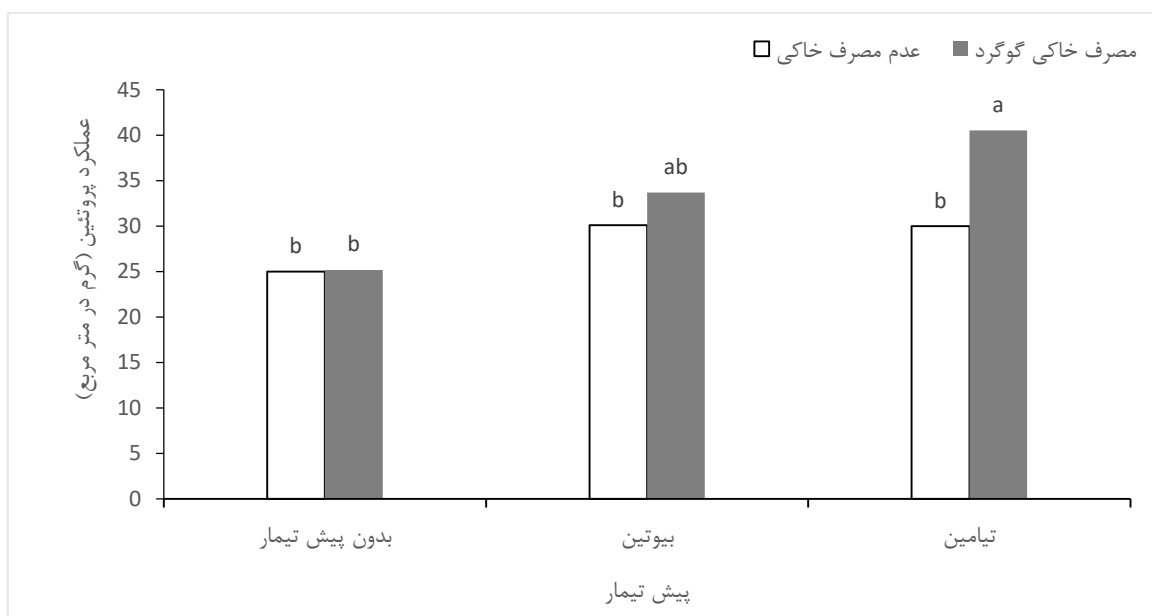
۴-۱۴- عملکرد پروتئین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۶) نشان داد تمامی اثرات متقابل دو جانبه شامل مصرف خاکی در محلول پاشی و مصرف خاکی در پیش تیمار در سطح احتمال ۱ درصد و محلول پاشی در پیش تیمار در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شدند. ترکیبات تیماری حاصل از مصرف خاکی گوگرد در محلول پاشی در شکل ۴-۲۷ نشان داده شده است. طبق این شکل گیاهانی که فقط با سدیم هیدروسولفید محلول پاشی شدند بالاترین عملکرد پروتئین را داشتند که نسبت به شاهد ۴۰ درصد بیش تر بود پس از آن دو تیمار مصرف خاکی گوگرد بدون محلول پاشی و همراه با محلول پاشی گوگرد مایع قرار داشتند که این تیمارها نیز به طور معنی دار و قابل توجهی عملکرد پروتئین دانه را افزایش دادند. در شکل ۴-۲۸ مشاهده می گردد ترکیب تیماری حاصل از مصرف خاکی گوگرد با پیش تیمار تیامین موجب افزایش ۶۲ درصدی عملکرد پروتئین نسبت به شاهد گردید. مصرف خاکی گوگرد با پیش تیمار بیوتین اگرچه این صفت را ۳۴ درصد نسبت به شاهد بهبود بخشید ولی اختلاف معنی داری نسبت به شاهد و سایر تیمارها نداشت. در مقابل در شکل ۴-۲۹ دیده می شود که تمام ترکیبات تیماری در سطحی بالاتر از شاهد قرار گرفتند و موجب افزایش معنی دار در عملکرد پروتئین نسبت به شاهد شدند. این ترکیبات عملکرد پروتئین را بین ۴۳ تا ۹۴ درصد افزایش دادند که البته اختلاف معنی داری با هم نداشتند. گیاهان قادر به جذب سولفید هیدروژن به عنوان منبعی از گوگرد برای رشد هستند به خصوص تحت شرایطی که دسترسی به گوگرد در محیط ریشه محدود شده باشد (کورالسکا و همکاران، ۲۰۰۸). ایسوان و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که با افزایش مصرف گوگرد،

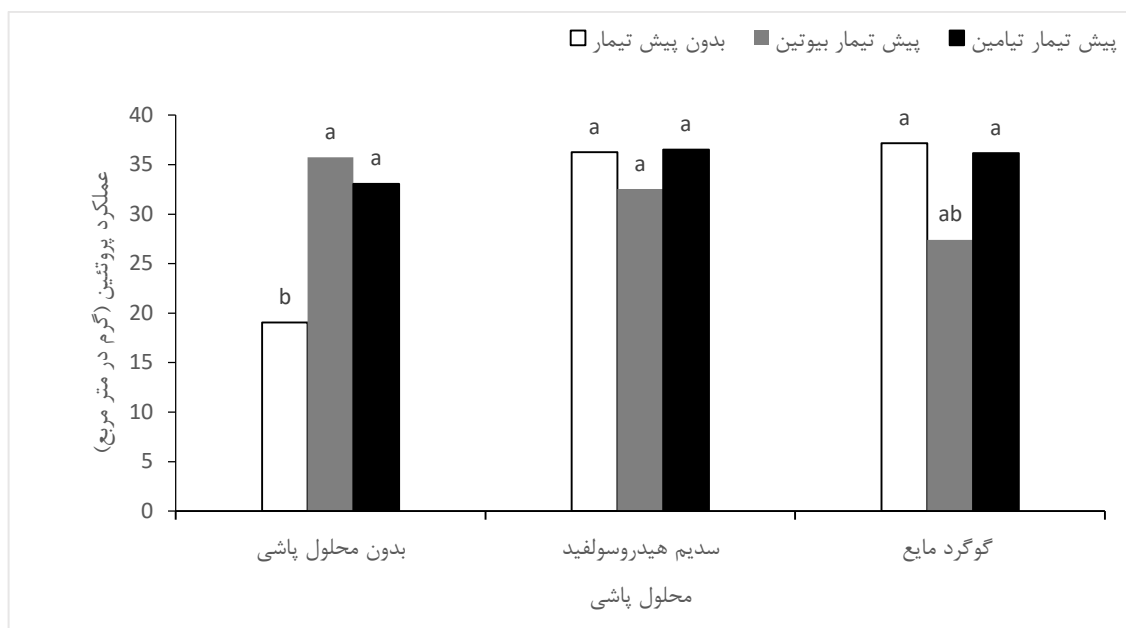
عملکرد پروتئین خام در هکتار به طور معنی داری افزایش می یابد. در گیاه میخک ثابت شده که کاربرد تیامین موجب تغییر در میزان آمینواسید و پروتئین شده است (بختا و محجوب، ۲۰۰۵).



شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و مصرف خاکی گوگرد



شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از پیش تیمار و مصرف خاکی گوگرد



شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگردی

۴-۱۵- نتیجه گیری

کلزا نیاز بالایی به مواد غذایی دارد، لذا بیشتر زمین‌های زراعی جهت تولید عملکرد مطلوب و میزان مناسب روغن و پروتئین از نظر یک یا چند ماده غذایی مورد نیاز این گیاه کمبود دارند (رودی و همکاران، ۱۳۸۲). پس از عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم، گوگرد چهارمین عنصر مورد نیاز اکثر گیاهان زراعی می‌باشد (ماخرجی و سینگ، ۲۰۰۲).

نتایج نشان داد پیش تیمار تیامین موجب افزایش تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه کلزا نسبت به شاهد شد. همچنین مصرف خاکی گوگرد تعداد دانه در خورجین، درصد روغن، پایداری غشاء و کاروتنوئید را بهبود بخشید. سدیم هیدروسولفید در شرایط عدم پیش تیمار اثر مثبت روی درصد و عملکرد پروتئین دانه داشت. محلول پاشی گوگرد مایع موجب افزایش وزن خشک برگ و خورجین، پروتئین دانه و آب نسبی برگ شد. همچنین برهم کنش سدیم هیدروسولفید در پیش تیمار تیامین موجب افزایش وزن خشک خورجین، تعداد خورجین در بوته، کلروفیل a و b، درصد روغن و عملکرد پروتئین گردید. با کاربرد مصرف خاکی و پیش تیمار تیامین درصد پروتئین و عملکرد پروتئین افزایش یافت. برهم کنش محلول پاشی گوگرد مایع و سدیم هیدروسولفید در بیوتین موجب افزایش اکثر صفات فیزیولوژیک و کیفی شد. به طور کلی در محدوده آزمایش انجام شده مصرف خاکی گوگرد بنتونیت دار و پیش تیمار تیامین به تنهایی و در ترکیب با تیمارهای دیگر تأثیر بیشتری بر صفات مورد بررسی داشتند. همچنین اثر متقابل محلول پاشی سدیم هیدروسولفید و پیش تیمار تیامین موجب بهبود اکثر صفات زراعی، فیزیولوژیک و کیفی کلزا شد.

۴-۱۶- پیشنهادات

- ۱- پیشنهاد می‌شود گوگرد مایع و سدیم هیدروسولفید در غلظت‌های بالاتر مورد بررسی قرار گیرند زیرا این احتمال وجود دارد که واکنش‌های متفاوتی در پی داشته باشند.

پیوست‌ها

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات تجمع ماده خشک در برگ، ساقه و خورجین و شاخص سطح برگ کلزا تحت تأثیر مصرف خاکی، محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگرد

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک خورجین	شاخص سطح برگ
تکرار	۲	۱۰۶۶/۶۲*	۴۲۲/۴۷	۲۴۵۶/۸۵	۳/۰۱۴*
مصرف خاکی (a)	۱	۷۲۶/۲۵	۴۹۹۹/۷۰	۷۸۲۷/۲۸	۰/۶۵۰
محلول پاشی (b)	۲	۳۲۳/۸۱	۲۵۶۱/۴۶	۳۲۲۳/۰۳	۰/۸۸۰
پیش تیمار (c)	۲	۸۵/۵۹۷	۱۵۱۵۷/۰۶	۲۵۱۴/۳۶	۰/۰۴۲۰
a*b	۲	۱۱۸۷/۶۸*	۵۶۰۹/۴۸	۵۲۹۱/۵۷	۰/۵۱۲
a*c	۲	۹۷/۴۴	۱۹۴۷/۵۶	۱۲۶۹/۰۲	۱/۲۲۴
b*c	۴	۳۳۱/۲۶	۶۷۲۷/۹۶	۸۲۹۶/۳۷*	۰/۸۲۳
a*b*c	۴	۲۶۹/۵۸	۲۷۳۳/۲۶	۱۴۵۹۵/۷۱**	۱/۳۱۰
خطا	۳۴	۳۱۵/۹۵	۶۵۱۵/۷۰۰	۲۲۱۱/۹۲	۰/۰۱۹۴
ضریب تغییرات (درصد)	۲۵/۹۱	۲۳/۸۰	۲۶/۱۳	۲۶/۶۸	

** و * به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می باشد

جدول پیوست ۲- میانگین مربعات طول ساقه، قطر ساقه و تعداد شاخه فرعی و فرعی فرعی کلزا تحت تأثیر مصرف خاکی، محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگرد

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ساقه	قطر ساقه	شاخه فرعی	شاخه فرعی فرعی
تکرار (r)	۲	۷۶/۳۱۹	۰/۰۰۵۴	۰/۴۷۰۵	۳/۶۲۵۷
مصرف خاکی (a)	۱	۳۴/۰۸۱	۰/۰۱۲۱	۰/۰۰۴۶	۴۲/۱۳۵**
محلول پاشی (b)	۲	۱۹۷/۰۰۲	۰/۰۱۶۱ *	۰/۹۵۷۲ *	۲/۱۹۴۶
پیش تیمار (c)	۲	۷۸/۳۸۱	۰/۰۰۸۳	۰/۱۷۳۸	۹/۳۴۴۶
a*b	۲	۱۶۳/۸۰۳	۰/۰۰۲۹	۰/۹۵۵۷*	۰/۸۵۱۶
a*c	۲	۵۸/۷۶۷	۰/۰۰۰۷۰	۰/۰۹۰۱	۱/۰۶۱۶
b*c	۴	۷۳/۴۹۰	۰/۰۰۰۷۶	۰/۳۰۶۱	۲/۹۶۲۴
a*b*c	۴	۶۴/۶۰۷	۰/۰۰۲۳	۰/۵۳۷۹	۱۰/۷۹۱۶
خطا	۳۴	۱۴۳/۴۸	۰/۰۰۴۸۰	۰/۲۸۱۱	۴/۹۵۲
ضریب تغییرات (درصد)	۱۸/۵۶	۱۱/۴۲	۱۱/۹۱	۲۰/۷۳	

** و * به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می باشد

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات خورجین در بوته، دانه در خورجین، وزن هزاردانه و عملکرد دانه کلزا تحت تأثیر مصرف خاکی، محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگرد

منابع تغییر	درجه آزادی	خورجین در بوته	دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۳۱۴۰/۲۴۰	۳/۱۹۷	۰/۰۹۴۹۶	۴۴۸/۳۰۸
مصرف خاکی (a)	۱	۱۰۳۶۱/۱۸۵	۳۹/۸۳*	۰/۱۸۷۰	۷۵۴/۱۳۴
محلول پاشی (b)	۲	۵۳۳۵/۵۷۴	۱۶/۷۴۳	۰/۳۰۴۳	۱۱/۳۱۹
پیش تیمار (c)	۲	۱۰۳۲۴/۹۶۲	۱۳/۱۱۹	۰/۱۵۵۰	۳۵۷۹/۴۴۶***
a*b	۲	۲۱۰/۶۸۵	۲۱/۷۷۶	۰/۱۱۳۵	۱۲۱/۶۳۰
a*c	۲	۱۱۶۷/۱۸۵	۱۷/۱۶۸	۰/۰۰۲۷	۵۰۵/۱۰۵
b*c	۴	۱۶۳۳۳/۲۶۸***	۱۹/۴۶۰	۰/۳۵۷۶	۸۷۲/۸۳۷
a*b*c	۴	۹۳۰۵/۶۰۱	۲۰/۲۸۰	۰/۲۵۶۴	۴۳۶/۷۹۹
خطا	۳۴	۳۹۶۲/۸۰۹	۸/۷۲۵	۰/۱۹۸۳	۳۷۳/۷۰
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۹۶	۱۷/۰۸۳	۱۴/۳۶	۱۱/۸۹

*** و * به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می باشد

جدول پیوست ۴- میانگین مربعات کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید کلزا تحت تأثیر مصرف خاکی، محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگرد

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
تکرار (r)	۲	۰/۱۵۵۴۴	۰/۰۱۸۶۲	۰/۰۰۶۱۰	۰/۱۹۴۶
مصرف خاکی (a)	۱	۰/۰۰۸۵۵	۱/۰۵۹۶***	۰/۰۰۴۰۲	۱/۲۵۶۸***
محلول پاشی (b)	۲	۰/۰۱۸۴۴	۰/۱۳۶۵۳	۰/۰۴۱۶۷	۰/۲۴۹۷*
پیش تیمار (c)	۲	۰/۴۷۳۸*	۱/۰۱۷۶۹***	۰/۱۱۷۹***	۰/۳۵۰۸***
a*b	۲	۰/۰۷۱۷۱	۰/۳۸۰۱۸***	۰/۰۹۱۶۷*	۰/۲۷۲۸*
a*c	۲	۰/۰۷۳۲۰	۰/۷۱۳۳۹***	۰/۰۲۰۹۸	۱/۱۸۵۷***
b*c	۴	۰/۴۸۴۷***	۰/۹۷۴۵***	۰/۱۲۶۲۰***	۰/۳۷۵۴***
a*b*c	۴	۰/۲۱۴۴	۰/۳۸۷۰۳***	۰/۰۸۳۲۷*	۰/۱۱۵۱
خطا	۳۴	۰/۰۸۹۵۱	۰/۰۴۷۸۷	۰/۰۲۱۴۷	۰/۰۶۴۱۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۸۲	۳۵/۵۴	۲۴/۱۳	۷/۵۰

*** و * به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می باشد

جدول پیوست ۵- میانگین مربعات مقدار نسبی آب برگ، پایداری غشاء پلاسمایی، مقدار گوگرد برگ کلزا تحت تأثیر مصرف خاکی، محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگرد

منابع تغییر	درجه آزادی	مقدار نسبی آب	پایداری غشاء	گوگرد برگ
تکرار	۲	۳۲/۳۹۰	۱۳/۷۰	۷/۰۳۱
مصرف خاکی (a)	۱	۳۷۲/۷۱۲*	۲۰۱/۸۵**	۰/۴۹۹
محلول پاشی (b)	۲	۲۶۰/۴۵۸*	۱۵/۹۹	۴/۶۸۳
پیش تیمار (c)	۲	۲۶۷/۷۷*	۳۵/۶۷	۳/۷۴۵
a*b	۲	۲۴/۳۱۱	۵/۸۱	۱۸/۱۳۲
a*c	۲	۴۹/۸۲۸	۷۱/۷۹**	۳۳/۷۲۴
b*c	۴	۷۸/۰۶۲	۱۹/۳۳	۴۶/۵۹۴
a*b*c	۴	۱۵۴/۶۷۴	۲/۴۰	۲/۴۴۳
خطا	۳۴	۷۲/۷۱۱	۸/۷۵	۱۷/۸۲۷
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۴۲	۶/۷۳	۱/۴۸۱

**و*به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می باشد

جدول پیوست ۶- میانگین مربعات روغن، پروتئین، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین دانه کلزا تحت تأثیر مصرف خاکی، محلول پاشی و پیش تیمار منابع گوگرد

منابع تغییر	درجه آزادی	روغن دانه	پروتئین دانه	عملکرد روغن	عملکرد پروتئین
تکرار	۲	۱۹/۵۵۳	۵۰/۳۱۲	۱۳۰۹۷۵۵/۷*	۵۶/۵۴
مصرف خاکی (a)	۱	۰/۶۴۴	۸/۴۸۰	۵۸۹۹۳۹/۳	۱۲/۰۱
محلول پاشی (b)	۲	۲/۹۷۷	۷۳/۷۳۵	۱۴۷۶۷۰/۴	۱۶۴/۱
پیش تیمار (c)	۲	۱/۱۱۷	۲/۰۰۸۶	۸۸۰۸۴۴/۶	۹۵/۸۹
a*b	۲	۷/۸۰۳	۱۶۷/۰۴۵**	۲۲۴۰۲۹/۸	۳۴۴۸/۶۲**
a*c	۲	۳۹/۹۹۸**	۱۷۰/۳۲۹**	۴۵۱۲۰۹/۱	۵۵۹/۶۹**
b*c	۴	۱۶/۳۲۶*	۱۶۷/۳۷۱**	۳۶۴۹۴۸/۶	۲۹۴/۳۸*
a*b*c	۴	۷/۰۲۹	۷۹/۳۷۴*	۴۷۱۹۵۹/۱	۲۲۷/۲۳
خطا	۳۴	۴/۶۵۹	۲۹/۲۶۶	۳۱۵۷۷۱	۸۹/۴۱
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۳۹	۲۶/۷۹	۱۶/۳۱	۲۸/۹۵

** و * به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می باشد

جدول پیوست ۷- مقایسه میانگین وزن خشک خورجین، کلروفیل b، کلروفیل کل و پروتئین دانه تحت تأثیر

برهم کنش سه جانبه مصرف خاکی گوگرد، محلول پاشی و پیش تیمار

مصرف خاکی گوگرد	تیمارها محلول پاشی	پیش تیمار	وزن خشک خورجین (گرم در مترمربع)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تر برگ)	کلروفیل کل	پروتئین دانه (درصد)
عدم مصرف خاکی	عدم مصرف خاکی	صفر	۱۵۵/۱۱ ^{defg}	۰/۲۳۴۰ ^{efg}	۰/۶۷۱۰ ^{abcd}	۱۳/۰۶۷ ^{efg}
مصرف خاکی	صفر	بیوتین	۱۰۵/۶۸ ^g	۰/۵۸۹۰ ^{de}	۰/۶۴۰۰ ^{abcd}	۱۶/۵۷ ^{cde}
		تیامین	۱۸۷/۳۳ ^{bcdef}	۰/۱۴۰۰ ^g	۰/۷۳۲۰ ^{abc}	۸/۸۶ ^g
		صفر	۱۱۳/۱۵ ^{fg}	۰/۴۷۸۰ ^{defg}	۰/۵۰۰۰ ^{cde}	۳۰/۵۷ ^a
	سدیم هیدروسولفید	بیوتین	۱۶۸/۵۷ ^{cdefg}	۱/۲۲۰ ^b	۰/۷۴۸۰ ^{de}	۳۱/۵۲ ^a
		تیامین	۱۷۴/۴۰ ^{cdefg}	۰/۱۶۱۰ ^{fg}	۰/۶۸۸۰ ^{abcd}	۳۱/۶۲ ^a
		صفر	۱۹۵/۸۶ ^{bcde}	۰/۶۵۰۰ ^{cd}	۰/۵۱۲۰ ^{cde}	۲۸/۷۰ ^{ab}
	گوگرد مایع	بیوتین	۲۸۲ ^a	۰/۱۵۷۰ ^{fg}	۰/۷۸۸۰ ^{abcd}	۱۲/۲۵ ^{efg}
		تیامین	۱۲۸/۹۳ ^{efg}	۰/۶۶۵۰ ^{cd}	۰/۴۴۰۰ ^{bcde}	۱۲/۱۳ ^{efg}
		صفر	۱۹۷/۱۵ ^{bcde}	۱/۹۱۱ ^a	۰/۱۵۵۰ ^f	۱۲/۱۳ ^{efg}
		بیوتین	۲۴۲/۴۰ ^{abc}	۰/۵۱۰۰ ^{def}	۰/۶۴۴۰ ^{abcd}	۲۹/۰۵ ^{ab}
مصرف خاکی گوگرد	صفر	تیامین	۱۶۲/۸۰ ^{defg}	۰/۳۷۵۰ ^{defg}	۰/۷۸۵۰ ^{ab}	۲۷/۵۳ ^{ab}
		صفر	۱۳۷/۵۱ ^{efg}	۱/۰۰۶ ^{bc}	۰/۶۸۰۰ ^{abcd}	۱۴/۱۲ ^{def}
		بیوتین	۲۲۵/۳۳ ^{abcd}	۱/۱۷۹ ^b	۰/۳۶۱۰ ^{ef}	۱۰/۵۰ ^{fg}
	سدیم هیدروسولفید	تیامین	۱۹۸/۹۷ ^{bcde}	۰/۱۵۱۰ ^{fg}	۰/۶۵۰۰ ^{abcd}	۱۱/۲۰ ^{fg}
	گوگرد مایع	صفر	۲۵۹/۷۷ ^{ab}	۰/۶۶۳۰ ^{cd}	۰/۶۰۹۰ ^{bcd}	۲۴/۷۳ ^b
		بیوتین	۱۳۴/۶۶ ^{efg}	۰/۳۶۲۰ ^{defg}	۰/۸۷۲۰ ^a	۱۹/۴۸ ^c
		تیامین	۱۶۹/۱۵ ^{cde}	۰/۶۴۸۰ ^{cd}	۰/۶۹۰۰ ^{abcd}	۲۹/۴۰ ^{ab}
Lsd 5%			۵/۸۵۳	۰/۳۶۳۲	۰/۲۴۳۳	۰/۹۷۷

منابع

آقای، پ. و شریعتی، م. ۱۳۸۶. اثر کمبود سولفور بر رشد سلولی، تولید بتاکاروتن، کلروفیل و فتوسنتز در جلبک *Dunaliella salina* جدا شده از مرداب شور گاوخونی اصفهان. ۲۰(۲): ۱۵۳-۱۶۳.

آیاری، ه.، شکاری، ف. و شکاری، ف. ۱۳۷۹. دانه روغنی: زراعت و فیزیولوژی. انتشارات عمیدی. تبریز.

اسدی رحمانی، ه.، خاوازی، ک.، اصغرزاده، ا.، رجالی، ف. و افشاری، م. ۱۳۹۱. کودهای زیستی در ایران: فرصت-ها و چالش‌ها. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۶(۱): ۷۷-۸۷.

احمدی، م. ۱۳۷۹. تأثیر میزان کود روی و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه روغنی کلزا *Brassica nasps* L. ۷(۳): ۲۵۹-۲۶۴.

احمدی، م. و جاویدفر، ف. ۱۳۸۹. تغذیه مورد نیاز کلزا. موسسه تحقیقات و محصولات اصلاح شده دانه‌های روغنی. ص ۲۴-۳۲.

اخوان، ز. و فلاح نصرت آباد، ع. ر. ۱۳۹۲. تأثیر گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر pH خاک، وزن خشک و قابلیت جذب فسفر در کلزا. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. ۳(۱): ۷۸-۹۳.

امانی، ف. ف.، رئیسی، ن. پ.، بیرانوند، و. و موسوی شلمانی، م. ا. ۱۳۸۶. رشد و عملکرد دو رقم سویا در سطوح مختلف گوگرد تحت تأثیر شرایط گلخانه. مجموع مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. ۴-۶ شهریور. کرج. ص ۴۳۶-۴۳۷.

امیرمکری، ه. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۴. نگاهی به صنعت تولید و مصرف گوگرد در کشور. نشریه فنی شماره ۴۵۰. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

ابراهیمی، م.، دردی پورف آ. و ارزانش، م. ح. ۱۳۹۱. بررسی اثر کود گوگرد و خصوصیات کیفی کلزا (*Brassica napus* L.) در خاک‌های استان گلستان. دومین همایش ملی دستاوردهای نوین در تولید گیاهان روغنی. بجنورد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد. ص. ۱-۸.

ایران‌نژاد، ح. و مزینانی حسینی، م. ۱۳۸۴. تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه سه رقم کتان روغنی در ورامین. مجله علمی کشاورزی. ۱۱۱-۱۲۰.

امامی، عاکفه. ۱۳۷۵. شرح روش های تجزیه گیاه (جلد اول). مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۹۸۲، تهران. ایران. ۱۲۶ ص.

بای بوردی، آ. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۲. اثر سطوح ازت و منگنز بر عملکرد و کیفیت دو رقم کلزای پاییزه در شهرستان اهر- آذربایجان شرقی. مجله آب و خاک. ۱۷: ۸-۱.

بشارتی، ح. و فلاح، ع. ۱۳۸۸. تأثیر مقادیر مختلف گوگرد و مایه تلقیح باکتری های تیوباسیلوس بر غلظت آهن در بخش هوایی ذرت. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. گرگان. ص ۹۱-۹۳.

بهمنیار، م.ع.، رمضان پور، م.ر.، ملکوتی، م.ج. و بهره ور، ه.ر. ۱۳۸۴. بررسی عملکرد و کیفیت دانه سویا تحت تأثیر کودهای گوگردی و منیزی. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران. ۳۴ ص.

پورموسوی، س.م.، گلوی، م.، دانشیان، ج.، قنبری، ا. و بصیرانی، ن.ا. ۱۳۸۷. بررسی تنش خشکی و کود دامی بر میزان رطوبت، پایداری غشاء سلول و مقدار کلروفیل برگ سویا. مجله علمی کشاورزی. ۴: ۷۵-۸۵.

جامسون، م.، گالشی، س.، پهلوانی، م. و زینلی، ا. ۱۳۸۸. بررسی اثر محلول پاشی روی بر عملکرد دانه و خواص کیفی دو رقم سویا در کشت تابستانه. مجله پژوهش های تولید گیاهی. ۱۶(۱): ۱۸-۲۵.

جلیلی، ف.، ملکوتی، م.ج. و کسرائی، ر. ۱۳۷۹. نقش تغذیه متعادل بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزای پاییزه در منطقه خوی. مجله آب و خاک. ۱۲(۱۲): ۳۵-۴۲.

چقازردی، ح.، محمدی، غ. و بهشتی آل آقا، ع. ۱۳۹۲. ارزیابی اثر گوگرد و کود دامی بر خصوصیات رشد گیاه ذرت و اسیدیته خاک. پژوهش های زراعی. ۱۱(۱): ۱۶۲-۱۷۰.

حبیبی، م.، مجیدیان، م. و ربیعی، م. ۱۳۹۳. تأثیر عناصر بر، روی و گوگرد بر عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا. به زراعی کشاورزی. ۱۶(۱): ۶۹-۸۴.

حیدری، م. و رضاپور، ع. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی و کود گوگرد بر عملکرد دانه، کلروفیل و غلظت عناصر معدنی در گیاه دارویی سیاه دانه (*Nigella sativa* L) مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۱۱(۱): ۸۱-۹۰.

خرازی، ح.ک. و مرادی، م. ۱۳۸۹. مجموعه زراعت عمومی و زراعت گیاهان صنعتی. انتشارات فرهیختگان دانشگاه تهران. ۲۸۰ ص.

- خلدبرین، ع. و اسلام‌زاده، خ. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی. انتشارات دانشگاه شیراز، ۹۰۲ ص.
- خواجه‌پور، م. ۱۳۹۰. اصول و مبانی زراعت. انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان. ۶۳۰ ص.
- خواجه‌پور، م. ۱۳۹۱. زراعت گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۵۸۰ ص.
- خواجه‌پور، م. ۱۳۸۳. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان. ۴۳۲ ص.
- دادرسی، و. و ابوطالبیان، م. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر پرایمینگ بذر بر روی صفات مورفولوژیکی، پروتئین دانه و کارایی مصرف دو هیبرید ذرت میان رس در شرایط مزرعه. نشریه زراعت. ۱۰۷: ۸۲-۹۰.
- ربانی چادگانی، ع. ۱۳۸۷. مبانی بیوشیمی. انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۳۰۱ صفحه.
- رحیمی، ا.، زیبایی، س. و دشتی، ح. ۱۳۹۱. تأثیر پرایمینگ بذر بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک رقم گلدشت گلرنگ در شرایط تنش شوری. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۲(۳): ۲۸-۴۲.
- رضا پور، ع.، حیدری، م.، گلوی، م. و رمرودی، م. ۱۳۹۰. تأثیر تنش خشکی و مقادیر مختلف گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و تنظیم کننده‌های اسمزی در گیاه دارویی سیاهدانه. فصل نامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷(۳): ۳۸۴-۳۹۶.
- رضایی‌زاده، ع. و زارعی سیاه بیدی، ا. ۱۳۹۴. دستورالعمل فنی کاشت، داشت و برداشت کلزا در استان کرمانشاه. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه.
- رضوانی مقدم، پ.، نباتی، ج.، نوروز پور، ق. و محمد آبادی، ع. ا. ۱۳۸۳. بررسی خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد دانه و روغن کرچک در تراکم های مختلف گیاهی و فواصل مختلف آبیاری. پژوهش های زراعی ایران. مشهد. ۲(۱): ۱-۱۲.
- رضوی پور، ت. و صبوری، ص. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر گوگرد پودری با و بدون باکتری تیوباسیلوس بر روی عملکرد کلزا. هشتمین کنگره علوم خاک ایران. رشت. ص ۵۸-۶۰.
- رودی، د.، رحمان پور، س. و جاویدفر، ف. ۱۳۸۲. زراعت کلزا. چاپ اول، انتشارات دفتر برنامه‌ریزی رسانه‌های ترویجی وزارت جهاد کشاورزی. ۵۳ ص.

سارانی، ش.ا.، شریفی تهرانی، آ.، احمدزاده، ع.م. و جوان نیکخواه، م. ۱۳۸۶. کارایی باکتری‌های سودوموناس در کنترل بیولوژیکی *Rhizoctonia solani* عامل مرگ گیاهچه کلزا. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴۲: ۲۶۱-۲۷۰.

سالار دینی، ع.ا. ۱۳۸۲. حاصلخیزی خاک. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۴۱۳ ص.

سپهر، ا.، رسولی، م.ج. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۲. نقش گوگرد در تغذیه دانه‌های روغنی. تغذیه دانه‌های روغنی. مجموعه مقالات. انتشارات خانیان. ص ۲۹-۳۶.

سپهر، ا. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۳. نقش گوگرد در تغذیه دانه‌های روغنی. مجموعه مقالات تغذیه بهینه دانه‌های روغنی گامی مؤثر در نیل به خودکفایی روغن در کشور. انتشارات خانیان. ۴۶۴ صفحه.

سهرابی، ی.، احمدی، ا.، حیدری، غ. و سی و سه مرده، ع. ۱۳۹۸. اثر کودهای گوگرد و روی بر خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد دانه ذرت تحت تنش خشکی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۲(۱): ۷۶۳-۷۷۹.

سیفی، س.م.، پیکرستان، ر.ب. و کلهر، م. ۱۳۹۰. زراعت و پرورش دانه‌های روغنی. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. ۲۸۷ ص.

شاکر حسینی، ر. و آزادبخت، ل. ۱۳۸۳. ویتامین‌ها. نشر گرایش. ۱۹۷ ص.

شهابی‌فر، ج. ۱۳۸۵. تأثیر سطوح گوگرد و روی بر عملکرد سیب‌زمینی در منطقه قزوین. خلاصه مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. ص ۱۲۵.

شهرکی، م. ۱۳۹۰. دستورالعمل فنی زراعت کلزا در استان سیستان و بلوچستان. نشر سازمان جهاد کشاورزی سیستان و بلوچستان. ۱-۲۴.

صفاری، م.، مددی‌زاده، م. و شریعتی‌نیا، ف. ۱۳۹۰. بررسی آثار تغذیه‌ای عناصر نیتروژن، بر و گوگرد بر خصوصیات کمی و کیفی دانه گلرنگ. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۱(۴۲): ۱۳۳-۱۴۱.

عظیم‌زاده، م. و عظیم‌زاده، ج. ۱۳۹۰. مراحل رشد و نمو گیاهان زراعی. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، چاپ اول. ص ۵۶-۸۲.

عمارلو، ع.، کاظمی تبار، ک. نجفی زرینی، ح. و ابراهیمی، ا. ۱۳۹۴. مطالعه تغییرات بیان ژن سوپراکسید دیسموتاز در غلظت‌های مختلف گوگرد در گیاه سیر. زیست فناوری گیاهان دارویی. ۲: ۵۶-۷۲.

فروغی، ل. و عبادی، ع. ۱۳۹۱. تأثیر نیتروژن و گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گلرنگ بهاره. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۵(۲۹): ۳۷-۵۶.

قاسمیان، و. ۱۳۷۹. مطالعه عناصر ریز مغذی مانند آهن، روی و منگنز بر کمیت و کیفیت دانه سویا در آذربایجان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی. تربیت مدرس.

قدمی، ن. ۱۳۸۹. زراعت و اصلاح کلزا (کاشت، داشت و برداشت). انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی تهران. ۲۳۱ ص.

قربانی، ا. ۱۳۸۳. تعیین گیاهان مناسب برای کشت دوم اراضی کشاورزی استان گیلان. سمینار بررسی فرصت‌ها، چالش‌ها و راهکارهای توسعه کشت دوم در شالیزار با محدودیت کلزا. ۱۶-۱۷ تیر. موسسه تحقیقات برنج کشور (کشور).

کریمی، ف.، بهمنیار، م.ع. و شهابی، م. ۱۳۹۱. تأثیر کاربرد گوگرد و کود دامی بر میزان روغن و پروتئین و برخی اجزای عملکرد در دو خاک آهکی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۲(۳): ۷۱-۸۴.

کوچکی، ع. و سرمدنی، غ.ح. ۱۳۹۰. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ص ۱۴۴-۱۴۵.

گیلانی، ع.، عباس دخت، ح. و غلامی، ا. ۱۳۹۷. ارزیابی تأثیر باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ماش. همایش ملی ایده‌های نوین در کشاورزی و منابع طبیعی. آبان. اردبیل. ص ۱۰۳۵. مجیدیان، م. ۱۳۹۳، تأثیر روی، بر و گوگرد بر میزان روغن دانه، عملکرد و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در کلزا. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی. ۲۱(۳): ۱۳۵-۱۵۲.

محسن‌نیا، ا. و جلیلیان، ج. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی و منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). بوم‌شناسی کشاورزی. ۴(۳): ۲۳۵-۲۴۵.

محمدی، م. ۱۳۸۵. خاکشناسی کشاورزی. مرکز نشر سپهر. ۲۴۵ ص.

- ملکوتی، م.ج. و همایی، م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک. چاپ دوم. دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس. ۴۸۲ ص.
- مومن، ا.، بازوکی، ا. و ممیزی، م.ر. ۱۳۹۰. اثرات گوگرد بنتونایت‌دار و کمپوست بر ویژگی‌های کمی و کیفی گندم در سمنان. مجله فیزیولوژی زراعی. ۳: ۳۱-۴۷.
- میار صادقی، س.، شکاری، ف.، فتوت، ر. و زنگانی، ا. ۱۳۸۹. تأثیر پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک بر بنیه و رشد گیاه‌چه کلزا در شرایط کمبود آب. مجله زیست‌شناسی گیاهی. ۲(۶): ۵۵-۷۰.
- میرزا شاهی، ک.، پیشدارفردانه، م. و نورقلی‌پور، ف. ۱۳۸۹. تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن و گوگرد بر عملکرد کلزا در شمال خوزستان. مجله علمی کشاورزی. ۶(۲): ۱۰۷-۱۱۲.
- میرنیا، س.خ. و حبیب‌زاده، ف. ۱۳۸۵. راهنمای تغذیه گیاه. انتشارات تک رنگ. ۱۲۰ ص.
- نادری عارفی، ع.، بخشنده، ع.ا.، نادیان، ح.ا. و قرینه، م. ح. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر منابع مختلف گوگرد و پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در شرایط معتدل سرد. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج. ص ۶۰۹-۶۱۰.
- نجاززادگان، ر.، نادیان، ح.ا.، عالمی سعید، خ. و سیادت، س.ع.ا. ۱۳۸۷. اثر سطوح مختلف گوگرد و بور بر شاخص‌های رشدی کلزا در شرایط آب و هوایی شمال شرق اهواز. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. ص ۳۹۶.
- وجودی مهربانی، ل.، پیمانی، م. و تقوی، م. ۱۳۹۷. تأثیر محلول‌پاشی جیبرلین و بیوتین بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک نعناع. سومین همایش ملی کشت ارگانیک و ازدیاد گیاهان دارویی. تیر. ارومیه. ص ۵۱۷-۵۲۲.

Abdel -Aziz, N.G., Fatma El-Quesni, E.M. and Farahat, M.M. 2007. Response of vegetative growth and some chemical constituents of *Synгонium podophyllum* L. to foliar application of thiamine, ascorbic acid and kinetin at Nubaria. World J.of Agric. Sci., 3(3): 301-305.

Abdel-Halim, S.M. 1995. Effect of some vitamins on growth, yield and endogenous hormones of tomato plants during winter. Egypt J. Applic. Sci. 10: 322-334.

Abrahamian, P. and Kantharajah, A. 2011. Effect of vitamins on in vitro organogenesis of plant. Ame of Plants Sci. 2(5): 669-674.

Abou elnour, E.A. 2002. Can supplemented potassium foliar feeding reduce the recommended soil potassium. J. of Biol. Sci. 5: 259-260.

Ahmad, A., Khan, I., Anjum, N.A., Abrol, Y.P. and Iqbal, M. 2005. Role of sulphate transporter systems in sulphur efficiency of mustard genotypes. J. Plant Sci. 169: 842–846.

Ahmad, G., Jan, A., Arif, M., Jan, M.T. and Khattak R. A. 2007. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. J. of Zhejiang Univ. Sci. 8: 731-737.

Ahmadi, M. 2000. Effect of zinc and nitrogen fertilizer rate on yield and yield components of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Am-Euras. J. Agric. Environ. Sci. 7(3): 259-264.

Ahn, P., Kim, S. and Lee, Y.H. 2005. Vitamin B1 functions as an activator of plant disease resistance. Plant Physiol. 138(3): 1505-1515.

Aisha, A.H., Rizk, F.A., Shaheen, A.M. and Abdel-Mouty, M.M. 2007. Onion plant growth, bulbs yield and its physical and chemical properties as affected by organic and natural fertilization. Res. J. Agric. Biol. Sci. 3(5): 380-388.

Akhtar, M.S., Oki, Y. and Adachi, T. 2007. Genetic diversity in *Brassica* cultivars under deficiently buffered P stress environment: II. Percent distribution of biomass and P concentration, P stress factor and P utilization efficiency. *J. of American Sci.* 3(2): 64-72.

Al-hakimi, A.M.A. and Alghalibi, S.M.S. 2007. Thiamine and Salicylic acid as biological alternative for controlling broad bean rot disease. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* 11(4): 125-131.

Alipoor, M. and Mohsenzadeh, S. 2012. Effect of vitamin B complex on some biochemical parameters of *Aloe vera* L. under nickel and cadmium stress. *J. Med. Plants By-Products.* 2: 107-115.

Al-keraki, G.N. and Clark, R.B. 1998. Water stress mycorrhiza isolate effect on growth and nutrient accuation of water. *J. plant nutr.* 21: 891-901.

Altaf, A., Khan, V. and Abdin, M.Z. 2000. Effect of sulfur fertilization on oil accumulation, acetyl-CoA concentration, and acetyl-CoA carboxylase activity in the developing seeds of rapeseed (*Brassica campestris* L.). *Aust. J. Agric.* 51: 1023-1029.

Arif, M., Chohan, M.A., Ali, S., Gul, R. and Khan, S. 2006. Response of wheat to foliar application of nutrients. *J. Agric. Biol. Sci.* 1(4).

Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment – A shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and none-saline conditions. *Adv. Agron.*, 88: 223-271.

Astolfi, S., Zuchi, S., Cesco, S., Varanini, Z. and Pinton, R. 2004. Influence of iron nutrition on sulphur uptake and metabolism in maize (*Zea mays* L.) roots. *Soil Sci. and Plant Nutrition.* 50: 1079–1083.

Astolfi, S., Zuchi, S., Hubberten, H.M., Pinton, R. and Hoefgen, R. 2010. Supply of sulphur to S-deficient young barley seedlings restores their capability to cope with iron shortage. *J. of Exp. Bot.* 61: 799-806.

Astolfi, S., Zuchi, S., Neumann, G., Cesco, S., Ditoppi, L.S. and Pinton, R. 2012. Response of barley plants to Fe deficiency and Cd contamination as affected by S starvation. *J. of Exp. Bot.* 63: 1241–1250.

Ashraf, M. and Rauf, H. 2001. Inducing salt tolerance in maize (*Zea mays l.*) through seed priming with chloride salt growth and ion transport at early growth stages. *Asta Physiol. Plant.* 23: 407-414.

Barker, A.V. and Pilbeam, D.J. 2007. Handbook of plant nutrition. CRC Press.

Basra, S.M.A., Ashraf, M., Iqbal, N., Khaliq, A. and Ahmad, R. 2004. Physiological and biochemical aspects of pre-sowing heat stress on cottonseed. *Seed Sci. and Technol.*, 32: 765-774.

Bekhet, M. A., and M. H. Mahgoub. 2005. Application of Kinetin and phenylalanine to improve flowering characters, vase life of cut flowers as well as vegetative growth and biochemical constituents of carnation plants. *Egypt Journal of Application Science* 20(6A): 234-246.

Boem, F.H.G., Prystupa, P. and Ferraris, G. 2007. Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops. *Plant Nut.* 30: 93-104.

Bocobza, S.E. and Aharoni, A. 2014. Small molecules that interact with RNA: Riboswitch-based gene control and its involvement in metabolic regulation in plants and algae. *Plant. J.* 79: 693-703.

Boswell, C., Owers, W., Swanney, B. and Rothbaum, H. 1988. Sulfur/sodium bentonite mixtures as sulfur fertilizers. a. The effects of S/Na-bentonite ratios on the rate dispersion and particle size distribution of elemental sulfur dispersed from laboratory-produced prills. *Fertil. Res.* 15(1): 13-31.

Burguières, E., McCue, P., Kwon, Y.I. and Shetty, K. 2007. Effect of vitamin C and folic acid and seed vigour response and phenolic-linked antioxidant activity. *Bioresource Technol.* 98: 1393-1404.

Cakmak, I. 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant soil.* pp. 3-24.

Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic bio Fortification. *Plant and Soil.* 302:1-17.

Chauhan, S., Titov, A. and Tomar, D.S. 2013. Effect of Potassium, Sulphur and Zinc on Growth, Yield and Oil Content in Soybean (*Glycine max.*L) in vertisols of Central India. *Indian. J. of Appl. Res.* 3(6): 489-491.

Cheema, M.A., Malik, M.A., Hussain, A., Shah, S.H. and Basra, S.M.A. 2001. Effects of time and rate of nitrogen and phosphorus application on the growth and the seed and oil yields of canola (*Brassica napus* L.). *J. Agron. Crop Sci.* 186(2): 103-110.

Chen J, Wu F-H, Wang W-H, Zheng C-J, Lin G-H, Dong X-J, He J-X, Pei Z-M, Zheng H-L. 2011. Hydrogen sulphide enhances photosynthesis through promoting chloroplast biogenesis, photosynthetic enzyme expression, and thiol redox modification in *Spinacia oleracea* seedlings. *J. Exp. Bot.* 62: 4481–4493.

Chen J, Wang W-H, Wu F-H, You C-Y, Liu T-W, Dong X-J, He J-X, Zheng H-L. 2013. Hydrogen sulfide alleviates aluminum toxicity in barley seedlings. *Plant and Soil.* 362: 301–318.

Colinas, M. and Fitzpatrick, T.B. 2015. Natures balancing act: Examining biosynthesis de novo, recycling and processing damaged vitamin B metabolites. *Current Opinion in Plant Biol.* 25: 98-106.

Dat, J.F., Foyer, C.R. and Scott, I.M. 1998. Parallel changes in H₂O₂ and catalase during thermo tolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedling. *Plant physiol.* 116: 1351-1357.

Daun, J.K. 2004. Quality of genetically modified (GM) and conventional varieties of canola (spring oilseed rape) grown in Western Canada, 1996–2001. *J.Agric Sci.* 142(03): 273–280.

D’Hooghe, P., Dubousset, L., Gallardo, K., Kopriva, S., Avice, J.C. and Trouverie, J. 2014. Evidence for proteomic and metabolic adaptations associated with alterations of seed yield and quality in sulfur-limited *Brassica napus* L. *Mol. Cell. Proteomics.* 13: 1165–1183.

Diepenbrok, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. of Field Crop Res.* 67: 35-49.

Dolatabadian, A., modares sanavy, S.A.M. and Chashmi, N.A. 2008. The effects of foliar application of ascorbic acid (Vitamin c) on antioxidant enzymes activities, lipid peroxidation and proline accumulation of canola (*Brassica napus* L.) under conditions of salt stress. *J. Agron. Crop Sci.* 194: 206-213.

Dube, B.K.K., Tawari, J. and Chatterjee, C. 2003. excess chromium alters uptake and translocation of certain nutrients in citrullus. *Chemosphere.* 53: 1147-1153.

Du, Q., Wang, H. and Xie, J. 2011. Thiamin (vitamin B1) biosynthesis and regulation: A rich source of antimicrobial drug targets? *Inter. J. of Biol. Sci.* 7(1): 41-52.

El-Din, K.M. 2005. Physiological studies on the effect of some vitamins on growth and oil content in sunflower plant. *Egy. J.of Appl. Sci.* 20:560-571.

Elanchezhian, R., Krishnapriya, V., Pandey, R., Rao, A.S. and Abrol, Y.P. 2015. Physiological and molecular approaches for improving phosphorus uptake efficiency of crops. *Current Sci.* 108(7): 1271-1279.

El-Awadi, E., AbdElbaky, R., Mona, G., Dawood, M., Shalaby, A. and Bakry, B.A. 2016. Enhancement quality and quantity of lupine plant via foliar application of some vitamins under sandy soil conditions. *Res. J. of Pharmac. Biolo. and Chem. Sci.* 7(4): 1012-1024.

El-Ghamriny, E.A., Arisha, H.M. and Kamel, A.E. 2005. Effect of foliar spray with B-vitamins (B1, B6 and B12) on growth and seed yield of cowpea plants. *Zagazig J. Agric. Res.* 32(6): 1767- 1783.

El-Shawy, T.A., El-Rokiek, K.G., Balba, L.K. and Abbas, S.M. 2008. Micronutrients, B-vitamins and yeast in relation to increasing Flax (*Linum usitatissimum* L.) growth, yield productivity and controlling associated weeds. *Asi. J. of Agric. Res.*, 2(1): 1-14.

El-Tohamy, W. A., and N. H. M. El-Greadly. 2007. Physiological responses growth yield and quality of snap beans in response to foliar application of yeast. Vitamin E and zinc under sandy soil condition. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 1(3): 294 - 299.

Erdal, I., Kepenek, K. and Kizilgos, I. 2004. Effect of foliar iron applications at different growth stages on iron and some nutrient concentrations in strawberry cultivars. *Turk. J. Agric. For.* 28: 421-427.

Erdem, H., Torun, M.B., Erdem, N., Yazıcı, A., Tolay, I., Gunal, E. and Özkutlu, F. 2016. Effects of different forms and doses of sulfur application on wheat. *Turk. J. of Agric. - Food Sci. and Technol.* 4(11): 957-961.

Esmail, Y. and Patwardhan, A.M. 2006. Physiological analysis of the growth and development of canola (*Brassica napus* L.) under different chemical fertilizer application. Asian. J. Plant Sci. 5: 745-752.

Eilkaee, M.N. and Emam, Y. 2006. Effect of plant density on yield and yield components in two winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian J. of Agric. Sci. 34: 509-515.

Fang, C. and Chen, C. 2011. Effects of sulfur fertilizer on cotton growth and yield. J. Agric. Sci., 40: 85–86.

Farooq, M., Basra, S.M.A., Khalid, M., Tabassum, R. and Mahmood, T. 2006. Nutrient homeostasis, metabolism of reserves and seedling vigor as affected by seed priming in coarse rice. Canad. J. of Bot., 84: 1196-1202.

Fazili, I.S., Jamal, A., Ahmad, S., Masoodi, M., Khan, J.S. and Abdin, M.Z. 2008. Interactive effect of sulfur and nitrogen on nitrogen accumulation and harvest in oilseed crops differing in nitrogen assimilation potential. J. of Plant Nutr. 31(7): 1203-1220.

Goyer, A. 2010. Thiamine in plants: Aspects of its metabolism and functions. Phytochemistry. 71: 1615-1624.

Guggenberger, G. 2000. The role of DOM sorption to mineral surfaces in the preservation of heavy metals in soils. Org Geochem. 31: 711–25.

Hadji Sfaxi, I., Ezzine, A., Coquet, L., Cosette, P. and Jouenne, T. 2012. Combined proteomic and molecular approaches for cloning and characterization of copper–zinc superoxide dismutase (Cu, Zn-SOD2) from Garlic, *Allium sativum*. Molecul. Biotechnol. 52: 49– 58.

Hamada, A.M. and Khulaef, E.M. 2000. Simulative effects of ascorbic acid, thiamin or pyridoxine on *Vicia faba* growth and some related metabolic activates. Pakistan J. of Biol. Sci. 3: 1330-1332.

Hamada, A.M. and AL-Hakimi, A.M. 2009. Exogenous ascorbic acid or thiamine increases the resistance of sunflower and maize plants to salt stress. Biomed. and Life Sci. 57: 335-347.

Harris, D. 2006. Development and testing of on-farm seed priming. Adv. Agron. 90: 129- 178.

Harris, D., Pathan, A.K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W. and Nyamudeza, P. 2001. On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. Agric. Systems, 69: 151-164.

Hassanein, R.A.M. 2003. Effect of some amino acids, trace elements and irradiation on fennel (*Foeniculum vulgare* L.). Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture. Cairo University.

Hathout, T.A. 1995. Divers effects of uniconazole and nicotinamid on germination, growth, endogenous hormones and some enzymatic activity of peas. Egypt J. Physiol. Sci. 19: 77-95.

Hawkesford, M.J. 2012. Sulfate uptake and assimilation whole plant regulatin. Proc. Int. Plant Sulfur Workshop. 1: 11-24.

Hamdalla, G. 2000. Soil fertility management: the need for new concepts in the region. A paper presented at regional workshop on Soil Fertility Management through Farmer Field Schools in the Near East Amman Jordan.

Hamilton, I.W. 2012. Production of elemental sulfur and bentonite clay granules in a rotary drum master of science thesis, Colorado School of Mines. USA, 67P.

Hocking, P. J., Pinkerton, A. and Good, A. 1998. Recovery of field – grown canola from sulfur deficiency. Aust. J. of Exp. Agric. 38 (1): 79-85.

Horton, R.H. 2006. Coenzymes and vitamins, principles of biochemistry, Pearson Education International, Upper Saddle River.

Hinsinger, P. 2001. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. Plant soil. 237: 173-195.

Hiscox, J.D. and Israelstam, G.F. 1978. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Can. J. Bot. 57: 1332-1334.

Hitsuda, K., Yamada, M. and Klepker, D. 2005. Sulfur requirement of eight crops at early stages of growth. Agron. J. 97(1): 155-159.

Howlitt, A.C. and Pogson, B.J. 2006. Carotenoid accumulation and function in seeds and nongreen tissues. Plant, cell and Environ. 29: 435-445.

Irshad, A.H., Fayaz-Ahmad, S. and Sultan, P. 2011. Effect of sulfur dioxide on the biochemical parameters of spinach (*Spinacea oleracia*). J. Sci. 9(1): 24-27.

Iswan, A., Saelim, J. and Poathong, S. 2007. Effects of levels of sulfur fertilizer on growth of *Digitaria eriantha* grass. Silpakorn University Science and Technology Journal. 1(2): 13-19.

Jakson, F. and Jasinka, Z. 1996. The influence of sowing dates and sowing rates on the development and Yield of winter rape varieties. Proc; 7 th Int. rapeseed confy poznan Poland ,pp:886-892.

Jan, A., Khan N, Khan, I.A. and Khattak, B. 2002. Chemical composition of canola as affected by nitrogen and sulphur. Plant Sci. 1: 519- 521.

Jounson, J. and Jimerson, B.J., 2003. Canola and rape seed briefing number 60. available in: www.Ampc.Montana.edu.

Kaiser, K. and Guggenberger, G. 2000. The role of DOM sorption to mineral surfaces in the preservation of heavy metals in soils. *Org Geochem* . 31: 711–25.

Kandil, H. and Gad, N. 2012. Growth and oil production of canola as affected by different sulphur sources. *J. of Basic and Apply Sci. Res.*, 2(5): 5196- 5202.

Khajeh-Hosseini, M., Nasehzadeh, M and Matthews, S. 2010. Rate of physiological germination relates to the percentage of normal seedlings in standard germination tests of naturally aged seed lots of oilseed rape. *Seed sci. and Technol.* 38: 602-611

Khan, N.A., Khan, T., Hayat, S. and Khan, M. 1996. Pyridoxine improves growth, nitrate reductase and carbonic anhydrase activity in wheat. *Sci. Cult.* 62: 160-161.

Khan, N., Jan, A., Ijaz, I., Khan, A. and Khan, N. 2002. Response of canola to Nitrogen and sulfur Nutrition. *Asian J.of Plant Sci.* 5(1): 516-518.

Khan, A.H., Khalil, I.A. and Shah, H. 2004. Nutritional yield and oil quality of canola cultivars grown in NWFP. *Sarhad J. Agric.*, 20(2): 287-290.

Khan, M., Samiullah, N. and Khan, N.A. 2001. Response of mustard and wheat to pre-sowing seed treatment with pyridoxine and basal level of calcium. *Indian J. Plant Physiol.* 6(3): 300-305.

Kinaci, E. and Gulmezoglu, N. 2007. Grain yield and yield components of triticale upon application of different foliar fertilizers. *Interciencia.* 32(9): 624-628.

Knowles, J.R. 1989. The mechanism of biotin-depent enzymes. *Ann. Rev. of Biochem.* 58: 195-2210.00

Koralewska, A., Stuiver, C.E., Posthumus, F.S., Kopriva, S., Hawkesford, M.J. and

Dekok, L.J. 2008. Regulation of sulfate uptake, expression of the sulfate transporters sultr 1;1 and sultr 1;2 and APS reductase in Chinese cabbage (*Brassica pekinensis*) as affected by atmospheric H₂S nutrition and sulfate deprivation. *Funct. Plant Biol.*, 35: 318-327.

Kumarat, R.N., Rathor, R.S. and Mahatma, M. 2006. effect of sulfur and iron on enzymatic activity and chlorophyll content of mungbean. *J. of Plant Nutr.* 29: 1451 - 1467.

McGrath, S. and Zhao, J. 1996. Sulphur uptake yield response and interaction between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. of Agric. Sci.* 126: 53-62.

Mahgoub, M. and Abdel aziz, S. 2011. Response of *dahlia pinnata* L. plant to foliar with putrescine and thiamine on growth, flowering and photosynthetic pigments. *American-Eurasian. J. Agric. and Environ. Sci.* 10 (5): 769-775.

Maleki, A., Naderi, A., Naseri, R., Fathi, A., Bahamin, S. and Naleki, R. 2013. Physiological performance of soybean cultivars under drought stress. *Bull. Environ. Pharmacol Life Sci.* 2(6): 38-44.

Malhi, S.S., Gan, Y. and Raney, J.P. 2007. Yield, seed quality and sulphure uptake of brassica oilseed crops in response to sulfur fertilization. *Agron. J.* 99: 570-577.

Malhi, S.S. and Leach, D. 2000. Restor canola yield by correcting sulfur deficiency in the growing season. Xth International colloquium the optimization of plant nutrition. April 8-13, Cairo- Egypt.

Malhi, S.S. Schoenau, J.J. and Grant, C.A. 2005. A review of sulfur fertilizer management for optimum yield and quality of canola in the canadian great plains. *Canad. J. Plant Sci.* 85: 297-307.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Plants. 2nd ed., Academic press, Ltd., London 862p.

Moghaddam, M.J. and Pourdad, S.S. 2011. Genotype and environment interactions and simultaneous selection for high oil yield and stability in rainfed warm areas rapeseed (*Brassica napus* L.) from Iran. Euphytica. 180: 321-335.

Moll, R. H., Kamprath, E.J. and Jackson, W.A. 1982. Analysis and interpretation of factor which contribute to efficiency of nitrogen utilization. J. of Agron. 74: 262-264.

Moosavi, Y., Tajbakhsh, M. and Ghobadian, B. 2014. Study of Iranian castor yield with analysis of variance method. Plant Product. J. 36(4): 121-134.

Mukherjee, D. and Singh, R.K. 2002. Influence Sulfur, iron and silicon nutrition on growth and yield of irrigated mustard. Haryana J. Agron. 18 (1 and 2): 2-50.

Nahed, G., Abdel Aziz, S., Azza, A., Mazher, M. and Farahat, M. 2010. Response of vegetative growth and chemical constituents of *Thuja orientalis* L. plant to foliar application of different amino acids at Nubaria. J. of American Sci. 6(3): 295-301.

Nahed, G., Abdel aziz, S., Fatma, E.M., El- Quesni and Farahat, M. 2007. Response of vegetative growth and some chemical constituents of *Syngonium podophyllum* L. to foliar application of thiamine, ascorbic acide and kinetin at nubaria. World J. of Agric. Sci. 3(3): 301- 305.

Nahed, G., Abdel Aziz, S., Taha Lobna, M. and Ibrahim Soad, M. 2009. Some studies on the effect of putrescine, ascorbic acid and tiamine on growth, flowering and some chemical constituents of gladiolus plants at Nubaria. Ozean J. of Appl. Sci. 2(2): 169- 179.

Nahed, G.A., El-Quesni, G.E.M. and Farahat, M.M. 2007. Response of vegetative growth and some chemical constituents of *Syngonium podophyllum* to foliar application of thiamine, ascorbic acid and kinetin to nurbaria. World J. of Agric. Sci. 3(3): 301-305.

Nishinari, K., Fang, Y., Guo, S. and Phillips, G.O. 2014. Soy proteins: A review on composition, aggregation and emulsification. Food Hydrocolloids. 39: 301–318p.

Noorullah, K., Amanullah, J., hasanullah, I., Ahmad, K. and Naeem, K. 2002. Response of canola to nitrogen and sulfur nitrogen. Asian J. Plant Sci. 1(5): 516-518.

Oertli, J.J. 1987. Exogenous application of vitamins as regulators for growth and development of plants a review. J. of Plant Nutrition and Soil Sci. 150(6): 375-391.

Ohara, N., Naito, Y., kasama, K., Nagata, T. and Okuyama, H. 2009. Similar changes in clinical and pathological parameters in wistar Kyoto rats after a 13-week dielari in take of canola oil or fatty acid composition –based interesterified canola oil mimic food. Ehem. Toxic, 47:157-1620.

Ohlson, R. and Anjou, K. 1979. Rapeseed protein products. J. of the American Oil Chemis.Society. 56(3): 431–437.

Orlovius, K. 2004. Fertilizing for high yield and quality. IPI Bulletin.16: 125p.

Piri, I., Rahimi, A., Tavassoli, A., Rastegaripour, F. and Babaeian, M. 2012. Effect of sulphur fertilizer on sulphur uptake and forage yield of *Brassica juncea* in condition of different regimes of irrigation. Afric. J. of Agric. Res. 7(6): 958-963.

Pimentel, D. and Dazhong, W. 1990. Technological changes in energy use in agriculture production, Pp: 174-166. In: Carroll, C.R., Vandermeer, J.H. and Rosset, P.M. (Eds.), Agroecology. McGraww-Hill Pub, New York.

Plaut, Z., Butow, B.J., Blumenthal, C.W. and Wrighey, C.W. 2004. Transport of dry matter in to developing wheat kernel. *Field Crop Res.* 96: 185- 196.

Polyak, SW. Bailey, L.M., Azhar, A. and Booker, G.W.2012. Biotin (Vitamin H or B7). In: Betancourt, A.I. and Gaitan, H.F. (Eds.), *Micronutrients: sources, properties and health benefits.* New York: Nova Publishers; p. 65–93.

Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C. and Job, D. 2012. Seed germination and vigor. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 63: 507–533.

Rana, K.S., Rana, D.S. and Kumar, P. 2001. Growth and yield of taramiric (*Ercca sativa*) as affected by nitrogen and sulphur under dryland condition. *Indian J. Agron.*, 46(1): 168-170.

Randazzo, C.A. 2009. Sulphur- essential to the fertilizer industry as row material, plant nutrient and soil amendment. 15th AFA International Annual Fertilizers Forum and Exhibition. Cairo. Egypt. February 10-20.

Rasheed, M., Ali, H. and Mahmood, T. 2004. Impact of nitrogen and sulfur application on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) crop. *J. of Res. (Sci.)*, Bahauddin Zakariya University of Pakistan. 15: 153–7.

Rathore, P.S. and Manohar, S.S. 1989. Response of mustard to nitrogen and sulphur. *Ind. J. Agron.* 34: 336.

Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N. and Dharmatti, P.R. 2008. Effect of sulfur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Karnataka J. Agric. Sci.* 21: 383-385.

Rose, T.J., Rengel, Z., Ma, Q. and Bowden, J.W. 2007. Differential accumulation patterns of phosphorus and potassium by canola cultivars compared to wheat. *J. of Plant Nut. and Soil Sci.* 170(3): 404-411.

Saha, M. and Singh, H. 1987. Effect of sulphur on prevention of iron chlorosis and plant composition of groundnut on alkaline calcareous soil. *J. Agric.Sci.* 109(1): 73-77.

Sairam, R.K. and Srivastva, G.C. 2001. Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotype. *J. agron. And crop Sci.*, 186: 63-700.

Salvagiotti, F. 2006. Sulfur and nitrogen deficiency reduces radiation interception, biomass production and grain yield in wheat. The 18th World Congress of Soil Science, July 9-15, 2006 - Philadelphia, Pennsylvania, USA.

Salvagiotti, F. and Miralles, D.J. 2008. Radiation interception, biomass production and grain yield as affected by the interaction of nitrogen and sulfur fertilization in wheat. *Europ. J. of Agron.* 28: 282–290.

Sattar, A., Cheema, M.A., Wahid, M.A., Saleem, M.F. and Hassan, M. 2011. Interactive effect of sulphur and nitrogen on growth, yield and quality of canola. *Crop & Environ.* 2(1):32-37.

Scherer, H.W. 2001. Sulphure in crop production. *Europ. J. of Agron.* 14: 81-111.

Schung, E. 1991. Sulphur nutritional status European crops and consequences for agriculture. *Sulphur in Agric.* 15: 7-12.

Sharaf-Eldin, M.A., Ibrahim, A. and Korkar, A. 2008. Effects of gibberellic acid and dry yeast on growth, yield essential oil of Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.). *Medicinal and Aromatic Plant Sci. and Biotechnol.* 2(2): 105: 1-19.

Sharma, D.N., Khadar, V.K. Sharma, R.A. and Singh, D. 1991. Effect of different doses and sources of sulphur on the quality and yield of mustard (*Brassica juncea* L.). *J.*

of Indian Society of Soil Sci. 39: 197-200.

Shi, H, Ye, and Chan, Z. 2013. Exogenous application of hydrogen sulfide donor sodium hydrosulfide enhanced multiple abiotic stress tolerance in bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L). Pers.). *Plant Physiology and Biochemistry* 71: 226-234.

Sidlauskas, G. and Tarakanovas, P. 2004. Factors affecting nitrogen concentration in spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plant Soil Environ.* 5: 227-234.

Sieling, K. and Kage, H. 2010. Efficient N management using winter oilseed rape. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30(2): 271–279.

Stampar, F., Hudina, M., Dolenc, K. and Usenik, V. 1998. Influence of foliar fertilization on yield quantity and quality of apple (*Malus domestica* borkh.). In: Anac, D. and P. Martin- Prével (eds). *Improved crop quality by nutrient management*, Pp: 91-94.

Styer, R.C. and Cantliffe, D.J. 1983. Evidence of repair processes in onion seed during storage at high seed moisture contents. *J. Exp. Bot.* 34: 277-282.

Szulc, P., Waligóra, H. and Skrzypczak, W. 2008. Better effectiveness of maize fertilization with nitrogen through additional application of magnesium and sulphur. *Nauka Przyr. Technol.* 2(3): 19.

Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D. and Havlin, J.L. 1993. Soil and fertilizer nitrogen. *Soil fertility and fertilizers.* 4: 112-183.

Tunc-Ozdemir, M. 2009. Thiamin confers enhanced tolerance to oxidative stress in arabidopsis. *Plant Physiol.* 151: 421-432.

Waling, L., Vark, W.V., Houba, V.J.G. and Van der Lee, J.J. 1989. Soil and plant and analysis, a series of syllabi. Plant analysis procedures, wageningen Agriculture University, the Netherlands.

Walter Heldt, H. and Piechulla, B. 2011. Plant biochemistry. 4 ed. Academic Press is an imprint of Elsevier. 622 P.

Wang, Y. Q., Li, L., Cui, W. T., Xu, S., Shen, W. B. and Wang, R. 2012. Hydrogen sulfide enhances alfalfa (*Medicago sativa*) tolerance against salinity during seed germination by nitric oxide pathway. Plant and Soil 351: 107-119.

Wiedenfeld, B. 2011. Sulfur application effects on soil properties in a calcareous soil and on sugarcane growth and yield. J. Plant Nut. 34: 1003-1013.

Yassen, B. and Mamari, A.I. 1995. Further evaluation of the resistance of black barley to water stress. J. Agron. 174: 19-25.

Yasumoto, S. Matsuzaki, M. Hirokane, H. and Okada, K. 2010. Glucosinolate content in rapeseed in relation to suppression of subsequent crop. Plant Prod. Sci. 13:150-155.

Zajac, T., Kulig, B., Oleksy, A., Stokłosa, A., Styrz, N. and Pyziak, K. 2013. Development and yield of morphologically different groups of winter oilseed rape canopy I. Productivity and morphology of plants. Acta Scientiarum Polonorum. Agric. 12(1):45–56.

Zhang, H., Hu, L.Y., Hu, K.D, He, Y.D, Wang, S.H. and Luo, J.P. 2008. Hydrogen sulfide promotes wheat seed germination and alleviates oxidative damage against copper stress. J. of Integrative Plant Biol. 50: 1518–1529.

Zhang, H., Hu, S.L. and Zhang, Z.L. 2011. Hydrogen sulfide acts as a regulator of flower senescence in plants. Post harvest Biol. and Technol., 60(3): 251-257

Zhang, H., Ye, Y.K., Wang, S.H., Luo, J.P, Tang, J. and Ma, D.F. 2009a. Hydrogen sulfide counteracts chlorophyll loss in sweetpotato seedling leaves and alleviates oxidative damage against osmotic stress. *Plant Growth Regul.* 58: 243–250.

Zhang, H., Tang, J., Liu, X.P., Wang, Y., Yu, W., Peng, W.Y., Fang, F., Ma, D.F., Wei, Z.J. and Hu, L.Y. 2009b. Hydrogen sulfide promotes root organogenesis in ipomoea batatas, salix matsudana and *Glycine max*. *J. of Integrative Plant Biol.* 51: 1086-1094.

Zhang, H., Wang, M.J., Hu, L.Y., Wang, SH., Hu, K.D., Bao, L.J. and Luo, J.P. 2010a. Hydrogen sulfide promotes wheat seed germination under osmotic stress. *Russian J. Plant Physiol.* 57: 532-539.

Zhang, H., Hu, L.Y., Li, P., Hu, K.D., Jiang, C.X. and Luo, J.P. 2010b. Hydrogen sulfide alleviated chromium toxicity in wheat. *Biologica Plantarum.* 54:743-747.

Zuchi, S., Cesco, S. and Astolfi, S. 2012. High S supply improves Fe accumulation in durum wheat plants grown under Fe limitation. *Environ. and Exp. Bot.* 77: 25–32.

Abstract

Sulfur is the fourth needed element for plants, especially for rapeseed, and the deficiency of it in the agricultural soil of the world is increasing. Sulfur is an important part of methionine and cysteine amino acids, and has a role in the formation of chlorophyll, enzyme activating compounds, vitamin B synthesis and photosynthesis. So an experiment has been done to study the effects of different sources of sulfur on growth, yield and physiological traits in brassica napus at Shahrood University of Technology in March 2019. Experimental treatments included the soil use of sulfur in 2 levels (consumption and lack of consumption), 3 levels of foliar application of sulfur sources (zero, liquid sulfur and sodium hydrosulfide) and 3 levels of seed pre-treatment with sulfur vitamins (zero, thiamin and biotin) as a factorial based on randomized complete block with 3 replications. Use of sulfur solid was performed before planting and foliar application before flowering. The results showed pre-treatment by thiamin increased number of pod in the bush and consumption also improved number of seed per pod, oil percentage, plasma membrane stability and carotenoid. Sodium hydrosulfide in pre-treatment condition had positive effects on percentage and yield of protein. Dry weight of leaf and pod, grain protein and RWC was increased by foliar application of liquid sulfur. Also interaction of sodium hydrosulfide and pre-treatment of thiamin increased pod dry weight, number of pod in the bush, chlorophyll a and b, oil percentage and protein yield. The percentage and yield of protein was increased by the usage of sulfur soil. Interaction of liquid sulfur and sodium hydrosulfide on biotin increased many physiological and qualitative traits. Generally in accomplished experiment, sulfur soil consumption and thiamin pre-treatment were more effective on considered traits, alone and in the combination with other treatments too. Also the interaction of foliar application of sodium hydrosulfide and thiamin pre-treatment led to improve the most of agricultural, physiological and qualitative traits of brassica.

Key words: Biotin, Thiamin, Sodium hydrosulfide, Liquid sulfur



Shahrood University of Technology

M.Sc. Thesis in Agronomy

**The Study of effect of different sulfur sources on growth, yield and
physiological traits in *Brassica napus* L.**

By: Roghayeh Bakhshi

Supervisor:

Dr. M. Baradaran Firuzabadi

Dr. H. Makkarian

Advisor:

Dr. A. Gholami

October 2020