دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک

اثر محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن بر خصوصیات کمی،کیفی و همزیستی با ریزوبیوم در گیاه سویا

نگارنده

امین حبیبی سوچلمایی

استاد راهنما

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

اساتید مشاور

دکتر حمیدرضا اصغری

دکتر منوچهر قلی‌پور

دی ۱۳۹۵

تقدیم به:

پدر و مادرم

که از نگاهشان صلابت

از رفتارشان محبت

و از صبرشان ایستادگی را آموختم

و خواهران عزیزم

که وجودشان شادی بخش و صفایشان مایه آرامش من است.

قدردانی و تشکر

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و درود بر محمّد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وام دار وجودشان است. بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجلّ از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آن جایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تأمین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و ازباب "من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزّ و جلّ" از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای **دکتر مهدی برادران فیروزآبادی** که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفتند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از اساتید مشاور جناب آقای **دکتر حمیدرضا اصغری** و **دکتر منوچهر قلی پور** که از راهنمایی های بی منتشان کمال استفاده را نمودم تقدیر و تشکر می نمایم.

همچنین از زحمات اساتید داور جناب آقایان **دکتر نگاریان** و **دکتر غلامی** سپاسگزارم.

تقدیر و تشکر ویژه ای از دوستان و همکلاسی های عزیزم جناب آقایان اسماعیل سلمانپور، مجید صالحی، احسان قربانی، سید حسین احمدی و سرکار خانم ها شیدا لطفی، زینب بنی نعمه، الهه برادران، نرگس رشیدی و فرشته مختاری که همواره یار و یاور بنده حقیر بوده و به عمل می آورم. همچنین از زحمات بی دریغ سرکار خانم آموزگار و سایر کارشناسان و کارکنان تشکر می کنم.

امین حبیبی سوچلایی

دی ماه ۱۳۹۵

تعهد نامه

اینجانب امین حبیبی سوچلمایی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته کشاورزی اکولوژیک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه اثر محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن بر خصوصیات کمی،کیفی و همزیستی با ریزوبیوم در گیاه سویا تحت راهنمائی دکتر مهدی برادران فیروزآبادی متعهد می شوم.

- 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 می باشد 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 می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- 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 افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. 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.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده:

استفاده از توانایی ذاتی گیاهان لگوم در تثبیت نیتروژن هوا به‌وسیله‌ی همزیستی با باکتری‌های ریزوبیوم، ابزاری جالب جهت تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان و کاهش خطرات ناشی از مصرف کودهای شیمیایی می‌باشد. ساکارز و مولیبدن از آن دسته موادی هستند که می‌توانند با تأثیر بر رابطه همزیستی راندمان تثبیت نیتروژن را افزایش دهند. جهت بررسی این موضوع، آزمایشی روی گیاه سویا در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا شد. تیمارها شامل محلول-پاشی ساکارز در سه سطح (صفر، ۱۵ و ۳۰ گرم در لیتر)، محلول‌پاشی مولیبدن در سه سطح (صفر، ۰/۰۳ و ۰/۰۶ گرم در لیتر) و باکتری ریزوبیوم در دو سطح (عدم تلقیح و تلقیح) بودند. که به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. بذور قبل از کشت با باکتری تلقیح شدند و محلول‌پاشی نیز یک‌بار و در زمان گلدهی صورت گرفت. نتایج نشان داد که تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم پیش از کاشت بر تمامی صفات زراعی و مورفولوژیک مورد بررسی تأثیر معنی‌داری داشت و آن‌ها را بهبود بخشید. به‌طور مشخص تلقیح سبب افزایش درصد و عملکرد پروتئین دانه شد. محلول-پاشی ساکارز بر تجمع ماده خشک، بسیاری از صفات زراعی، عملکرد و صفات فیزیولوژیکی مؤثر واقع شد. این تیمار موجب افزایش پایداری غشاء شد و قند محلول و عملکرد روغن دانه را به‌ترتیب ۹/۱۲ و ۱۹/۸۱ درصد بهبود داد. محلول‌پاشی مولیبدن نیز به‌طور معنی‌داری عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک مانند کلروفیل‌ها و کاروتنوئید را افزایش داد. کاربرد این ماده توانست مقدار عناصر مولیبدن، آهن و نیتروژن را در برگ گیاه افزایش دهد. از بین اثرات متقابل، برهم‌کنش تلقیح بذر به همراه محلول‌پاشی مولیبدن با غلظت ۰/۰۶ گرم در لیتر بر صفات بیشتری اثرگذار بود. بررسی اثر متقابل ساکارز و مولیبدن نیز نشان داد که محلول‌پاشی ۳۰ گرم در لیتر ساکارز همراه با ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن در اکثر صفات مفیدتر واقع شد. در نهایت، تلقیح بذر قبل از کاشت و انجام محلول پاشی با بالاترین غلظت ساکارز و مولیبدن موجب بهبود خصوصیات کمی و کیفی در گیاه سویا شد.

کلمات کلیدی: میکروارگانیسم، نیتروژن، عملکرد، روغن

مقالات مستخرج از پایان نامه

حبیبی سوچلمایی، ا.، برادران فیروزآبادی، م.، اصغری، ح. و قلی پور، م. ۱۳۹۵. اثر تلقیح بذر با باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم و محلول‌پاشی مولیبدن بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا *(Glycin max* L.*)*. دومین کنگره بین المللی و چهاردهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۹-۱۱ شهریور ۱۳۹۵. دانشگاه گیلان.

حبیبی سوچلمایی، ا.، برادران فیروزآبادی، م.، اصغری، ح. و قلی پور، م. ۱۳۹۵. اثر محلول-پاشی ساکارز بر عملکرد و تجمع ماده خشک گیاه سویا *(Glycin max* L.*)*. دومین کنگره بین المللی و چهاردهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۹-۱۱ شهریور ۱۳۹۵. دانشگاه گیلان.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱

فصل دوم: بررسی منابع ۵

۲-۱- سویا ۶

۲-۱-۱- تاریخچه و اهمیت ۶

۲-۱-۲- گیاه‌شناسی ۶

۲-۱-۳ – سازگاری ۸

۲-۱-۴- ارزش غذایی ۹

۲-۲- نیتروژن ۹

۲-۲-۱- اهمیت نیتروژن در گیاه ۹

۲-۲-۲- منابع تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان ۱۱

۲-۳- اثرات منفی کودهای شیمیایی ۱۲

۲-۴- کودهای زیستی ۱۳

۲-۵- تثبیت زیستی نیتروژن ۱۴

۲-۶- ریزوبیوم ۱۵

۲-۶-۱- فرآیند همزیستی لگوم – ریزوبیوم ۱۵

۲-۶-۲- فاکتورهای موثر بر رابطه همزیستی ریزوبیومی ۱۷

۲-۶-۳- تأثیر ریزوبیوم بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان ۱۸

۲-۷- عناصر ضروری گیاه ۱۹

۲-۷-۱- عناصر کم‌مصرف ۱۹

۲-۸- مولیبدن و اهمیت آن در سیستم‌های زراعی ۲۱

۲-۹- ساکارز ۲۲

۲-۹-۱- نقش ساکارز در رشد و نمو گیاهان ۲۳

۲-۹-۲- تأثیر ساکارز بر رابطه همزیستی ۲۴

فصل سوم: مواد و روش‌ها ۲۷

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش ۲۸

۳-۲- آماده سازی بستر و کاشت ۲۸

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی ۲۸

۳-۴-اعمال تیمارها ۲۹

۳-۵- عملیات داشت ۳۰

۳-۵-۱- آبیاری ۳۰

۳-۵-۲- مبارزه با علف‌های هرز ۳۰

۳-۵-۳- مصرف کود اوره ۳۰

۳-۶- برداشت ۳۰

۳-۷- نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری صفات زراعی ۳۰

۳-۷-۱- وزن خشک برگ، ساقه، غلاف و ریشه ۳۱

۳-۷-۲- ارتفاع بوته و طول ریشه ۳۱

۳-۷-۳- قطر ساقه و ریشه ۳۱

۳-۷-۴- حجم ریشه ۳۲

۳-۷-۵- تعداد و وزن گره ۳۲

۳-۷-۶- شاخه فرعی ۳۲

۳-۷-۷- سطح برگ ۳۲

۳-۸- عملکرد و اجزای عملکرد ۳۲

۳-۹- صفات فیزیولوژیک ۳۳

۳-۹-۱- کلروفیل a، b و کاروتنوئید ۳۳

۳-۹-۲- محتوای نسبی آب برگ ۳۳

۳-۹-۳- پایداری غشای پلاسمایی برگ ۳۴

۳-۹-۴- سنجش قند محلول ۳۴

۳-۱۰- صفات کیفی ۳۶

۳-۱۰-۱- درصد و عملکرد روغن ۳۶

۳-۱۰-۲- درصد و عملکرد پروتئین دانه و نیتروژن برگ و خاک ۳۶

۳-۱۰-۳- درصد فسفر برگ ۳۸

۳-۱۰-۴- اندازه‌گیری آهن و مولیبدن برگ ۳۹

۳-۱۰-۵- اندازه‌گیری جمعیت باکتری‌های خاک ۳۹

فصل چهارم: نتایج و بحث ۴۱

۴-۱- ماده خشک ۴۲

۴-۱-۱- وزن خشک برگ ۴۲

۴-۱-۲- وزن خشک ساقه ۴۳

۴-۱-۳- وزن خشک غلاف ۴۴

۴-۱-۴- وزن خشک ریشه ۴۶

۴-۲- زراعی و مورفولوژیک ۴۸

۴-۲-۱- شاخص سطح برگ ۴۸

۴-۲-۲- ارتفاع بوته ۴۸

۴-۲-۳- قطر ساقه ۵۱

۴-۲-۴- طول ریشه ۵۲

۴-۲-۵- قطر ریشه ۵۵

۴-۲-۶- حجم ریشه ۵۶
۴-۲-۷- شاخه فرعی ۵۸
۴-۲-۸- تعداد گره ۸۹
۴-۲-۹- وزن تر گره ۶۱
۴-۳- عملکرد و اجزای عملکرد ۶۳
۴-۳-۱- تعداد غلاف در بوته ۶۳
۴-۳-۲- تعداد دانه در غلاف ۶۴
۴-۳-۳- وزن هزار دانه ۶۵
۴-۳-۴- عملکرد دانه ۶۶
۴-۴- صفات فیزیولوژیک ۶۹
۴-۴-۱- کلروفیل a ۶۹
۴-۲-۲- کلروفیل b ۷۱
۴-۲-۳- کلروفیل کل ۷۲
۴-۴-۴- کاروتنوئید ۷۴
۴-۴-۵- محتوای نسبی آب برگ ۷۶
۴-۴-۶- پایداری غشای پلاسمایی ۷۷
۴-۵-۷- میزان قند محلول در برگ ۷۹

۴-۵- صفات کیفی ۸۰
۴-۵-۱- درصد پروتئین دانه ۸۰
۴-۵-۲- عملکرد پروتئین دانه ۸۱
۴-۵-۳- درصد روغن دانه ۸۳
۴-۵-۴- عملکرد روغن دانه ۸۴
۴-۵-۵- آهن برگ ۸۷
۴-۵-۶- درصد مولیبدن برگ ۸۷
۴-۵-۷- درصد فسفر برگ ۸۹
۴-۵-۸- نیتروژن برگ ۸۹
۴-۵-۹- نیتروژن خاک ۹۱
۴-۵-۱۰- جمعیت باکتریهای خاک ۹۲
۴-۶- نتیجه‌گیری ۹۴
۴-۷- پیشنهادات ۹۵
منابع ۱۱۱

فهرست شکل‌ها

شکل **صفحه**

۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده ۲۹

۳-۲- منحنی استاندارد قند محلول در طول موج ۶۲۵ نانومتر ۳۵

۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۴۳

۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۴۴

۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز ۴۵

۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن ۴۶

۴-۵- مقایسه میانگین وزن خشک ریشه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن ۴۷

۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک ریشه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن ۴۷

۴-۷- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن ۴۹

۴-۸- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم ۴۹

۴-۹- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۵۰

۴-۱۰- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم ۵۱

۴-۱۱- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی ساکارز ۵۲

۴-۱۲- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن ۵۳

۴-۱۳- مقایسه میانگین طول ریشه تحت تآثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول-پاشی ساکارز ۵۴

۴-۱۴- مقایسه میانگین طول ریشه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن ۵۴

۴-۱۵- مقایسه میانگین قطر ریشه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن ۵۵

۴-۱۶- مقایسه میانگین حجم ریشه تحت تأثیر سطوح مختلف ساکارز ۵۶

۴-۱۷- مقایسه میانگین حجم ریشه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن ۵۷

۴-۱۸- مقایسه میانگین حجم ریشه تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم ۵۷

۴-۱۹- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۵۹

۴-۲۰- مقایسه میانگین تعدا شاخه فرعی در بوته تحت تأثیر باکتری ریزوبیوم ۵۹

۴-۲۱- مقایسه میانگین تعداد گره تحت تأثیر محلول‌پاشی مولیبدن ۶۰

۴-۲۲- مقایسه میانگین تعداد گره تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم ۶۱

۴-۲۳- مقایسه میانگین وزن گره تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز ۶۲

۴-۲۴- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی ساکارز ۶۳

۴-۲۵- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن ۶۴

۴-۲۶- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن ۶۵

۴-۲۷- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول-پاشی ساکارز ۶۶

۴-۲۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۶۸

۴-۲۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم ۶۸

۴-۳۰- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی ساکارز ۶۹

۴-۳۱- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول-پاشی مولیبدن ۷۰

۴-۳۲- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن ۷۱

۴-۳۳- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم ۷۲

۴-۳۴- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی ساکارز ۷۳

۴-۳۵- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول-پاشی مولیبدن ۷۴

۴-۳۶- مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۷۵

۴-۳۷- مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن ۷۶

۴-۳۸- مقایسه میانگین محتوای آب نسبی برگ تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم ۷۷

۴-۳۹- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی تحت تأثیر محلول‌پاشی ساکارز..... ۷۸

۴-۴۰- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن ۷۹

۴-۴۱- مقایسه میانگین محتوای قند محلول برگ تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی ساکارز ۸۰

۴-۴۲- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم ۸۱

۴-۴۳- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن ۸۲

۴-۴۴- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم ۸۲

۴-۴۵- مقایسه میانگین درصد روغن دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن ۸۴

۴-۴۶- مقایسه میانگین عملکرد روغن دانه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی ساکارز ۸۵

۴-۴۷- مقایسه میانگین عملکرد روغن دانه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن ۸۵

۴-۴۸- مقایسه میانگین عملکرد روغن دانه تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم ۸۶

۴-۴۹- مقایسه میانگین غلظت آهن برگ تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن ۸۸

۴-۵۰- مقایسه میانگین درصد مولیبدن برگ تخت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن ۸۸

۴-۵۱- مقایسه میانگین درصد فسفر برگ تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم ۸۹

۴-۵۲- مقایسه میانگین درصد نیتروژن برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن ۹۰

۴-۵۳- مقایسه میانگین نیتروژن خاک تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن ۹۱

۴-۵۴- مقایسه میانگین غلظت نیتروژن خاک تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز ۹۲

۴-۵۵- مقایسه میانگین جمعیت باکتری‌های خاک تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم ۹۳

فهرست جداول

جدول **صفحه**

پیوست ۱- میانگین مربعات تجمع ماده خشک تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۹۸

پیوست ۲- مقایسه میانگین تجمع ماده خشک تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۹۸

پیوست ۳- میانگین مربعات شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و قطر ساقه تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۹۹

پیوست ۴- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و قطر ساقه تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۹۹

پیوست ۵- میانگین مربعات طول، قطر و حجم ریشه تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۰

پیوست ۶- مقایسه میانگین طول، قطر و حجم ریشه تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۰

پیوست ۷- میانگین مربعات تعداد شاخه فرعی، تعداد و وزن گره تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول-پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۱

پیوست ۸- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی، تعداد و وزن گره تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول-پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۱

پیوست ۹- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۲

پیوست ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۲

پیوست ۱۱- میانگین مربعات کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۳

پیوست ۱۲- مقایسه میانگین کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۳

پیوست ۱۳- میانگین مربعات محتوای نسبی آب برگ، پایداری غشاء و قند محلول تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۴

پیوست ۱۴- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ ، پایداری غشاء و قند محلول تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۴

پیوست ۱۵- میانگین مربعات پروتئین دانه، روغن دانه، عملکرد پروتئین و عملکرد روغن تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۵

پیوست ۱۶- مقایسه میانگین پروتئین دانه، روغن دانه، عملکرد پروتئین و عملکرد روغن تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۵

پیوست ۱۷- میانگین مربعات عناصر موجود در برگ تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۶

پیوست ۱۸- مقایسه میانگین عناصر موجود در برگ تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۶

پیوست ۱۹- میانگین مربعات نیتروژن و جمیعت باکتری‌های خاک تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۷

پیوست ۲۰- مقایسه میانگین نیتروژن و جمیعت باکتری‌های خاک تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول-پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۷

پیوست ۲۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ، ساقه و طول ریشه تحت تأثیر اثر سه جانبه ریزوبیوم، محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۸

پیوست ۲۲- مقایسه میانگین وزن گره، روغن دانه و نیتروژن برگ تحت تأثیر اثر سه جانبه ریزوبیوم، محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن ۱۰۹

فصل اول

مقدمه

افزایش جمعیت جهان همچنان به رشد هندسی خود ادامه می‌دهد و براساس پیش‌بینی‌ها در کمتر از ۵۰ سال به مرز ۱۲ میلیارد نفر خواهد رسید (پیمنتل و همکاران، ۱۹۹۴). با این روند، مشکل تأمین مواد غذایی و سوءتغذیه به‌طور فزآینده‌ای شدت می‌یابد (پیمنتل و همکاران، ۱۹۹۷). از آنجایی‌که پروتئین به‌عنوان یکی از مواد اصلی در رشد و سلامت انسان به‌شمار می‌آید، کمبود آن می‌تواند صدمات جبران ناپذیری به انسان وارد آورد (سرور و همکاران، ۱۹۹۳). امروزه اشتیاق به استفاده از پروتئین‌های گیاهی به دلیل سالم‌تر بودن و همچنین قیمت ارزان‌تر نسبت به پروتئین‌های حیوانی روزبه‌روز در حال گسترش است. گیاه سویا که از خانواده‌ی بقولات می‌باشد، با داشتن ۴۵-۳۵ درصد پروتئین می‌تواند جایگزین مناسبی برای پروتئین گوشت باشد (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۳). در بین دانه‌های روغنی نیز سویا بالاترین میزان تولید را به خود اختصاص داده است (دپارتمان کشاورزی آمریکا، ۲۰۱۶). پایین بودن مقدار اسیدهای چرب اشباع و همچنین میزان بالای اسید اولئیک و میزان کم اسید پالمتیک، روغن سویا را برای سلامت انسان مناسب گردانیده است (برگلاند، ۲۰۰۲). باتوجه به آنچه گفته شد، سویا گیاهی باارزش و راهبردی برای کشورمان نیز محسوب می‌گردد.

اگرچه کاربرد کودهای شیمیایی در ابتدا تأثیر به‌سزایی در افزایش عملکرد داشت، لیکن استفاده بیش از حد این نهاده‌ها منجر به کاهش حاصلخیزی خاک شده و تخریب محیط‌زیست را درپی داشته است (رجالی و همکاران، ۱۳۸۹). علاوه بر این کارایی مصرف کودهای شیمیایی هم‌اکنون از لحاظ تئوری به بالاترین سطح خود رسیده است، بدین معنی که استفاده بیش از این از کودهای شیمیایی به‌سختی می‌تواند عملکرد را افزایش دهد (احمد، ۱۹۹۵).

نیتروژن محدود کننده‌ترین عنصر برای رشد گیاهان محسوب می‌شود و به‌مقدار زیادی در جو زمین موجود می‌باشد به‌طوری‌که ۷۸ درصد اتمسفر را نیتروژن تشکیل می‌دهد. در بین گیاهان زراعی، خانواده بقولات از امتیاز تبدیل نیتروژن مولکولی هوا به ترکیبات نیتروژنه قابل استفاده توسط گیاه به کمک باکتری همزیست ریزوبیوم برخوردار می‌باشند. تثبیت مولکولی نیتروژن به این روش فواید متعددی از

قبیل صرفه جویی در مصرف نیتروژن، کمک به کشاورزی پایدار، جلوگیری از آلودگی منابع آب و غذا به نیترات‌ها، باقیماندن مقداری نیتروژن در خاک برای استفاده در زراعت بعدی و غیره را دارا می‌باشد که آنها را از سایر گیاهان غیر لگوم متمایز می‌سازد (شکوه‌فر و همکاران، ۱۳۸۷). میزان نیتروژن تثبیت شده به عواملی نظیر گونه و رقم گیاه، سویه‌ی باکتری و شرایط محیطی بستگی دارد و گیاهان خانواده‌ی لگومینوز نظیر یونجه و شبدر، در شرایط مساعد تا ۹۰ درصد و سویا تا ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز خود را می‌توانند از تثبیت بیولوژیکی تأمین نمایند (کوچکی و خلقانی، ۱۳۷۴).

عناصر ریزمغذی برای رشد طبیعی گیاهان مورد نیاز هستند. ضمن شرکت در ساختار بعضی اندامک-ها، در بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه دخالت دارند (راوی و همکاران، ۲۰۰۸). کمبود این عناصر گاهی به‌عنوان محدود کننده جذب سایر عناصر غذایی و رشد می‌توانند عمل کنند و همین امر لزوم توجه بیشتر به کاربرد آنها را مشخص می‌سازد. کاربرد ریزمغذی‌ها به روش محلول‌پاشی می‌تواند وضعیت رشد گیاه را بهبود بخشد (موحدی دهنوی و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج تحقیقات متعدد حاکی از تأثیر مثبت کاربرد ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی و دارویی می‌باشد (موسوی و همکاران، ۲۰۰۷).

مولیبدن به‌عنوان یک عنصر کم‌مصرف برای اکثر موجودات زنده ضروری است و در بیش از ۶۰ آنزیم حضور دارد که نقش کاتالیزوری را در واکنش‌های متابولیسمی گیاه برعهده دارند (مندل و کروس، ۲۰۱۲). گزارش‌ها حاکی از نقش مثبت این عنصر در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان زراعی می‌باشد (اسکارپا، ۲۰۱۳). همچنین مولیبدن به‌عنوان یک جزء ساختاری مهم در آنزیم نیتروژناز می‌باشد که برای تثبیت نیتروژن توسط باکتری ریزوبیوم در گره‌های ریشه‌ی گیاهان لگوم مهم می‌باشد (آلبن آوومی و همکاران، ۲۰۱۲). تحقیقات نشان داده است که کاربرد مولیبدن می‌تواند بر رابطه‌ی همزیستی بین ریزوبیوم‌ها و گیاهان لگومینوز تأثیرگذار باشد (عبدالجبار و همکاران، ۲۰۱۳). لذا باتوجه به این

موارد و اهمیت موضوع لازم است تحقیقات بیشتری در رابطه با نقش مولیبدن در گیاهان زراعی صورت گیرد که بخشی از موضوع این پژوهش را نیز به خود اختصاص داده است.

ساکارز از جمله ترکیبات سازگاری می‌باشد که در شرایط تنش در گیاه تجمع می‌یابد و به‌عنوان محافظ اسمزی عمل می‌نماید (کرپسی و گایبا، ۲۰۰۰). ساکارز فرم اصلی انتقال قند در شبکه‌ی توزیع مواد فتوسنتزی گیاهان آلی است که بعد از ساخته شدن در بافت‌های فتوسنتزکننده به آوندهای آبکش منتقل می‌شود و از آنجا با طی مسافت طولانی در گیاه برای تأمین اسکلت‌های کربنی و انرژی به اندام‌های غیرفتوسنتزکننده (مخزن‌های رویشی و زایشی) وارد می‌شود (وارد و همکاران، ۱۹۹۸). ساکارز محصول عمده فرآیند فتوسنتز است و به‌عنوان یک مولکول انتقالی در رشد، توسعه و ذخیره‌سازی نقش دارد و در زمان مواجهه گیاه با تنش‌های محیطی تجمع می‌یابد (اسمیکنز، ۲۰۰۰). از آنجایی‌که در فرآیند همزیستی گیاه مواد قندی را در اختیار باکتری ریزوبیوم قرار داده و نیتروژن تثبیت شده را دریافت می‌کند، لذا این‌طور به‌نظر می‌رسد که با قرار دادن ساکارز کافی در اختیار گیاه و به‌دنبال آن باکتری، می‌توان راندمان تثبیت نیتروژن توسط ریزوبیوم را افزایش داد. باتوجه به اینکه تاکنون پژوهش زیادی در رابطه با این موضوع صورت نگرفته است، نتایج حاصل از این پژوهش شاید بتواند تا حدودی به سوالات مطرح شده در این زمینه پاسخ دهد.

اهداف این پژوهش شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- بررسی پاسخ زراعی و فیزیولوژیک گیاه سویا به محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

۲- بررسی تأثیر تلقیح با ریزوبیوم بر رشد و عملکرد سویا

۳- تعیین مناسب‌ترین غلظت محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن روی گیاه سویا

۴- بررسی تأثیر محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن بر میزان همزیستی سویا با ریزوبیوم

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- سویا

۲-۱-۱- تاریخچه و اهمیت

لوبیا روغنی که در ایران به نام سویا یا سوژا نیز شناخته می‌شود، از دانه‌های روغنی است که از حدود ۲۸۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در چین کشت می‌شد و در آنجا از گیاهان مقدس به‌شمار می‌رفت (خواجه پور، ۱۳۸۹). سویا از طریق چین در کشورهای همسایه و جنوب شرق آسیا و سپس در همه جای جهان گسترده شد. تا آغاز قرن بیستم تولید سویا در انحصار آسیا بود اما پس از آن به‌عنوان یک محصول اهلی و تجاری در آمریکا تبدیل شد. این کشور در حال حاضر بیشترین تولید را به خود اختصاص داده است. سایر کشورهای مهم تولید کننده شامل برزیل، آرژانتین و چین می‌باشند (رستگار، ۱۳۸۵). در ایران در سال ۱۳۱۷، بذر سویای خوراکی برای منطقه‌ی گیلان و بذر سویای علوفه‌ای برای ناحیه‌ی کرج از کشور آلمان وارد شد (کریمی، ۱۳۷۵). میانگین جهانی تولید سویا ۲/۷۸۸ تن در هکتار و درصد روغن آن حدود ۲۰ درصد گزارش شده است (فائو، ۲۰۰۸). دانه‌ی خشک سویا دارای ۱۸ تا ۲۵ درصد روغن و ۳۰ تا ۵۰ درصد پروتئین می‌باشد. درصد روغن و پروتئین تحت شرایط محیطی رشد، عملکرد و میزان تثبیت نیتروژن خاک قرار می‌گیرد (خواجه پور، ۱۳۸۹). پروتئین سویا بعد از پروتئین‌های حیوانی از لحاظ مرغوبیت در درجه اول قرار دارد و از روغن دانه‌ی آن نیز فرآورده‌های زیادی شامل روغن هیدروژنه، روغن مایع، مارگارین و روغن طباخی به‌دست می‌آید. از دیگر فرآورده‌های سویا می‌توان به نوشابه، چسب، مطبوع کننده‌های خمیری، فرآورده‌های مشابه شیر، پنیر و گوشت اشاره کرد (لطیفی، ۱۳۷۲). این گیاه چون از خانواده بقولات است می‌توان آن را به‌عنوان منبع نیتروژن جهت تقویت خاک برای کشت بعدی استفاده کرد (میرزایی، ۱۳۸۳).

۲-۱-۲- گیاه شناسی

لوبیا روغنی یا سویا با نام علمی *Glycine max* (L.).Merrill گیاهی است دیپلویید (۲n =۴۰) و یک ساله از تیره نخود[1] که به صورت بوته‌ای استوار و نسبتا پرشاخ و برگ رشد می‌کند. میانگین ارتفاع بوته

[1] Leguminose

در بسیاری از ارقام و شرایط تولید از ۶۰ تا ۱۳۵ سانتی‌متر متغیر است. مقدار رشد رویشی و طول دوره‌ی رشد سویا به رقم، طول روز، دمای محیط و تاریخ کاشت بستگی دارد ولی بسیاری از ارقام، سیکل حیاتی خود را طی ۹۰ تا ۱۴۵ روز به انجام می‌رسانند. دارای ریشه‌ای نسبتاً عمیق با توسعه جانبی زیاد است که در خاک‌های نفوذپذیر، مرطوب و گرم تا عمق ۱/۵ متری نفوذ می‌کند. روی ریشه‌های گیاه، گره‌های تثبیت کننده نیتروژن حاوی باکتری‌های ریزوبیوم ژاپونیکوم (*Rhizobium japonicum*) مشاهده می-شود (خواجه پور، ۱۳۸۹). سویا دارای چهار نوع برگ شامل لپه‌ها، برگ‌های اولیه تک برچه‌ای، برگ‌های سه برچه‌ای و برگچه‌های ضمیمه می‌باشد. برگ‌های لپه یا برگ دانه تقریباً بیضی شکل بوده و به‌وسیله اپیدرمی که دارای روزنه در سطح زیرین و فوقانی است، احاطه شده است. برگ‌های اولیه در بالای لپه‌ها تشکیل می‌شوند و سایر برگ‌ها روی ساقه یا شاخه‌ها متناوب وسه برگچه‌ای هستند. برگ‌های ضمیمه عبارت از برگ‌های بسیار کوچک و ساده است که به‌صورت جفت در قاعده‌ی هر شاخه یا در قاعده‌ی پایه گل تشکیل می‌شوند و فاقد دم‌برگ و برجستگی در محل اتصال می‌باشند (رستگار، ۱۳۸۵). اکثر برگ‌ها به رنگ سبز تیره‌اند اما برگ‌هایی به رنگ قهوه‌ای، قرمز یا آبی نیز ممکن است در مزرعه دیده شوند (ناصری، ۱۳۷۰). سویا تولید یک ساقه اصلی استوار، استوانه‌ای و اغلب کرکدار می‌کند که در ناحیه قاعده چوبی می‌باشد. از گره‌های پایینی ساقه‌ی اصلی معمولاً چهار تا هفت شاخه‌ی جانبی قوی منشعب می‌گردد. خوابیدگی بوته کمتر اتفاق می‌افتد، مگر در شرایطی از تراکم بوته بسیار بالا و فراوانی رطوبت و نیتروژن خاک که ساقه‌های ظریفی به‌وجود می‌آید (خواجه پور، ۱۳۸۹). سویا از لحاظ رشدی دارای دو تیپ رشد محدود و نامحدود می‌باشد. در رشد نامحدود، با رسیدن به مرحله‌ی نمو زایشی و ظهور گل‌ها رشد رویشی همچنان ادامه می‌یابد و بر ارتفاع بوته افزوده می‌گردد. اما در تیپ محدود با تشکیل گل آذین، رشد رویشی متوقف شده و بر ارتفاع بوته افزوده نمی‌گردد (لطیفی، ۱۳۷۲). گل‌های سویا کوچک، به‌طول ۶ تا ۷ میلی‌متر و به رنگ سفید یا بنفش کم‌رنگ می‌باشند. گل‌ها روی گل آذین‌های کوچک که در بغل گل‌ها می‌رویند به‌وجود می‌آیند (رستگار، ۱۳۸۵). آرایش گل در سویا خوشه‌ای است که از محل ظهور برگ به‌وجود می‌آید و هر خوشه حاوی ۸ تا ۱۷ گل به رنگ‌های سفید

یا ارغوانی است (کریمی، ۱۳۷۵). ریزش گل از ۲۰ تا ۸۰ درصد در تمام مراحل تولید مثل اتفاق می‌افتد و تنها حدود ۲۵ تا ۵۰ درصد گل‌ها تولید نیام می‌کنند که به توان تولیدی گیاه در زمان گلدهی، رقابت قسمت‌های رویشی یا زایشی و شرایط محیطی بستگی دارد (رستگار، ۱۳۸۵). گرده افشانی در سویا به صورت خودگشنی است و مدت کوتاهی قبل از باز شدن گل انجام می‌شود. در هر خوشه به‌طور میانگین یک تا پنج نیام تشکیل می‌شود و بقیه‌ی گلها ریزش می‌یابند. تعداد نیام متغیر بوده و ۲۰ تا ۳۰ عدد می‌باشد. نیام‌های رسیده کرک‌دار و به رنگ‌های زرد، خاکستری، قهوه‌ای و یا سیاه دیده می‌شوند. طول هر نیام به ۳ تا ۷ سانتی‌متر می‌رسد و در آن غالباً دو و گاهی تا پنج دانه تشکیل می‌شود، به طوری که میانگین تعداد دانه در نیام به‌ندرت از ۲/۷ تجاوز می‌نماید. دانه‌های سویا گرد تا لوبیایی شکل بوده، ۵ تا ۱۰ میلی‌متر قطر داشته و به رنگ‌های سبز کم‌رنگ، زرد تا قهوه‌ای تیره و یا زرد با لکه‌های قهوه‌ای تا سیاه با سطح صاف و براق و یا ناف مشخص و واضح دیده می‌شوند. ارقام دارای رنگ دانه زرد و کم‌رنگ مطلوب می‌باشند. وزن هزار دانه در بیشتر ارقام ۶۰ تا ۲۰۰ گرم با میانگین حدود۱۵۰ گرم می‌باشد. روغن و پروتئین در لپه‌ها ذخیره شده‌اند (خواجه‌پور، ۱۳۸۹).

۲-۱-۳- سازگاری

سویا به دلیل فعالیت‌های به‌نژادی دارای ارقام بسیار متفاوتی بوده و طیف سازگاری اقلیمی زیادی دارد. گیاهی است روز کوتاه و در بین سایر گیاهان بیشترین حساسیت را به طول روز نشان می‌دهد (خواجه پور، ۱۳۸۹). به‌طور کلی ارقام زودرس برای گلدهی و رشد کامل در مقایسه با تیپ‌های دیررس به روزهایی بلندتر نیاز دارند (ناصری، ۱۳۷۰). ارقام سویا از لحاظ زودرسی و دیررسی در ۱۲ گروه دو صفر (۰ ۰)، یک صفر (۰)، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ قرار می‌گیرند. ارقام گروه‌های دو صفر و یک صفر در نواحی شمال آمریکا، کانادا و اروپا که طول روزهای بلندتری دارند کاشته می‌شوند. ارقام گروه-های ۸ به بالا در مناطق خط استوا با طول روز کوتاه زراعت می‌گردند (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹). سویا گیاهی است که در طول رشد خود احتیاج به بارندگی دارد ولی در زمان رسیدن بهتر است که هوا آفتابی باشد. در واقع می‌توان گفت سویا گیاهی مخصوص مناطق آب و هوایی گرم و روز کوتاه است

(ناصری، ۱۳۷۰). حداقل دما برای رشد آن ۱۰ درجه سانتی‌گراد و دمای کشنده ۲- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. دماهای بالا سبب نقصان عملکرد دانه و روغن و کاهش کیفیت روغن می‌گردد. میانگین دمای شبانه روزی بین ۲۲ تا ۲۵ درجه سانتی گراد برای رشد سویا مطلوب است (خواجه پور، ۱۳۸۹). خاک‌هایی با بافت متوسط برای زراعت سویا ایده‌آل است. اسیدیته خاک جهت رشد گیاه و تشکیل گره‌های تثبیت کننده نیتروژن بهتر است در محدوده ۶ تا ۷ باشد. البته مصرف آهک نتایج خوبی در زمین‌های اسیدی دارد (داس و همکاران، ۱۹۷۴). سویا از لحاظ مقاومت به شوری گیاهی نیمه مقاوم است. حد آستانه شوری برای آن ۵ دسی زیمنس بر متر می‌باشد و هر دسی زیمنس افزایش شوری ۲۰ درصد عملکرد گیاه را کاهش خواهد داد (اشرف، ۱۹۹۴).

۲-۱-۴- ارزش غذایی

مهم‌ترین مواد مغذی موجود در سویا شامل ویتامین E، فیتواسترول‌ها، لسیتین، ایزوفلان‌ها، الیگوساکاریدها و پروتئین سویا می‌باشد (میرزایی، ۱۳۸۳). به‌طور میانگین از هر تن دانه ارقام روغنی (با استخراج توسط حلال) حدود ۱۸۰ کیلوگرم روغن و ۷۶۰ کیلوگرم کنجاله حاوی ۴۴ درصد پروتئین به‌دست می‌آید (خواجه پور، ۱۳۸۹). مصرف سویا به‌عنوان مکمل پروتئینی در جیره غذایی طیور به‌دلیل بالا بودن درصد پروتئین و پایین بودن درصد فیبر کنجاله بسیار مطلوب است. به‌طور کلی سویا از نظر ترکیب اسیدهای آمینه بیش از سایر حبوبات به پروتئین حیوانی شباهت دارد (خواجه پور، ۱۳۸۹).

۲-۲- نیتروژن

۲-۲-۱- اهمیت نیتروژن در گیاه

پس از کربن، هیدروژن و اکسیژن، نیتروژن (N) به‌عنوان یکی از عناصر ضروری در گیاهان شناخته می‌شود (مونز-هوئرتا و همکاران، ۲۰۱۳). نیتروژن یک جزء لازم ساختمانی اسیدهای آمینه، آمیدها، نوکلئوتیدها و نوکلئوپروتئین‌ها است و برای تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها و بنابراین رشد گیاه ضروری

است. این عنصر در گیاه متحرک است و در مواقع کمبود نیتروژن به بافت‌های جوان انتقال می‌یابد. به همین دلیل کمبود آن ابتدا در برگ‌های پایین‌تر آشکار می‌گردد. کمبود نیتروژن مانع فرآیندهای رشد گردیده، باعث کوتاه ماندن، زرد شدن و کاهش عملکرد مواد خشک می‌گردد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۶). نیتروژن توسط گیاه عمدتاً به فرم نیترات (NO_3^-) و آمونیوم (NH_4^+) و مقدار بسیار کمی هم به‌صورت اوره آلی جذب می‌شود (احمد و همکاران، ۲۰۱۴). با این حال، عرضه‌ی نیتروژن در خاک محدود است که کشاورزان را وادار می‌نماید به منظور دستیابی به عملکرد بیشتر محصول مصرف کودهای نیتروژنه را افزایش دهند (ویگنائو، ۲۰۱۱). این کودها، دسترسی بیشتر به نیتروژن، قابلیت جذب، تجمع ماده خشک و انتقال مواد غذایی را در مراحل اولیه رشد به نحو چشمگیری افزایش می‌دهند که به نوبه خود موجب افزایش عملکرد می‌شوند (کومار و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه می‌تواند باعث سهولت در جذب سایر عناصر نیز گردد. در همین راستا، بای وردی (۱۳۸۵) گزارش نمود که نیتروژن می‌تواند قابلیت استفاده روی را از دو طریق تحت تأثیر قرار دهد. مسیر اول، افزایش تشکیل پروتئین بعد از افزودن کود نیتروژن می‌باشد که می‌تواند منجر به نگهداری روی در ریشه‌ها به صورت کمپلکس روی-پروتئین و انتقال در اطراف گیاه شود. همچنین کودهای نیتروژنه اسیدی مانند نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم می‌توانند منجر به کاهش pH خاک و افزایش قابلیت استفاده روی گردند. علاوه بر تأثیر نیتروژن بر عملکرد و جذب سایر عناصر می‌توان به نقش این عنصر در تثبیت نیتروژن نیز اشاره کرد. گیاهان لگوم مانند لوبیا و سویا برای شروع و قبل از آغاز فعالیت باکتری ریشه به مقداری کود نیتروژنه به‌عنوان شروع کننده نیاز دارند. اما مقادیر زیاد آن در خاک باعث سرکوب فعالیت آنزیم نیتروژناز و تشکیل گره می‌گردد (گلیانکو و همکاران، ۲۰۰۹). اثر مهاری نیتروژن معدنی روی گره‌بندی و تثبیت نیتروژن در غلظت‌های بالا (5mM) واضح است اما در غلظت‌های پایین‌تر به مراتب کم‌تر است (ویسانی و همکاران، ۲۰۱۳). گیاهان قادر به جذب مقادیر اضافی کود نیتروژن در خاک نیستند. مهم‌ترین فرآیندهایی که در اثر عدم جذب نیتروژن اضافی اتفاق می‌افتد شامل آبشویی

نیترات، دنیتریفیکاسیون خاک و تبخیر می‌باشد که در نهایت منجر به آلودگی محیط زیست می‌شود (زبارث و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۲-۲- منابع تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان

نیتروژن اتمسفری اصلی‌ترین مخزن نیتروژن در چرخه‌ی N است (۷۹ درصد هوا گاز N_2 است). اگرچه این منبع مهم برای اکثر گیاهان غیر قابل دسترس است، اما مقدار زیادی از آن به‌وسیله‌ی گیاهان لگوم از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن استفاده می‌شود. در این فرآیند بیولوژیکی، باکتری‌های ریزوبیوم تشکیل دهنده‌ی گره که در اطراف ریشه‌ی گیاهان لگوم ساکن هستند از طریق یک رابطه‌ی همزیستی نیتروژن اتمسفری را به فرمی که گیاه قادر به استفاده از آن باشد در می‌آورند. هر قسمت از گیاه لگوم که برداشت می‌شود از جمله ریشه‌ها و گره‌ها می‌توانند هنگامی که مواد گیاهی تجزیه می‌شوند نیتروژن را به خاک عرضه نمایند. چندین نوع از میکروارگانیسم‌های غیر همزیست هم وجود دارند که می‌توانند نیتروژن را تثبیت کنند. اما مقدار نیتروژن اضافه شده به‌وسیله‌ی این موجودات بسیار اندک است (۵/۵ کیلوگرم در هکتار). علاوه بر این، مقدار کمی نیتروژن هم از طریق بارندگی به خاک افزوده می‌شود که میانگین آن چیزی در حدود ۱۱ کیلوگرم در هکتار است. کودهای تجاری نیتروژنه نیز از ذخایر نیتروژن جوی به‌دست می‌آیند. گام مهم در این فرآیند ترکیب N_2 با H_2 به فرم آمونیاک (NH_3) است. آمونیاک بدون آب نقطه شروعی برای تولید سایر کودهای نیتروژنه به‌شمار می‌رود. آمونیاک بدون آب و یا سایر محصولات نیتروژنه که از NH_3 مشتق می‌شوند می‌توانند مکمل دیگری برای مخازن نیتروژن مورد نیاز گیاه باشند. همچنین نیتروژن می‌تواند از طریق منابع آلی نیتروژن نیز تأمین شود. اما در ابتدا این منابع آلی باید به فرم معدنی تبدیل شوند قبل از این‌که در دسترس گیاه قرار گیرند. کودهای حیوانی و سایر زباله‌های آلی نیز می‌توانند از ذخایر مهم نیتروژن برای گیاه در نظر گرفته شوند. مقدار نیتروژن عرضه شده توسط کود با توجه به نوع دام، نرخ استفاده و روش اعمال کود متفاوت خواهد بود. بقایای محصول گیاهان غیر لگوم نیز می‌تواند حاوی نیتروژن باشد اما مقدار آن در مقایسه با گیاهان لگوم کم‌تر است. از دیگر منابع اصلی استفاده‌ی نیتروژن توسط گیاهان می‌توان ماده آلی خاک را نام برد. ماده آلی در

درجه اول به یک ماده‌ی نسبتاً پایدار که هوموس نامیده می‌شود تبدیل می‌گردد که برای یک دوره زمانی طولانی جمع آوری شده است. خاک‌ها حدوداً شامل ۹۰۷ کیلوگرم نیتروژن به فرم آلی برای هر درصد از ماده آلی می‌باشند. فرآیند تجزیه این بخش از ماده آلی با سرعت بسیار آهسته و چیزی در حدود ۲۳ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال برای هر درصد از ماده آلی می‌باشد (لمب و همکاران، ۲۰۱۴).

۲-۳- اثرات منفی کودهای شیمیایی

متعاقب شناخت تأثیر عناصر معدنی در افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی و باغی مصرف کودهای شیمیایی حاوی این عناصر به شدت رو به افزایش گذاشت به‌طوری‌که در اروپا مقادیر متنابهی از پتاسیم، سوپر فسفات و نیتروژن معدنی به منظور افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی و باغی به اراضی اضافه گردید. نتیجه‌ی به‌کارگیری این نهاده‌ها در کشاورزی تولید محصولات را به شکل چشم‌گیری افزایش داده و منجر به وقوع انقلاب سبز گردید (رجالی و همکاران، ۱۳۸۹). مصرف کودهای نیتروژنه در سال ۲۰۰۹، ۹۲ میلیون تن برآورده شده است. در مورد کودهای فسفره به صورت P_2O_5 و پتاسه به‌صورت K_2O میزان مصرف در سال ۲۰۰۹ به‌ترتیب ۳۱/۱ و ۲۶/۹ میلیون تن تخمین زده شده است (فائو، ۲۰۰۹). اگر چه کاربرد کوهای شیمیایی در ابتدا تأثیر به‌سزائی در افزایش عملکرد داشت، لیکن استفاده بیش از حد این نهاده‌ها منجر به کاهش حاصلخیزی خاک شده و تخریب محیط زیست را در پی داشته است. علاوه بر این، کارایی مصرف کودهای شیمیایی هم اکنون از لحاظ تئوری به بالاترین سطح خود رسیده است بدین معنی که استفاده بیش از این از کودهای شیمیایی به سختی می تواند عملکرد را افزایش دهد (احمد، ۱۹۹۵). مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژن‌دار منجر به تغییرات فیزیولوژیکی در گیاه می‌گردد و آفات و بیماری‌ها را گسترش می‌دهد (ملکوتی، ۱۳۷۸). بخش عمده‌ی کودهای نیتروژنه توسط گیاهان جذب نمی‌شوند و به آب‌های سطحی و زیرزمینی راه می‌یابند. نیترات مهم‌ترین پارامتر آلوده کننده‌ی آب است که جزء اصلی کودهای نیتروژنه به‌حساب می‌آید. این ماده از طریق آبشویی به آب‌های سطحی و زیرزمینی راه می‌یابد. مصرف آب آشامیدنی حاوی این ماده

می‌تواند برای انسان سرطان‌زا باشد (ساوچی، ۲۰۱۲). به‌دلیل خاصیت بافری خاک، اثرات کودهای شیمیایی فوراً در خاک مشاهده نمی‌شود. به مرور زمان، این اثرات، خود را به‌صورت آلودگی، ورود به چرخه غذایی، کاهش حاصلخیزی خاک و واکنش‌های تخریب که در خاک روی می‌دهند و منجر به از دست رفتن تعادل عناصر غذایی خاک می‌شود نشان می‌دهند (ساوچی، ۲۰۱۲). همچنین انتشار گاز N_2O به‌عنوان یک گاز گلخانه‌ای در جو منجر به افزایش میانگین دمای هوا و تخریب لایه ازون می‌گردد (جامی الاحمدی، ۱۳۸۵).

۲-۴- کودهای زیستی

کودهای زیستی در حقیقت موادی شامل انواع مختلف ریزموجودات آزادزی هستند که توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی را از فرم غیر قابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرآیندهای بیولوژیکی دارند و منجر به توسعه سیستم ریشه‌ای و جوانه‌زنی بهتر بذور می‌گردند (راجندران و دوارج، ۲۰۰۴). انواع کودهای زیستی شامل باکتری‌های تثبیت کننده ازت مولکولی(دی ازوتروف‌ها)، قارچ‌های میکوریزا، میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات‌های نامحلول، باکتری‌های رایزوسفری محرک رشد گیاه، میکروارگانیسم‌های تبدیل کننده مواد آلی زائد به کمپوست و کرم‌های خاکی تولید کننده ورمی کمپوست هستند (صالح راستین، ۱۳۷۷). استفاده از این تولیدات میکروبی مزیت‌هایی نسبت به مواد شیمیایی متداول دارد، از جمله مطمئن‌تر از بسیاری از مواد شیمیایی کنونی هستند، هیچ‌گونه مواد سمی یا میکروبی در چرخه غذایی وارد نمی‌کنند، تکثیر خودبه‌خودی این میکروب‌ها نیاز استفاده دائم و مکرر از آنها را مرتفع می‌سازد، ارگانیسم‌های هدف مقاومت خود را به مواد سمی که برای از بین بردن آفات استفاده می‌شوند، گسترش می‌دهند، کنترل بیولوژیکی گسترش یافته در اثر استفاده از این مواد، اثر زیان‌بخشی بر پروسه‌های اکولوژیکی ندارد. البته استفاده از کودهای بیولوژیکی دارای مشکلاتی مثل عدم سهولت در استفاده و عدم پاسخ سریع و اقتصادی، حساسیت موجودات زنده به شرایط محیطی، پیچیدگی روابط بین میکروارگانیسم‌ها و واکنش‌های آنتاگونیسمی نیز می‌باشند (معلم و عشقی‌زاده، ۱۳۸۶).

۲-۵- تثبیت زیستی نیتروژن

سیستم‌های کشاورزی برای جبران نیتروژن استفاده شده توسط محصول یا هدر رفت آن از طریق فرآیندهایی مثل آبشویی و تصعید همواره به ورود نیتروژن نیازمندند (لودها، ۱۹۹۵). پدیده دی‌ازوتروفی یا توان تغذیه از نیتروژن به‌عنوان تنها منبع نیتروژنی، عمل استثنایی مولکولی و انحصاری گروه خاصی از باکتری‌های خاک‌زی است که باعث تعادل نیتروژنی در همه اکوسیستم‌های طبیعی می‌شوند. به جز در مواردی که انسان قادر شود که ژن‌های مسئول عمل تثبیت نیتروژن مولکولی را به موجودات یوکاریوت انتقال دهد با اطمینان می‌توان گفت که هیچ کدام از موجودات تثبیت کننده نیتروژن به طور طبیعی یوکاریوت نمی‌باشند. ریزجاندارانی که توانایی تثبیت نیتروژن را دارند شامل انواع باکتری‌ها، اکتینومیست‌ها و جلبک‌های سبز و آبی می‌باشند که به صورت همزیست و غیرهمزیست توانایی تثبیت نیتروژن را دارا هستند. برای سادگی عمل تمامی موجودات دی ازوتروف را باکتری می‌نامیم به جز در یک مورد که پیشوند سیانو (cyano) به‌کار برده می‌شود و سیانوباکتری نامیده می‌شود (استیون- سن، ۱۹۸۲). تثبیت بیولوژیک نیتروژن در انحصار انواع خاصی از موجودات پروکاریوت می‌باشد که توانایی تولید آنزیم نیتروژناز را دارند. نیتروژناز نقش یک کاتالیزور را در احیای N_2 به NH_3 بر عهده دارد و در دما و فشار معمولی عمل تثبیت نیتروژن را انجام می‌دهد. آمونیوم حاصل، در مراحل بعدی به شکل اسیدهای آمینه و سایر ترکیبات نیتروژنی مورد نیاز سلول در می‌آید و یا در مورد دی-ازوتروف‌های (تغذیه کنندگان از نیتروژن) همزیست، در اختیار گیاه میزبان قرار می‌گیرد. به این ترتیب به یاری دی‌ازوتروف‌ها این عنصر حیات‌بخش به‌طور مداوم به درون سیستم خاک تزریق می‌شود و ادامه زندگی را برای سایر موجودات امکان‌پذیر می‌سازد (دیکسون و ویلر، ۱۹۸۶ و استیون- سون، ۱۹۸۲). تعیین مقدار نیتروژن تثبیت شده به روش زیستی دشوار است ولی مقدار آن در اکوسیستم‌های زمینی چیزی حدود ۱۰۷ میلیون تن تخمین زده می‌شود (رائو، ۲۰۱۴). در این میان همزیستی بقولات – ریزوبیوم بیشترین سهم را دارد که شامل ۴۰ درصد از کل نیتروژن تثبیت شده در سطح کره زمین می‌باشد (پائول و کلارک ، ۱۹۹۶).

۲-۶- ریزوبیوم

بیجرینک[1] در سال ۱۸۸۸ اولین کسی بود که به جداسازی و کشت یک میکروارگانیسم از گره حبوبات پرداخت. او این باکتری را *Bacillus radicicola* نامید (بیجرینک، ۱۸۸۸). یک سال بعد، فرانک نام آن را به ریزوبیوم تغییر داد (فرانک، ۱۸۸۹). در سال ۱۹۳۲ هم این نام رسماً برای باکتری‌های همزیست بقولات که نیتروژن را تثبیت می‌کنند، پذیرفته شد (فرد و همکاران، ۱۹۳۲). ریزوبیوم‌ها از نوع گرم منفی و فاقد اسپور می‌باشند و بر طبق جدیدترین طبقه بندی‌ها، به پنج جنس مختلف تقسیم می‌شوند که شامل ریزوبیوم، برادی ریزوبیوم، مزو ریزوبیوم، سینو ریزوبیوم و آزو ریزوبیوم می‌باشد (یونگ و همکاران، ۲۰۰۱). این باکتری‌ها با تشکیل گره روی ریشه‌ی گیاهان لگوم در آنجا تشکیل کلنی می‌دهند و در آن نیتروژن اتمسفری را به آمونیاک تبدیل می‌کنند. سپس این ماده به ترکیبات نیتروژنی آلی مانند گلوتامین یا اورئید تغییر می‌یابد و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. گیاه نیز ترکیبات آلی ساخته شده در فرآیند فتوسنتز را در اختیار باکتری قرار می‌دهد (ساوادا و همکاران، ۲۰۰۳). محدوده دمایی ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد برای رشد و عملکرد ریزوبیوم مطلوب می‌باشد. عوامل مختلف مانند دما و نوع خاک، محتوای رطوبت خاک، pH خاک، مقدار نیتروژن و میکروب‌های آنتاگونیست می‌توانند بر آن‌ها اثرگذار باشند (دشوال و همکاران، ۲۰۱۳).

۲-۶-۱- فرآیند همزیستی لگوم – ریزوبیوم

حبوبات با بیش از ۱۸۰۰۰ گونه در سرتاسر جهان سومین خانواده بزرگ نهان‌دانگان می‌باشند. این گیاهان با توجه به ارزش غذایی بالا توسط بسیاری از تمدن‌ها در طول تاریخ کشت شده‌اند. لگوم‌ها به‌وسیله تأثیر منحصر به فردشان در چرخه نیتروژن نقش مهمی در هر دو اکوسیستم طبیعی و کشاورزی دارند (گراهام و ونس، ۲۰۰۳). آن‌ها این کار را از طریق ایجاد یک رابطه همزیستی بسیار تخصصی با باکتری‌های خاک که عمدتاً ریزوبیوم نام دارند، انجام می‌دهند. از طریق یک تبادل سیگنالی پیچیده، باکتری ریشه گیاه را آلوده ساخته و در نتیجه اندام جدیدی شکل می‌گیرد که گره نام دارد (فرگوسن و

[1] Bijerinck

همکاران، ۲۰۱۰). گره بندی فرآیندی پیچیده و هماهنگ شده با جمعیت کثیری از باکتری‌ها و سیگنال-های گیاه است (فرگوسن و متئوس، ۲۰۰۳). قبل از تشکیل گره ترکیبات فنلی ویژه مانند فلاونوئیدها و بتایین‌ها از ریشه بقولات آزاد می‌شوند (فیلیپس و همکاران، ۱۹۹۴). این مواد، ریزوبیوم سازگار را جذب می‌نمایند و آن‌ها را تحریک به سنتز تعداد زیادی از مولکول سیگنالی بسیار خاص می‌کنند که نود فاکتور نام دارد. حضور ریزوبیوم همراه با نود فاکتور[1] مرحله آلودگی را در فرآیند گره بندی شروع می‌کند. نفوذ به تار کشنده مرسوم‌ترین شکل از حمله‌ی ریزوبیوم می‌باشد. با اتصال باکتری‌ها به تارهای کشنده، این تارها شروع به تغییر شکل می‌کنند و سرانجام برخی از باکتری‌ها را محصور می‌نمایند که مدام در حال تقسیم شدن نیز هستند (کالاهام و توری، ۱۹۸۱ و تورگئون و باوئر، ۱۹۸۵). این فرآیند کمتر از ۶ الی ۸ ساعت پس از تلقیح اتفاق می‌افتد (یائو و وینسنت، ۱۹۶۹). در ادامه، ساختارهای تحصصی که رشته سرایت خوانده می‌شوند شروع به شکل‌گیری می‌کنند و راه عبوری جهت ورودی باکتری به ریشه ایجاد می‌نمایند (گیج، ۲۰۰۴). این رشته‌های سرایت عمدتاً اجزای دیواره سلولی گیاه را احاطه می‌کنند و به باکتری‌ها اجازه می‌دهند که درون گیاه میزبان به تکثیر بپردازند. با وقوع روند آلودگی، سلول‌های پوست ریشه شروع به تقسیم می‌کنند و در نهایت تبدیل به گره می‌شوند (کالورت و همکاران، ۱۹۸۴ و متئوس و همکاران، ۱۹۸۹). باکتری‌هایی که در نوک رشته سرایت قرار دارند به‌صورت یک قطره آلودگی وارد سیتوپلاسم سلول میزبان می‌گردند. درون سیتوپلاسم، ریزوبیوم‌ها توسط یک غشای گیاهی تمایز یافته محصور هستند که به‌عنوان غشای پرباکتروئید شناخته می‌شود که به مجموعه این غشاء و باکتری‌های درون آن سیمبیوسوم[2] می‌گویند (اودواردی و دی، ۱۹۹۷). نهایتاً باکتری‌ها به آنچه که باکتروئید شناخته می‌شود، تقسیم می‌گردند و هدف اصلی‌شان تثبیت گاز دی نیتروژن اتمسفری است. درون گره بالغ، باکتروئیدها از یک کمپلکس آنزیم نیتروژناز به منظور تثبیت دی نیتروژن به شکل قابل استفاده گیاه مانند آمونیاک استفاده می‌کنند. آمونیاک که برای گیاه سمی است به سرعت به ترکیباتی مانند گلوتامات یا اورئیدها تبدیل می‌شود که غیر سمی بوده و به‌راحتی در

[1] Nod factor
[2] Symbiosom

سرتاسر گیاه منتقل می‌گردند. گره‌های بقولات، با ایجاد سدی در مقابل نفوذ اکسیژن و ایجاد شرایط بی‌هوازی که برای فعالیت نیتروژناز ضروری است، وضعیت مطلوبی برای فرآیند همزیستی و تثبیت نیتروژن ایجاد می‌کنند (فرگوسن، ۲۰۱۳). گره‌ها به دو نوع عمده محدود و نامحدود تقسیم می‌شوند (کرپسی و گالوز، ۲۰۰۰). گره‌های محدود در یک گروه مشخصی از بقولات گرمسیری مانند سویا و لوبیا و در برخی از حبوبات مناطق معتدل مانند لوتوس یافت می‌شود. این گره‌ها فعالیت مریستمی‌شان را مدت کوتاهی پس از تشکیل از دست می‌دهند و کروی هستند (اسپرنت، ۲۰۰۹). دسته‌ی دیگر گره‌ها نامحدود هستند که در اکثر حبوبات مانند نخود، یونجه، شبدر و ماش و همچنین اقاقیا در مناطق معتدل و استوایی مشاهده می‌شوند. این گره‌ها فعالیت مریستم رأسی خودشان را حفظ می‌کنند که منجر به تولید سلول‌های جدید در طول عمر گره می‌شود. در نتیجه، گره‌ها شکل استوانه‌ای پیدا کرده و به‌طور گسترده‌ای منشعب می‌گردند (اسپرنت، ۲۰۰۹).

۲-۶-۲- فاکتورهای مؤثر بر رابطه همزیستی ریزوبیومی

سینتیک جوامع ریزوبیومی تلقیح شده، تابعی از کربن آلی خاک، ظرفیت نگهداری آب خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی می‌باشند (وومر و بهلول، ۱۹۸۹). برخی از عوامل محیطی (مانند نوع خاک، دما و رطوبت خاک) که تأثیر آن‌ها در اندازه جمعیت ریزوبیومی و ترکیب سویه‌ای آن اثبات شده است، به راحتی توسط زارعین قابل مدیریت نبوده و لذا نمی‌تواند برای افزایش اشغال گره‌ها توسط سویه‌های تلقیح شده مورد استفاده قرار گیرد. عواملی که قابل مدیریت می‌باشند شامل انتخاب گیاه میزبان و غیر میزبان (تناوب‌های زراعی، ترکیب مراتع)، pH خاک (آهک‌دهی، استفاده از کودهای غیر اسیدزا)، وضعیت عناصر غذایی خاک (کاربرد کودهای N، P، K، Ca و Fe)، محتوای مواد آلی خاک (مرتع و کود سبز، برگرداندن بقایا)، عملیات خاک‌ورزی و مدیریت مصرف علف‌کش‌ها، آفت کش‌ها و قارچ کش‌ها می‌باشند (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۶). مدیریت میکروارگانیسم‌های غیر ریزوبیومی که تأثیرات مثبت یا منفی بر ریزوبیوم‌ها دارند (مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، پروتوزئرها و فاژها) ممکن است راه دیگری برای مدیریت جوامع ریزوبیومی باشد (بوون و روویرا، ۱۹۹۹).

۲-۶-۳- تأثیر ریزوبیوم بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان

افشاری و همکاران (۱۳۹۲) در آزمایشی تأثیر باکتری‌های ریزوبیوم را بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چیتی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که سویه‌های مختلف ریزوبیوم تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت داشتند که حاکی از فراهم شدن نیتروژن مورد نیاز گیاه توسط گره تشکیل شده روی ریشه است. در آزمایشی که توسط ژانگ هائو در سال ۲۰۰۲ در کانادا انجام شد، گزارش گردید که تلقیح بذور سویا به‌وسیله باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم باعث توسعه برگ سویا و افزایش سطح برگ گردید. بیشترین افزایش شاخص سطح برگ در مرحله R_4 (پایان نیام-دهی) اتفاق افتاد. همچنین متعاقب آن تعداد غلاف در بوته و نیز تعداد دانه در غلاف افزایش یافت. فسفر از عناصر ضروری برای رشد گیاه است. هالدر و چاکرابورتی (۱۹۹۳) گزارش نمودند که گونه‌های زیادی از *Bradyrhizobium* قادر به حل نمودن فسفات معدنی هستند. همچنین مهدی پور و همکاران (۱۳۸۸) در آزمایشی تأثیر تلقیح بذر سویا با ۶ سویه مختلف باکتری برادی ریزوبیوم را بر جذب میکروالمنت‌ها در اندام هوایی گیاه مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که تلقیح بر میزان جذب و تجمع عناصر آهن، روی، مس و منگنز نسبت به شاهد تأثیر معنی‌داری داشته است. اخیراً همزیستی لگوم - ریزوبیوم به‌عنوان یک ابزار جالب توجه در زیست پالایی پیشنهاد شده است (ریچمن، ۲۰۰۷). دلایل این پیشنهاد به نقش مؤثر میکروارگانیسم‌ها در حلالیت، زیست فراهمی و تحرک عناصر و همچنین به توان تطبیقی بالای بقولات به شرایط مختلف و نامساعد و استفاده از رابطه مفید همزیستی به‌عنوان یک سیستم ارزشمند در حاصلخیزی خاک مربوط می‌شود. در همین راستا، تلقیح لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بیوار فازئولی[1] موجب افزایش معنی دار میزان آرسنیک جذب شده در اندام‌های هوایی گیاه شد (لکزیان و همکاران، ۱۳۸۷). این باکتری‌ها با تولید آنتی بیوتیک‌ها، سیدروفورها، HCN و ترشح آنزیم‌های کیتیناز و گلوکوناز قادرند میزان نماتدها، آفات و عوامل بیماری-زای گیاهی را در خاک کاهش یا فعالیت آن‌ها را متوقف کنند (گائوتام و همکاران، ۲۰۱۵).

[1] Rhizobium leguminosarum biovar phaseoli

۲-۷- عناصر ضروری گیاه

گیاهان با استفاده کردن از یون ها و عناصر شیمیایی به‌عنوان غذا، از حیوانات متمایز هستند. در این بین وجود بعضی از عناصر برای گیاه ضروری شناخته شده است. آرنون واستوت (۱۹۳۹) شاخص‌های زیر را برای ضروری بودن عناصر غذایی پیشنهاد نمودند:

۱- کمبود آن عنصر باعث می‌شود که چرخه زندگی گیاه کامل نگردد.

۲- علایم کمبود برای هر عنصر اختصاصی باشد.

۳- عنصر در تغذیه گیاه نقش مستقیم داشته باشد به عنوان مثال تشکیل دهنده یک متابولیت ضروری یا مورد لزوم برای فعالیت یک سیستم آنزیمی باشد.

براساس شاخص‌های فوق، ۱۶ عنصر به‌عنوان عناصر ضروری برای رشد گیاهان عالی درنظر گرفته شده‌اند که عبارت از کربن (C)، هیدروژن (H)، اکسیژن (O)، نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، گوگرد (S)، آهن (Fe)، منگنز (Mn)، مس (Cu)، روی (Zn)، مولیبدن (Mo)، بر (B) و کلر (Cl) می‌باشند.

سیلیسیم (Si)، کبالت (Co) و سدیم (Na) فقط برای بعضی گونه‌ها ضروری هستند. سیلیسیم برای برنج، کبالت برای موجودات تثبیت کننده نیتروژن و سدیم برای گیاهان C_4 ضروری تشخیص داده شده‌اند (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۶).

عناصر ضروری خود به سه دسته عناصر پیکره‌ای، عناصر پرمصرف و عناصر کم مصرف طبقه‌بندی می‌شوند.

۲-۷-۱- عناصر کم‌مصرف

عناصر کم‌مصرف که به‌عنوان عناصر کم‌یاب نیز شناخته می‌شوند شامل مواد مغذی می‌باشند که به مقدار بسیار ناچیزی مورد نیاز گیاه هستند (مرشانت، ۲۰۱۰). این عناصر شامل آهن، منگنز، روی، مس،

بر، مولیبدن و کلر می‌باشند (اپستین و بلوم، ۲۰۰۵). به‌طور کلی غلظت عناصر میکرو در سطح خاک بیشتر است و با افزایش عمق خاک کاهش می‌یابد. با وجود غلظت بالای عناصر کم‌مصرف در خاک، تنها بخش کوچکی از آن قابل مصرف است (گیدنس، ۱۹۶۴). کمبود این عناصر می‌تواند موجب بروز مشکلات جدی در تولید محصولات و سلامت حیوانات گردد. گیاهان پاسخ‌های متفاوتی به ریزمغذی‌های مختلف نشان می‌دهند. گیاهان براسیکاسه و لگوم‌ها به مولیبدن و بر واکنش نشان می‌دهند (اسریواستاوا، ۱۹۹۷). در حالی که ذرت و سایر غلات بیشتر به روی و مس پاسخگو هستند (مک فارلن و همکاران، ۱۹۹۰). کمبود ریزمغذی‌ها در مناطق مرطوب به‌ویژه مناطق گرمسیری مرطوب شایع‌تر است. دلیل این امر، آبشویی شدید همراه با بارش فراوان است (دیکرز و همکاران، ۲۰۰۴). pH خاک یکی از مهم‌ترین عواملی است که دسترسی گیاهان به عناصر میکرو را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با افزایش pH دسترسی به این مواد کاهش می‌یابد. البته مولیبدن در این میان متفاوت است و با افزایش pH فراهمی آن افزایش می‌یابد. در اغلب گونه‌های گیاهی، برگ حاوی مقادیر بالاتری از این عناصر نسبت به سایر قسمت‌هاست. بنابراین، در صورت امکان، برگ باید برای توصیف وضعیت ریزمغذی‌ها در تولیدات کشاورزی نمونه برداری شود (گوپتا، ۱۹۹۱). علائم کمبود برای اکثر عناصر میکرو در برگ‌های جوان و در بالای گیاه ظهور می‌یابد در حالی که نشانه‌های مسمومیت، در برگ‌های پیر پدیدار می‌گردد. گزارشات زیادی در رابطه با نقش عناصر کم مصرف در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان زراعی وجود دارد. فتحی و عنایت‌قلی زاده (۱۳۸۸) تأثیرکودهای کم مصرف آهن، روی و مس بر رشد و عملکرد ارقام جو در شرایط آب و هوایی خوزستان را مورد بررسی قرار دادند. بیشترین تعداد سنبله، تعداد دانه و وزن هزار دانه با مصرف کود ریز مغذی آهن و روی به‌دست آمد. مصرف آهن آثار متقابلی بر جذب دیگر عناصر غذایی در بافت گیاهی دارد. در این خصوص سلیک و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نموده‌اند که با مصرف آهن با غلظت مناسب، مقدار عناصر ماکرو در اندام هوایی ذرت افزایش یافت.

۲-۸- مولیبدن و اهمیت آن در سیستم‌های زراعی

مولیبدن یک عنصر کم‌یاب موجود در خاک می‌باشد و برای مدتی طولانی به‌عنوان یک ریزمغذی ضروری برای گیاهان عالی به رسمیت شناخته شده است (بورتلس، ۱۹۳۰ و آرنون و استوت، ۱۹۳۹). هر چند این عنصر، به مقدار کمی مورد نیاز گیاه می‌باشد اما نقش وسیعی در سیستم گیاهی ایفا می‌کند. همان‌طور که سایر فلزات برای رشد گیاه مورد نیاز هستند، مولیبدن نیز توسط آنزیم‌های گیاهی خاصی در روند واکنش‌های اکسایش – کاهش به‌کار گرفته می‌شوند (مندل و هانش، ۲۰۰۲). مولیبدن به‌تنهایی از نظر بیولوژیکی فعال نیست. با این وجود، بخش جدایی ناپذیری از یک مجموعه پروتئین آلی به نام مولیبدن – کوفاکتور (MO – CO) می باشد. MOCO به مولیبدو آنزیم‌ها (آنزیم‌هایی که به مولیبدن نیاز دارند) متصل می‌شوند که در اکثر گیاهان عالی وجود دارند (بیتنر، ۲۰۱۴). مشخص شده است که مولیبدن، نقش حیاتی در متابولیسم نیتروژن گیاهان بر عهده دارد. که شامل فرآیندهایی مثل تثبیت نیتروژن، کاهش نیترات و انتقال ترکیبات نیتروژنی می‌شود (مندل و شوارز، ۱۹۹۹). فراهم بودن مولیبدن برای رشد گیاه شدیداً به pH خاک، غلظت اکسیدهای جذب (مثل اکسید آهن)، میزان زهکشی آب و ترکیبات آلی موجود در کلوئیدهای خاک بستگی دارد (هافنر و همکاران، ۱۹۹۲). یکی از آنزیم‌هایی که نقش کلیدی در سلسله فرآیندهای مربوط به مصرف نیترات دارد، نیترات ردوکتاز است. شواهد زیادی حاکی از پیچیدگی تنظیم این آنزیم و نقش مولیبدن در میزان فعالیت آن می‌باشد (سیگل، ۲۰۰۲). القای نیترات ردوکتاز در گیاهان به هر دو جزء نیترات و مولیبدن نیازمند است. اگر هریک از این دو ناکافی باشند، آنزیم وجود نخواهد داشت یا کمتر فعال خواهد بود (هاملین، ۲۰۰۷). بر طبق آزمایش ویرا و همکاران (۱۹۹۸) محلول‌پاشی مولیبدن (۴۰ گرم در هکتار)، ۲۵ روز پس از جوانه زنی، به‌طور معنی‌داری به فعالیت نیترات ردوکتاز کمک نموده و موجب افزایش مقدار نیتروژن انباشته شده در ساقه‌های گیاه لوبیا می‌شود. عدم تأمین مولیبدن کافی سبب فقدان نیترات ردوکتاز و کاهش فعالیت آن می‌گردد. در اکثر گونه‌های گیاهی عدم فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز با افزایش غلظت نیترات در بافت‌ها و کاهش رشد و عملکرد گیاه همراه است (آنکلس و همکاران، ۲۰۰۴). تجمع نیترات به علت

فقدان نیترات ردوکتاز ممکن است عواقب جدی برای سلامت انسان داشته باشد. مصرف نیترات اضافی می‌تواند خطر ابتلا به سرطان را در بزرگسالان افزایش دهد و موجب تهدید سلامت کودکان گردد (سانچز- اچانیز و همکاران، ۲۰۰۱). مولیبدن نقش به‌سزایی در رشد و توسعه‌ی گیاه دارد. هریستوزکاوا و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند که مولیبدن سبب افزایش بیوماس ریشه و ساقه گیاه نخود می‌گردد. بهوئیان و همکاران (۲۰۰۸) ثابت نمودند که مصرف ۱ کیلوگرم در هکتار مولیبدن به طرز قابل توجهی میزان ماده خشک ساقه و ریشه را افزایش داده و موجب افزایش عملکرد گیاه ماش می‌گردد. محلول‌پاشی مولیبدن (در دو غلظت ۰/۵ و ۱ درصد) سبب افزایش عملکرد، درصد پروتئین، سرعت رشد و توسعه برگ‌ها، بیشترین شاخص سطح برگ و نیز حداکثر سرعت رشد محصول گندم گردید (حسن پور و همکاران، ۱۳۹۴). تأثیر قابل ذکر دیگر مولیبدن بر متابولیسم نیتروژن گیاه در تثبیت نیتروژن به‌وسیله لگوم‌ها است. آنزیم نیتروژناز موجود در باکتری‌های همزیست، از دو جزء تشکیل شده است که یکی از آن‌ها پروتئین MoFe می‌باشد که به‌طور مستقیم در کاهش N_2 به NH_3 شرکت می‌کند. بنابراین تأمین مولیبدن برای باکتروئیدها یک فرآیند مهم است و احتمالا به‌عنوان یک جزء تنظیمی کلیدی در بقای تثبیت نیتروژن در بقولات به‌شمار می‌رود (کایسر و همکاران، ۲۰۰۵). باتاچاریا و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که ۱ الی ۳ کیلوگرم در هکتار مولیبدن بیشترین گره‌بندی را در بادام زمینی ایجاد می‌کند و تثبیت نیتروژن را بهبود می‌بخشد. در پژوهش گاد و عبدالموعظ (۲۰۱۳) محلول‌پاشی مولیبدن با غلظت ۱۶ پی‌پی‌ام بیشترین رشد، تعداد و وزن گره، فعالیت آنزیم نیتروژناز و همچنین محتوای غذایی و شیمیایی را به همراه داشت. افزایش سطح مولیبدن به بیش از ۱۶ پی‌پی‌ام سبب کاهش تأثیر این ماده بر لوبیا چشم بلبلی شد.

۲-۹- ساکارز

ساکارز، کربوهیدرات انتقالی اصلی در گیاهان عالی است. یک قند دی‌ساکارید می‌باشد که از دو مونوساکارید گلوکز و فروکتوز تشکیل می‌شود (وینند و همکاران، ۲۰۱۰). ساکارز تنها توسط گیاهان و سایر موجوداتی که فتوسنتز انجام می‌دهند تولید می‌شود (لان، ۲۰۰۲ و سالرنو و کوراتی، ۲۰۰۳). این

ماده در سیتوسول از کربن تثبیت شده‌ی فتوسنتزی، ذخایر نشاسته و یا از لیپیدها ساخته می‌شود. سنتز ساکارز شامل فرآیندی است که در آن آنزیم فسفات سنتاز (SPP)، تبدیل UDP- گلوکز و فروکتوز – ۶ – فسفات را به ساکارز -۶- فسفات انجام می‌دهد و پس از آن آنزیم ساکارز فسفاتاز (SPP)، ساکارز -۶- فسفات را به ساکارز تبدیل می‌کند. ساکارز سنتاز (SUSY) نیز می‌تواند تبدیل UDP – گلوکز و فروکتوز به ساکارز را کاتالیز کند. با این حال، این آنزیم عمدتاً در بافت‌های ذخیره‌ای وجود دارد که مسیر مصرفی ساکارز است. ساکارز تازه ساخته شده که به سایر بافت‌ها انتقال یافته است در واکوئل ذخیره شده یا متابولیزه می‌شود. ساکارز از طریق آوند آبکش، از منبع که در آن ساخته شده است به مخزن که در آنجا ذخیره یا استفاده می‌شود، انتقال می‌یابد (ساوئر، ۲۰۰۷). سرنوشت و نحوه انتقال ساکارز به گونه، مرحله توسعه و بافت گیاه بستگی دارد. نقش اصلی ساکارز در گیاهان کاربرد آن به‌عنوان مولکول انتقالی است. همچنین ساکارز، یک مسیر سیگنالی را انجام می‌دهد که موجب تغییر بیان ژن و سازگاری فیزیولوژیکی می‌شود (ویند و همکاران، ۲۰۱۰). ساکارز تولید شده توسط سلول‌های منبع می‌تواند به‌وسیله پلاسمودسماتا به سلول‌های همراه حمل شود. سلول‌های همراه نوعی سلول آبکش تخصص یافته هستند که نقل و انتقال ساکارز به لوله‌های غربالی را از طریق پلاسمودسماتا انجام می-دهند. لوله‌های غربالی ساکارز را به بافت مخزن منتقل و تخلیه می‌کنند (ساوئر، ۲۰۰۷). ساکارز می‌تواند در سیتوسول (بارات و همکاران، ۲۰۰۹)، میتوکندری (سزارکا و همکاران، ۲۰۰۸)، کلروپلاست (گریتس و همکاران، ۲۰۰۱) و واکوئل (سان والد و همکاران، ۱۹۹۱) متابولیزه شود. افزایش سنتز ساکارز سبب تولید بیوماس بالاتر می‌گردد (ویند و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۹-۱- نقش ساکارز در رشد و نمو گیاهان

نتایج برخی تحقیقات نشان داد که ساکارز از طریق بافت ساقه (تام و مارتزکی، ۱۹۹۹)، برگ (می نارد و ویلیام، ۱۹۸۲) و ریشه (وایز، ۱۹۷۹) جذب می‌شود و این جذب از مسیر آپوپلاستی صورت می‌گیرد. بای بوردی و همکاران (۱۳۸۷)، اثر محلول‌پاشی ساکارز و اوره بر تشکیل میوه در بادام را مورد بررسی قرار دادند. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح اوره (صفر، ۱ و ۲ درصد) و ساکارز در چهار سطح

(صفر، ۲، ۴ و ۶ درصد) بود. صفاتی نظیر درصد تشکیل میوه اولیه، میوه نهایی و کارایی فتوشیمیایی برگ‌های بادام تحت تأثیر کاربرد توأم ساکارز با غلظت ۶ درصد و اوره با غلظت ۲ درصد قرار گرفت و افزایش یافت. همچنین با افزایش سطوح ساکارز غلظت آن در ساقه افزایش پیدا کرد. کاربرد ساکارز به روش تزریق مستقیم در ساقه سویا اثرات مثبتی بر رشد سویا داشت و سبب بهبود صفاتی نظیر سطح برگ، تعداد غلاف و ماده خشک نسبت به شاهد گردید (آبدین و همکاران، ۱۹۹۸). همچنین محلول‌پاشی ساکارز با افزایش ذخیره‌سازی، انرژی سلول‌ها و بالا بردن میزان کربوهیدرات‌ها، تولید میوه را در لوبیا افزایش داد (آلویم، ۱۹۶۰). در پژوهشی که مهقانی و همکاران (۱۳۹۱) روی گیاه سویا انجام دادند مشخص شد که محلول‌پاشی با غلظت ۴۵ گرم بر لیتر ساکارز در شرایط عدم تنش و تنش شدید توانست اکثر صفات مورد بررسی را بهبود بخشد.

۲-۹-۲- تأثیر ساکارز بر رابطه همزیستی

تأمین کربوهیدرات، عامل محدود کننده اصلی تثبیت نیتروژن به‌وسیله باکتری ریزوبیوم می‌باشد (هاردی، ۱۹۹۷). باکتروئیدها به مقدار زیادی انرژی برای انجام تثبیت نیتروژن نیازمندند. گیاه این انرژی را به‌صورت قندها در اختیار باکتری قرار می‌دهد. ساکارز محصول عمده فتوسنتز است که به گره‌ها انتقال می‌یابد (چوپرا و همکاران، ۱۹۹۸). به‌طور کلی، ریزوبیوم‌ها می‌توانند از قندهایی مانند گلوکز، ساکارز، مالتوز و مانیتول تغذیه کنند (استوورز، ۱۹۸۵). ریزوبیوم‌ها مانند سایر باکتری‌های خاک، تمایل به حضور در طبیعت به صورت جوامع چسبیده به هم دارند که بیوفیلم نامیده می‌شود که اغلب از گونه‌های متعدد میکروبی تشکیل شده است. رینائودی و همکاران (۲۰۰۶) اثرات شرایط غذایی و محیطی را بر شکل‌گیری بیوفیلم باکتری سینوریزوبیوم ملیلوتی مورد بررسی قرار دادند و اینچنین بیان نمودند که افزایش غلظت مواد مغذی مانند ساکارز، فسفات و کلسیم تشکیل بیوفیلم را افزایش می‌دهد. یوشیدا و یاتازاوا (۱۹۷۸)، از یک تکنیک کشت ریشه‌های جدا شده برای مطالعه‌ی تأثیر قندهای مختلف بر رشد و تشکیل گره در گیاه ماش سیاه استفاده نمودند. نتایج نشان داد که رشد و گره‌بندی ریشه‌ها تحت تأثیر غلظت‌های مختلف ساکارز قرار می‌گیرد. بهترین غلظت ساکارز برای رشد ریشه‌ها ۵ و برای

تشکیل گره‌ها ۱۰ درصد بود. در پژوهشی دیگر نیز ثابت شد که کاربرد ساکارز سبب افزایش وزن گره‌ها می‌گردد ولی تأثیری بر تعداد آن ندارد (آبدین و همکاران، ۱۹۹۸).

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود آزادشهر) اجرا شد. شهر بسطام در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ۵۵ دقیقه طول شمالی 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- آماده سازی بستر و کاشت

به منظور آماده‌سازی زمین، در بهار دیسک زده شد و سپس کرت‌های آزمایش با ابعاد ۶ × ۲ متر آماده گردیدند. بذر سویا مورد استفاده رقم DPX بود. عملیات کاشت در تاریخ ۲۰ خرداد ماه ۱۳۹۴ با دست انجام گرفت. قبل از کاشت جهت هیرم‌کاری، یک‌بار آبیاری صورت گرفت. عمق کاشت بذر ۵ سانتی‌متر بود. هر کرت شامل ۴ خط کاشت به طول ۵/۵ متر بود. فاصله بین خطوط ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. دو خط کناری به‌عنوان حاشیه و خطوط میانی برای اندازه‌گیری صفات استفاده گردیدند. ۳ عدد بذر سویا در محل کاشت قرار داده شد و در مرحله ۴ برگی عملیات تنک صورت گرفت.

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی ساکارز در سه سطح (صفر، ۱۵ و ۳۰ گرم در لیتر)، محلول‌پاشی مولیبدن در سه سطح (صفر، ۰/۰۳ و ۰/۰۶ گرم در لیتر) و باکتری ریزوبیوم در دو سطح (عدم تلقیح و تلقیح) بود. در مجموع، ۱۸ ترکیب تیماری در هر تکرار وجود داشت و تعداد کل کرت‌ها نیز ۵۴ کرت بود. نقشه کاشت در شکل ۳-۱ ترسیم شده است.

s_2 m_3 r_2	s_2 m_2 r_1	s_3 m_2 r_1	s_1 m_2 r_2	s_1 m_2 r_1	s_1 m_3 r_2	s_2 m_3 r_1	s_3 m_2 r_2	s_1 m_3 r_1	s_1 m_1 r_2	s_3 m_3 r_2	s_2 m_1 r_2	s_1 m_1 r_1	s_2 m_2 r_2	s_3 m_1 r_2	s_3 m_3 r_1	s_2 m_1 r_1	s_3 m_1 r_1	تکرار۱
s_2 m_3 r_2	s_3 m_1 r_2	s_1 m_1 r_1	s_1 m_3 r_2	s_2 m_1 r_1	s_1 m_1 r_2	s_1 m_3 r_1	s_2 m_2 r_2	s_3 m_1 r_1	s_3 m_2 r_2	s_3 m_2 r_1	s_2 m_3 r_1	s_3 m_3 r_1	s_3 m_3 r_2	s_2 m_2 r_1	s_1 m_2 r_2	s_2 m_1 r_2	s_1 m_2 r_1	تکرار۲
s_1 m_3 r_2	s_1 m_2 r_2	s_3 m_1 r_1	s_3 m_3 r_2	s_2 m_2 r_1	s_2 m_1 r_2	s_1 m_2 r_1	s_3 m_2 r_1	s_1 m_1 r_1	s_3 m_1 r_2	s_2 m_2 r_1	s_2 m_3 r_1	s_1 m_1 r_2	s_3 m_2 r_2	s_2 m_1 r_1	s_1 m_3 r_2	s_3 m_3 r_2	s_2 m_3 r_2	تکرار۳

غلظت ساکارز (گرم در لیتر): s_1 (صفر)، s_2 (۱۵)، s_3 (۳۰)

غلظت مولیبدن (گرم در لیتر): m_1 (صفر)، m_2 (۰/۰۳)، m_3 (۰/۰۶)

ریزوبیوم: r_1 (عدم تلقیح)، r_2 (تلقیح)

شکل ۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده

۳-۴- اعمال تیمارها

از باکتری *Bradyrhizobium japonicum* جهت تلقیح بذور استفاده شد. مایه تلقیح مورد نظر از شرکت دانش بنیان تمیشه تهیه گردید. برای این منظور قبل از کاشت، مقدار مشخصی از بذور که باید تلقیح می‌شدند، با محلول ۱۰ درصد آب و شکر آغشته شدند. سپس ۲۰ گرم از مایه تلقیح باکتری به بذر افزوده شد و به‌طور کامل مخلوط گردید. بعد از سایه خشک نمودن مواد تلقیحی سطح بذور، بذرها سریعا در خاک کشت شدند. محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن یک‌بار طی مرحله‌ی گلدهی ۷۶ روز پس از کاشت انجام شد. محلول‌پاشی‌ها در ابتدای صبح و در هوای صاف و نسیم ملایم اعمال شد به نحوی که برگ‌های سویا کاملاً خیس شدند.

۳-۵- عملیات داشت

۳-۵-۱- آبیاری

آبیاری به‌صورت جوی و پشته‌ای انجام شد. از هنگام کاشت تا شکل‌گیری کامل دانه‌ها در داخل غلاف‌ها آبیاری به‌طور مرتب و هر ۷ روز یک‌بار صورت گرفت.

۳-۵-۲- مبارزه با علف‌های هرز

از آنجایی‌که توان رقابت سویا با علف‌های هرز در ابتدای رشد کم است لذا کنترل علف‌های هرز بسیار مهم است. به همین منظور هر دو هفته یک‌بار روی خطوط کاشت و بین ردیف‌ها به‌صورت دستی وجین شد.

۳-۵-۳- مصرف کود اوره

باکتری‌های ریزوبیوم برای انجام فعالیت خود به مقدار کمی نیتروژن به‌عنوان استارتر نیازمندند. برای این منظور ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره در نظر گرفته شد و پس از انجام محاسبات مقدار مورد نیاز به هر کرت اضافه شد.

۳-۶- برداشت

برداشت جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد در تاریخ ۱۳۹۴/۸/۲۰ مقارن با ۱۵۳ روز پس از کاشت صورت گرفت. در این زمان بوته‌ها بدون برگ و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک قرار داشتند و بذرها داخل غلاف قابل تشخیص و جداشدن بود.

۳-۷- نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری صفات زراعی

یک هفته پس از محلول‌پاشی تیمارها اقدام به نمونه‌گیری شد. در کل ۴ نوبت نمونه‌برداری انجام گرفت. از هر کرت آزمایشی ۵ بوته پس از در نظر گرفتن حاشیه برداشت گردید. صفاتی نظیر وزن

خشک برگ، ساقه، غلاف و ریشه، ارتفاع بوته، طول ریشه، حجم ریشه، قطر ساقه و ریشه، تعداد و وزن گره، تعداد شاخه فرعی و سطح برگ اندازه‌گیری شدند.

۳-۷-۱- وزن خشک برگ، ساقه، غلاف و ریشه

جهت اندازه‌گیری این صفات، هر یک از بوته‌ها به همراه خاک اطراف ریشه به‌طوری که به ریشه و گره‌های روی آن آسیبی وارد نشود از خاک خارج شدند و با احتیاط به آزمایشگاه انتقال یافتند. هر یک از بوته‌ها، به مدت چند ساعت و به‌صورت مجزا در سطل آب قرار گرفتند تا خاک اضافی اطراف ریشه به آرامی جدا شود. سپس نمونه‌ها به قسمت‌های مورد نظر تقسیم شده و در پاکت قرار گرفتند. برای تعیین وزن خشک، پاکت‌ها به مدت ۹۶ ساعت در دستگاه آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از اتمام زمان مورد نظر، نمونه‌ها از دستگاه خارج شده و به مدت ۲۰ دقیقه در هوای آزمایشگاه نگهداری شده تا به تعادل دمایی برسند. در نهایت با ترازوی دیجیتالی حساس با دقت ۰/۰۱ وزن گردیدند. مقادیر به‌دست آمده بر حسب گرم در مترمربع محاسبه شد.

۳-۷-۲- ارتفاع بوته و طول ریشه

ارتفاع ۵ بوته از هر کرت بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و پس از میانگین‌گیری ثبت شد. جهت اندازه‌گیری طول ریشه، بلندترین قسمت ریشه ملاک قرار گرفت و مانند ارتفاع بوته اندازه‌گیری و محاسبه شد.

۳-۷-۳- قطر ساقه و ریشه

قطر ساقه و ریشه در ناحیه طوقه توسط دستگاه کولیس با دقت ۰/۰۱ بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

۳-۷-۴- حجم ریشه

برای اندازه‌گیری حجم ریشه بر طبق روش ارشمیدس از یک استوانهٔ مدرج استفاده شد که تا حجم خاصی درون آن آب وجود داشت. تغییر حجم آب بعد از قرار گرفتن ریشهٔ گیاه درون استوانهٔ مدرج، به‌عنوان حجم ریشه در نظر گرفته شد (کشاورزنیا و همکاران، ۱۳۹۳).

۳-۷-۵- تعداد و وزن گره

جهت ارزیابی گره‌های تشکیل شده روی ریشه، ۵ بوته با ریشه کامل از زمین برداشت شد و ریشه آن‌ها توسط آب شسته شدند. سپس تعداد و وزن گره شمارش و اندازه گیری گردید (فرنیا، ۱۳۸۶).

۳-۷-۶- شاخه فرعی

یکی از نشانه‌های دسترسی گیاه به عناصر غذایی توسعه شاخه‌های جانبی می‌باشد. به همین جهت این تعداد شاخه‌های جانبی در نمونه‌ها شمارش شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۳-۷-۷- سطح برگ

اندازه‌گیری سطح برگ بوته‌ها در ۵ بوته نمونه‌گیری شده با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج Area Meter AM 300(ADC Bioscientific Ltd) ساخت انگلستان انجام شد. سپس بر حسب مترمربع سطح زمین محاسبه شد.

۳-۸- عملکرد و اجزای عملکرد

اجزای عملکرد سویا شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه می‌باشد. ۵ بوته برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد برداشت گردید. پس از جداسازی غلاف‌ها، تعداد دانه‌های موجود در آن شمارش و در نهایت عملکرد بر حسب گرم در متر مربع محاسبه شد.

۳-۹- صفات فیزیولوژیک

۳-۹-۱- کلروفیل a، b و کاروتنوئید

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 دی متیل سولفوکساید اضافه شد و محلول حاصل به‌مدت 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 6305 ساخت کشور آلمان، میزان جذب نمونه‌های حاوی کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد و با استفاده از روابط موجود میزان کلروفیل و کاروتنوئید اندازه‌گیری شد (هیسوکس و ایسریلستام، ۱۹۷۹).

$$\text{Chl a}(\mu g/ml) = (12.25\ A663) - (2.55\ A645) \quad \text{رابطه (۳-۱)}$$

$$\text{Chl b}(\mu g/ml) = (20.31\ A645) - (4.91\ A663) \quad \text{رابطه (۳-۲)}$$

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

$$\text{Car}\ (\mu g/ml) = (1000\ A470 - 1.90\ \text{Chla} - 63.14\ \text{Chlb})/214 \quad \text{رابطه (۳-۴)}$$

پس از جایگزین کردن داده‌ها در فرمول‌های مذکور اعداد به‌دست آمده در v/w×1000 ضرب گردید تا اعدا بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آیند. V حجم محلول کلروفیلی بر حسب میلی‌لیتر و W وزن نمونه تر بر حسب گرم می‌باشد.

۳-۹-۲- محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ شاخص مناسبی برای بیان وضعیت آب در گیاهان است و وضعیت فراگیرتری از تعادل بین میزان عرضه آب نسبی برگ و میزان تعرق را نشان می‌دهد. به‌منظور تعیین مقدار نسبی آب برگ از هر کرت ۳ بوته به‌طور تصادفی انتخاب شد و از هر بوته برگی همسن، جوان و کاملاً رشد

یافته قطع گردید و در یک پوشش پلاستیکی داخل فلاسک یخ به آزمایشگاه منتقل شد. وزن تر برگ‌ها با ترازوی ۰/۰۰۱ وزن شد و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر و در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شد (کرامر، ۱۹۸۳). بعد از این مدت، برگ‌ها از آب مقطر خارج شدند و آب اضافی آن‌ها با دستمال کاغذی خشک و دوباره وزن شدند (وزن اشباع). سپس به‌مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از آن وزن گردیدند (وزن خشک). در نهایت مقدار آب نسبی با استفاده از رابطه ۳-۵ محاسبه شد.

رابطه (۳-۵) مقدار نسبی آب = {(وزن اشباع) / (وزن خشک – وزن تر)} × ۱۰۰

۳-۹-۳- پایداری غشای پلاسمایی برگ

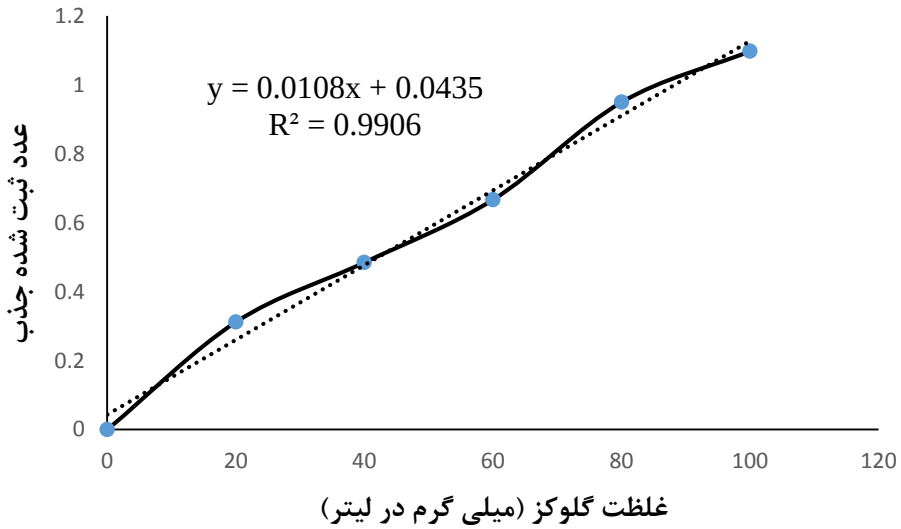
برای تعیین شاخص پایداری غشاء پلاسمایی اقدام به نمونه‌گیری تعدادی برگ همسن از هر ترکیب تیماری گردید، از نمونه برگ‌های تهیه شده به اندازه ۰/۰۱ گرم به‌صورت قطعات کوچک و هم‌اندازه جدا گردید، سپس این قطعات به فالکن‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر منتقل شد و ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد (c_1) قرار داده شدند. به همین ترتیب سری دوم فالکن‌ها آماده سازی گردید و این بار به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد (c_2) قرار گرفتند. پس از خنک شدن، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد هدایت الکتریکی آنها توسط دستگاه Ec متر اندازه‌گیری شد و از طریق رابطه ۳-۶ میزان پایداری غشای پلاسمایی محاسبه گردید (سایرام و سریواساوا، ۲۰۰۱).

رابطه (۳-۶) شاخص پایداری غشای پلاسمایی = 1- (C1/C2) × 100

۳-۹-۴- سنجش قند محلول

جهت اندازه‌گیری قند محلول ۰/۵ گرم از بافت برگ به همراه ۵ میلی‌لیتر از اتانول ۹۵ درصد در داخل هاون چینی کوبیده و مخلوط شد. سپس محلول به‌دست آمده به مدت ۹۵ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و بعد از جدا کردن بخش رویی فاز مایع، عصاره الکلی حاصل تا زمان اندازه‌گیری کربوهیدرات داخل یخچال نگهداری شد، برای اندازه‌گیری کربوهیدرات محلول با توجه به

روش ایریگوین و همکاران (۱۹۹۲)، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی نگهداری شده در یخچال برداشته و در لوله آزمایش ریخته شد، و سپس ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون + ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک) به آن اضافه شد. لوله‌های آزمایش به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفتند تا ماده رنگی حاصل شود. بعد از خنک شدن نمونه‌ها میزان جذب در طول موج ۶۲۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. برای تهیه استاندارد قند، از گلوکز با غلظت‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده و کلیه مراحل آزمایش روی آن تکرار گردید (شکل ۳-۲). میزان کربوهیدرات محلول براساس میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ بیان گردید.



شکل ۳-۲- منحنی استاندارد قند محلول در طول موج ۶۲۵ نانومتر

۳-۱۰- صفات کیفی

۳-۱۰-۱- درصد و عملکرد روغن

روغن موجود در بذر سویا با استفاده از دستگاه سوکسله تعیین گردید. برای این منظور نمونه‌ها از قبل به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۸ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس پودر شدند. مقدار ۳ گرم از هر نمونه در کاغذ صافی پیچیده و داخل اکسترکتور دستگاه قرار داده شد. بالن‌ها به مدت ۲ تا ۳ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد داخل آون خشک شدند. سپس به دسیکاتور منتقل و پس از هم دما شدن با محیط توزین شدند و روی صفحه گرم کننده دستگاه قرار گرفتند. داخل بالن‌ها با مقدار مشخصی پترولیوم اتر به‌عنوان حلال آلی پر شد. اکسترکتور روی دهانه بالن قرار گرفت و سپس مبرد روی اکسترکتور قرار داده شد. دستگاه با کلید اصلی روشن و دما برای همه نمونه‌ها روی ۶۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. فرآیند استخراج ۸ ساعت به‌طول انجامید. پس از این مدت، دستگاه خاموش و حلال جمع شده در داخل اکسترکتور از طریق شیر مخصوص تخلیه خارج گردید. بالن‌ها به زیر هود منتقل شدند تا باقی مانده اتر از بین برود. آنها را به داخل آون منتقل کرده و به‌مدت ۱ ساعت با دمای ۷۰ و سپس به مدت ۱/۵ ساعت با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند. بالن‌ها به دیسکاتور منتقل و بعد از سرد شدن توزین گردیدند. برای محاسبه درصد روغن موجود در نمونه‌ها از رابطه ۳-۷ استفاده گردید.

رابطه (۳-۷) درصد روغن موجود در نمونه = (وزن ثانویه بالن – وزن اولیه بالن) × ۱۰۰

برای محاسبه عملکرد روغن دانه از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه استفاده گردید.

۳-۱۰-۲- درصد و عملکرد پروتئین دانه و نیتروژن برگ و خاک

میزان نیتروژن دانه، برگ و خاک به روش کجلدال تعیین گردید. برای مرحله هضم کجلدال از اجاق هضم کننده Digester 2040 از شرکت Foss tecator و برای مراحل تقطیر و تیتراسیون از دستگاه

تمام خودکار Kjeltec Analysis Unit 2300 از همان شرکت استفاده گردید. برای انجام عمل هضم مقدار ۰/۲۵ گرم از بذر و برگ پودر شده و یا ۱ گرم از خاک الک شده با الک ۰/۵ را درون فلاسک‌های شیشه‌ای مخصوص کجلدال ریخته و یک عدد قرص کاتالیزور شامل ۱/۵ گرم سولفات پتاسیم و ۰/۱۵ گرم سولفات مس به هر فلاسک اضافه گردید. سپس به هر فلاسک ۱۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد 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 محلول سیاه‌رنگ درون فلاسک‌ها به محلولی نسبتاً زلال به رنگ سبز بسیار کم‌رنگ مشخص شد. مقدار نیتروژن نمونه‌ها پس از سرد شدن در دمای آزمایشگاه توسط دستگاه کجدال سنجیده شد. دستگاه دارای ۳ مخزن آب مقطر، سود سوزآور ۴۰ درصد و محلول دریافت کننده بود. محلول دریافت کننده از ترکیب ۱۰۰ میلی‌لیتر بروموکروزول سبز (۰/۰۱گرم بروموکروزول سبز در ۱۰۰ میلی‌لیتر الکل)، ۷۰ میلی‌لیتر متیل قرمز (۰/۱ میلی‌گرم متیل قرمز در ۱۰۰ میلی‌لیتر الکل) و ۱۰ لیتر اسید بوریک ۱ درصد تشکیل شده بود.

پس از قرارگیری فلاسک‌ها در دستگاه به ترتیب ۲ میلی‌لیتر آب مقطر و ۳۰میلی‌لیتر سود سوزآور۴۰ درصد به نمونه‌ها اضافه شده و با فشار بخار آب عمل تقطیر انجام گرفت. طی مرحله تقطیر نیتروژن موجود در نمونه به صورت گاز آمونیاک متصاعد شده و رنگ محلول حاوی نمونه به قهوه‌ای سوخته تبدیل می‌گردد. گاز آمونیاک حاصل به ظرفی حاوی محلول دریافت کننده منتقل شده و به همراه اسیدبوریک، بورات آمونیوم را تشکیل می‌دهد که معرف‌های موجود در محلول دریافت کننده آن را به صورت رنگ سبز نمایان می‌سازد. عمل تیتراسیون نیز توسط دستگاه 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 تیتر شد. مقدار نیتروژن موجود در نمونه بر اساس مقدار اسید کلریدریک مصرف شده در تیتراسیون توسط دستگاه مشخص گردید.

از رابطه ۳-۸ به منظور تبدیل مقدار اسید کلریدریک ۰/۱ مولار مصرف شده در تیتراسیون به نیتروژن نمونه استفاده شد.

رابطه (۳-۸) درصد نیتروژن = (A × ۰/۱۴)/ وزن نمونه (گرم)

در این رابطه A حجم اسید کلریدریک ۰/۱ مولار مصرفی بر حسب میلی‌لیتر می‌باشد. برای تبدیل درصد نیتروژن به درصد پروتئین از رابطه ۳-۹ استفاده گردید.

رابطه (۳-۹) درصد پروتئین نمونه = درصد نیتروژن × ضریب تبدیل نیتروژن

ضریب تبدیل پروتئین برای سویا ۵/۷۱ در نظر گرفته شد (ماریوتی و همکاران، ۲۰۰۸).

برای محاسبه عملکرد پروتئین دانه هم از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین دانه استفاده گردید.

۳-۱۰-۳- درصد فسفر برگ

به منظور اندازه‌گیری میزان فسفر، نمونه‌های گیاهی خشک شده به‌وسیله آون، آسیاب و فسفر آن با روش خاکسترگیری خشک استخراج شد. ۱ گرم نمونه گیاه خشک شده با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین در و در بوته چینی ریخته شد و پس از آن درون کوره تا ۵۵۰ درجه به مدت ۴ ساعت حرارت دید. سپس خاکستر حاصل از سوزاندن نمونه‌های گیاهی در ۵ میلی لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال حل شده و پس از عبور از کاغذ صافی مناسب (واتمن ۴۲) با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. غلظت فسفر در عصاره حاصل به روش آمونیوم مولیبدات وانادات تعیین شد. بدین منظور، ۵ میلی‌لیتر از عصاره به‌دست آمده با ۵ میلی لیتر از محلول آمونیوم هپتا مولیبدات وانادات ترکیب شد و به حجم ۲۵ میلی‌لیتر

رسید. سپس نمونه‌ها با دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شد و عدد قرائت شده با استفاده از منحنی استاندارد فسفر به میلی‌گرم برکیلوگرم تبدیل و در نهایت مقدار فسفر برگ محاسبه شد (چاپمن و پرات، ۱۹۸۲).

۳-۱۰-۴- اندازه‌گیری آهن و مولیبدن برگ

به منظور اندازه‌گیری میزان آهن و مولیبدن برگ، نمونه‌های خشک شده گیاهی بوسیله آون، با استفاده از آسیاب پودر گردیدند. سپس ۱ گرم از نمونه پودر شده داخل بوته چینی ریخته شد و در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت قرار داده شد. پس از آن به هرکدام از نمونه‌ها ۱۰ میلی‌لیتر اسیدکلریک ۲ نرمال اضافه گردید و پس از قرار گرفتن در حمام بن‌ماری به مدت ۲۰ دقیقه و صاف شدن توسط کاغذ صافی، به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شدند. عصاره مورد نظر با استفاده از دستگاه جذب اتمیک مارک varian و مدل spectra 220 ساخت کشور استرالیا قرائت شد و با استفاده از منحنی استاندارد غلظت آهن و مولیبدن برگ سویا به‌ترتیب بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم و درصد محاسبه گردید (سیلوا و همکاران، ۲۰۰۳).

۳-۱۰-۵- اندازه‌گیری جمعیت باکتری‌های خاک

برای انجام این آزمایش از خاک محیط ریزوسفر چسبیده به ریشه گیاه استفاده شد. ابتدا نمونه‌هایی با رقت‌های مختلف از باکتری‌های موجود در خاک تهیه گردید. برای این منظور ابتدا با اضافه کردن ۱ گرم خاک به ۹ میلی‌لیتر آب مقطر، ۱۰ میلی‌لیتر محلول با رقت ۰/۱ از باکتری‌های خاک تهیه شد. برای تهیه‌ی رقت ۰/۰۱ از باکتری‌های موجود در خاک، ۱ میلی‌لیتر از نمونه‌ی موجود در لوله‌ی شماره‌ی ۱ به ۹ میلی‌لیتر آب سترون اضافه گردید. برای تهیه‌ی رقت‌های بیشتر هر بار ۱ میلی‌لیتر از محلول موجود در لوله به لوله‌ی بعدی که حاوی ۹ میلی‌لیتر آب مقطر بود اضافه شد و به این ترتیب رقت‌های 10^{-1}، 10^{-2}، 10^{-3}، 10^{-4}، 10^{-5} و 10^{-6} از باکتری‌های موجود در خاک به‌دست آمد. برای شمارش تعداد باکتری‌ها نیاز به کشت باکتری و شمارش کلنی‌های حاصل بود. برای این منظور از محیط کشت نوترینت

آگار (NA) استفاده شد. مسلماً تعداد باکتری‌های موجود در لوله‌ی شماره‌ی ۱ که حاوی باکتری با رقت ۰/۱ بود بسیار بیشتر از محدوده‌ی ۳۰۰-۳۰ (محدوده‌ی قابل شمارش) بود، بنابراین از لوله‌ی شماره ۱ کشتی تهیه نشد. برای تهیه کشت ابتدا ۰/۱ میلی‌لیتر از نمونه‌ی موجود در هر لوله به پلیت سترون منتقل گردید و سپس NA مذاب در دمایی که باعث مرگ باکتری‌ها نشود به پلیت منتقل شد و برای این‌که باکتری‌ها به خوبی در محیط کشت پراکنده شوند پلیت محتوی محیط کشت و باکتری‌ها به آرامی به صورت حرکت ۸ جابجا شد و سپس در انکوباتور قرار داده شد. برای محاسبه‌ی تعداد باکتری‌های موجود در نمونه‌ی خاک تعداد کلنی‌های شمارش شده در هر پلیت در عکس ضریب رقت لوله‌ی مربوط به آن پلیت ضرب گردید. با توجه به اینکه ۰/۱ میلی‌لیتر از هر نمونه به پلیت منتقل شده بود، نتایج حاصل در ۱۰ نیز ضرب شدند (والوم، ۱۹۸۲).

فصل چهارم

نتایج و بحث

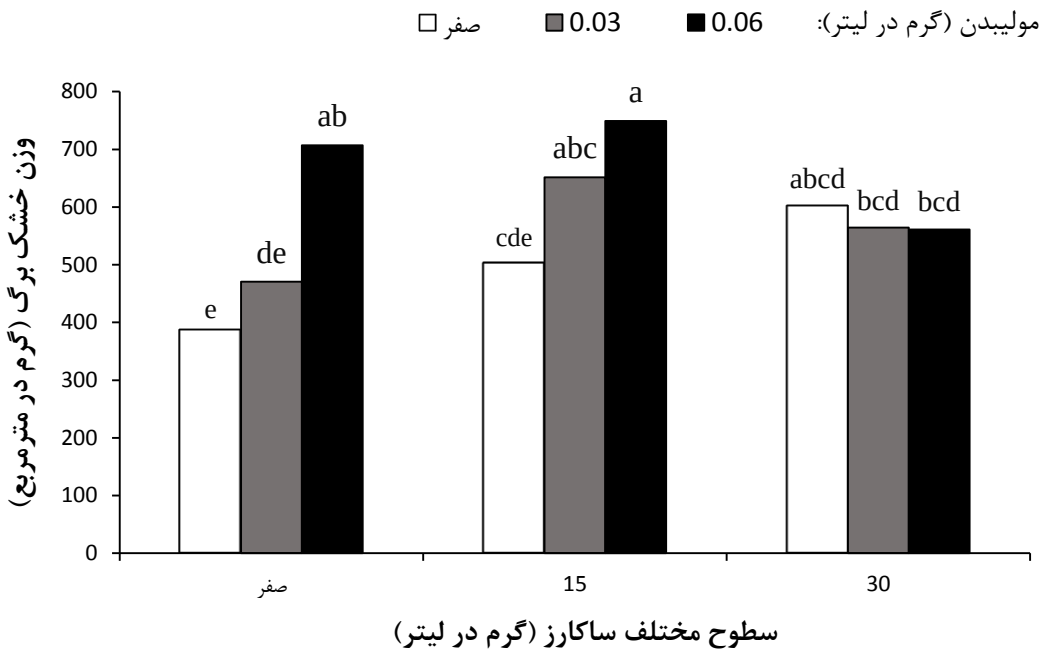
۴-۱-ماده خشک

۴-۱-۱- وزن خشک برگ

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱) ملاحظه می‌گردد که اثر اصلی محلول‌پاشی ساکارز، اثر متقابل محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن و اثر سه جانبه در سطح ۵ درصد و اثر اصلی مولیبدن در سطح ۱ درصد بر وزن خشک برگ معنی‌دار بود. در شکل ۴-۱ مشاهده می‌گردد که مقادیر بالاتری از وزن خشک برگ وقتی به‌دست آمد که از ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن به‌تنهایی و همراه با ۱۵ گرم در لیتر ساکارز استفاده شده بود. که البته اختلاف معنی‌داری با تعدادی دیگر از تیمارها نداشت. استفاده از مولیبدن در غلظت بالای ساکارز مؤثر نبود ولی کاربرد آن با غلظت ۰/۰۶ گرم در لیتر در شرایط عدم حضور ساکارز و نیز غلظت پایین ساکارز به‌طور معنی‌داری ماده خشک برگ را بهبود بخشید. با توجه به شکل این افزایش به‌طور متوسط ۳۵ درصد بوده است. در خصوص تأثیر ساکارز بر این صفت مشاهده می‌شود که تنها در شرایط عدم کاربرد مولیبدن، افزایش غلظت ساکارز از ۱۵ به ۳۰ گرم در لیتر موجب افزایش مقدار وزن خشک برگ در مقایسه با دو سطح دیگر شده است.

لیو و همکاران (۲۰۰۵) پاسخ مثبت سویا را به مولیبدن در افزایش ارتفاع، وزن خشک ریشه و بیوماس برگ گزارش نمودند. این عنصر از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های نیتروژناز و نیترات رداکتاز بر تثبیت نیتروژن تأثیر می‌گذارد. تأمین نیتروژن مورد نیاز موجب ثبات کلروفیل و افزایش سطح برگ می‌گردد و در نتیجه فتوسنتز و تولید مواد اسیمیلاتی در برگ زیاد شده و وزن خشک برگ افزایش می‌یابد.

مقایسه میانگین اثرات سه جانبه تیمارهای آزمایشی (جدول پیوست ۲۱) نیز نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک برگ (۷۹۸/۵ گرم در متر مربع) از محلول‌پاشی ساکارز با غلظت ۳۰ گرم در لیتر و محلول‌پاشی مولیبدن با غلظت ۰/۰۳ گرم در لیتر در شرایط عدم تلقیح به‌دست آمد.



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

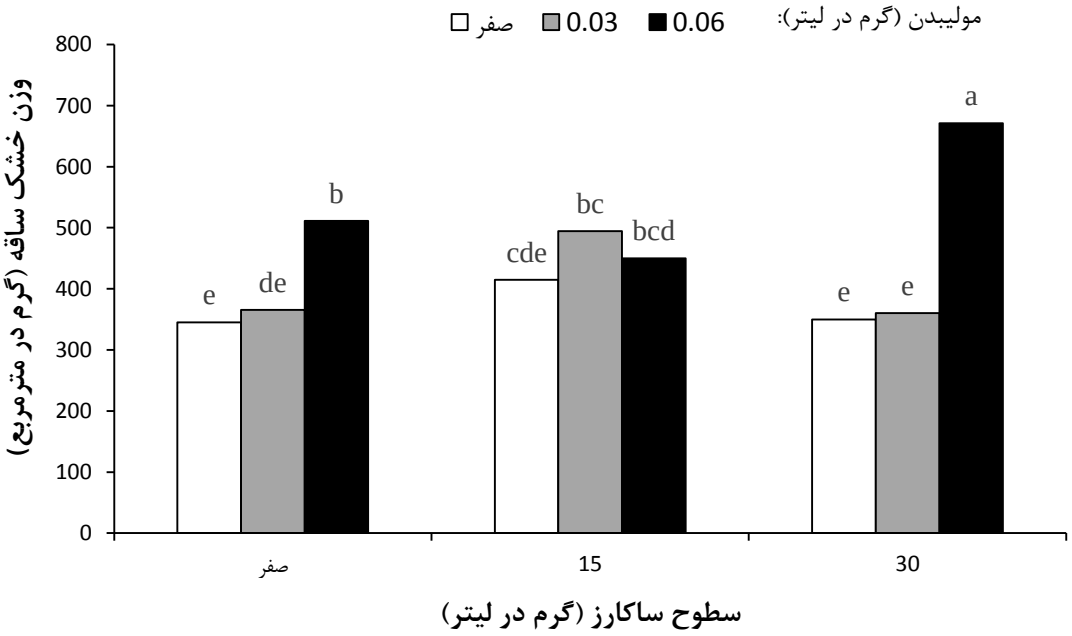
۴-۱-۲- وزن خشک ساقه

افزایش وزن خشک ساقه به‌معنای افزایش ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی است که در موقع لزوم از طریق پدیده انتقال مجدد می‌تواند سبب پرشدن دانه گردد. اثر اصلی محلول‌پاشی ساکارز و اثر متقابل محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن در سطح احتمال ۱ درصد و اثر سه‌گانه محلول‌پاشی ساکارز × مولیبدن × ریزوبیوم در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن خشک ساقه معنی‌دار شدند (جدول پیوست ۱).

بررسی شکل ۴-۲ نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک ساقه با میانگینی معادل ۶۷۰/۹ گرم در متر مربع از ترکیب تیماری محلول‌پاشی ساکارز با غلظت ۳۰ گرم در لیتر × محلول‌پاشی مولیبدن با غلظت ۰/۰۶ گرم در لیتر به‌دست آمد و در گروه آماری برتر قرار گرفت. کاربرد ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن به‌تنهایی و استفاده همزمان از غلظت‌های ۱۵ گرم در لیتر ساکارز و ۰/۰۳ و ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن نیز مقادیر بالایی از این صفت را به ثبت رسانیدند ولی در یک گروه آماری قرار گرفتند.

محلول‌پاشی ساکارز با افزایش محتوای کربوهیدرات گیاه سبب افزایش انباشت ماده خشک در گیاه می‌گردد. در همین راستا پریور و راجرز (۱۹۹۵) گزارش نمودند که وزن خشک ساقه سویا در گیاهانی که ساکارز دریافت نمودند بیشتر از آن‌هایی بود که با آب مقطر تیمار شدند.

با توجه به مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه (جدول پیوست ۲۱)، به‌کارگیری بالاترین غلظت ساکارز و مولیبدن (۳۰ و ۰/۰۶ گرم در لیتر) در شرایط تلقیح توانست بیشترین وزن خشک ساقه را که معادل ۶۷۸/۲ گرم در مترمربع بود، ثبت نماید.



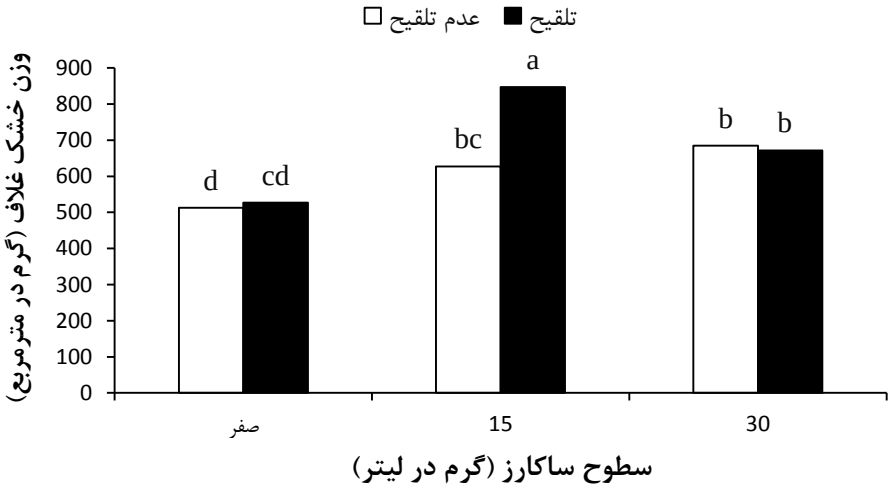
شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

۴-۱-۳- وزن خشک غلاف

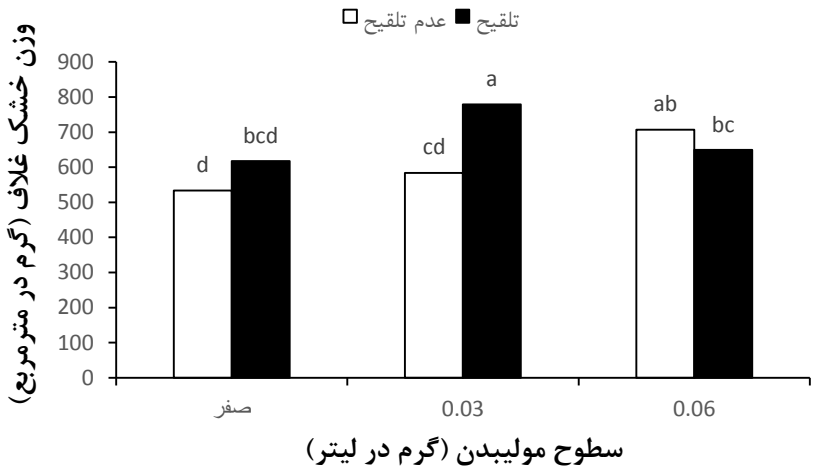
نتایج حاصل از تجزیه واریانس وزن خشک غلاف در جدول پیوست ۱ نشان داده شده است. اثرات اصلی محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن و اثرات متقابل آنها با ریزوبیوم در سطح احتمال ۱ درصد و ریزوبیوم در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان این صفت معنی‌دار بود. محلول‌پاشی ساکارز در هر دو

شرایط عدم تلقیح و تلقیح سبب افزایش مقدار وزن خشک غلاف گردید در این بین کاربرد همزمان سطح دوم ساکارز و تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم توانست مفیدتر واقع شود و بیشترین وزن خشک غلاف (۸۴۶/۹ گرم در مترمربع) را به خود اختصاص دهد. این ترکیب تیماری از لحاظ آماری نیز در گروه برتر قرار گرفت. این مقدار از وزن خشک در مقایسه با شاهد ۶۵/۳۱ درصد بیشتر بود. استفاده از غلظت ۳۰ گرم در لیتر ساکارز در هر دو شرایط و ۱۵ گرم در لیتر در شرایط عدم تلقیح نیز به‌طور معنی‌داری موجب افزایش این صفت در مقایسه با شاهد شدند (شکل ۴-۳).

مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی مولیبدن و تلقیح (شکل ۴-۴) نیز نشان داد که در مجموع در شرایط تلقیح مقادیر ماده خشک غلاف بیشتر بود به‌طوری‌که میزان این صفت در گیاهانی که تلقیح شده بودند و با غلظت ۰/۰۳ گرم در لیتر مولیبدن محلول‌پاشی شدند، بالاتر از سایر ترکیبات تیماری به‌دست آمد. گرچه با تیمار کاربرد ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن بدون تلقیح در یک گروه آماری قرار گرفتند. نکته قابل توجه این است که در شرایط عدم تلقیح کاربرد مولیبدن و افزایش غلظت آن سبب بهبود وزن خشک غلاف گردید. در نتایجی مشابه، لمپتی و همکاران (۲۰۱۴) اعلام نمودند که تلقیح بذر با باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم سبب افزایش وزن خشک غلاف می‌شود.



شکل ۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز



شکل۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن

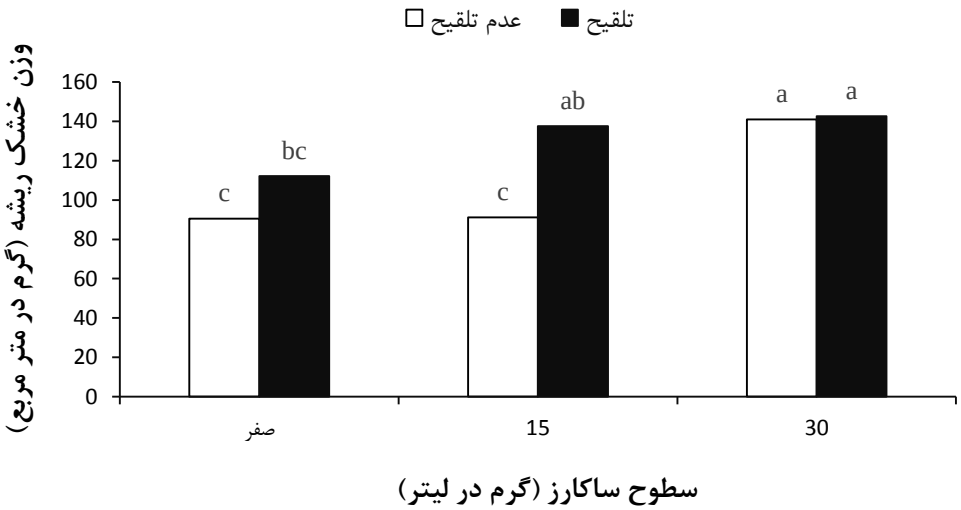
۴-۱-۴- وزن خشک ریشه

تأثیر محلول‌پاشی ساکارز، محلول‌پاشی مولیبدن و باکتری ریزوبیوم در سطح ۱ درصد و برهم‌کنش محلول‌پاشی ساکارز و ریزوبیوم در سطح ۵ درصد بر وزن خشک ریشه معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۱). بررسی شکل ۴-۵ نشان می‌دهد که محلول‌پاشی با غلظت‌های بالای ساکارز در هر دو شرایط عدم تلقیح و تلقیح توانست مفید واقع شود و سبب افزایش وزن خشک ریشه گردد. در شرایط عدم تلقیح استفاده از غلظت ۱۵ گرم در لیتر ساکارز نتوانست اختلاف چندانی ایجاد کند اما با دوبرابر شدن غلظت ساکارز مقدار این صفت به‌طور قابل توجهی بهبود یافت. همین غلظت از ساکارز در شرایط تلقیح نیز بیشترین میزان وزن خشک ریشه (۱۴۲/۵ گرم در متر مربع) را به‌وجود آورد که اختلاف آن با گیاهانی که تلقیح نشدند و ساکارز دریافت نکردند (شاهد) ۵۷/۴۷ درصد بود.

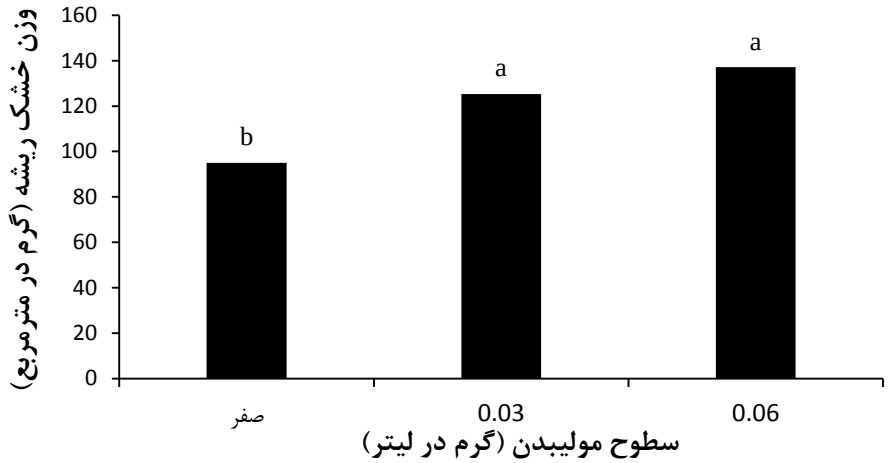
اسپرنت و اسپرنت (۱۹۹۰) بیان می‌دارند که باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن به دلیل تأمین نیتروژن مورد نیاز، باعث افزایش طول ریشه، وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی می‌شوند. آنان علت آن را در نتیجه وجود شبکه گسترده ریشه‌ای، توجیه کردند. نسبت سطح اندام‌های ریشه و جذب کننده

رطوبت در این شرایط نسبت به سطح برگ‌ها افزایش می‌یابد و این شبکه گسترده از طریق جذب آب، املاح و انتقال آن به گیاه میزبان، باعث افزایش وزن خشک گیاه می‌گردد.

محلول‌پاشی مولیبدن با هر دو غلظت ۰/۰۳ و ۰/۰۶ گرم در لیتر به یک اندازه سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه نسبت به گیاهان شاهد شد. در این بین بیشترین درصد افزایش ۴۴/۳۰ درصد بود که از کاربرد ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن به‌دست آمد (شکل ۴-۶). توگای و همکاران (۲۰۰۸) افزایش وزن خشک ریشه در اثر کاربرد مولیبدن را گزارش نمودند.



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین وزن خشک ریشه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک ریشه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن

۴-۲- زراعی و مورفولوژیک

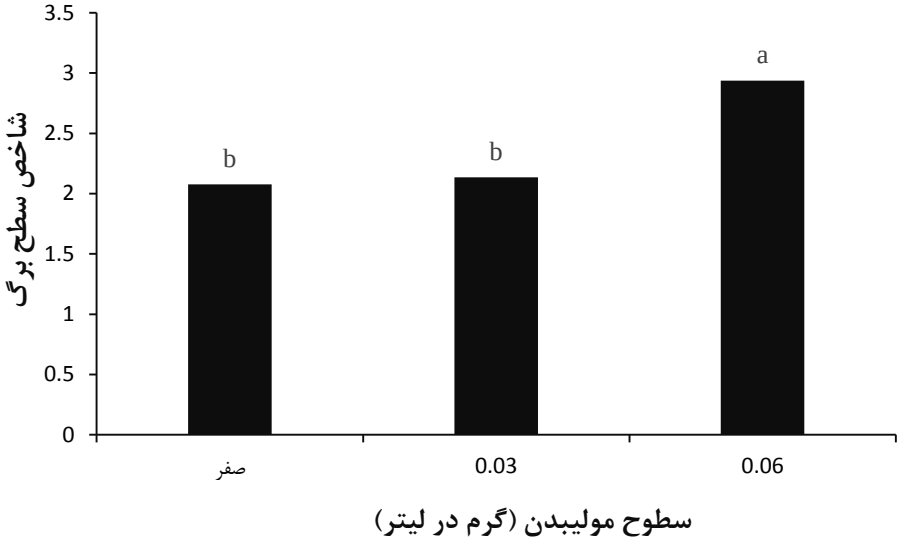
۴-۲-۱- شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ از نسبت کل سطح برگ به سطح زمین پوشش داده شده توسط گیاه به‌دست می‌آید (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶). میزان افزایش سطح برگ تعیین کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است. به این ترتیب با تغییر در سطح برگ که تحت تأثیر ژنوتیپ، تراکم بوته، آب و هوا و حاصلخیزی خاک قرار دارد، عملکرد گیاه نیز متفاوت است (باویک و باویک، ۲۰۰۲). این صفت تحت تأثیر محلول-پاشی مولیبدن در سطح یک درصد و ریزوبیوم در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۳). استفاده از سطح سوم مولیبدن (۰/۰۶ گرم در لیتر) موجب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ گردید. به‌طوری که شاخص سطح برگ به‌دست آمده در این سطح از مولیبدن معادل ۴۱/۵۴ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود (شکل ۴-۷).

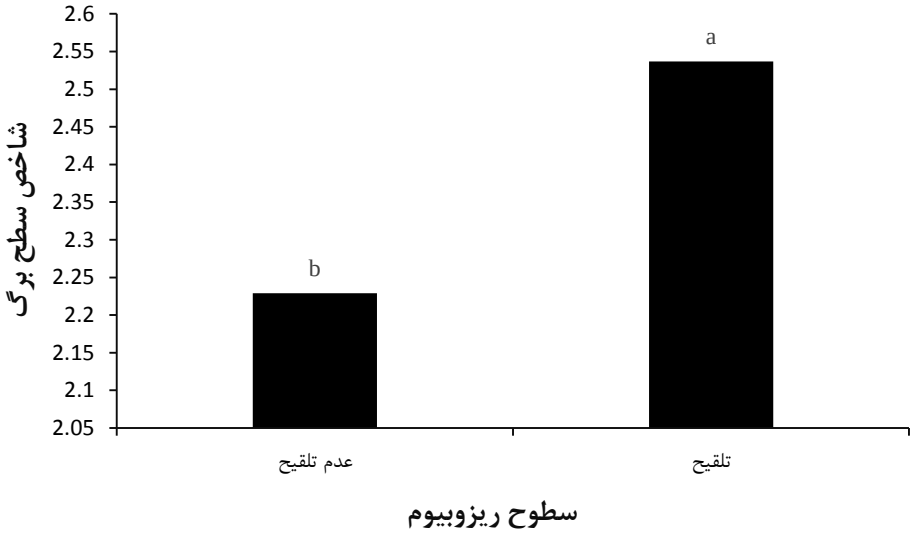
در تیمار ریزوبیوم نیز مشاهده گردید که تلقیح بذور با باکتری ریزوبیوم موجب بهبود ۱۳ درصدی شاخص سطح برگ در مقایسه با تیمار عدم تلقیح شد (شکل ۴-۸). ورود نیتروژن تثبیت شده در اثر کاربرد مولیبدن و ریزوبیوم، در ساختار پلی ساکاریدها و پروتئین‌های سازنده دیواره سلولی، موجب استحکام سازمان سلول و افزایش ابعاد آن و در نتیجه گسترش سطح بافت‌های گیاهی می‌شود. بر اثر این تغییر، سطح برگ به تبع از سایر بافت‌ها افزایش می‌یابد و زمینه را برای دریافت انرژی تشعشعی بیشتر فراهم می‌کند (سیسی و شیبلز، ۱۹۸۰).

۴-۲-۲- ارتفاع بوته

مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۳)، اثرات اصلی ساکارز، مولیبدن و ریزوبیوم و اثر متقابل محلول‌پاشی ساکارز × مولیبدن در سطح ۱ درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود.



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن

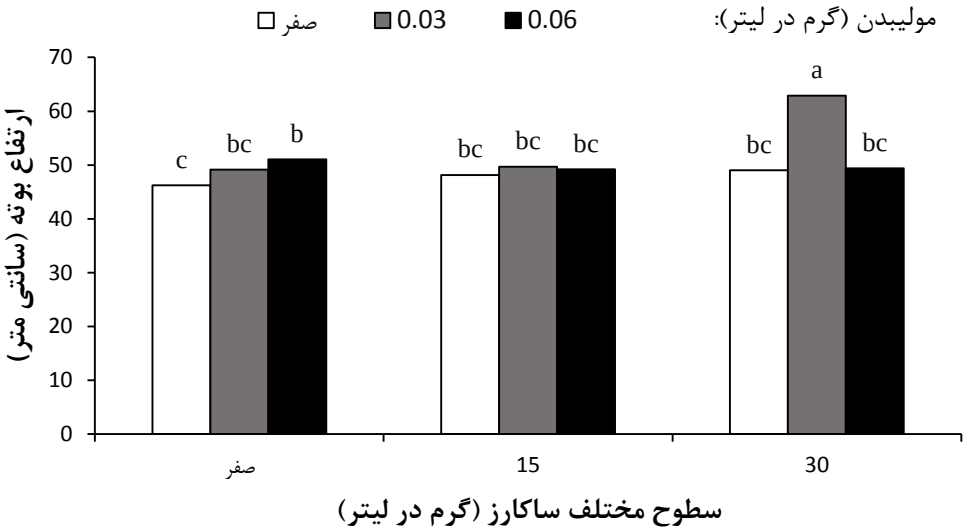


شکل ۴-۸- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم

شکل ۴-۹ نشان داد که کاربرد توأم ساکارز و مولیبدن تنها زمانی‌که محلول‌پاشی با غلظت ۳۰ گرم در لیتر ساکارز و ۰/۰۳ گرم در لیتر مولیبدن انجام گرفت موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته شد به‌طوری که ۳۶/۶ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. محلول‌پاشی با مولیبدن ۰/۰۶ گرم در لیتر به‌تنهایی

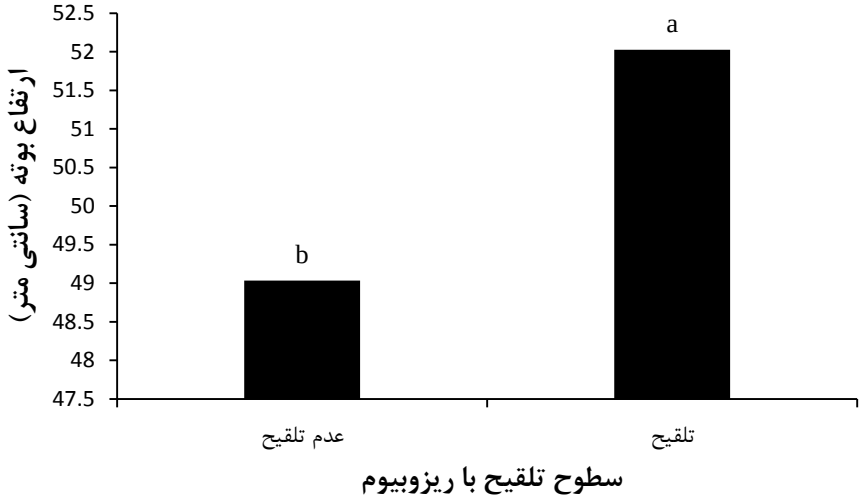
نیز این صفت را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. سایر ترکیبات تیماری اختلافی با یکدیگر و شاهد نداشتند.

ساکارز به‌عنوان یک منبع انرژی و کربن شناخته می‌شود. لذا محلول‌پاشی ساکارز می‌تواند روش خوبی برای تأمین کربن مورد نیاز در فرآیند فتوسنتز باشد. بالا رفتن راندمان فتوسنتز در اثر محلول‌پاشی ساکارز رشد و توسعه گیاه را افزایش می‌دهد. آبدین و همکاران (۱۹۹۸) این فرضیه را مورد بررسی قرار داده و گزارش نمودند که کاربرد ساکارز موجب بهبود خصوصیات رشدی گیاه از جمله ارتفاع بوته سویا می‌شود.



شکل ۴-۹- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

ارتفاع بوته گیاهانی که بذر آن‌ها پیش از کاشت با باکتری تلقیح شد ۶/۰۹ درصد بیشتر از گیاهانی بود که تلقیح در آن‌ها صورت نپذیرفت (شکل ۴-۱۰). به‌نظر می‌رسد که تیمار تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم توانست با افزایش دسترسی گیاه به نیتروژن ارتفاع بوته را افزایش دهد. افزایش ارتفاع بوته نخود در اثر تلقیح بذر با ریزوبیوم توسط خالق نژاد و جباری (۱۳۹۳) نیز گزارش شده است.

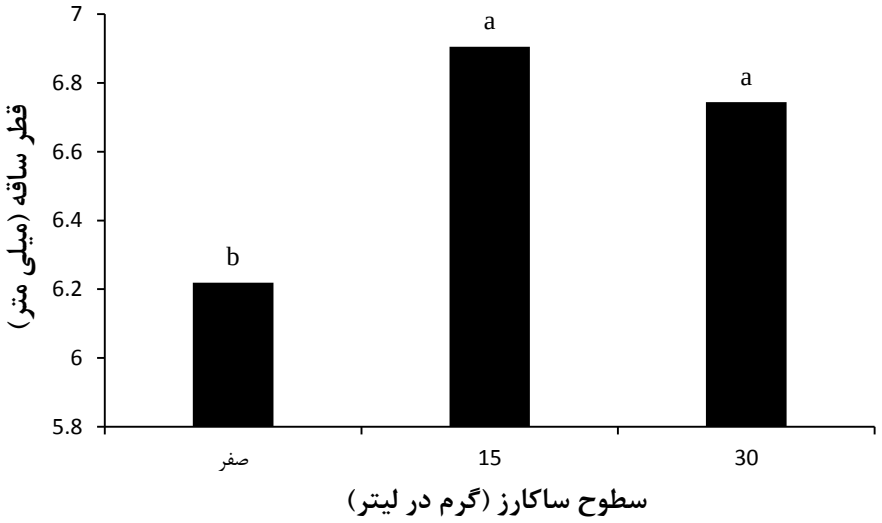


شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین ارتفاع بوته تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم

۴-۲-۳- قطر ساقه

قطر ساقه تحت تأثیر محلول‌پاشی ساکارز ($p<۰/۰۵$)، محلول‌پاشی مولیبدن و ریزوبیوم ($p<۰/۰۱$) و اثر متقابل محلول‌پاشی مولیبدن و ریزوبیوم ($p<۰/۰۱$) قرار گرفت (جدول پیوست ۳). بهره‌گیری از هر دو غلظت محلول‌پاشی ساکارز افزایش معنی‌داری در قطر ساقه ایجاد نمود. ولی این تأثیرگذاری برای غلظت ۱۵ گرم در لیتر ساکارز بیشتر بود و سبب افزایش ۱۱/۱۱ درصدی نسبت به شاهد شد (شکل ۴-۱۱).

رشد ساقه به رشد جانبی گیاهان اشاره دارد و نشان دهنده بزرگی اندازه آن‌هاست. کربوهیدرات‌ها مورفوژنز که مسئول بزرگ شدن، سرسختی و ترکیب دیواره‌ی سلولی می‌باشد را کنترل می‌نمایند (باسکاران و جایابالان، ۲۰۰۵). ساکارز که نوعی کربوهیدرات است برای بزرگ شدن و حفظ فشار اسمزی سلولی مهم است و از این رو سبب افزایش قطر ساقه می‌گردد (سوماری و همکاران، ۲۰۱۲).

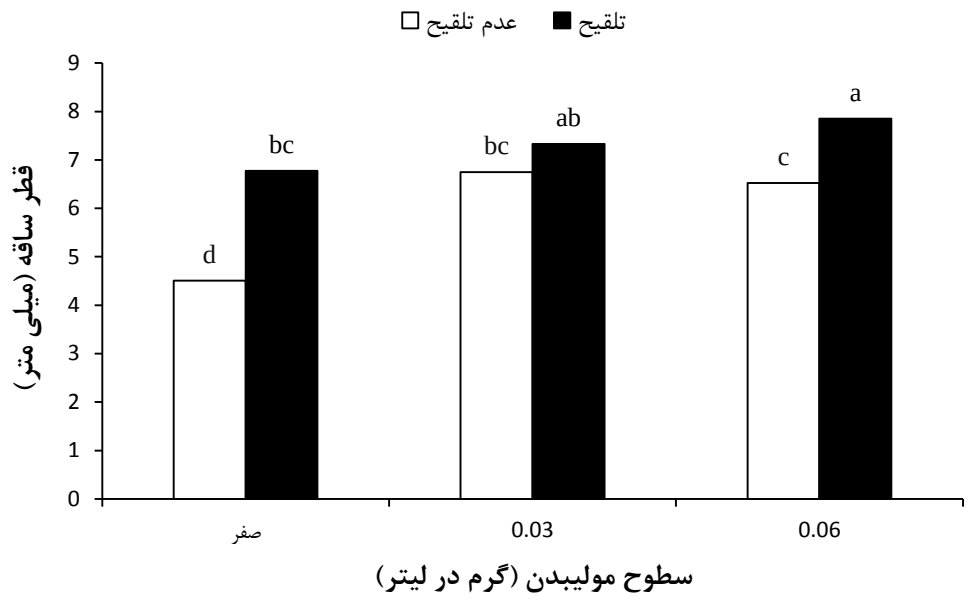


شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی ساکارز

هر ۵ ترکیب تیماری مربوط به اثر متقابل محلول‌پاشی مولیبدن و ریزوبیوم توانستند به‌طور معنی-داری قطر ساقه را نسبت به شاهد افزایش دهند. در این بین سهم محلول‌پاشی با غلظت ۰/۰۶ گرم در لیتر در شرایط تلقیح از همه بیشتر بود. قطر ساقه این گیاهان ۷۴/۱۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. البته در شرایط تلقیح، کاربرد غلظت ۰/۰۳ گرم در لیتر نیز مفید بود اما اختلاف آماری معنی‌داری با برخی از تیمارها نداشت. در شرایط عدم تلقیح نیز هر دو غلظت مولیبدن تقریباً به یک اندازه قطر ساقه را افزایش دادند که در بهترین حالت (غلظت ۰/۰۳ گرم در لیتر) این میزان افزایش نسبت به شاهد ۴۹/۶۴ درصد بود (شکل ۴-۱۲). در آزمایشی که عرب پوریانی و همکاران (۱۳۹۲) انجام دادند محلول‌پاشی مولیبدن سبب افزایش قطر ساقه گلرنگ گردید.

۴-۲-۴- طول ریشه

اختلاف معنی‌داری از نظر تأثیرگذاری اثرات اصلی محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن در سطح ۱ درصد و ریزوبیوم در سطح ۵ درصد و همچنین اثر متقابل ساکارز و ریزوبیوم و اثر سه‌گانه تیمارها در سطح ۱ درصد وجود داشت (جدول پیوست ۵).

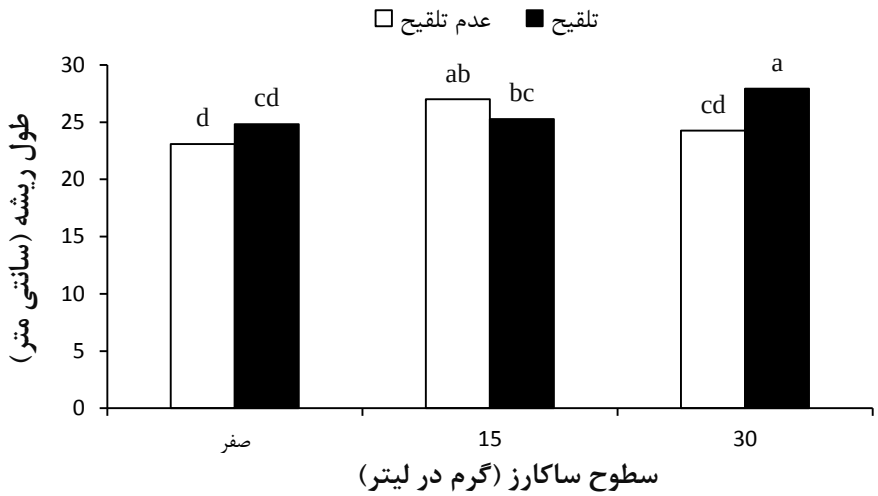


شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن

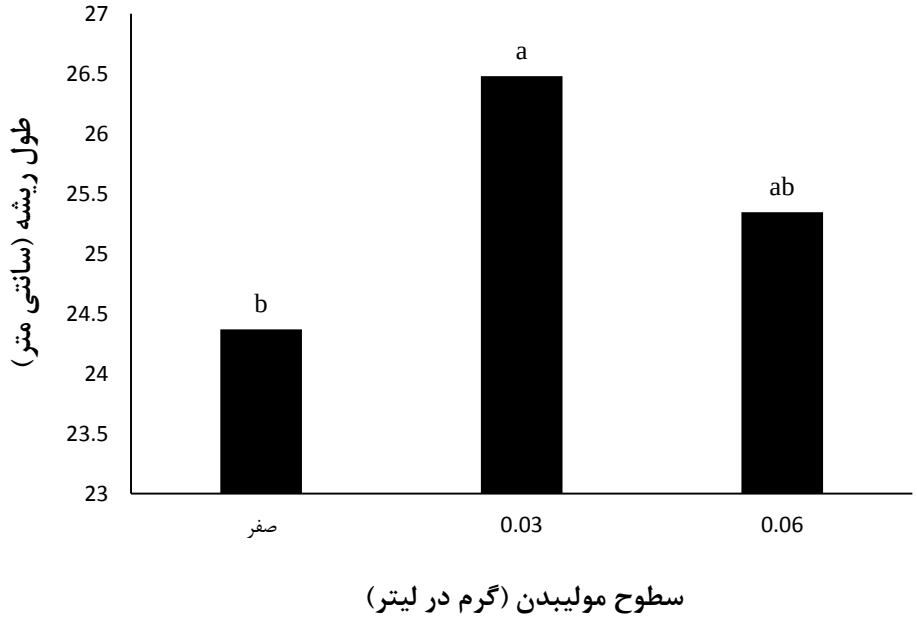
استفاده از ساکارز با غلظت ۳۰ گرم در لیتر در شرایط تلقیح موجب افزایش معنی‌دار طول ریشه گردید. تحت تأثیر این برهم‌کنش، طول ریشه ۱۷/۵۶درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. در شرایط عدم تلقیح، تنها کاربرد ۱۵ گرم در لیتر ساکارز توانست تأثیر معنی‌داری بر این صفت داشته باشد و دوبرابر شدن غلظت ساکارز نتوانست تأثیر مثبتی از خود نشان دهد (شکل ۴-۱۳). گزارش شده است که در ریزوبیوم‌ها ترکیباتی نظیر اکسین‌ها، ریبوفلاوین‌ها، سیتوکینین‌ها و ویتامین‌ها وجود دارد که با نفوذ به درون ریشه منجر به القای افزایش رشد گیاه می‌گردد (داکورا، ۲۰۰۳).

محلول‌پاشی با ۰/۰۳ گرم در لیتر مولیبدن توانست به‌طور معنی‌داری طول ریشه را نسبت به شاهد افزایش دهد اما دوبرابر شدن غلظت هرچند موجب بهبود جزئی این صفت گردید اما نتوانست تفاوت آماری قابل توجهی نسبت به تیمار شاهد داشته باشد و با آن و نیز سطح دیگر مولیبدن در یک گروه قرار گرفت (شکل ۴-۱۴).

مقایسه میانگین اثرات سه جانبه (جدول پیوست ۲۱) نشان داد که بیشترین مقدار طول ریشه (۲۹ سانتی‌متر) در شرایط تلقیح به‌همراه عدم محلول‌پاشی ساکارز و محلول‌پاشی مولیبدن با غلظت ۰/۰۳ گرم در لیتر حاصل شد.



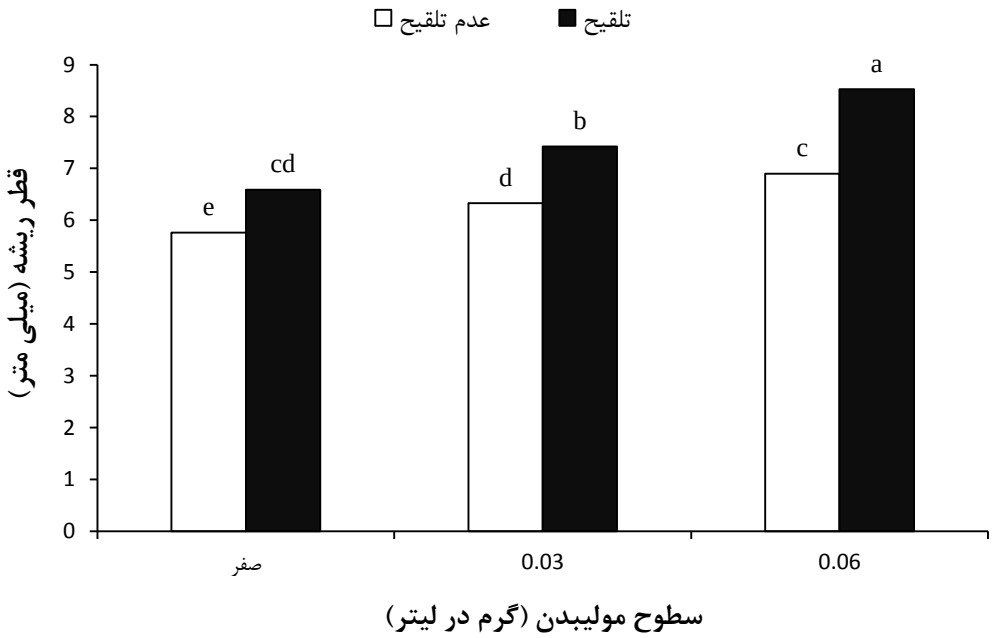
شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین طول ریشه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز



شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین طول ریشه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن

۴-۲-۵- قطر ریشه

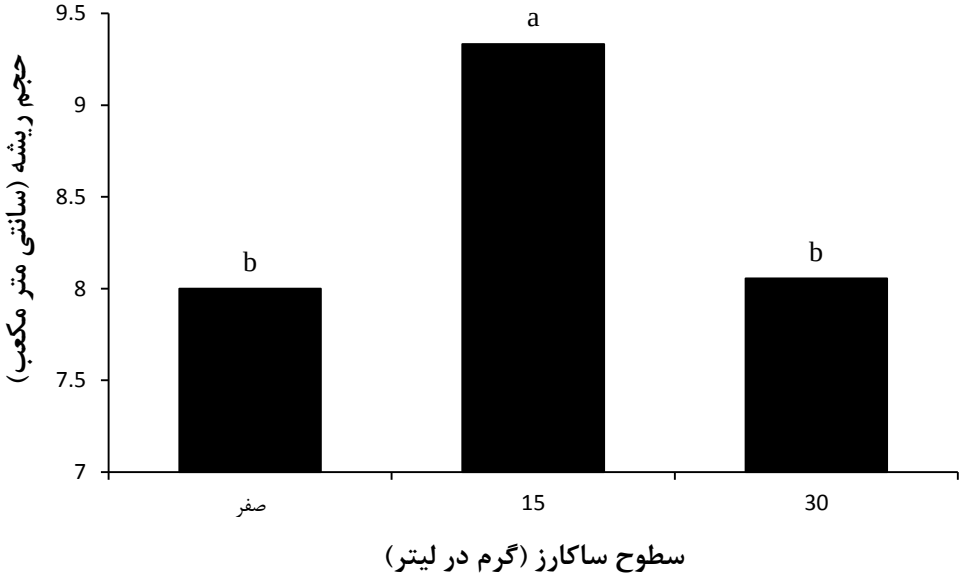
تأثیر محلول‌پاشی مولیبدن و باکتری ریزوبیوم و اثر متقابل آن‌ها بر قطر ریشه معنی‌دار شد (جدول پیوست ۵). از شکل ۴-۱۵ اینگونه استنباط می‌شود که به‌طور کلی قطر ریشه در گیاهانی که تلقیح نشدند پایین بود ولی محلول‌پاشی مولیبدن با هر دو غلظت ۰/۰۳ و ۰/۰۶ گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری این کاهش را جبران نمود و قطر ریشه را در شرایط عدم تلقیح به‌ترتیب ۹/۹۴ و ۱۹/۷۹ درصد افزایش داد. همانند قطر ساقه، بیشترین مقدار قطر ریشه (۸/۵۲۷ میلی‌متر) نیز از محلول‌پاشی مولیبدن با بالاترین غلظت (۰/۰۶ گرم در لیتر) در شرایط تلقیح حاصل شد و علاوه بر اینکه گروه آماری برتر را به‌خود اختصاص داد توانست موجب افزایش قابل توجه ۴۸/۰۶ درصدی قطر ریشه در مقایسه با شاهد گردد.



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین قطر ریشه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن

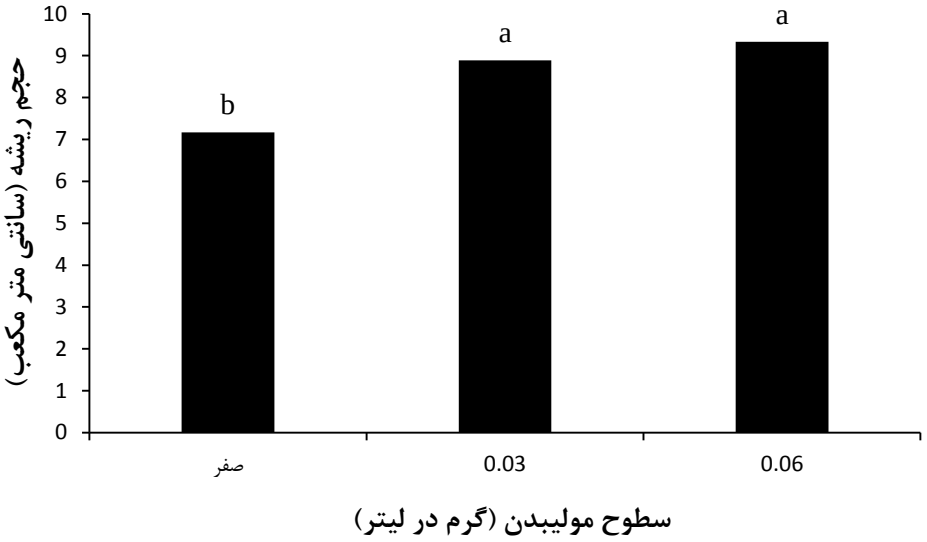
۴-۲-۶- حجم ریشه

افزایش حجم ریشه نشان‌دهنده توسعه‌ی بیشتر ریشه است که سبب افزایش توانایی جذب آب و مواد غذایی از حجم وسیع‌تری از خاک می‌شود (جعفری‌فر و همکاران، ۲۰۱۴). مطابق جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۵)، محلول‌پاشی ساکارز، محلول‌پاشی مولیبدن و باکتری ریزوبیوم بر حجم ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. در مورد ساکارز مشاهده شد که کاربرد ۱۵ گرم در لیتر از این ماده موجب افزایش ۱۶/۶۶ درصدی حجم ریشه نسبت به شاهد شد اما غلظت ۳۰ گرم در لیتر نتوانست اختلاف معنی‌داری ایجاد کند (شکل ۴-۱۶).



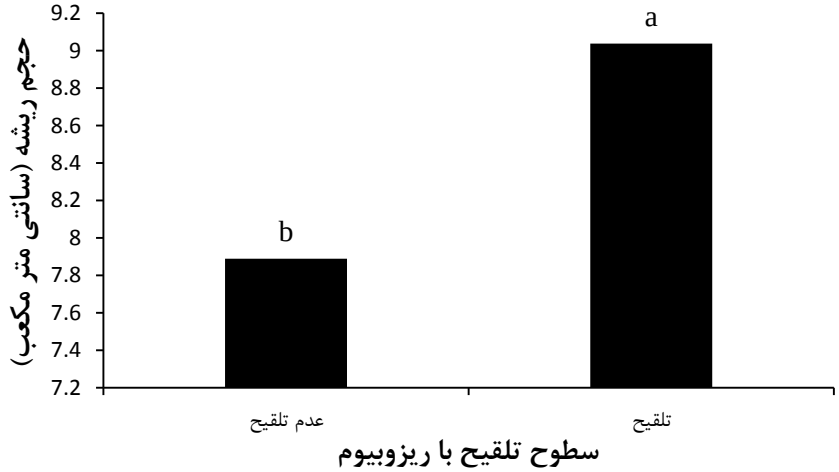
شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین حجم ریشه تحت تأثیر سطوح مختلف ساکارز

استفاده از غلظت‌های ۰/۰۳ و ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن به‌ترتیب موجب افزایش ۲۴/۰۲ و ۳۰/۲۲ درصدی حجم ریشه در مقایسه با شاهد شدند و تفاوت آماری قابل توجهی از نظر آماری بین این دو سطح وجود نداشت (شکل ۴-۱۷).



شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین حجم ریشه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن

مطابق نتایج به‌دست آمده ریزوبیوم به‌طور معنی‌داری حجم ریشه گیاهان حاصل از این بذور را افزایش داد. بدین ترتیب حجم ریشه در تلقیح با باکتری ۹/۰۳ سانتی‌متر مکعب بود و به میزان ۱۴/۵۵درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش نشان داد (شکل ۴-۱۸).نتایج پژوهش باسط میا و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که تلقیح با باکتری ریزوبیوم تأثیر مثبتی بر افزایش حجم ریشه‌ی برنج داشت.



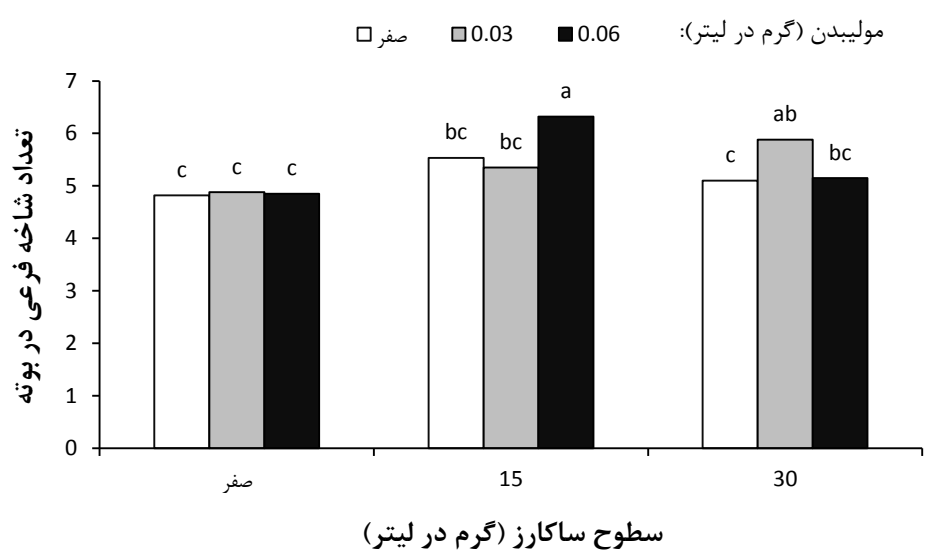
شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین حجم ریشه تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم

۴-۲-۷- شاخه فرعی

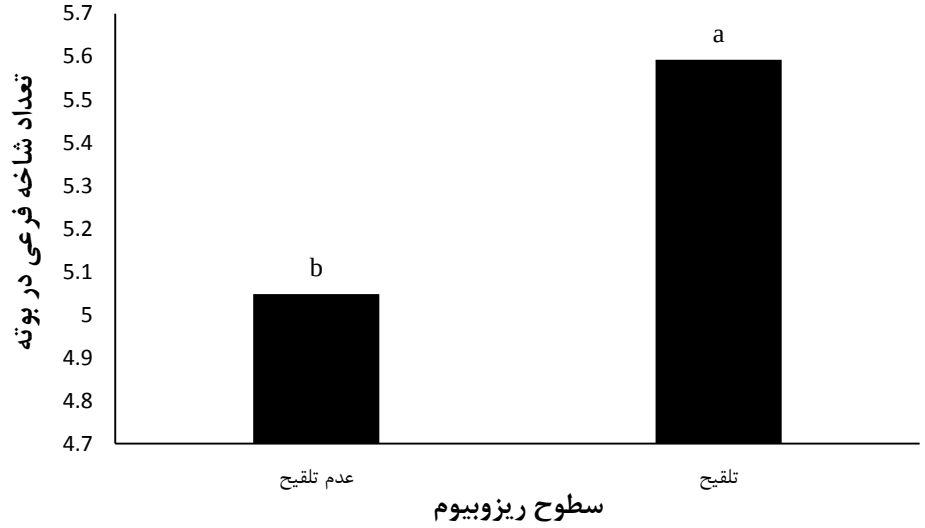
تولید شاخه‌های فرعی از طریق تأثیر بر رشد، تعداد و وضعیت ساختارهای زایشی گیاه بر عملکرد دانه اثر می‌گذارد و دارای اهمیت زیادی است (ترابی جفرودی، ۱۳۸۵). نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۷) حاکی از آن بود که اثر اصلی محلول‌پاشی مولیبدن و ریزوبیوم با احتمال یک درصد و اثر متقابل محلول‌پاشی مولیبدن و ساکارز با احتمال ۵ درصد بر تعداد شاخه جانبی درجه یک معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن (شکل ۴-۱۹) نشان داد زمانی‌که مولیبدن به‌تنهایی استفاده شد تعداد شاخه جانبی درجه یک پایین بود و افزایش غلظت مولیبدن هم در این شرایط نتوانست این صفت را بهبود بخشد. ولی با کاربرد هم‌زمان ساکارز و مولیبدن این وضعیت تغییر کرد، به‌طوری که بالاترین میانگین ثبت شده (۶/۳۱۷ عدد) از برهمکنش محلول‌پاشی ساکارز با غلظت ۱۵ و مولیبدن با غلظت ۰/۰۶ گرم در لیتر به‌دست آمد که البته اختلاف معنی‌داری با ترکیب تیماری ۳۰ گرم در لیتر ساکارز به‌همراه ۰/۰۳ گرم در لیتر مولیبدن نداشت. این در حالی است که تعداد شاخه فرعی در تیمار شاهد معادل ۴/۸۱۷ عدد بود. به‌نظر می‌رسد که با افزایش فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز در اثر محلول‌پاشی مولیبدن و تثبیت نیتروژن بیشتر در خاک و قرار گرفتن آن در اختیار گیاه غلظت کلروفیل‌ها افزایش یافته و فتوسنتز بیشتر می‌شود و در پی آن رشد رویشی گیاه از جمله تعداد شاخه‌های جانبی زیاد می‌گردد.

بررسی مقایسه میانگین تأثیر ریزوبیوم بر تعداد شاخه فرعی (شکل ۴-۲۰) نشان داد که بیشترین مقدار ۵/۵۹ عدد بود که در شرایط تلقیح به‌دست آمد و نسبت به شرایط عدم تلقیح برتری ۱۰/۷۹ درصدی داشت. استانسکو و پالانسیوک (۲۰۰۰) کانوپی بزرگ‌تری در پلات‌های تلقیح شده با ریزوبیوم مشاهده کردند و علت آنرا با افزایش تثبیت نیتروژن و بهبود تغذیه سویا که سبب رشد رویشی بیشتری می‌گردد، مرتبط دانستند.



شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

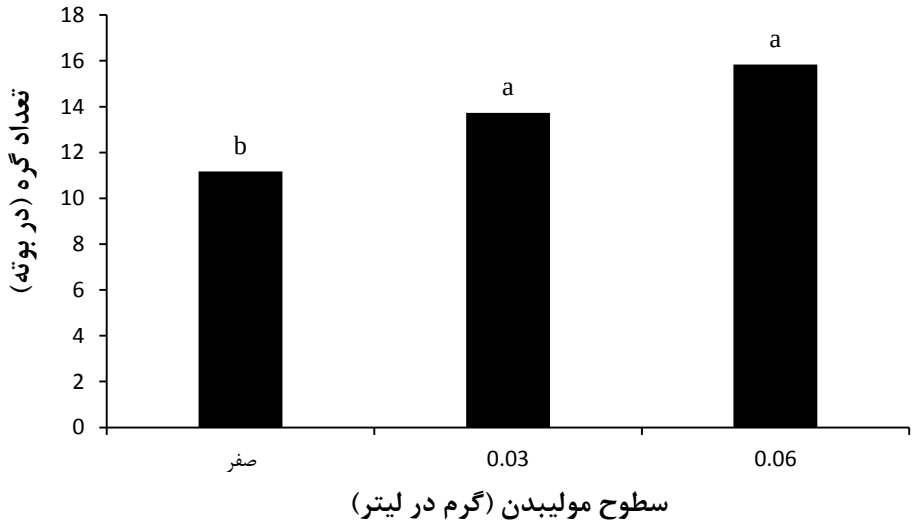


شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم

۴-۲-۸- تعداد گره

مراجعه به جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۷) نشان می‌دهد که اثرات اصلی محلول‌پاشی مولیبدن و ریزوبیوم در سطح ۱درصد بر تعداد گره معنی‌دار شدند.تعداد گره در گیاهانی که با هر دو

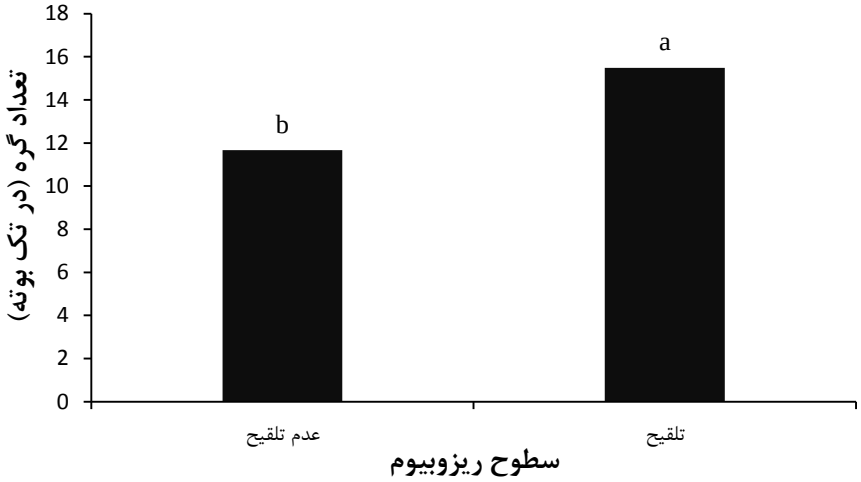
غلظت ۰/۰۳ و ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن محلول‌پاشی شده بودند به‌طور قابل توجهی از نظر آماری افزایش یافت. افزایش حاصل برای هر دو غلظت یاد شده به‌ترتیب ۲۳/۴۲ و ۴۲/۳۴ درصد بود که در یک گروه آماری قرار داشت (شکل ۴-۲۱).



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین تعداد گره تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن

در خلال تثبیت نیتروژن، مولیبدن نقش یک کوفاکتور را برای آنزیم نیتروژناز بازی می‌کند که کاهش نیتروژن عنصری (N) به آمونیوم (NH_4^+) را کاتالیز می‌کند (مندل و هانش، ۲۰۰۲). به‌خاطر همین ارتباط، کمبود مولیبدن می‌تواند سبب گسترش غیر معمول گره‌ها گردد که در نهایت به کمبود نیتروژن برای گیاه ختم می‌گردد (مارشنر، ۲۰۱۱). تغذیه برگی مولیبدن از طریق محلول‌پاشی می‌تواند به‌عنوان راهکاری مناسب برای تأمین مولیبدن مورد نیاز و افزایش راندمان تثبیت نیتروژن مورد استفاده قرار گیرد. در پژوهشی دیگر نیز که در آن تأثیر مولیبدن بر تشکیل گره مورد بررسی قرار گرفت کاربرد ۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم مولیبدن توانست باعث بهبود تعداد و همچنین وزن گره در گیاه ماشک گردد (اعلم و همکاران، ۲۰۱۵).

نتایج مقایسه میانگین (شکل ۴-۲۲) نشان داد که با مصرف باکتری ریزوبیوم تعداد گره به‌طور متوسط ۳۲/۷۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت.



شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین تعداد گره تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم

به‌منظور حداکثر بهره‌گیری از توان بالقوه تثبیت نیتروژن، بقولات باید با سویه‌های ریزوبیومی مؤثر گره‌دار شوند که این امر غالباً با تلقیح بذر بقولات با سویه‌های ریزوبیومی منتخبی انجام می‌شود که به‌صورت تجاری عرضه می‌گردند (دیت، ۲۰۰۱). بر همین اساس، سیدی و شریفی (۱۳۹۲) اظهار داشتند که تلقیح با باکتری ریزوبیوم سبب افزایش معنی‌داری در تعداد گره‌های سویا شد، به‌طوری‌که بالاترین تعداد گره‌ها در تلقیح با باکتری ریزوبیوم مشاهده شد.

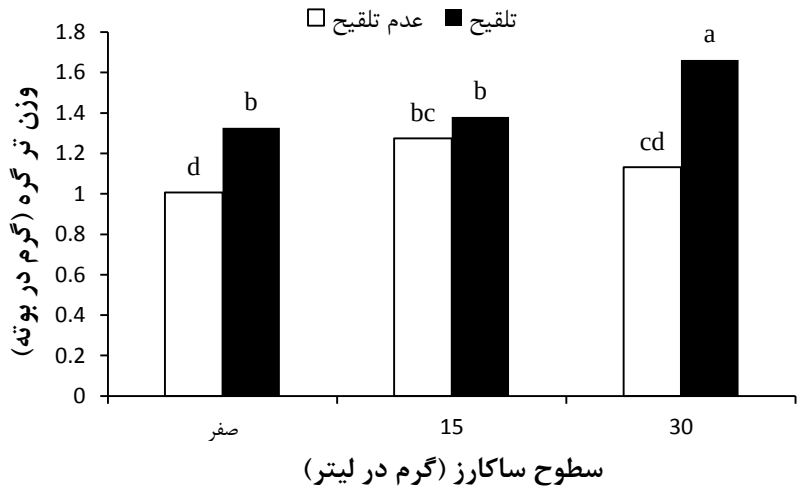
۴-۲-۹- وزن تر گره

وزن تر گره تحت تأثیر اثرات اصلی محلول‌پاشی ساکارز، محلول‌پاشی مولیبدن و باکتری ریزوبیوم و اثر متقابل ساکارز و ریزوبیوم و اثر متقابل سه گانه ساکارز، مولیبدن و ریزوبیوم در سطح ۱ درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۷). بررسی ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی ساکارز و ریزوبیوم نشان داد که در بین ۶ ترکیب تیماری مورد مقایسه، شاهد، مقادیر پایین‌تری از وزن گره (۱/۰۰۷ گرم) را به‌خود اختصاص داد. در شرایط عدم تلقیح، محلول‌پاشی با هر دو غلظت ساکارز این صفت را افزایش داد. البته تأثیر غلظت ۱۵ گرم در لیتر بیشتر و از لحاظ آماری معنی‌دار بود. میزان وزن گره در گیاهانی که در

شرایط تلقیح رشد کردند نیز تحت تأثیر محلول‌پاشی مولیبدن قرار گرفت. اگرچه تنها سطح سوم ساکارز (۳۰ گرم در لیتر) از نظر آماری معنی‌دار بود و در نهایت بیشترین وزن گره در ریشه گیاهانی مشاهده شد که با باکتری تلقیح شده بودند و توسط ۳۰ گرم در لیتر ساکارز محلول‌پاشی شدند (شکل ۴-۲۳).

تثبیت نیتروژن به روش همزیستی در گره‌های ریشه گیاهان لگوم به تأمین کربوهیدرات‌ها از طرف گیاه میزبان برای باکتری ریزوبیوم موجود در گره‌ها وابسته است. ساکارز به‌عنوان محصول عمده فتوسنتز از بخش‌های هوایی به گره‌ها منتقل می‌گردد (چوپرا و همکاران، ۱۹۹۸) تا مواد مغذی را برای باکتروئیدها فراهم آورد و انرژی لازم برای آنزیم نیتروژناز و همچنین اسکلت کربنی مورد نیاز برای جذب آمونیاک تثبیت شده توسط گره‌ها را تأمین نماید (راوس‌ثورن و همکاران، ۱۹۸۰). با این تفاسیر می‌توان اینگونه برداشت کرد که احتمالاً محلول‌پاشی ساکارز توانسته است با تأمین کربوهیدرات مورد نیاز گره‌ها رشد آنها را بهبود بخشد که این امر در نهایت منجر به افزایش وزن گره‌ها شده است.

بیشترین میزان وزن گره در اثر برهمکنش سه گانه تیمارهای مورد آزمایش، ۱/۹۱۰ گرم در بوته بود و زمانی ایجاد شد که از بالاترین سطوح محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن در زمان تلقیح استفاده شد (جدول پیوست ۲۲).



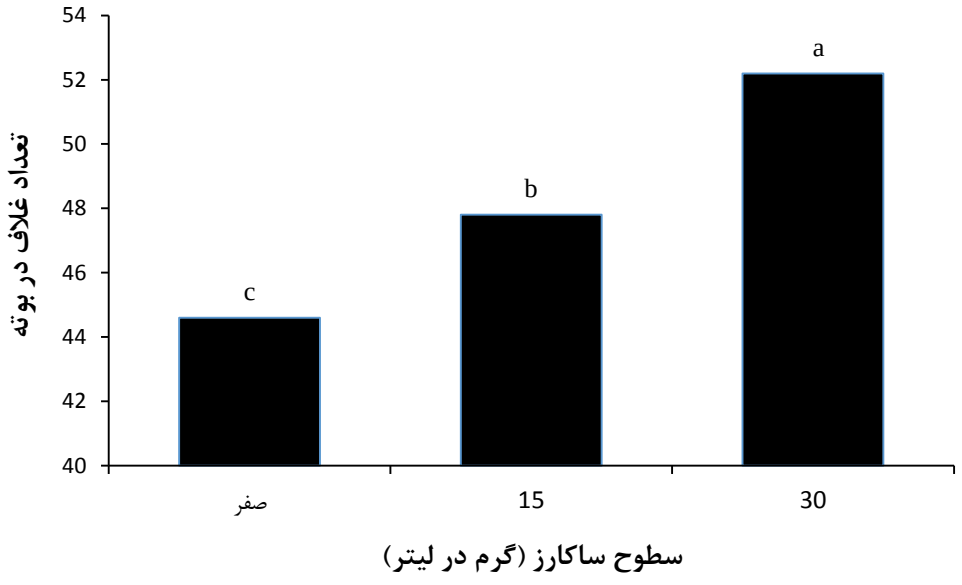
شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین وزن گره تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز

۴-۳- عملکرد و اجزای عملکرد

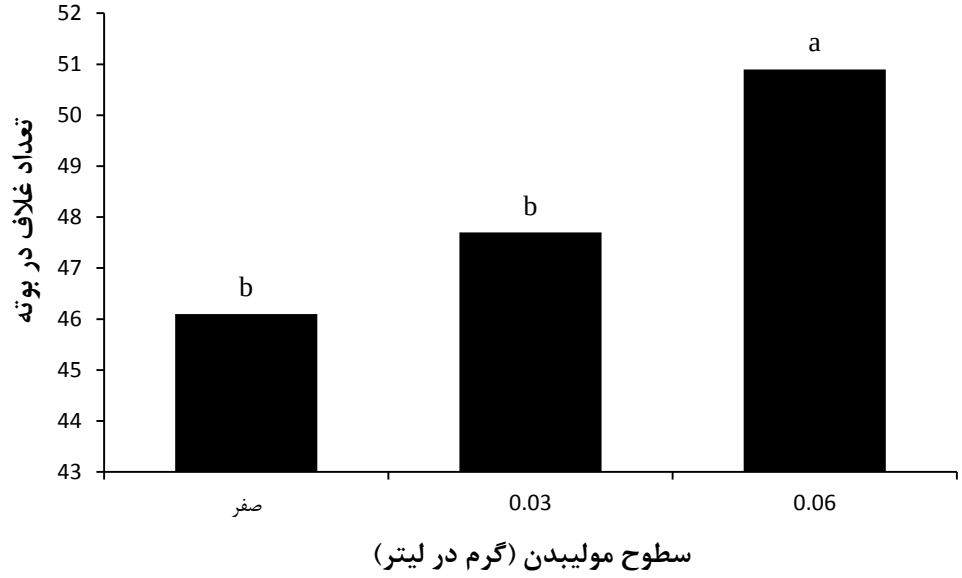
۴-۳-۱- تعداد غلاف در بوته

از بین منابع تغییر، محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته داشتند (جدول پیوست ۹). محلول‌پاشی ساکارز با غلظت ۱۵ و۳۰ گرم در لیتر به‌ترتیب موجب افزایش ۷/۲۱ و ۱۷/۰۴ درصدی در تعداد غلاف در بوته نسبت به شاهد شد. در این بین بالاترین غلظت از این ماده گروه آماری برتر را تصاحب کرد (شکل ۴-۲۴).

استفاده از سطوح ۰/۰۳ و ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن نیز به‌ترتیب موجب افزایش ۳/۴۷ و ۱۰/۴۱ درصدی صفت تعداد غلاف در بوته نسبت به شاهد گردیدند ولی این افزایش تنها برای غلظت ۰/۰۶ گرم در لیتر از لحاظ آماری معنی‌دار بود (شکل ۴-۲۵).



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی ساکارز

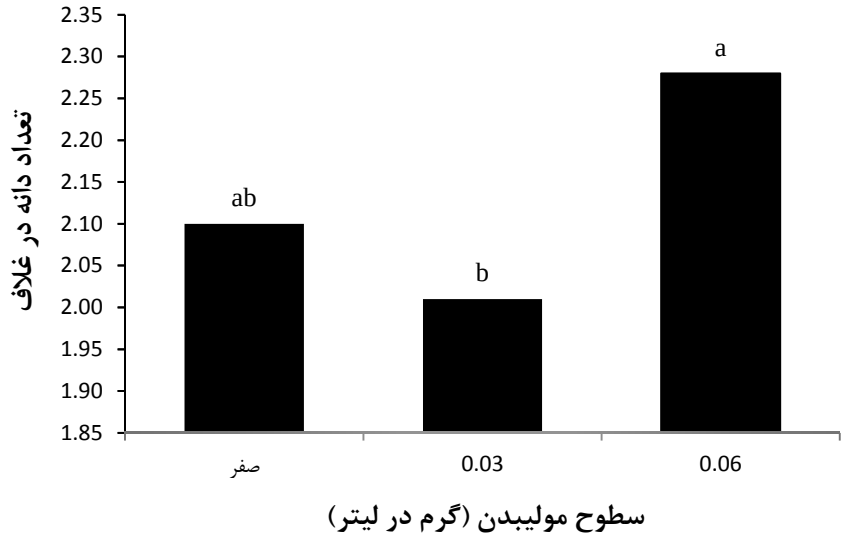


شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن

رحمان و همکاران (۲۰۰۸)، این‌چنین بیان نمودند که در گیاه ماش با کاربرد ۱/۵ کیلوگرم در هکتار مولیبدن همراه با تلقیح بذر به وسیله‌ی باکتری ریزوبیوم تعداد غلاف در بوته افزایش یافت. احتمال می‌رود با افزایش فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز در اثر کاربرد مولیبدن، میزان نیتروژن در زمان رشد زایشی بیشتر شده و این امر از ریزش گل‌ها ممانعت به عمل می‌آورد و در نتیجه تعداد غلاف و عملکرد افزایش می‌یابد. همچنین مشاهده شده است که کاربرد ساکارز به‌صورت تزریق در ساقه‌ی گیاه سویا باعث بهبود خصوصیات کمی و کیفی از جمله تعداد غلاف در بوته می‌گردد (آبدین و همکاران، ۱۹۹۸).

۴-۳-۲- تعداد دانه در غلاف

از بین منابع تغییر تنها محلول‌پاشی مولیبدن ($p < ۰/۰۵$) اثرگذاری معنی‌داری بر تعداد دانه در غلاف از خود برجای گذاشت (جدول پیوست ۹). همان‌طور که در شکل ۴-۲۶ مشاهده می‌گردد کاربرد ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف نسبت به دو سطح دیگر گردید. به‌طوری‌که تعداد دانه در غلاف به‌دست آمده در این غلظت از مولیبدن ۲/۲۸ عدد بود که معادل ۸/۵۷ درصد بیشتر از شاهد بود.

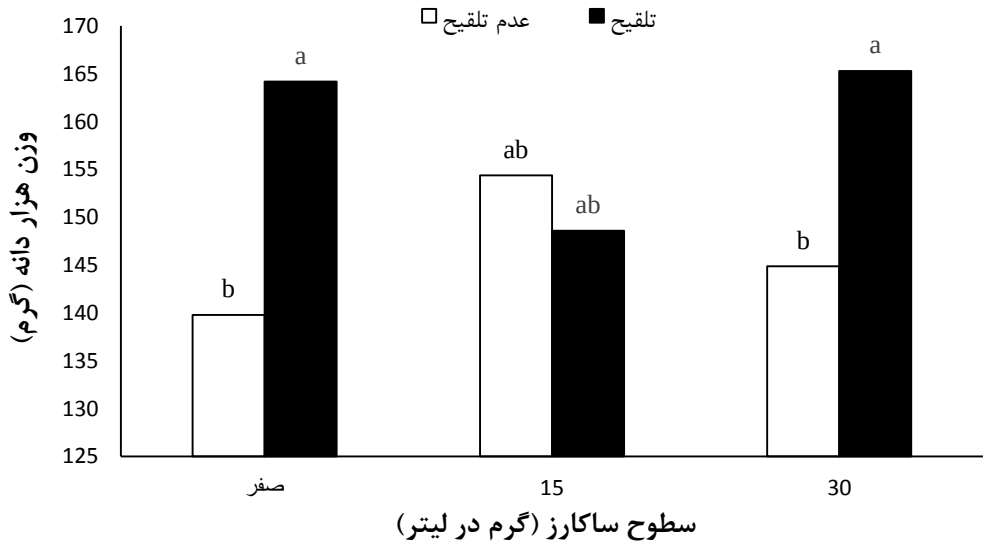


شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن

مقصودی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که با کاربرد مولیبدن که در احیای نیتروژن نقش دارد، فتوسنتز و میزان تولید شیره‌ی پرورده بیشتر می‌شود و با افزایش تخصیص مواد پرورده به سنبله تعداد دانه افزایش می‌یابد.

۴-۳-۳- وزن هزار دانه

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۹) اثر ریزوبیوم و اثر متقابل محلول‌پاشی ساکارز و تلقیح در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن هزار دانه معنی دار گردید. وزن هزار دانه در دو ترکیب تیماری حاصل از تلقیح همراه با محلول‌پاشی ساکارز در غلظت ۳۰ گرم در لیتر و بدون محلول‌پاشی قابل توجه و در حدود ۱۶۵ گرم به‌دست آمد که اختلاف آن نسبت به شاهد (عدم تلقیح و عدم محلول‌پاشی) معنی‌دار بود (شکل ۴-۲۷). در مجموع کاربرد باکتری ریزوبیوم به‌صورت پیش تلقیح موجب افزایش وزن هزار دانه به میزان ۸/۹ درصد گردید (جدول پیوست ۱۰).



شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز

احمد و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تأثیر انواع روش‌های تلقیح بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود گزارش کردند که بیشترین وزن هزاردانه در تیمارهای تلقیح شده به‌دست آمد و تیمار شاهد (بدون تلقیح) کم‌ترین میزان این صفت را نشان داد. در دسترس بودن نیتروژن از طریق تلقیح، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر رشد گیاه تأثیر دارد. نیتروژن با شرکت در ترکیبات پروتئینی و آمینی (مانند ۱و۳ دی آمین پروپان) علاوه بر نقش حفاظتی بر برخی آنزیم‌ها و پایداری pH سلول، در جابجایی عناصر دیگر در راه آوند چوبی نقش دارد و در نتیجه این واکنش‌ها منجر به افزایش وزن هزاردانه می‌گردد (مارشنر، ۱۹۹۵).

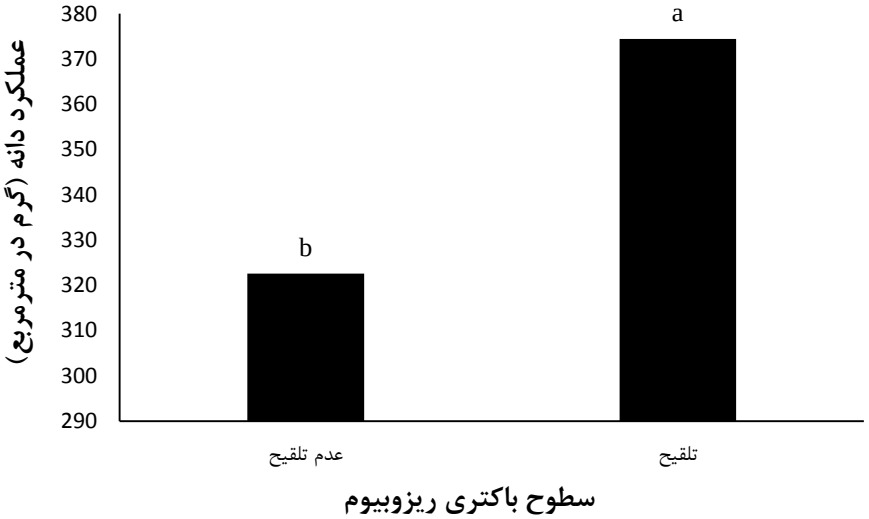
۴-۳-۴- عملکرد دانه

اثر اصلی محلول‌پاشی ساکارز، محلول‌پاشی مولیبدن و ریزوبیوم (در سطح احتمال ۱ درصد) و اثر متقابل محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن (در سطح احتمال ۵ درصد) بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۹).

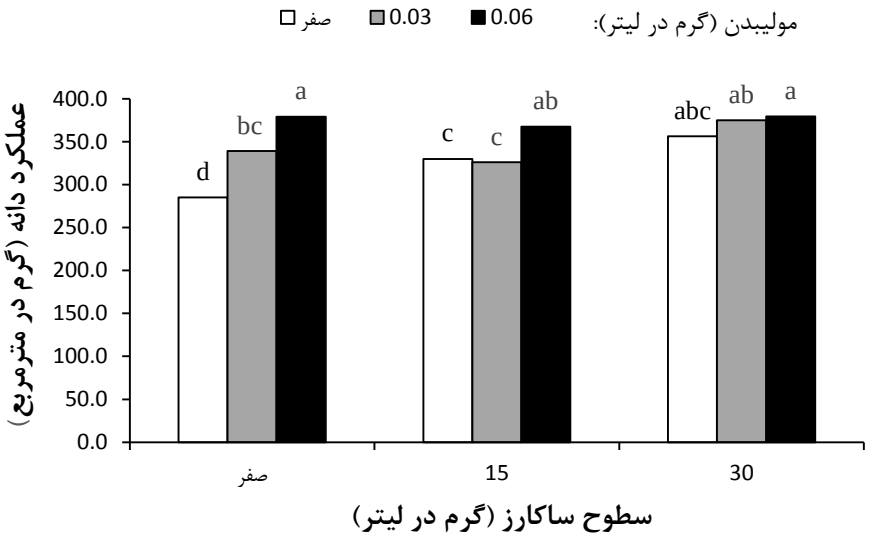
بیشترین عملکرد دانه در اثر تلقیح بذر با ریزوبیوم، ۳۷۴/۴ گرم در مترمربع بود و ۱۶/۰۷ درصد در مقایسه با شاهد برتر بود (شکل ۴-۲۸). عباس‌دخت و همکاران (۱۳۹۵) به این نتیجه دست یافتند که تلقیح بذر سویا با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم منجر به افزایش صفاتی نظیر شمار غلاف در بوته، شمار دانه در بوته، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه می‌گردد. اثبات شده است که باکتریهای محرک رشد مانند ریزوبیوم می‌توانند با سازو کارهایی نظیر افزایش رشد ریشه، افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه‌ها، جلوگیری از آلودگی توسط عوامل بیماری‌زا و تثبیت زیستی نیتروژن رشد و عملکرد دانه را بهبود بخشند (اوکون و ایتزیکون، ۱۹۹۵).

بر اساس نتایج برهم‌کنش محلول‌پاشی ساکارز × مولیبدن، کمترین میزان عملکرد دانه معادل ۲۸۴/۹ گرم در مترمربع از گیاهان شاهد به‌دست آمد. سایر ترکیبات تیماری موجب بهبود معنی‌دار در این صفت گردیدند. در این بین عملکرد ثبت شده برای گیاهانی که در هر سه سطح مولیبدن توسط ۳۰ گرم در لیتر ساکارز محلول‌پاشی شدند و نیز گیاهانی که در سطح صفر و ۱۵ ساکارز توسط ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن محلول‌پاشی شدند از بقیه بیشتر و در گروه آماری برتر قرار گرفت (شکل ۴-۲۹). به‌نظر می‌رسد که از بین اجزای عملکرد، تعداد غلاف در بوته بیشترین نقش را در این افزایش عملکرد داشته است.

در پژوهشی که حسن پور و همکاران (۱۳۹۴) روی گندم انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی سبب افت شدید عملکرد می‌گردد. ولی استفاده از مولیبدن با آزادسازی نیتروژن بیشتر برای گیاه فتوسنتز را افزایش داده و این کاهش عملکرد را جبران می‌نماید. در بررسی ارزانی و حکم آبادی (۲۰۰۲)، محلول‌پاشی ساکارز با تأمین کربوهیدرات مورد نیاز موجب افزایش عملکرد پسته گردید.



شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم



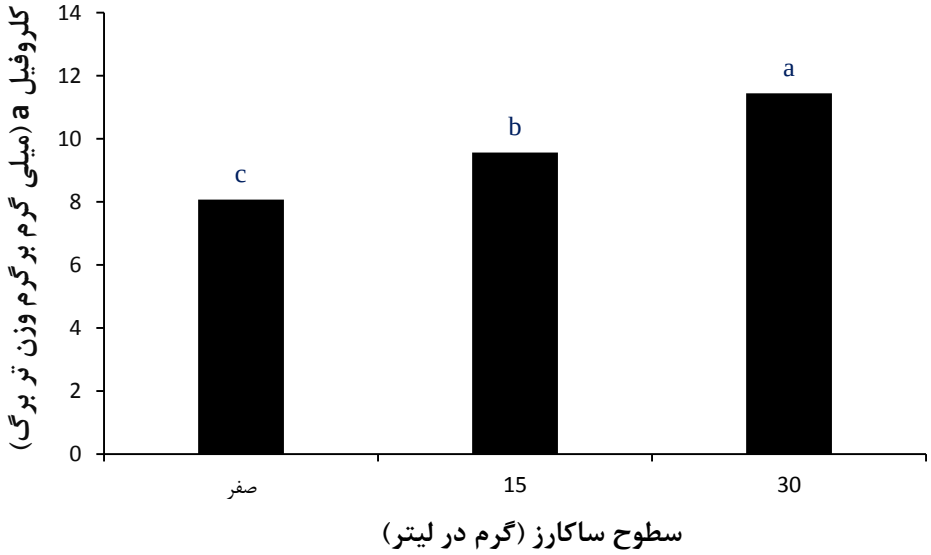
شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

۴-۴- صفات فیزیولوژیک

۴-۴-۱- کلروفیل a

اثر اصلی محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن در سطح احتمال ۱ درصد و اثر اصلی ریزوبیوم و هم‌چنین برهم‌کنش ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن در سطح احتمال ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۱). کلروفیل a شکل خاصی از کلروفیل مورد استفاده در فتوسنتز است و حضور آن به‌عنوان دهنده الکترون اولیه در زنجیره انتقال الکترون ضروری است. همچنین در مرکز واکنش فتوسیستم‌های I و II قرار دارد (کامن، ۱۹۶۳).

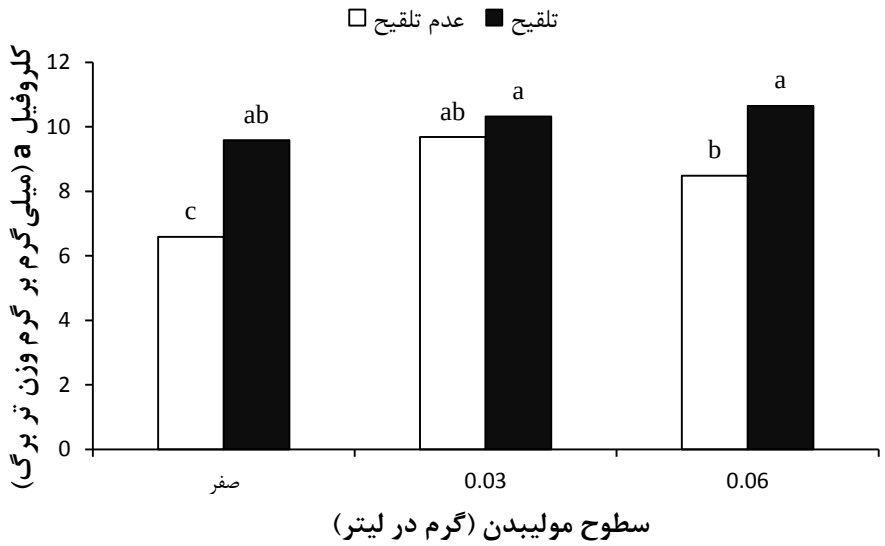
بین سطوح مختلف ساکارز اختلاف معنی‌داری از نظر اثرگذاری بر میزان کلروفیل a وجود داشت. بیشترین مقدار این صفت ۱۱/۴۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود که از محلول‌پاشی با غلظت ۳۰ گرم در لیتر به‌دست آمد و در گروه آماری برتر قرار گرفت. کلروفیل a در گیاهان شاهد نسبت به سطح سوم محلول‌پاشی، ۲۹/۴۵ درصد کمتر بود (شکل ۴-۳۰). محمد و آلداسون (۲۰۱۰) نیز به نتایجی مشابه در رابطه با نقش ساکارز در افزایش کلروفیل a در نهال سیب زمینی دست یافتند.



شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی ساکارز

بر طبق آنچه که از شکل ۴-۳۱ می‌توان تفسیر نمود، به‌طور کلی میزان کلروفیل a در شرایط عدم تلقیح کمتر از شرایط تلقیح بود. گیاهان شاهد کم‌ترین مقدار این صفت (۶/۵۸۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) را در بین ۶ ترکیب تیماری مورد مقایسه به خود اختصاص دادند. در شرایط عدم تلقیح، محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف مولیبدن توانست این صفت را افزایش دهد که البته غلظت ۰/۰۳ گرم در لیتر تأثیر بیشتری داشت. هر چند بین دو سطح محلول‌پاشی مولیبدن تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد اما اختلاف هر دو سطح با شاهد معنی‌دار شد. محلول‌پاشی مولیبدن در شرایط تلقیح نتوانست تاثیر معنی‌داری ایجاد کند.

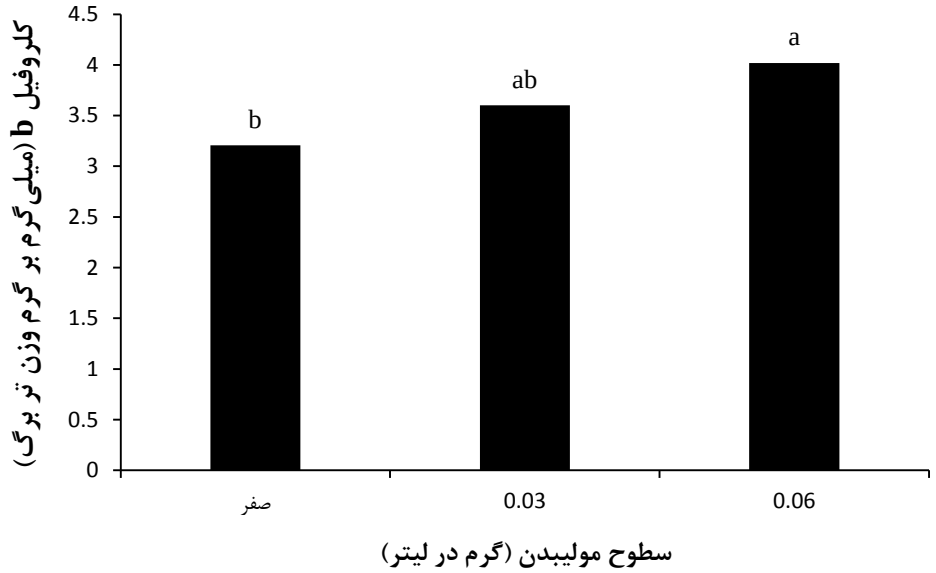
بوژوویچ و مارکوویچ (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای که روی گندم داشتند، بیان نمودند که ارتباط بسیار نزدیکی بین نیتروژن و مقدار کلروفیل وجود دارد. علت این امر آن است که نیتروژن به‌عنوان یک عنصر ساختمانی در ساختار کلروفیل و مولکول‌های پروتئین محسوب می‌شود و به همین دلیل تشکیل کلروپلاست و تجمع کلروفیل را در آن افزایش می‌دهد و در نهایت موجب افزایش فتوسنتز می‌گردد. بر همین اساس تلقیح بذر لوبیا سبز با باکتری ریزوبیوم توانست با افزایش تثبیت نیتروژن موجب بالا رفتن میزان کلروفیل در گیاه گردد (امفیلینگ و همکاران، ۲۰۱۴).



شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن

۴-۴-۲- کلروفیل b

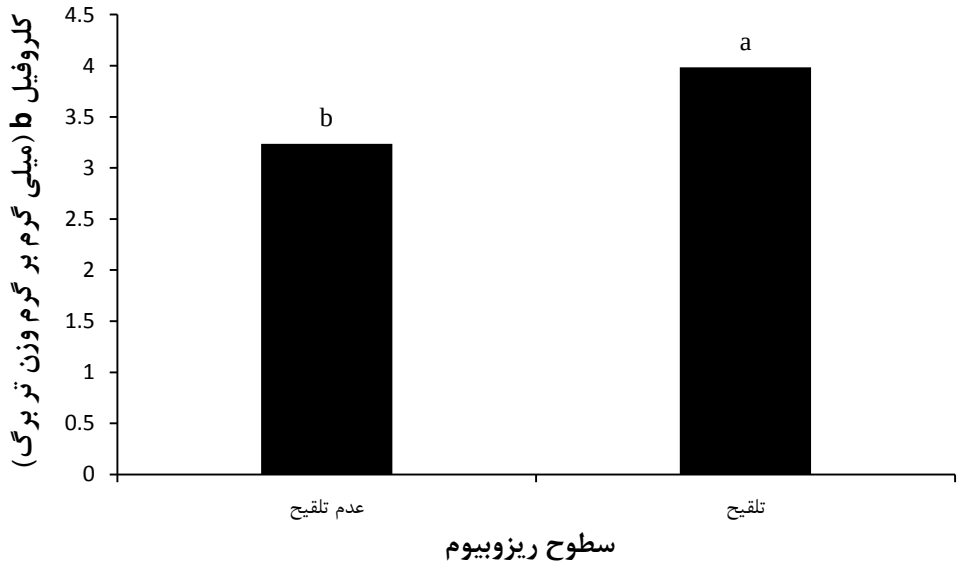
کلروفیل b تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۱۱). نقش کلروفیل b دریافت نور در کمپلکس برداشت نور و انتقال به کلروفیل a است. استفاده از سطح سوم مولیبدن (۰/۰۶ گرم در لیتر) هرچند اختلاف آماری معنی‌داری با سطح دوم نداشت ولی توانست کلروفیل b را ۲۵/۳۱ درصد نسبت به شاهد افزایش دهد و اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد ایجاد نماید (شکل ۴-۳۲).



شکل ۴-۳۲- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن

مولیبدن در ساختار آنزیم های گیاهی، از جمله نیترات ردوکتاز نقش دارد و کمبود آن به دلیل جلوگیری از احیای نیترات و تشکیل پروتئین، موجب بروز کمبود کلروفیل در گیاه می‌شود که خود نوعی پروتئین است. مولیبدن در غلظت‌های سمی نیز به دلیل ایجاد اختلالات متابولیک در گیاه و برهم زدن تعادل عناصر غذایی می‌تواند سبب کاهش میزان کلروفیل برگ گردد (رابی و همکاران، ۲۰۱۱).

عدم تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم نسبت به شرایطی که تلقیح صورت گرفت باعث کاهش ۱۸/۷۸ درصدی در میزان کلروفیل b گیاه گردید (شکل ۴-۳۳). در مطالعات دیگر نیز افزایش میزان کلروفیل b در تیمارهای تلقیح شده نسبت به شاهد (تلقیح نشده) به اثبات رسیده است (یامان و کینسوی، ۱۹۹۶).

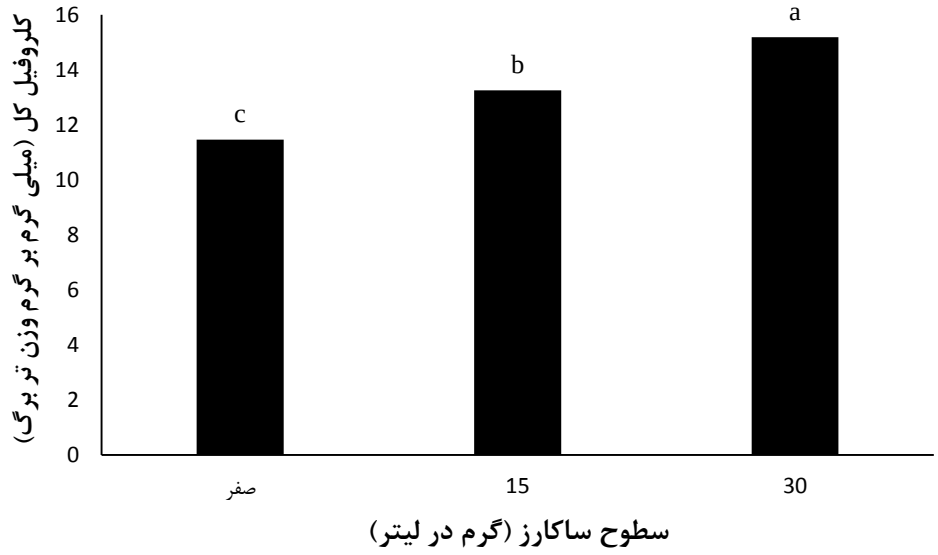


شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم

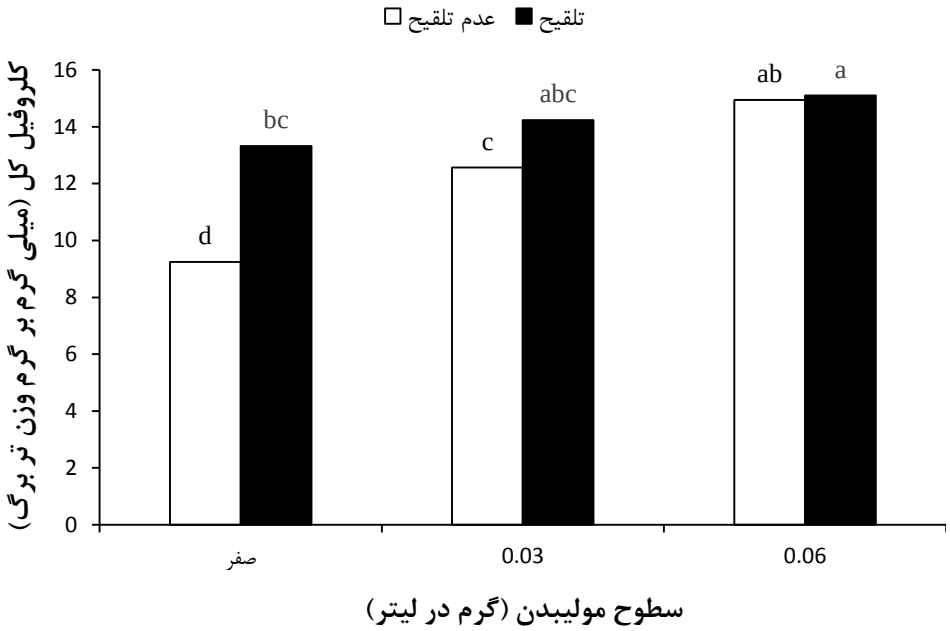
۴-۴-۳- کلروفیل کل

با توجه به جدول پیوست ۱۱ اثر اصلی تمام تیمارها و هم‌چنین برهم‌کنش ریزوبیوم × محلول‌پاشی مولیبدن در سطح احتمال ۱ درصد بر کلروفیل کل معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین محلول‌پاشی ساکارز (شکل ۴-۳۴) نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل کل تحت تأثیر محلول‌پاشی با ۳۰ گرم در لیتر این ماده به‌دست آمد و در گروه آماری برتر قرار گرفت. استفاده از غلظت ۱۵ گرم در لیتر هم مؤثر بود و توانست اختلاف معنی‌داری با شاهد ایجاد کند. مقدار کلروفیل کل در گیاهان شاهد، به‌ترتیب، ۱۵/۶۲ و ۳۲/۳۸ درصد کمتر از دو سطح دیگر بود.

محلول‌پاشی با مولیبدن در هر دو شرایط عدم تلقیح و تلقیح توانست موجب افزایش در مقدار کلروفیل برگ شود. در شرایط عدم تلقیح کاربرد مولیبدن و افزایش غلظت آن به‌ترتیب ۳۵/۸۸ و ۵۳/۹۶ درصد میزان کلروفیل کل را افزایش داد. به‌طوری‌که سطح سوم (۰/۰۶ گرم در لیتر) مولیبدن در این شرایط توانست کمبود ناشی از عدم تلقیح را جبران نماید و کلروفیلی معادل شرایط تلقیح در برگ ایجاد نماید. محلول‌پاشی برگی مولیبدن در شرایط حضور باکتری ریزوبیوم نیز به‌طور معنی‌داری این صفت را بهبود بخشید. اگرچه در این شرایط دو غلظت مولیبدن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در مجموع هر ۵ ترکیب تیماری توانستند میانگین بالاتری از این صفت را نسبت به شاهد به ثبت برسانند (شکل ۴-۳۵). بامبارا و اندیکادمی (۲۰۰۹) نیز اعلام نمودند که اثر متقابل تلقیح و محلول‌پاشی مولیبدن موجب افزایش معنی‌دار محتوی کلروفیل در گیاه لوبیا شده است.



شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی ساکارز



شکل ۴-۳۵- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن

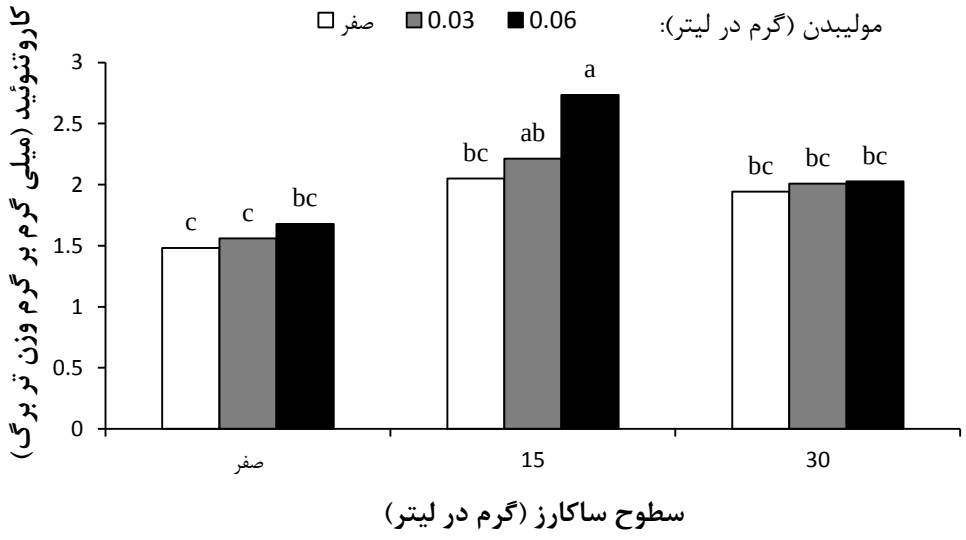
۴-۴-۴- کاروتنوئید

کاروتنوئیدها دسته‌ای از رنگدانه‌ها هستند که در جذب نور در گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کنند. حضور این رنگدانه‌ها در تشکیلات فتوسنتزی ضروری می‌باشد و مهم‌ترین نقش آن حفاظت گیاه در برابر آسیب‌های فتواکسیداتیو است (بارتلی و اسکولنیک، ۱۹۹۵). کاروتنوئید تحت تأثیر محلول‌پاشی مولیبدن، اثر متقابل محلول‌پاشی مولیبدن و ساکارز و نیز محلول‌پاشی مولیبدن و تلقیح در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۱۱).

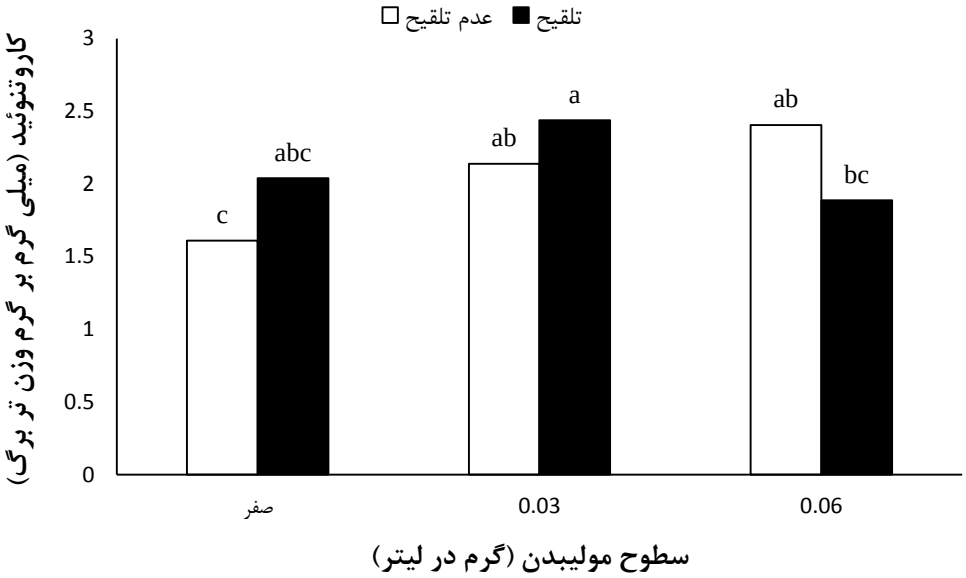
بررسی مقایسه میانگین حاصل از ترکیبات تیماری محلول‌پاشی مولیبدن و ساکارز (شکل ۴-۳۶) نشان داد که استفاده از سطوح ۰/۰۳ و ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن همراه با غلظت ۱۵ گرم در لیتر ساکارز مقادیر بالاتری از کاروتنوئید را نسبت به تیمارهای دیگر ایجاد نمود. همان‌طور که قابل مشاهده است میزان کاروتنوئید (۲/۷۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) در ترکیب تیماری ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن به‌همراه غلظت ۱۵ گرم در لیتر ساکارز بیشتر از بقیه بود که توانست افزایش ۹۲/۸۵ درصدی را نسبت به شاهد (۱/۴۸۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) رقم زند. اگرچه در سایر ترکیبات تیماری

به‌ویژه در سطوح ۱۵ و ۳۰ گرم در لیتر ساکارز نیز مقادیر بالاتری از این صفت نسبت به شاهد ثبت شد ولی اختلاف آنها به‌لحاظ آماری معنی‌دار نبود. گزارش شده است که استفاده از ساکارز به همراه عنصر بر که مانند مولیبدن یک عنصر کم‌مصرف است می‌تواند سبب افزایش محتوای کاروتنوئید در گیاه توت‌فرنگی رقم کاماروسا گردد (مشایخی و آتشین، ۱۳۹۱).

نتایج حاصل از شکل ۴-۳۷ نشان داد که عدم تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم میزان کاروتنوئید را نسبت به تلقیح کاهش داد اما محلول‌پاشی مولیبدن توانست این صفت را بهبود بخشد به‌طوری که میزان کاروتنوئید در شرایط عدم تلقیح از ۱/۶۱۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر در سطح صفر مولیبدن به ۲/۱۳۹ و ۲/۴۰۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر به‌ترتیب در سطح ۰/۰۳ و ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن رسید که نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند. در شرایط تلقیح، کاربرد سطح دوم مولیبدن باعث بهبود این صفت گردید و در مقایسه با دو سطح دیگر مولیبدن که اختلافی با شاهد نداشتند توانست تفاوت آماری ایجاد نماید و بالاترین میزان (۲/۴۳۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) را به خود اختصاص دهد.



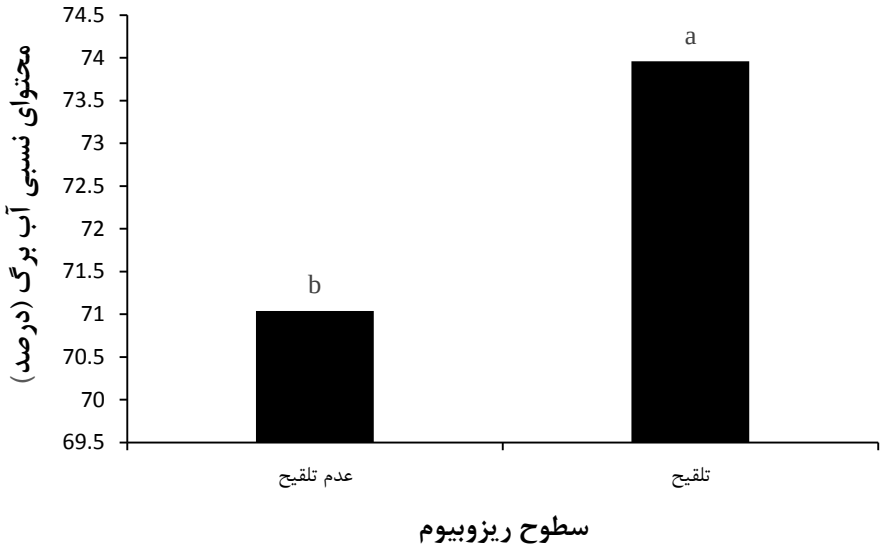
شکل ۴-۳۶- مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن



شکل ۴-۳۷- مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن

۴-۴-۵- محتوای نسبی آب برگ

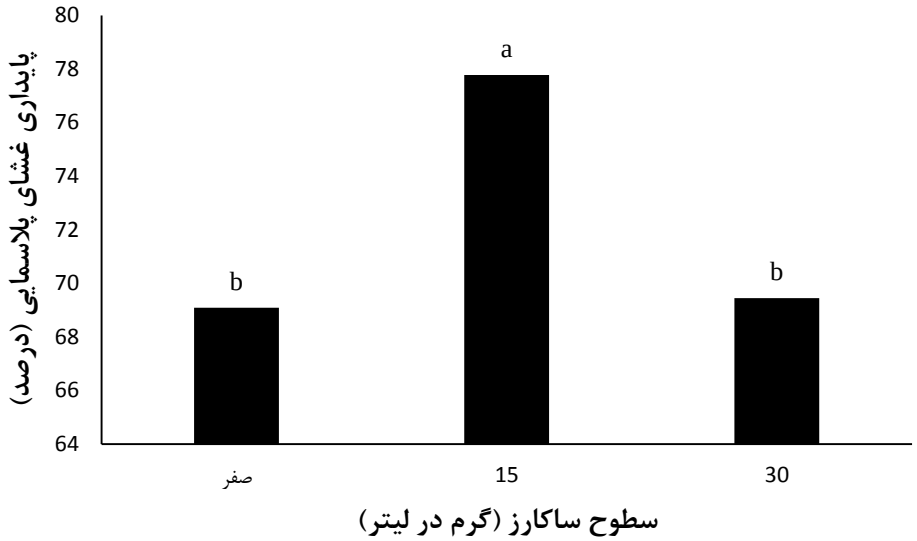
همان‌طور که در جدول پیوست ۱۳ مشاهده می‌شود، از بین منابع تغییر تنها ریزوبیوم (P<۰/۰۵) توانست روی محتوای نسبی آب برگ تأثیرگذار باشد. بررسی شکل ۴-۳۸ نشان می‌دهد که بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ مربوط به تیمار تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم با میانگین معادل (۷۳/۹۶ درصد) می‌باشد و توانست این صفت را ۴/۱۱ درصد نسبت به شرایط عدم تلقیح بهبود بخشد. این نتیجه با یافته‌های فوژونگ و همکاران (۲۰۰۸) و قلی‌نژاد و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. نشان داده شده است که با افزایش دسترسی به نیتروژن از طریق تلقیح، ساخت پروتئین افزایش خواهد یافت و متعاقب آن ضخامت دیواره سلولی زیاد می‌گردد و این امر منجر به جذب آب اضافی توسط پروتوپلاسم و بهبود محتوای نسبی آب برگ می‌شود (سانئوکا، ۲۰۰۴).



شکل ۴-۳۸- مقایسه میانگین محتوای آب نسبی برگ تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم

۴-۴-۶- پایداری غشای پلاسمایی

پایداری غشای پلاسمایی تحت تأثیر محلول‌پاشی ساکارز در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۱۳). تأثیر محلول‌پاشی ساکارز با غلظت ۱۵ گرم در لیتر در مقایسه با دو سطح دیگر بر افزایش پایداری غشاء پلاسمایی معنی‌دار بود. به‌طوری که بیشترین مقدار این صفت با میانگین ۷۷/۷۸ درصد از این تیمار به ثبت رسید و برتری ۱۲/۵۷ درصدی نسبت به شاهد از خود نشان داد. مشاهده شد که دوبرابر نمودن غلظت ساکارز اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت و با شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۳۹-۴). این‌طور بیان شده است که کربوهیدرات‌ها در مواقع لزوم می‌توانند جایگزین آب شده و پایداری غشا را حفظ نمایند (کرو و همکاران، ۱۹۸۴).



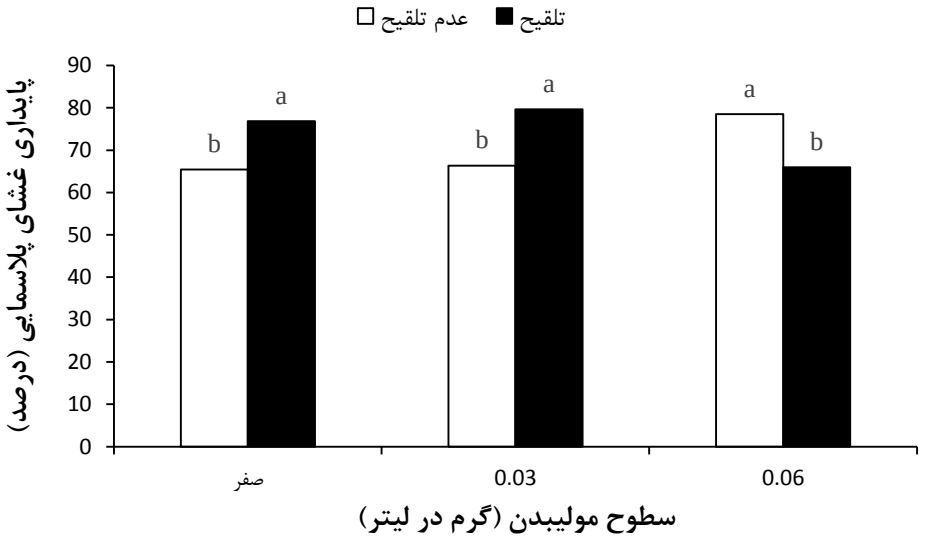
شکل ۴-۳۹- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی ساکارز

در مورد اثر متقابل ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن، عدم استفاده از مولیبدن و نیز غلظت ۰/۰۳ گرم در لیتر آن در شرایط تلقیح و غلظت ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن در شرایط عدم تلقیح به یک اندازه بر پایداری غشای پلاسمایی تأثیرگذار بودند و به‌طور معنی‌داری این صفت را نسبت به شاهد بهبود بخشیدند. مقدار این صفت در تیمارهای یاد شده حدود ۷۹ درصد بود. در حالی‌که این مقدار در برگ گیاهان شاهد ۶۵/۴۴ درصد به‌دست آمد. افزایش غلظت مولیبدن به ۰/۰۶ گرم در لیتر شرایط متفاوتی ایجاد کرد. در این سطح از مولیبدن به‌لحاظ پایداری غشای پلاسمایی عدم تلقیح بهتر از تلقیح بود (شکل ۴-۴۰).

در آزمایشی که ظفری و همکاران (۱۳۹۴) روی یونجه همدانی در طی تنش خشکی انجام دادند، اعلام نمودند که تلقیح بذور با باکتری سینوریزوبیوم ملیلوتی[1] سبب افزایش پایداری غشا می‌گردد و در بیان علت این نتیجه، وانگ و هوانگ (۲۰۰۴) اظهار نمودند که در اثر تلقیح و افزایش فتوسنتز ناشی از افزایش کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و بهبود وضعیت آبی گیاه، میزان گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از تنش کم‌آبی کاهش یافته و پایداری غشاء افزایش می‌یابد.

[1] Sinorhizobium meliloti

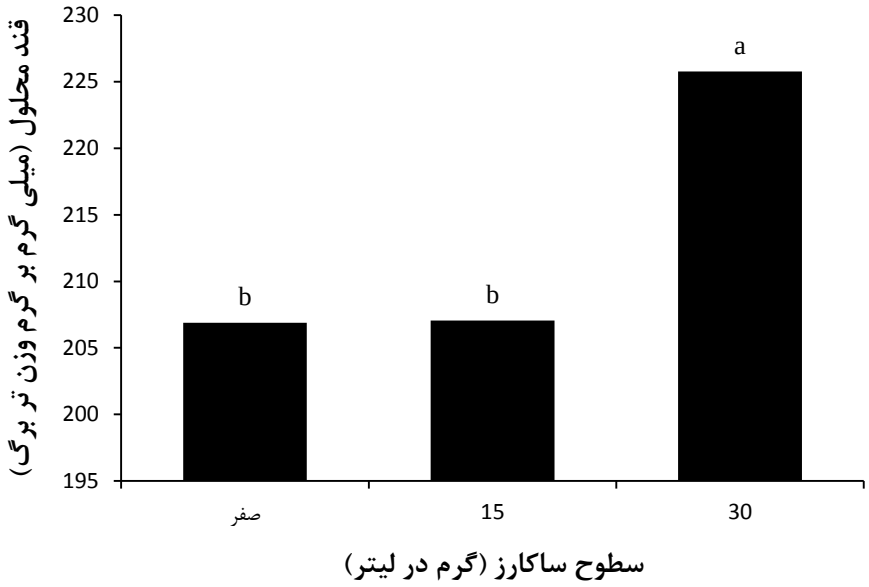
به‌نظر می‌رسد که با تأمین مولیبدن مورد نیاز برای رابطه همزیستی ریزوبیومی فعالیت باکتری‌های ریزوبیوم افزایش یافته و در نهایت موجب افزایش پایداری غشاء می‌گردند.



شکل ۴-۴۰- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن

۴-۴-۷- میزان قند محلول در برگ

قند محلول تحت تأثیر محلول‌پاشی ساکارز در سطح ۱ درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۱۳). محلول‌پاشی ساکارز با بالاترین غلظت (۳۰ گرم در لیتر) توانست به‌طور معنی‌داری میزان قند محلول برگ را افزایش دهد. در این حالت، میانگین قند محلول برگ معادل ۲۲۵/۷۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود و برتری ۹/۱۳ درصدی نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی (شاهد) داشت. غلظت پایین ساکارز تأثیری بر این صفت نداشت (۴-۴۱). محلول‌پاشی ساکارز و جذب آن توسط برگ‌ها محتوای قند محلول برگ را افزایش می‌دهد. چای و همکاران (۲۰۱۳) گزارش نمودند که محلول‌پاشی ساکارز با غلظت‌های مختلف باعث افزایش قند محلول در گیاه کلم چینی شد.



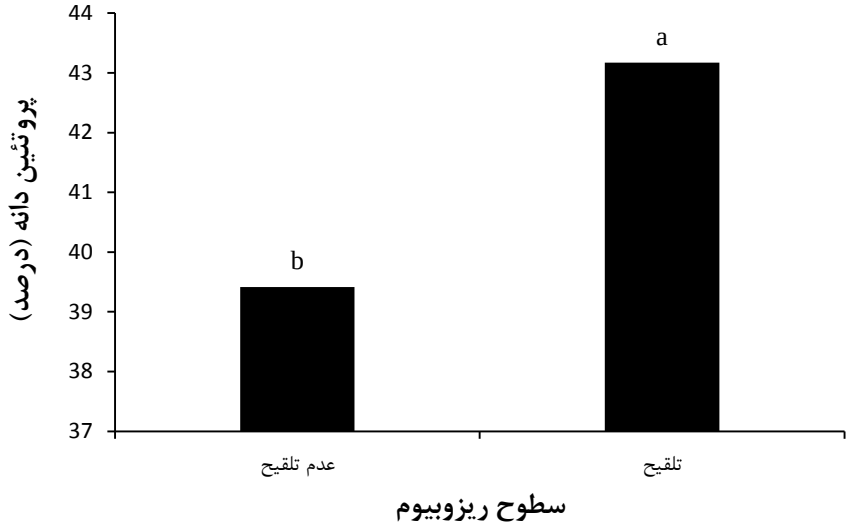
شکل ۴-۴۱- مقایسه میانگین محتوای قند محلول برگ تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی ساکارز

۴-۵- صفات کیفی

۴-۵-۱- درصد پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس پروتئین دانه در جدول پیوست ۱۵ نشان می‌دهد که مقدار پروتئین دانه فقط از سطوح باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر پذیرفت. میزان پروتئین دانه در شرایط تلقیح ۴۳/۱۷ درصد بود که این میزان در شرایط عدم تلقیح به حدود ۳۹/۴۱ درصد رسید. بدین وسیله عدم تلقیح بذر با باکتری باعث کاهش ۳/۷۶ درصدی پروتئین دانه شد (شکل ۴-۴۲).

نیتروژن جزء ساختمانی پروتئین می‌باشد (آیولا، ۲۰۱۰). تثبیت زیستی نیتروژن باعث افزایش میزان نیتروژن و نیز انتقال بیشتر آن به دانه‌ها می‌گردد و در نهایت درصد پروتئین افزایش می‌یابد (لفل و همکاران، ۱۹۹۲). تلقیح بذر شش رقم نخود با باکتری ریزوبیوم در مقایسه با شرایط عدم تلقیح موجب افزایش درصد پروتئین در آن‌ها گردید (الهادی و الشیخ، ۱۹۹۹).

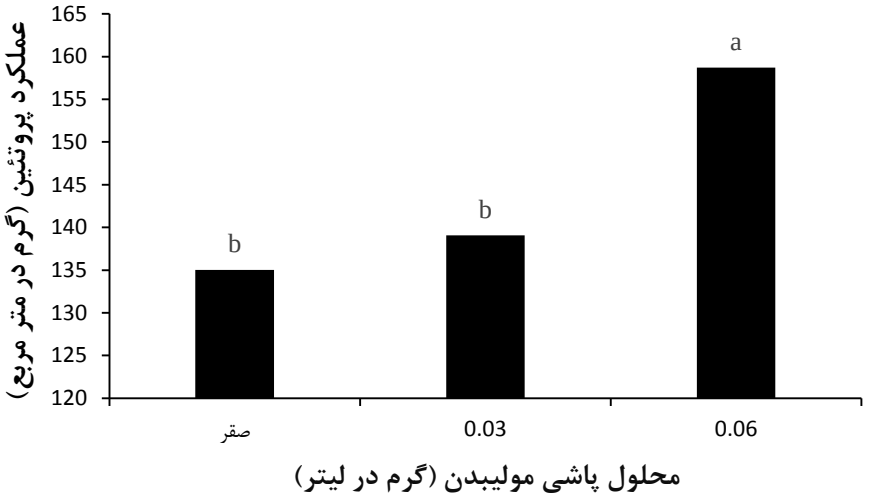


شکل ۴-۴۲- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم

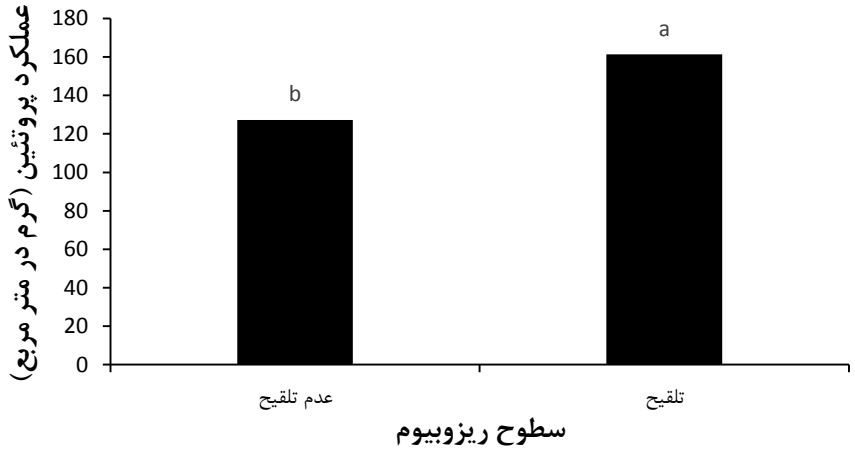
۴-۵-۲- عملکرد پروتئین دانه

نتایج نشان داد که محلول‌پاشی مولیبدن و ریزوبیوم در سطح ۱ درصد بر عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۱۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین مربوط به محلول‌پاشی مولیبدن (شکل ۴-۴۳) بیشترین عملکرد پروتئین (۱۵۸/۷ گرم در متر مربع) ناشی از محلول‌پاشی با غلظت ۰/۰۶ گرم در لیتر بود که اختلاف معنی‌دار و افزایشی معادل ۱۷/۵۵ درصدی با شاهد داشت. غلظت پایین مولیبدن مؤثر نبود.

عملکرد پروتئین دانه در شرایطی که تلقیح انجام شد به‌طور معنی‌داری از شرایط عدم تلقیح بیشتر بود که این تفاوت ۲۶/۷۲ درصد بود (شکل ۴-۴۴). از آنجایی که در تیمارهای مذکور به‌دلیل تثبیت نیتروژن بالاتر که جزء اساسی برای پروتئین سازی است، درصد پروتئین بالا می‌باشد و همچنین عملکرد دانه نیز بر اثر اعمال این تیمارها افزایش یافت. بنابراین بالا بودن عملکرد پروتئین که حاصل‌ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه می‌باشد بر اثر محلول‌پاشی مولیبدن و تلقیح قابل توجیه است.



شکل ۴-۴۳- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن



شکل ۴-۴۴- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم

فرنیا و مدنی (۱۳۸۹) نیز در بررسی خود به این نتیجه دست یافتند که استفاده از باکتری ریزوبیوم نیتروژن بیشتری را تثبیت و در اختیار گیاه قرار داد که موجب افزایش عملکرد و درصد پروتئین و در نهایت عملکرد پروتئین دانه سویا گردید.

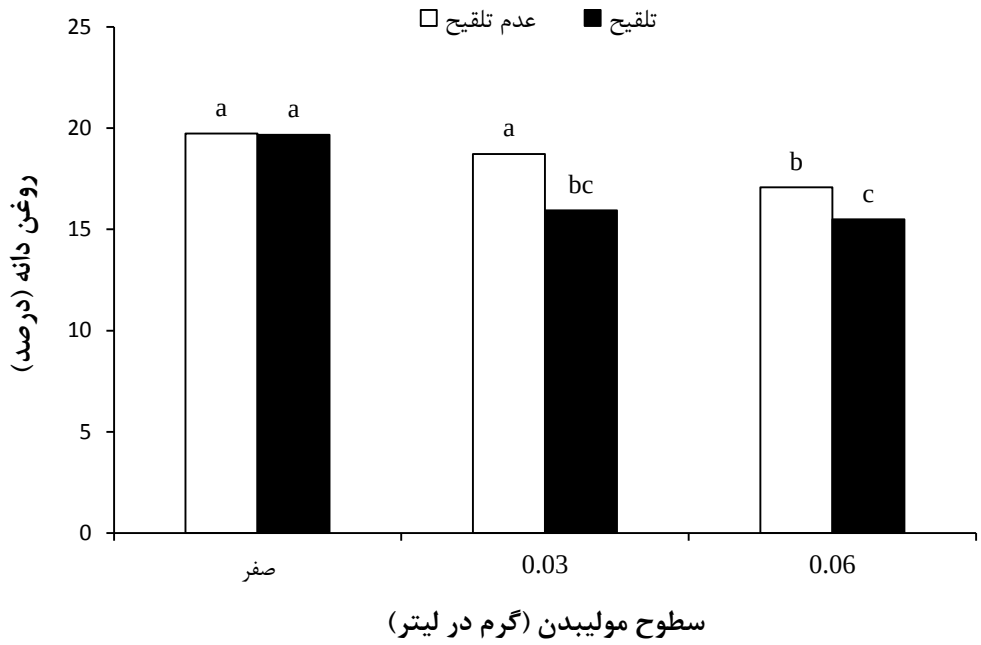
۴-۵-۳- درصد روغن دانه

با توجه به مصرف سویا در تغذیه انسان و دام، این گیاه به عنوان مهم‌ترین لگوم دانه‌ای جهان جهت استخراج روغن، به شمار می‌آید (اسپرنت، ۱۹۹۲). این صفت تحت تأثیر اثرات اصلی محلول‌پاشی مولیبدن و باکتری ریزوبیوم و اثر متقابل محلول‌پاشی مولیبدن × ریزوبیوم و همچنین اثر سه جانبه قرار گرفت (جدول پیوست ۱۵). بررسی نتایج حاصل از برهم‌کنش مولیبدن × ریزوبیوم (شکل ۴-۴۵) نشان داد که بیشترین درصد روغن (۱۹/۷ درصد) زمانی حاصل شد که گیاه مولیبدن دریافت نکرد. البته مقدار روغن دانه در گیاهانی که تلقیح نشده و با ۰/۰۳ گرم در لیتر محلول‌پاشی شده بودند به حدی بود که با تیمارهای یاد شده در گروه آماری برتر قرار گرفت. با افزایش غلظت محلول‌پاشی در هر دو شرایط تلقیح و عدم تلقیح، میزان روغن سیر نزولی پیدا کرد و به کم‌ترین مقدار خود (۱۵/۵درصد) در اثر محلول‌پاشی با غلظت ۰/۰۶ گرم در لیتر در شرایط تلقیح رسید. البته محلول‌پاشی با غلظت ۰/۰۳ گرم در لیتر در شرایط تلقیح نیز با این ترکیب تیماری در پایین‌ترین مقدار و یک مرتبه آماری قرار داشت.

در توجیه نتایج به‌دست آمده می‌توان اذعان داشت که بین درصد پروتئین و درصد روغن دانه همبستگی منفی وجود دارد و به ازای هر یک درصد افزایش پروتئین دانه سویا، عملکرد روغن دانه ۱/۶ تا ۲ درصد کاهش می‌یابد (کولر و همکاران، ۱۹۸۰). بر همین اساس و با مقایسه نتایج به‌دست آمده از آنالیز پروتئین و روغن دانه می‌توان این نسبت عکس را مشاهده کرد. به‌طوری که تیمارهایی که در آن‌ها روغن کمتری به ثبت رسید درصد پروتئین بیشتری داشتند. بر اثر کاربرد مولیبدن و باکتری ریزوبیوم نیتروژن بیشتری تثبیت شد و در اختیار گیاه قرار گرفت و با توجه به رابطه مثبت بین درصد نیتروژن موجود در گیاه و پروتئین دانه سویا، درصد پروتئین دانه افزایش و به‌دنبال آن درصد روغن دانه کاهش یافت. در نتایجی مشابه، شیری جناقرد و راعی (۱۳۹۲) اعلام نمودند که استفاده از باکتری‌های محرک رشد که ریزوبیوم نیز جزء آن‌ها بود، تأثیری بر میزان روغن دانه نداشت، ولی سبب افزایش درصد

پروتئین شد. اسکارپا و همکاران (۲۰۱۳) نیز مشاهده نمودند که در اثر استفاده از غلظت‌های مختلف مولیبدن مقدار روغن دانه آفتابگردان کاهش یافت.

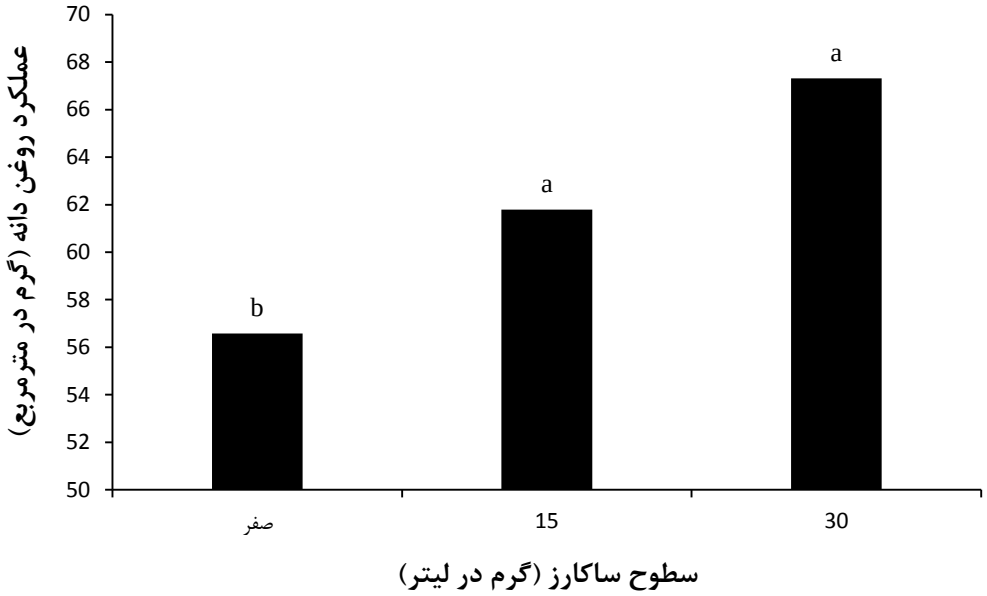
تحت تأثیر اثر سه جانبه، بیشترین مقدار روغن ۲۱/۷۰ درصد بود و در شرایطی به‌دست آمد که هیچ‌گونه تیماری به‌کار برده نشد (جدول پیوست ۲۲).



شکل ۴- ۴۵- مقایسه میانگین درصد روغن دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن

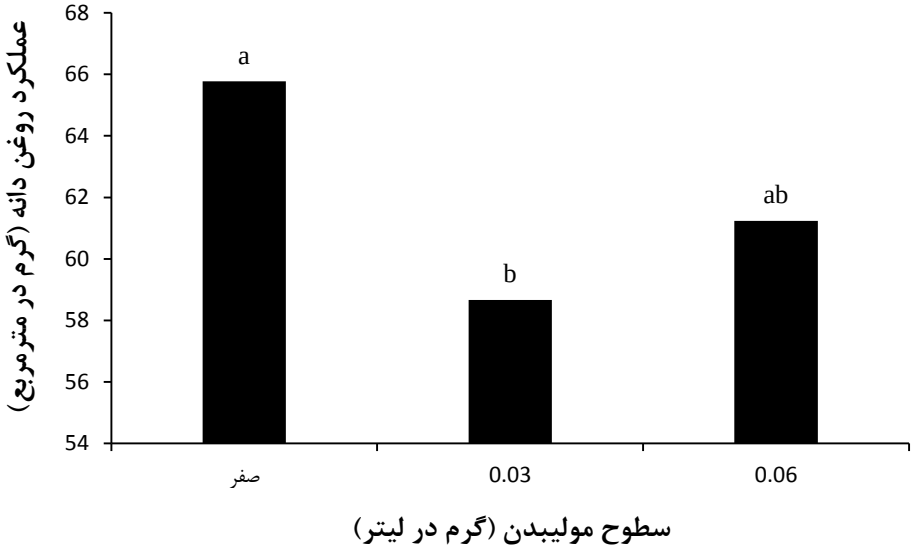
۴-۵-۴- عملکرد روغن دانه

تأثیر محلول‌پاشی ساکارز با احتمال ۱ درصد و همچنین تأثیر محلول‌پاشی مولیبدن و باکتری ریزوبیوم با احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۵). محلول‌پاشی ساکارز به‌ویژه با غلظت ۳۰ گرم در لیتر توانست به‌طور معنی‌داری عملکرد روغن دانه را افزایش دهد. در این حالت مقدار این صفت ۶۷/۳ گرم در متر مربع بود و برتری ۱۹/۱۱ درصدی در مقایسه با شاهد ایجاد نمود (شکل ۴-۴۶).



شکل ۴-۴۶- مقایسه میانگین عملکرد روغن دانه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی ساکارز

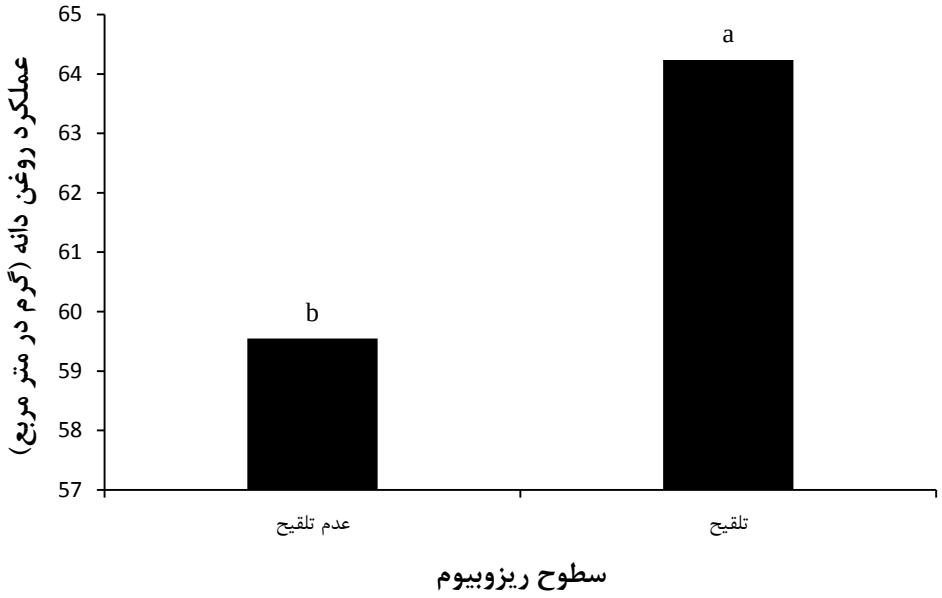
هر چند افزایش غلظت مولیبدن از ۰/۰۳ به ۰/۰۶ گرم در لیتر موجب افزایش عملکرد روغن گردید اما این مقدار ۶/۸۴ درصد کم‌تر از آن چیزی بود که از گیاهان شاهد به ثبت رسید. باید به این نکته اشاره کرد که اختلاف آماری معنی‌داری بین این غلظت از مولیبدن و شاهد ملاحظه نگردید (شکل ۴-۴۷).



شکل ۴-۴۷- مقایسه میانگین عملکرد روغن دانه تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن

در شکل ۴-۴۸ ملاحظه می‌گردد که تلقیح بذور سویا با باکتری ریزوبیوم پیش از کاشت مؤثر واقع شد و ۸/۷۹ درصد عملکرد روغن دانه را نسبت به وضعیتی که تلقیح صورت نگرفت (شاهد) بهبود بخشید.

افزایش پروتئین یا روغن دانه در واحد سطح از سه طریق اتفاق می‌افتد. اول، افزایش عملکرد دانه در حالی که درصد پروتئین و یا درصد روغن دانه ثابت نگه داشته شود، دوم، افزایش درصد پروتئین یا درصد روغن دانه در حالی که میزان عملکرد دانه ثابت نگه داشته شود و سوم، هنگامی که افزایش عملکرد دانه و درصد پروتئین یا درصد روغن دانه با هم رخ دهد (اسپرنت و اسپرنت، ۱۹۹۰).



شکل ۴-۴۸- مقایسه میانگین عملکرد روغن دانه تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم

با این تفاسیر، هر چند درصد روغن دانه در اثر کاربرد ساکارز تقریباً مقدار ثابتی بود اما عملکرد دانه به‌دلیل تأمین کربوهیدرات‌ها و افزایش وزن خشک گیاه بالا بود. در نتیجه ساکارز سبب افزایش عملکرد روغن دانه شد. متعاقباً تلقیح بذور با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم نیز چنین نتیجه‌ای در بر داشت و با

ثبت عملکرد بالا در اثر تثبیت زیستی نیتروژن توانست این صفت را بهبود بخشد. اما برای محلول‌پاشی مولیبدن چنین نتیجه‌ای ملاحظه نشد و افزایش عملکرد ناشی از کاربرد آن در حدی نبود که کاهش به‌وجود آمده در درصد روغن را به‌طور کامل بهبود بخشد و در نتیجه عملکرد روغن در واحد سطح کاهش یافت.

۴-۵-۵- آهن برگ

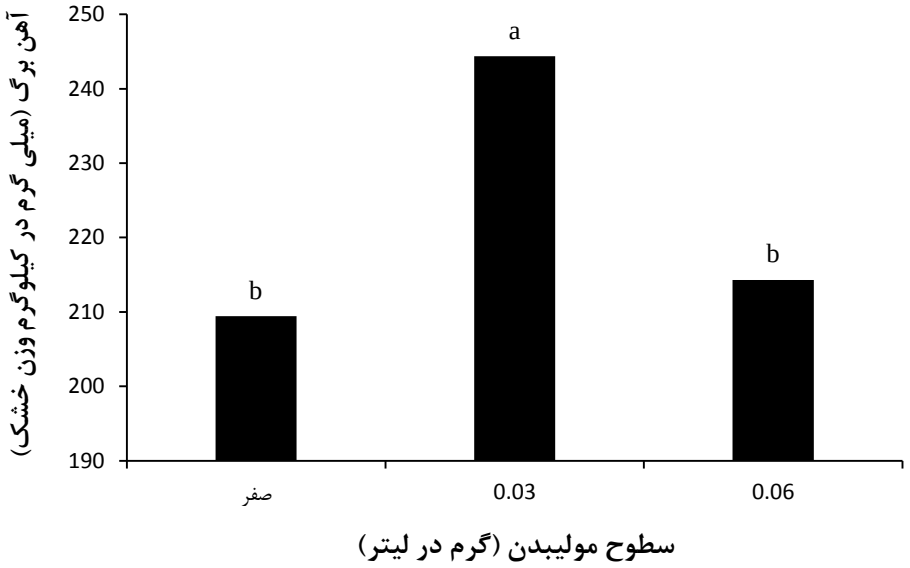
از بین منابع تغییر تنها اثر محلول‌پاشی مولیبدن در سطح ۱ درصد بر میزان آهن برگ معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۷). بررسی شکل ۴-۴۹ نشان داد که محلول‌پاشی با غلظت ۰/۰۳ گرم در لیتر مولیبدن میزان آهن برگ را به‌طور معنی‌دار و معادل ۱۶/۶۶ درصد افزایش داد. دو برابر شدن غلظت مولیبدن برتری آماری نسبت به شاهد نداشت و با آن در یک گروه قرار گرفت.

هر دو تأثیر سودمند (میلیکان، ۱۹۴۶) و مضر (گرلوف و همکاران، ۱۹۵۹) برای نقش مولیبدن بر محتوای آهن گیاهان گزارش شده است. در راستای این پژوهش، بری و ریسناوئر (۱۹۶۷)، تأثیر مولیبدن بر میزان آهن در گوجه فرنگی را مورد بررسی قرار دادند. غلظت‌های مولیبدن مورد استفاده شامل صفر، ۰/۰۰۱ و ۰/۱ میکرو مولار بود. بر طبق نتایج به‌دست آمده بیشترین مقدار آهن گیاه از غلظت ۰/۰۰۱ میکرو مولار به‌دست آمد و سطوح دیگر اختلاف چندانی با هم نداشتند. آنها بیان نمودند که یکی از دلایل کاهش میزان آهن در غلظت‌های بالاتر می‌تواند برهم خوردن نسبت آهن به مولیبدن و تداخل مولیبدن در احیای آهن در ترکیبات فاز جامد باشد.

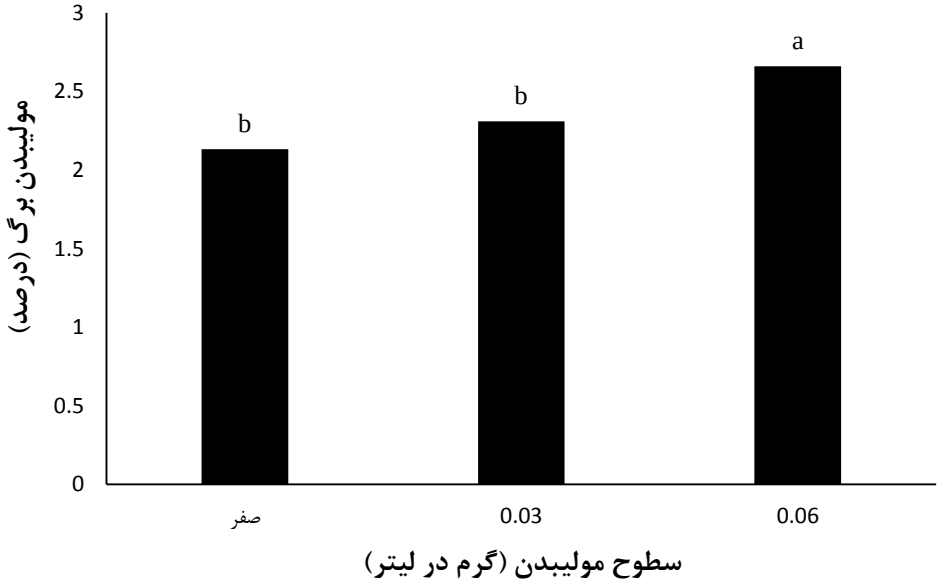
۴-۵-۶- درصد مولیبدن برگ

محلول‌پاشی مولیبدن در سطح احتمال ۱ درصد بر محتوای مولیبدن در برگ تأثیر داشت (جدول پیوست ۱۷). محلول‌پاشی با هر دو غلظت مولیبدن باعث افزایش میزان مولیبدن برگ شد. مقدار این افزایش برای غلظت ۰/۰۳ گرم در لیتر اندک ولی برای غلظت ۰/۰۶ گرم در لیتر معنی‌دار بود. به‌طوری که این صفت را نسبت به شاهد ۲۴/۷۵ درصد بهبود بخشید (شکل ۴-۵۰). در تحقیقی که توسط

اشتاینر و زوز (۲۰۱۵) انجام شد گزارش شد که محلول‌پاشی مولیبدن روی گیاه آفتابگردان سبب افزایش میزان مولیبدن در گیاه شد.



شکل ۴=۴۹- مقایسه میانگین غلظت آهن برگ تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن

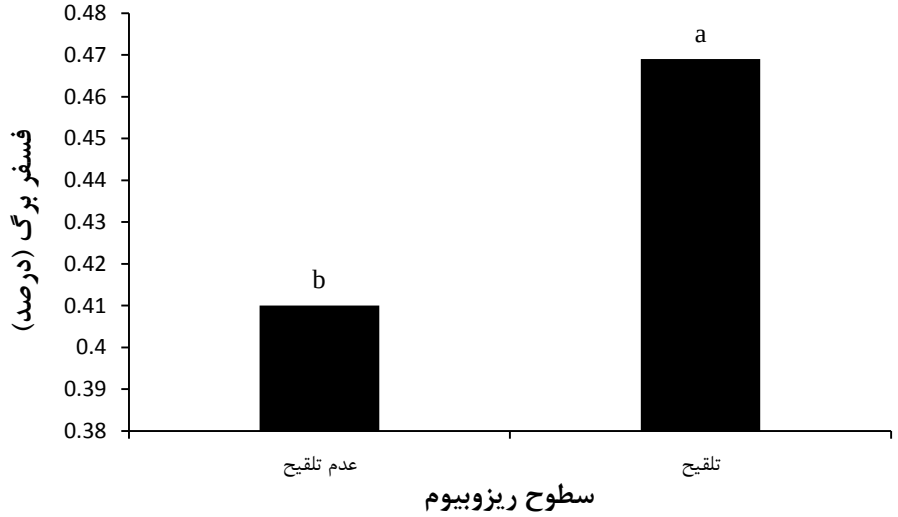


شکل ۴-۵۰- مقایسه میانگین درصد مولیبدن برگ تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن

۴-۵-۷- درصد فسفر برگ

با احتمال آماری ۵ درصد پیش تیمار بذور با باکتری ریزوبیوم بر فسفر برگ معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۷). بیشترین میزان فسفر (۰/۴۶ درصد) در برگ گیاهانی وجود داشت که بذورشان پیش از کاشت با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم تلقیح شده بود و برتری ۰/۰۵ درصدی نسبت به گیاهان تلقیح نشده داشت (شکل ۴-۵۱).

به‌نظر می‌رسد باکتری‌های ریزوبیوم با تحریک تعداد بیشتری از ریشه‌های جانبی جذب مواد غذایی را از طریق اکتشاف حجم بیشتری از خاک افزایش می‌دهند (بیسواس و همکاران، ۲۰۰۰) . علی اصغرزاده (۱۳۸۱) گزارش کرد که تلقیح باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم روی سویا بر درصد فسفر، پتاسیم، نیتروژن و غلظت آهن، مس و روی در بخش هوایی گیاه تأثیر معنی‌داری دارد.

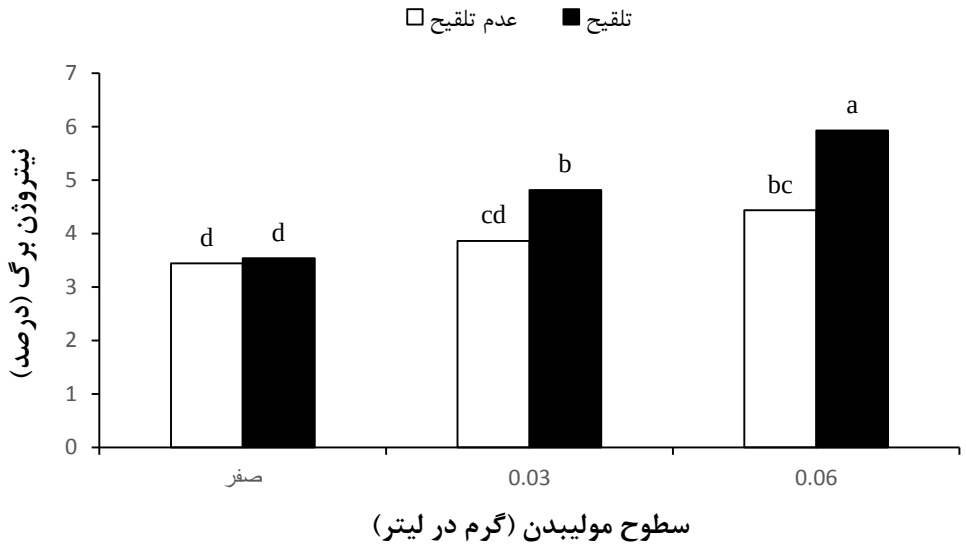


شکل ۴-۵۱- مقایسه میانگین درصد فسفر برگ تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم

۴-۵-۸- نیتروژن برگ

مطابق نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱۷)، محلول‌پاشی مولیبدن و همچنین ریزوبیوم در سطح ۱ درصد و اثر متقابل مولیبدن × ریزوبیوم و اثر سه‌گانه ساکارز × مولیبدن × ریزوبیوم در سطح ۵ درصد بر نیتروژن برگ معنی‌دار بودند. برهم‌کنش بین محلول‌پاشی مولیبدن و ریزوبیوم (شکل ۴-

۵۲) نشان داد که در شرایط عدم تلقیح، مقادیر بالاتری از این صفت در اثر کاربرد ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن به‌دست آمد و اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت. هر چند محلول‌پاشی ۰/۰۳ گرم در لیتر مولیبدن هم توانست موجب افزایش جزیی نیتروژن برگ گردد ولی اختلاف آماری معنی‌داری با دو سطح دیگر نداشت. در شرایط تلقیح بین سطوح مختلف مولیبدن تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و کاربرد ۰/۰۳ و ۰/۰۶ گرم این ماده به ترتیب ۱/۳۷ و ۲/۴۸ درصد نیتروژن برگ را بهبود بخشید.



شکل ۴-۵۲- مقایسه میانگین درصد نیتروژن برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی مولیبدن

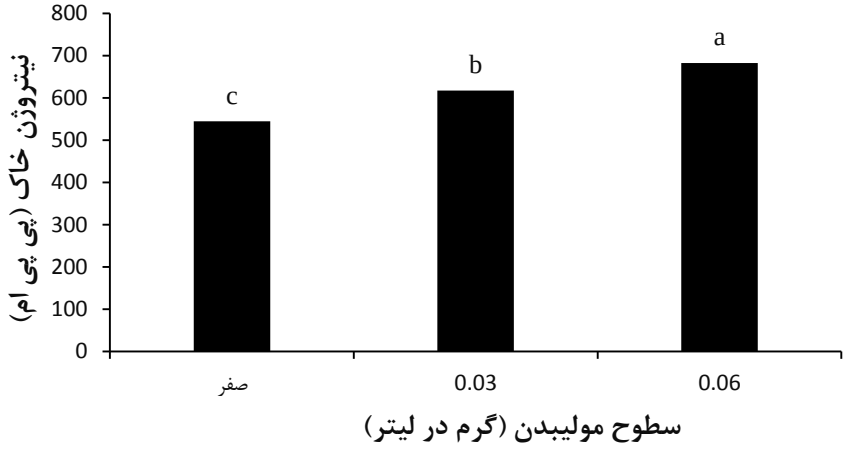
همان‌طور که قبلا نیز گفته شد، مولیبدن جزء ساختاری آنزیم نیتروژناز و ضروری برای فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز می‌باشد و نقشی اساسی در متابولیسم نیتروژن گیاهان بر عهده دارد. بر همین اساس طی آزمایشی مشخص شد که تیمار مولیبدن با غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ۴۱/۱ درصد میزان نیتروژن کل و ۴۱/۲ درصد میزان نیتروژن در بخش هوایی گیاه ماشک را در مقایسه با شاهد افزایش داد (اعلم، ۲۰۱۵).

با توجه به مقایسه میانگین برهمکنش سه جانبه بین تیمارها (جدول پیوست ۲۲)، هنگامی که محلول‌پاشی ساکارز انجام نشد ولی محلول‌پاشی مولیبدن با بالاترین غلظت (۰/۰۶ گرم در لیتر) و تلقیح

بذر با باکتری به‌صورت توأمان صورت پذیرفت، بیشترین میزان نیتروژن برگ که معادل ۶/۷۴۰ درصد بود به ثبت رسید.

۴-۵-۹- نیتروژن خاک

اثر اصلی محلول‌پاشی مولیبدن و ریزوبیوم و اثر متقابل محلول‌پاشی ساکارز و ریزوبیوم در سطح احتمال ۱ درصد بر نیتروژن خاک معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۱۹). با توجه به مقایسه میانگین محلول‌پاشی مولیبدن (شکل ۴-۵۳)، بیشترین مقدار نیتروژن خاک از کاربرد ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن حاصل شد و گروه آماری برتر را به‌خود اختصاص داد. افزایش به‌دست آمده در اثر کاربرد این مقدار مولیبدن حدود ۲۵ درصد بود. اعلم و همکاران (۲۰۱۵) افزایش محتوای نیتروژن خاک در اثر کاربرد مولیبدن را گزارش نمودند و علت آنرا به افزایش فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز مرتبط دانستند.

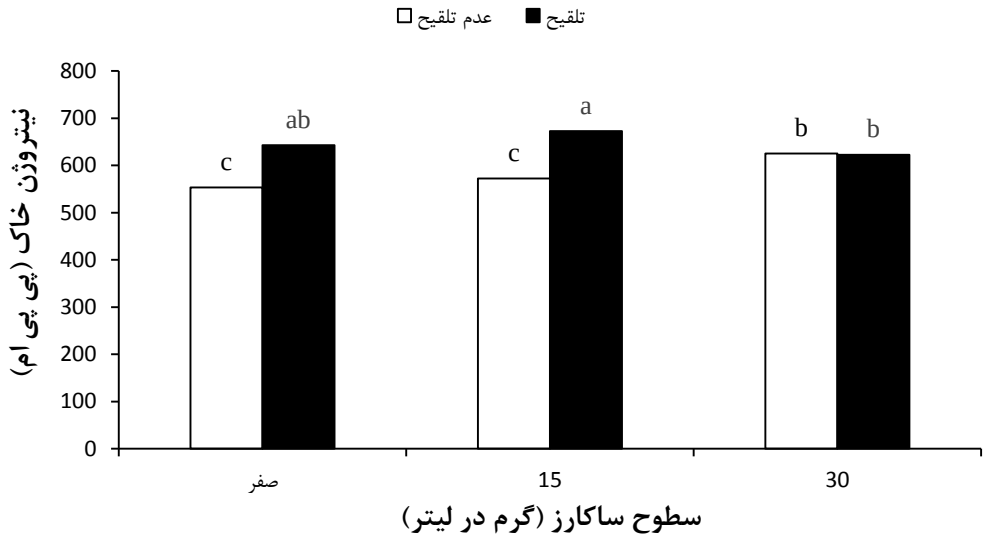


شکل ۴-۵۳- مقایسه میانگین نیتروژن خاک تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی مولیبدن

در بین ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی ساکارز و ریزوبیوم، تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی و عدم تلقیح) مقدار پایینی (۵۵۳/۱۱ پی‌پی‌ام) از نیتروژن خاک را دارا بود که به‌غیر از تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ گرم در لیتر در شرایط عدم تلقیح با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. در این میان در اثر محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ گرم در لیتر ساکارز در شرایط تلقیح، نیتروژن خاک ۶۷۲/۴۴ پی‌پی‌ام به‌دست آمد که نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود و برتری ۲۱/۵۷ درصدی را نسبت به شاهد رقم زد.

در شرایطی که تلقیح انجام شد اما محلول‌پاشی صورت نگرفت نیز مقدار نیتروژن خاک بالا بود و با غلظت ۱۵ گرم در لیتر در همین وضعیت، از نظر آماری در یک گروه قرار گرفت (شکل ۴-۵۴).

تثبیت بیولوژیکی نیتروژن به روش همزیستی اصلی‌ترین منبع تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان می‌باشد و نقش کلیدی در حاصل‌خیزی خاک ایفا می‌کند (زهران، ۱۹۹۹). این‌گونه استنباط می‌شود که محلول‌پاشی ساکارز با تأمین انرژی مورد نیاز باکتری‌های ریزوبیوم توانسته است که راندمان تثبیت نیتروژن را به‌وسیله آن‌ها افزایش دهد که در نهایت منجر به افزایش محتوای نیتروژن خاک گشته است.

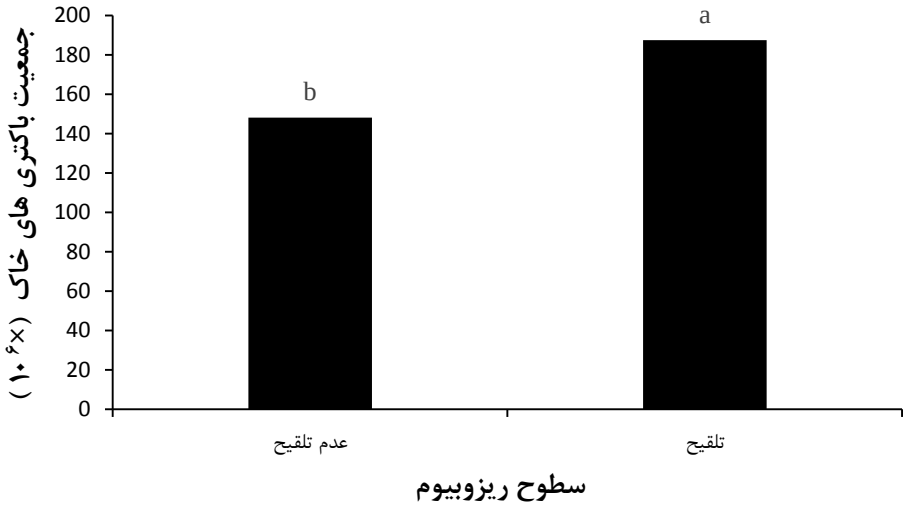


شکل ۴-۵۴- مقایسه میانگین غلظت نیتروژن خاک تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز

۴-۵-۱۰- جمعیت باکتری‌های خاک

وجود میکروارگانیسم‌ها در خاک بسیار مهم است و این موجودات مسئول بسیاری از عملکردهای کلیدی خاک می‌باشند که شامل تجزیه مواد آلی خاک و بقایای جانوری و گیاهی و آزادسازی عناصر از آن‌ها، فروسایش آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، تولید آنتی‌بیوتیک‌های بازدارنده بیماری‌های خاک‌زی، تولید مواد سیمانی تسهیل کننده خاک‌دانه سازی، اکتساب عناصر غذایی گیاه از طریق روابط همزیستی (ریزوبیوم و میکوریزا) و ... می‌گردند (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۶).

نتایج تجزیه واریانس جمعیت باکتری‌های خاک در جدول پیوست ۱۹ نشان می‌دهد که این صفت فقط از باکتری ریزوبیوم در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر پذیرفت. همان‌طور که در شکل ۴-۵۵ مشاهده می‌گردد تلقیح سبب افزایش معنی‌دار جمعیت باکتری‌های خاک نسبت به شاهد (عدم تلقیح) شد. تعداد باکتری در این شرایط $۱۸۷/۴\times۱۰^{۶}$عدد بود که معادل ۲۶/۵۳ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. در پژوهش‌های دیگری نیز افزایش جمعیت باکتری‌های خاک در اثر تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم گزارش گردیده است (طرابلسی و همکاران، ۲۰۱۱ و سیژک و همکاران، ۲۰۱۶).



شکل ۴-۵۵- مقایسه میانگین جمعیت باکتری‌های خاک تحت تأثیر سطوح باکتری ریزوبیوم

۴-۶- نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش به‌طور خلاصه شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم سبب افزایش معنی‌دار ماده خشک (به‌جز ساقه)، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، طول ریشه، قطر ساقه و ریشه، شاخه فرعی، حجم ریشه، تعداد و وزن گره، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، کلروفیل a و b، کلروفیل کل، محتوای نسبی آب برگ، درصد پروتئین، عملکرد روغن و پروتئین، فسفر و نیتروژن برگ و خاک و جمعیت باکتری‌های خاک گردید.

۲- کاربرد ساکارز به‌صورت محلول‌پاشی صفاتی از قبیل وزن خشک، ارتفاع بوته، طول ریشه، قطر ساقه، حجم ریشه، وزن گره، تعداد غلاف دربوته، عملکرد، کلروفیل a، پایداری غشاء پلاسمایی، قند محلول و عملکرد روغن دانه را افزایش داد.

۳- مولیبدن به‌طور معنی‌داری سبب افزایش وزن خشک، تمامی صفات زراعی و مورفولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد (به جزء وزن هزار دانه)، کلروفیل a و b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، عملکرد پروتئین، میزان آهن و مولیبدن برگ و همچنین نیتروژن برگ و خاک گردید.

۴- بر هم‌کنش ساکارز و مولیبدن و ساکارز و مولیبدن با ریزوبیوم مفید واقع شد و اکثر صفات مورد بررسی را بهبود بخشید و در نهایت در محدوده پژوهش انجام شده، بهترین ترکیب تیماری مورد استفاده محلول‌پاشی با غلظت ۳۰ گرم در لیتر ساکارز به‌همراه ۰/۰۶ گرم در لیتر مولیبدن بود.

۵- محلول‌پاشی مولیبدن در شرایط تلقیح نیز روی تعدادی از صفات مورد بررسی مؤثر واقع شد و استفاده از بالاترین غلظت مولیبدن (۰/۰۶ گرم در لیتر) در این شرایط بهترین ترکیب تیماری بود.

۴-۷- پیشنهادات

با توجه به نتایج این پژوهش و از آن‌جایی‌که مولیبدن به‌عنوان یکی از عناصر سنگین شناخته می‌شود و غلظت‌های بالای آن می‌تواند برای گیاه سمی باشد لذا توصیه می‌شود که محلول‌پاشی این ماده و همچنین ساکارز با غلظت‌های دیگر به‌ویژه غلظت بالاتر نیز امتحان گردد تا غلظت مناسب برای گیاه و باکتری ریزوبیوم مشخص گردد. در ضمن انجام آزمایش‌های بیشتر در سطح مولکولی و آنزیمی مانند سنجش فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز و احیای استیلن جهت سنجش فعالیت گره‌ها می‌تواند در تأیید بیشتر نتایج به‌دست آمده مؤثر باشد.

پیوست

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات تجمع ماده خشک تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک غلاف	وزن خشک ریشه
تکرار	۲	۱۱۹۵۹/۶۹۳	۲۴۸۲/۲۴۸	۲۵۱۲۵/۶۸۹	۷۱۶/۸۰۷
ساکارز (S)	۲	۵۷۲۹۰/۴۵۳ *	۱۵۱۴۷۹/۷۱۸ **	۲۲۷۳۹۳/۲۸۹ **	۷۶۸۲/۴۲۴ **
مولیبدن (M)	۲	۱۴۱۷۲۵/۰۲۶ **	۱۴۹۳۹/۲۲۵	۶۵۷۴۱/۶۰۰ **	۸۴۹۱/۱۹۵ **
ریزوبیوم (R)	۱	۴۱۲/۷۸۶	۳۸۴۸/۹۷۸	۷۳۶۴۵/۰۶۷ *	۷۲۶۸/۵۶۰ **
S × M	۴	۵۹۷۸۰/۲۴۵ *	۵۳۵۳۹/۳۷۰ **	۱۹۳۹۶/۵۹۳	۵۶۹/۲۰۳
S × R	۲	۱۱۳۵۴/۲۵۳	۶۱۸۸/۴۷۲	۷۲۵۵۸/۴۵۴ **	۲۲۸۵/۶۸۰ *
M × R	۲	۸۹۷۷/۴۵۷	۱۱۰۴۵/۱۸۵	۷۲۵۶۱/۲۵۶ **	۱۶۲۴/۵۳۳
S × M × R	۴	۶۱۶۴۲/۹۵۵ *	۱۹۶۴۱/۶۵۱ *	۲۸۶۵۲/۲۲۱	۲۵۵/۰۹۶
خطا	۳۴	۱۶۹۹۷/۲۹۹	۶۰۸۱/۱۱۷	۱۱۴۲۱/۰۵۷	۷۳۹/۶۳۹
ضریب تغییرات (درصد)		۲۲/۵۸	۱۷/۷۱	۱۶/۵۶	۲۲/۸۲

** ، * بیانگر معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین تجمع ماده خشک تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

تیمار	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک غلاف	وزن خشک ریشه
	گرم در متر مربع			
ساکارز (گرم در لیتر)				
صفر	۵۲۱/۶۲ b	۳۶۹/۹۲ b	۵۱۹/۷۷ b	۱۰۱/۳۳ b
۱۵	۶۳۴/۴۲ a	۴۰۶/۷۱ b	۷۳۷/۱۴ a	۱۱۴/۳۳ b
۳۰	۵۷۵/۷۵ ab	۵۴۳/۹۸ a	۶۷۸/۰۴ a	۱۴۱/۸۰ a
مولیبدن (گرم در لیتر)				
صفر	۴۹۷/۰۹ b	۴۰۷/۱۹	۵۷۵/۲۳ b	۹۵/۰۱ b
۰/۰۳	۵۶۲/۱۱ b	۴۵۳/۱۲	۶۸۱/۶۸ a	۱۲۵/۳۶ a
۰/۰۶	۶۷۲/۶۰ a	۴۶۰/۲۹	۶۷۸/۰۴ a	۱۳۷/۱۰ a
LSD 5%	۸۸/۳۱۷	۵۲/۸۲۶	۷۲/۳۹۵	۱۸/۴۲۳
ریزوبیوم				
عدم تلقیح	۵۷۴/۵۰	۴۳۱/۷۶	۶۰۸/۰۶ b	۱۰۷/۵۵ b
تلقیح	۵۸۰/۰۳	۴۴۸/۶۴	۶۸۱/۹۱ a	۱۳۰/۷۵ a
LSD 5%	۷۲/۱۱۱	۴۳/۱۳۲	۵۹/۱۱	۱۵/۰۴۲

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و قطر ساقه تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته	قطر ساقه
تکرار	۲	۰/۱۵۶	۲/۳۹۶	۰/۲۸۴
ساکارز (S)	۲	۰/۰۱۲	۱۷۳/۳۸۹ **	۲/۳۱۸*
مولیبدن (M)	۲	۴/۱۶۱ **	۱۴۰/۶۸۹ **	۱۳/۰۵۱**
ریزوبیوم (R)	۱	۱/۲۷۹ *	۱۲۰/۹۰۰ **	۲۶/۱۳۸**
S × M	۴	۰/۴۵۸	۱۲۰/۵۰۰ **	۰/۳۴۰
S × R	۲	۰/۶۰۴	۱۷/۸۱۲	۰/۹۳۱
M × R	۲	۰/۳۴۲	۴۶/۴۲۰	۳/۲۲۱**
S × M × R	۴	۰/۵۲۱	۶/۲۳۳	۰/۸۱۷
خطا	۳۴	۰/۲۱۵	۱۵/۷۶۴	۰/۵۷۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۹/۴۸	۷/۸۵	۱۱/۴۸

** ، * بیانگر معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و قطر ساقه تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

تیمار	شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)
ساکارز (گرم در لیتر)			
صفر	۲/۳۶	۴۷/۸۰ b	۶/۲۱ b
۱۵	۲/۴۱	۵۳/۹۰ a	۶/۹۰ a
۳۰	۲/۳۷	۴۹/۸۸ b	۶/۷۴ a
مولیبدن (گرم در لیتر)			
صفر	۲/۰۷ b	۴۸/۸۱ b	۵/۶۴ b
۰/۰۳	۲/۱۳ b	۴۹/۰۲ b	۷/۰۳ a
۰/۰۶	۲/۹۳ a	۵۳/۷۵ a	۷/۱۸ a
LSD 5%	۰/۳۱۴	۲/۶۸۹	۰/۵۱۵
ریزوبیوم			
عدم تلقیح	۲/۲۲ b	۴۹/۰۳ b	۵/۹۲ b
تلقیح	۲/۵۳ a	۵۲/۰۲ a	۷/۳۱ a
LSD 5%	۰/۲۵۶	۲/۱۹۶	۰/۴۲۰

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۵- میانگین مربعات طول ، قطر و حجم ریشه تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه	قطر ریشه	حجم ریشه
تکرار	۲	۷/۹۹۰	۰/۶۰۰	۰/۹۶۲
ساکارز (S)	۲	۲۷/۸۱۷**	۰/۴۰۲	۱۰/۲۴۰**
مولیبدن (M)	۲	۲۰/۰۹۱**	۱۰/۶۸۳**	۲۳/۵۷۴**
ریزوبیوم (R)	۱	۲۰/۴۱۱*	۱۸/۸۶۸**	۱۷/۷۹۶**
S × M	۴	۲/۶۹۲	۰/۲۳۱	۱/۱۵۷
S × R	۲	۳۳/۵۶۴**	۰/۱۱۳	۱/۱۲۹
M × R	۲	۱۰/۳۱۶	۰/۷۴۵*	۱/۲۴۰
S × M × R	۴	۴۱/۰۹۰**	۰/۳۷۶	۰/۳۲۴
خطا	۳۴	۳/۷۷۷	۰/۲۲۱	۱/۰۴۱
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۶۵	۶/۷۹	۱۲/۰۵

** ، * بیانگر معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول پیوست ۶- مقایسه میانگین طول ، قطر و حجم ریشه تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

تیمار	طول ریشه (سانتی‌متر)	قطر ریشه (میلی‌متر)	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)
ساکارز (گرم در لیتر)			
صفر	۲۳/۹۶ b	۶/۷۶	۸/ ۰۰b
۱۵	۲۶/۱۳ a	۶/۹۲	۹/۳۳ a
۳۰	۲۶/۰۸ a	۷/۰۶	۸/۰۵ b
مولیبدن (گرم در لیتر)			
صفر	۲۴/۳۶ b	۶/۱۷ c	۷/۱۶ b
۰/۰۳	۲۶/۴۷ a	۶/۸۷ b	۸/۸۸ a
۰/۰۶	۲۵/۳۴ ab	۷/۷۱ a	۹/۳۳ a
LSD 5%	۱/۳۱۶	۰/۳۱۸	۰/۶۹۱
ریزوبیوم			
عدم تلقیح	۲۴/۷۸ b	۶/۳۳ b	۷/۸۸ b
تلقیح	۲۶/۰۱ a	۷/۵۱ a	۹/۰۳ a
LSD 5%	۱/۰۷۵	۰/۲۶۰	۰/۵۶۴

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات تعداد شاخه فرعی، تعداد و وزن گره تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول-پاشی ساکارز و مولیبدن

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخه فرعی	تعداد گره	وزن گره
تکرار	۲	۰/۳۲۲	۰/۹۰۷	۰/۰۲۹
ساکارز (S)	۲	۰/۴۱۱	۲۲/۶۸۵	۰/۲۵۳**
مولیبدن (M)	۲	۳/۵۵**	۹۸/۲۹۶**	۰/۲۵۹**
ریزوبیوم (R)	۱	۴/۰۰۱**	۱۹۶/۴۶۲**	۱/۳۶۹**
S × M	۴	۱/۱۶۵*	۱۰/۰۱۸	۰/۰۲۸
S × R	۲	۱/۰۶۸	۱۷/۷۹۶	۰/۲۰۱**
M × R	۲	۰/۲۲۰	۲۸/۰۷۴	۰/۰۴۰
S × M × R	۴	۱/۰۰۱	۵/۲۴۰	۰/۱۳۸**
خطا	۳۴	۰/۴۱۰	۱۴/۰۶۴	۰/۰۳۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۰۳	۲۷/۶۲	۱۴/۴۱

** ، * بیانگر معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی، تعداد و وزن گره تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول-پاشی ساکارز و مولیبدن

تیمار	تعداد شاخه فرعی	تعداد گره در بوته	وزن گره (گرم در بوته)
ساکارز (گرم در لیتر)			
صفر	۵/۱۵	۱۲/۵۵	۱/۱۶ b
۱۵	۵/۳۷	۱۳/۳۸	۱/۳۲ a
۳۰	۵/۴۳	۱۴/۷۷	۱/۳۹ a
مولیبدن (گرم در لیتر)			
صفر	۴/۸۵ b	۱۱/۱۶ b	۱/۱۵ b
۰/۰۳	۵/۷۳ a	۱۳/۷۲ a	۱/۳۶ a
۰/۰۶	۵/۳۷ a	۱۵/۸۳ a	۱/۳۶ a
LSD 5%	۰/۴۳۳	۲/۵۴۰	۰/۱۲۶
ریزوبیوم			
عدم تلقیح	۵/۰۴ b	۱۱/۶۶ b	۱/۱۳ b
تلقیح	۵/۵۹ a	۱۵/۴۸ a	۱/۴۵ a
LSD 5%	۰/۳۵۴	۲/۰۷۴	۰/۱۰۳

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۹- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۲۱/۹۹۴	۰/۱۵۶	۲۹۰/۳۰۳	۸۶۹/۳۴۵
ساکارز (S)	۲	۲۵۹/۵۳۴**	۰/۰۲۰	۶۸/۹۲۳	۱۱۹۸۱/۰۵۱**
مولیبدن (M)	۲	۱۰۸/۵۹۱**	۰/۳۳۶*	۱۳۰/۳۲۱	۶۵۴۵/۴۰۱**
ریزوبیوم (R)	۱	۰/۰۱۵	۰/۰۴۰	۲۲۸۱/۵۰۰*	۳۶۳۱۱/۸۵۳**
S × M	۴	۸/۲۲۹	۰/۰۷۳	۱۰۷/۵۰۳	۲۶۸۰/۳۴۹*
S × R	۲	۸/۲۲۸	۰/۰۲۵	۱۲۰۷/۹۸۱*	۴۱۷/۸۶۴
M × R	۲	۴/۳۵۵	۰/۰۰۸	۲۴۰/۰۶۵	۲۱۷۰/۴۰۱
S × M × R	۴	۳/۲۳۱	۰/۰۹۵	۲۵۰/۶۸۱	۴۳۷/۹۴۳
خطا	۳۴	۷/۵۸۹	۰/۰۷۳	۳۴۵/۲۳۷	۱۰۳۷/۰۷۶
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۷۰	۱۲/۶۵	۱۲/۱۵	۹/۲۴

**، * بیانگر معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول پیوست ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

تیمار	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
ساکارز (گرم در لیتر)				
صفر	۴۴/۶۶ c	۲/۱۰	۱۵۲/۰۰	۳۲۳/۶۹ c
۱۵	۴۷/۸۸ b	۲/۱۷	۱۵۱/۴۷	۳۴۶/۶۷ b
۳۰	۵۲/۲۲ a	۲/۱۳	۱۵۵/۰۹	۳۷۵/۱۹ a
مولیبدن (گرم در لیتر)				
صفر	۴۶/۱۰ b	۲/۰۱ b	۱۴۹/۷۶	۳۳۴/۲۶ b
۰/۰۳	۴۷/۷۳ b	۲/۱۰ ab	۱۵۴/۶۴	۳۴۱/۱۱ b
۰/۰۶	۵۰/۹۳ a	۲/۲۸ a	۱۵۴/۱۶۱	۳۷۰/۱۸ a
LSD 5%	۱/۸۶۶	۰/۱۸۳	۱۲/۵۸۷	۲۱/۸۱۵
ریزوبیوم				
عدم تلقیح	۴۸/۲۴	۲/۱۶	۱۴۶/۳۵ b	۳۲۲/۵۸ b
تلقیح	۴۸/۲۷	۲/۱۱	۱۵۹/۳۵ a	۳۷۴/۴۴ a
LSD 5%	۱/۵۲۳	۰/۱۴۹	۱۰/۲۷۷	۱۷/۸۱۲

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۱۱- میانگین مربعات کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
تکرار	۲	۵/۸۲۱	۰/۰۶۲	۶/۵۱۱	۰/۴۵۱
ساکارز (S)	۲	۵۱/۳۲۷**	۰/۶۲۷	۶۲/۱۰۱**	۰/۸۳۵
مولیبدن (M)	۲	۳۹/۷۶۲**	۲/۹۶۷**	۶۴/۰۹۸**	۱/۰۱۳*
ریزوبیوم (R)	۱	۱۲/۹۹۴*	۷/۵۴۰**	۴۰/۲۹۶**	۰/۰۶۴
S × M	۴	۱/۳۴۳	۰/۷۴۱	۲/۸۱۲	۱/۰۳۸*
S × R	۲	۱/۴۲۴	۰/۰۸۹	۵/۳۲۶	۰/۱۹۲
M × R	۲	۱۶/۰۲۲*	۰/۳۳۹	۲۰/۹۴۹**	۱/۱۸۵*
S × M × R	۴	۴/۲۲۲	۰/۲۵۴	۵/۵۹۹	۰/۶۳۱
خطا	۳۴	۳/۳۲۵	۰/۴۹۴	۳/۴۴۷	۰/۳۰۰
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۸۱	۱۹/۴۸	۱۳/۹۵	۲۶/۲۹

**، * بیانگر معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول پیوست ۱۲- مقایسه میانگین کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

تیمار	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
	میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ			
ساکارز (گرم در لیتر)				
صفر	۸/۰۷۲ c	۳/۳۹۶	۱۱/۴۶۸ c	۱/۹۳۳
۱۵	۹/۵۶۵ b	۳/۶۹۴	۱۳/۲۵۹ b	۲/۳۳۲
۳۰	۱۱/۴۴۲ a	۳/۷۳۹	۱۵/۱۸۲ a	۱/۹۹۲
مولیبدن (گرم در لیتر)				
صفر	۸/۰۷۷ b	۳/۲۰۷ b	۱۱/۲۸۴ c	۱/۸۲۴ b
۰/۰۳	۹/۹۹۸ a	۳/۶۰۲ ab	۱۳/۶۰۱ b	۲/۲۸۷ a
۰/۰۶	۱۱/۰۰۲ a	۴/۰۱۹ a	۱۵/۰۲۳ a	۲/۱۴۶ ab
LSD 5%	۱/۲۳۵	۰/۴۷۶	۱/۲۵۷	۰/۳۷۱
ریزوبیوم				
عدم تلقیح	۹/۲۰۲	۳/۲۳۶ b	۱۲/۴۳۹ b	۲/۰۵۱
تلقیح	۱۰/۱۸۳	۳/۹۸۳ a	۱۴/۲۱۶ a	۲/۱۲۱
LSD 5%	۱/۰۰۸	۰/۳۸۹	۱/۰۲۶	۰/۳۰۳

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۱۳- میانگین مربعات محتوای نسبی آب برگ، پایداری غشاء و قند محلول تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

منابع تغییر	درجه آزادی	آب نسبی	پایداری غشا	قند محلول
تکرار	۲	۱۰/۶۹۳	۸۳/۸۶۰	۱۵/۲۳۸
ساکارز (S)	۲	۱۴/۷۱۱	۴۳۵/۰۸۲*	۲۱۱۹/۳۴۵**
مولیبدن (M)	۲	۲۴/۴۰۳	۴/۴۱۸	۷۲۹/۲۴۱
ریزوبیوم (R)	۱	۱۱۴/۶۹۷*	۲۲۳/۱۳۸	۵۳۸/۹۶۹
S × M	۴	۱۱/۱۱۱	۵/۷۶۹	۳۱۰/۸۰۱
S × R	۲	۴۰/۷۳۵	۴/۷۶۶	۵۸/۲۸۵
M × R	۲	۸/۵۶۴	۹۴۶/۱۶۷**	۷۲/۰۸۴
S × M × R	۴	۲۸/۲۰۱	۱۲۳/۴۸۷	۲۴۷/۶۸۶
خطا	۳۴	۱۷/۲۳۷	۱۰۵/۲۶۱	۲۸۱/۹۰۲
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۷۶	۱۴/۲۲	۷/۸۷

** ، * بیانگر معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول پیوست ۱۴- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ ، پایداری غشاء و قند محلول تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

تیمار	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	پایداری غشای پلاسمایی (درصد)	قند محلول برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
ساکارز (گرم در لیتر)			
صفر	۷۱/۵۲	۶۹/۰۹ b	۲۰۶/۸۸ a
۱۵	۷۲/۶۷	۷۷/۷۷ a	۲۰۷/۰۶ b
۳۰	۷۳/۳۱	۶۹/۴۴ b	۲۲۵/۷۶ b
مولیبدن (گرم در لیتر)			
صفر	۷۲/۹۵	۷۱/۵۶	۲۰۵/۹۳
۰/۰۳	۷۱/۱۸	۷۲/۵۴	۲۱۷/۶۲
۰/۰۶	۷۳/۳۷	۷۲/۲۰	۲۱۶/۱۵
LSD 5%	۲/۸۱۲	۶/۹۵۰	۱۱/۳۷۴
ریزوبیوم			
عدم تلقیح	۷۱/۰۴ b	۷۰/۰۷	۲۱۰/۰۸
تلقیح	۷۳/۹۶ a	۷۴/۱۳	۲۱۶/۳۹
LSD 5%	۲/۲۹۶	۵/۶۷۴	۹/۲۸۶

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۱۵- میانگین مربعات پروتئین دانه، روغن دانه، عملکرد پروتئین و عملکرد روغن تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

منابع تغییر	درجه آزادی	پروتئین دانه	روغن دانه	عملکرد پروتئین	عملکرد روغن
تکرار	۲	۳۵/۱۳۸	۲/۷۴۰	۱۴۸/۵۳۷	۱/۰۵۸
ساکارز (S)	۲	۱۲/۴۳۷	۰/۲۴۰	۱۰۰۵/۳۸۱	۵۱۴/۷۴۹**
مولیبدن (M)	۲	۲۸/۴۹۷	۵۵/۱۴۱**	۲۸۸۷/۲۲۰*	۲۵۱/۶۶۱*
ریزوبیوم (R)	۱	۱۹۰/۴۰۶*	۲۹/۴۸۱**	۱۵۶۲۳/۶۸۵*	۲۱۵/۰۴۱*
S × M	۴	۲۱/۳۰۸	۵/۱۵۶	۴۹۹/۷۵۳	۱۵۳/۸۲۸
S × R	۲	۲۸/۳۲۸	۵/۵۷۵	۳۲۸/۵۳۹	۱۸/۸۷۱
M × R	۲	۹/۵۳۶	۸/۲۲۷*	۲۳۰/۱۰۷	۳۹/۱۸۳
S × M × R	۴	۴/۸۴۱	۱۲/۲۴۹**	۱۶۶/۱۰۱	۱۵۵/۱۶۶
خطا	۳۴	۱۴/۲۲۵	۲/۶۸۲	۳۵۵/۶۲۰	۷۳/۰۳۷
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۱۳	۹/۲۱	۱۳/۰۷	۱۳/۸۸

**، * بیانگر معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول پیوست ۱۶- مقایسه میانگین پروتئین دانه، روغن دانه، عملکرد پروتئین و عملکرد روغن تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

تیمار	پروتئین دانه	روغن دانه	عملکرد پروتئین	عملکرد روغن
	درصد		گرم در متر مربع	
ساکارز (گرم در لیتر)				
صفر	۴۲/۰۰	۱۷/۶۴	۱۳۶/۶۵ b	۵۶/۱۷ b
۱۵	۴۱/۴۹	۱۷/۸۰	۱۴۴/۵۴ ab	۶۱/۵۸ ab
۳۰	۴۰/۳۸	۱۷/۸۷	۱۵۱/۵۹ a	۶۷/۳۰ a
مولیبدن (گرم در لیتر)				
صفر	۴۰/۴۴	۱۹/۷۰ a	۱۳۵/۰۳ b	۶۵/۷۷ a
۰/۰۳	۴۰/۶۹	۱۷/۳۳ b	۱۳۹/۰۶ b	۵۸/۶۶ b
۰/۰۶	۴۲/۷۳	۱۶/۲۸ b	۱۵۸/۷۰ a	۶۰/۱۹ ab
LSD 5%	۲/۵۵۵	۱/۱۰۹	۱۲/۷۵۵	۵/۷۸۹
ریزوبیوم				
عدم تلقیح	۳۹/۴۱ b	۱۸/۵۱ b	۱۲۷/۲۵ b	۵۹/۵۴ b
تلقیح	۴۳/۱۷ a	۱۷/۰۳ a	۱۶۱/۲۷ a	۶۳/۵۳ a
LSD 5%	۲/۰۸۶	۰/۹۰۵	۴/۷۲۷	۱۰/۴۳۰

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۱۷- میانگین مربعات عناصر موجود در برگ تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

منابع تغییر	درجه آزادی	آهن	مولیبدن	فسفر	نیتروژن
تکرار	۲	۱۰۱/۱۱۱	۰/۰۵۵	۰/۰۰۲	۱/۱۵۴
ساکارز (S)	۲	۳۴۸/۱۰۱	۰/۰۲۲	۰/۰۱۸	۰/۸۹۹
مولیبدن (M)	۲	۶۴۴۸/۰۶۱**	۱/۲۹۷**	۰/۰۰۸	۱۲/۸۷۷**
ریزوبیوم (R)	۱	۱۹/۲۰۰	۰/۰۳۱	۰/۰۴۶*	۹/۶۹۴**
S × M	۴	۴۲/۰۲۶	۰/۱۰۷	۰/۰۰۲	۰/۷۳۶
S × R	۲	۱۳۸/۰۰۶	۰/۱۱۱	۰/۰۰۹	۰/۷۸۰
M × R	۲	۴۴/۷۵۳	۰/۰۶۱	۰/۰۱۰	۲/۲۵۴*
S × M × R	۴	۸۸/۹۸۹	۰/۱۶۸	۰/۰۰۳	۱/۷۴۵*
خطا	۳۴	۱۳۸/۶۲۷	۰/۰۸۲	۰/۰۰۹	۰/۵۳۰
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۲۸	۱۲/۱۲	۲۱/۵۹	۱۶/۷۹

**، * بیانگر معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول پیوست ۱۸- مقایسه میانگین عناصر موجود در برگ تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

تیمار	آهن	مولیبدن	فسفر	نیتروژن
	(میلی‌گرم در کیلوگرم)		درصد	
ساکارز (گرم در لیتر)				
صفر	۲۲۰/۱۹۴	۲/۳۸۳	۰/۴۱۸	۴/۴۲۵
۱۵	۲۲۰/۱۲۸	۲/۳۹۴	۰/۴۲۲	۴/۵۰۰
۳۰	۲۲۷/۷۷۸	۲/۳۲۷	۰/۴۷۶	۴/۰۸۱
مولیبدن (گرم در لیتر)				
صفر	۲۰۹/۴۲۲b	۲/۱۳۳b	۰/۴۱۴	۳/۴۸۹c
۰/۰۳	۲۴۴/۳۷۲a	۲/۳۱۱b	۰/۴۵۵	۴/۳۳۶b
۰/۰۶	۲۱۴/۳۰۶b	۲/۶۶۱a	۰/۴۴۸	۵/۱۸۱a
LSD 5%	۷/۹۷۵	۰/۱۹۴	۰/۰۶۴	۰/۴۹۳
ریزوبیوم				
عدم تلقیح	۲۲۲/۱۰۴	۲/۳۴۴	۰/۴۱۰b	۳/۹۱۱b
تلقیح	۲۲۳/۲۹۶	۲/۳۹۲	۰/۴۶۸a	۴/۷۵۹a
LSD 5%	۶/۵۱۲	۰/۱۵۸	۰/۰۵۲	۰/۴۰۲

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۱۹- میانگین مربعات نیتروژن و جمعیت باکتری‌های خاک تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول-پاشی ساکارز و مولیبدن

منابع تغییر	درجه آزادی	نیتروژن خاک	جمعیت باکتری‌های خاک
تکرار	۲	۳۶۵۴/۱۲۹	۱۱۰/۰۵۵
ساکارز (S)	۲	۳۷۵۰/۳۵۱	۱۳۶۸/۰۰۰
مولیبدن (M)	۲	۸۵۹۴۵/۸۵۱**	۱۹۳/۰۵۵
ریزوبیوم (R)	۱	۵۲۶۴۰/۶۶۶**	۲۰۸۸۶/۰۰۰**
S × M	۴	۱۳۴۰/۴۹۰	۲۶۱۸/۸۸۸
S × R	۲	۱۴۴۸/۷۷۲۲**	۴۵۴/۲۲۲
M × R	۲	۵۴۶/۰۰۰	۲۸۵۵/۳۸۸
S × M × R	۴	۲۹۵/۸۰۵	۵۰۸۰/۲۷۷
خطا	۳۴	۳۸۴/۱۴۱۹	۲۰۵۵/۶۲۴
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۲۸	۲۷/۰۲

**، * بیانگر معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول پیوست ۲۰- مقایسه میانگین نیتروژن و جمعیت باکتری‌های خاک تحت تأثیر ریزوبیوم و محلول-پاشی ساکارز و مولیبدن

تیمار	نیتروژن خاک (پی‌پی‌ام)	جمعیت باکتری‌های خاک (10^6 ×)
ساکارز (گرم در لیتر)		
صفر	۵۹۷/۹۴	۱۲۱/۷۸
۱۵	۶۲۲/۲۲	۱۷۳/۷۸
۳۰	۶۲۳/۶۱	۱۵۷/۷۸
مولیبدن (گرم در لیتر)		
صفر	۵۴۴/۱۱ c	۱۶۶/۹۴
۰/۰۳	۶۱۷/۴۴ b	۱۶۵/۰۰
۰/۰۶	۶۸۲/۲۲ a	۱۷۱/۳۹
LSD 5%	۲۶/۱۶۱	۳۰/۷۱۳
ریزوبیوم		
عدم تلقیح	۵۸۳/۳۷ b	۱۴۸/۱۱ b
تلقیح	۶۴۵/۸۱ a	۱۸۷/۴۴ a
LSD 5%	۲۱/۳۶۰	۲۵/۰۷۷

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۲۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ، ساقه و طول ریشه تحت تأثیر اثر سه جانبه ریزوبیوم ، محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

ترکیبات تیماری			وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	طول ریشه (سانتی‌متر)
			گرم در مترمربع		
ریزوبیوم	ساکارز (گرم در لیتر)	مولیبدن (گرم در لیتر)			
عدم تلقیح	صفر	صفر	۳۷۲/۰۰	۳۰۲/۴۶	۲۱/۴۰
		۰/۰۳	۴۵۷/۱۵	۴۵۴/۷۰	۲۱/۶۶
		۰/۰۶	۶۴۲/۲۴	۳۲۹/۷۶	۲۶/۲۰
	۱۵	صفر	۴۱۶/۹۱	۳۰۰/۰۰	۲۸/۵۶
		۰/۰۳	۷۰۶/۶۸	۴۱۶/۲۳	۲۸/۹۳
		۰/۰۶	۷۹۸/۵۳	۴۲۱/۷۳	۲۳/۵۰
	۳۰	صفر	۷۵۸/۶۴	۵۱۰/۵۰	۲۳/۸۳
		۰/۰۳	۵۱۸/۷۵	۴۸۶/۸۶	۲۵/۱۶
		۰/۰۶	۴۹۹/۵۵	۶۶۳/۵۶	۲۳/۷۶
تلقیح	صفر	صفر	۴۰۱/۹۳	۳۸۸/۱۰	۲۲/۹۰
		۰/۰۳	۴۸۴/۰۷	۳۷۴/۵۳	۲۹/۰۰
		۰/۰۶	۷۷۲/۳۰	۳۶۹/۹۳	۲۲/۶۰
	۱۵	صفر	۵۸۸/۱۹	۴۳۰/۶۰	۲۲/۰۰
		۰/۰۳	۵۹۶/۱۲	۵۷۳/۲۳	۲۵/۹۳
		۰/۰۶	۷۰۰/۰۷	۲۹۸/۴۶	۲۷/۹۰
	۳۰	صفر	۴۴۴/۸۳	۵۱۱/۵۰	۲۷/۵۰
		۰/۰۳	۶۰۹/۸۳	۴۱۳/۱۶	۲۸/۱۶
		۰/۰۶	۶۲۲/۸۷	۶۷۸/۲۶	۲۸/۱۰
	LSD 5%		۲۱۶/۳	۱۲۹/۴	۳/۲

جدول پیوست ۲۲- مقایسه میانگین وزن گره، روغن دانه و نیتروژن برگ تحت تأثیر اثر سه جانبه ریزوبیوم ، محلول‌پاشی ساکارز و مولیبدن

ترکیبات تیماری			وزن گره	روغن دانه	نیتروژن برگ
			(گرم در بوته)	درصد	
ریزوبیوم	ساکارز (گرم در لیتر)	مولیبدن (گرم در لیتر)			
عدم تلقیح	صفر	صفر	۰/۹۰	۲۱/۷۰	۳/۳۱
		۰/۰۳	۱/۲۴	۱۸/۰۰	۳/۸۷
		۰/۰۶	۰/۸۷	۱۶/۷۷	۴/۳۰
	۱۵	صفر	۱/۲۳	۱۶/۱۶	۳/۸۱
		۰/۰۳	۱/۱۵	۱۹/۱۶	۳/۰۸
		۰/۰۶	۱/۴۳	۱۸/۴۲	۵/۱۴
	۳۰	صفر	۱/۰۱	۲۱/۳۶	۳/۲۰
		۰/۰۳	۱/۲۲	۱۹/۰۰	۴/۶۲
		۰/۰۶	۱/۱۶	۱۶/۰۳	۳/۸۵
تلقیح	صفر	صفر	۱/۱۶	۱۸/۶۶	۳/۴۱
		۰/۰۳	۱/۳۵	۱۵/۱۶	۴/۹۰
		۰/۰۶	۱/۴۵	۱۵/۵۸	۶/۷۴
	۱۵	صفر	۱/۱۴	۲۱/۰۰	۳/۶۴
		۰/۰۳	۱/۶۵	۱۶/۶۶	۵/۴۲
		۰/۰۶	۱/۳۴	۱۵/۴۲	۵/۸۹
	۳۰	صفر	۱/۵۰	۱۹/۳۳	۳/۵۵
		۰/۰۳	۱/۵۷	۱۶/۰۰	۴/۱۱
		۰/۰۶	۱/۹۱	۱۵/۵۰	۵/۱۵
		LSD 5%	۰/۳۱۰	۲/۷۱۸	۱/۲۰۸

منابع

آلیاری، ه.، شکاری، ف. و شکاری، ف. ۱۳۷۹. دانه‌های روغنی (زراعت و فیزیولوژی). انتشارات عمیدی تبریز. ۱۸۲ صفحه.

اسدی رحمانی، ه.، اصغرزاده، ا.، خاوازی، ک.، رجالی، ف. و ثواقبی، غ. ۱۳۸۶. حاصلخیزی بیولوژیک خاک: کلیدی برای استفاده پایدار از اراضی در کشاورزی (ترجمه). چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. ۶۹۳ صفحه.

افشاری، ع.، صباغ پور، س.ح.، حاج سید هادی، م. و اسدی رحمانی، ه. ۱۳۹۲. تأثیر باکتری های ریزوبیوم و محرک رشد گیاه بر عملکرد و اجزاء عملکرد لوبیا چیتی. مجله فن‌آوری تولیدات گیاهی. ۵(۱): ۷۱-۸۱.

بای بوردی، ا. و طباطبایی، س.ج. ۱۳۸۷. اثر محلول‌پاشی ساکارز و اوره بر تشکیل میوه در بادام. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۹: ۱۳۴-۱۴۱.

بای‌وردی، ا. ۱۳۸۵. روی در خاک و تغذیه گیاه. انتشارات پایور.تبریز. ۱۸۸ صفحه.

ترابی جفرودی، ا.، حسن زاده، ا. و فیاض مقدم، ا. ۱۳۸۵. اثر تراکم کاشت روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی دو رقم لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). ۷۴: ۶۳-۷۱.

جامی الاحمدی، م.، کامکار، ب. و مهدوی دامغانی، ع.ا. ۱۳۸۵. کشاورزی، کود و محیط زیست (ترجمه). چاپ اول. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۷۲ صفحه.

حسن پور، ج.، کنانی، س.م. و تیموری، س. ۱۳۹۴. اثر محلول‌پاشی مولیبدن بر عملکرد، خصوصیات کیفی و شاخص‌های رشد گندم در شرایط تنش خشکی. نشریه زراعت. ۱۰۶: ۴۵-۵۴.

خالق نژاد، و. و جباری، ف. ۱۳۹۳. اثر تلقیح بذر با ریزوبیوم و ریزوباکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه (PGPR) بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود زراعی در شرایط فاریاب و دیم. مجله به زراعی کشاورزی. ۱۶(۴): ۹۵۷-۹۷۲.

خواجه پور، م.ر. ۱۳۸۹. گیاهان صنعتی. چاپ چهارم. انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان. ۵۸۰ صفحه.

رجالی، ف.، اسدی رحمانی، ه.، خاوازی، ک.، اصغرزاده، ح. و افشاری، م. ۱۳۸۹. جایگاه کودهای بیولوژیک فسفاتی و ضرورت توسعه آن‌ها در کشاورزی ایران. اولین کنگره‌ی چالش‌های کود در ایران: نیم قرن مصرف کود. ۱۰-۱۲ اسفند. تهران.

رستگار، م. ۱۳۸۵. دیمکاری. انتشارات برهمند. ۲۴۰ صفحه.

رفیعی، ا.، آقاعلیخانی، م. و مدرس ثانوی، س.ع. ۱۳۹۳. بازتاب سویا به مقدار کاربرد نیتروژن در سیستم‌های تغذیه‌ای متداول، آلی و تلفیقی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۴(۲): ۱-۱۸.

سرمدنیا، غ.ح و کوچکی، ع. ۱۳۸۶. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

سیدی، م.ن و سید شریفی، ر. ۱۳۹۲. تأثیر تلقیح بذر با ریزوبیوم و مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و خصوصیات زراعی سویا در شرایط اردبیل. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۱(۴): ۶۱۸-۶۲۸.

شکوه‌فر، ع.، شهولی، ر. و قدرتی، غ. ۱۳۸۷. ارزیابی عکس‌العمل سویا نسبت به مقادیر و سویه‌های مختلف باکتری *Bradyrhizobium japonicum* در منطقه شمال خوزستان. مجله زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۴(۲): ۸۱-۹۱.

شیری جناقرد، م. و راعی، ی. ۱۳۹۳. اثر باکتری‌های محرک رشد بر گره‌زایی و عملکرد روغن و پروتئین دانه سویا. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۳(۱): ۷۰-۸۲.

صالح راستین، ن. ۱۳۷۷. کودهای بیولوژیک. مجله علوم آب و خاک. ۱۲(۳): ۱-۳۶.

ظفری، ع.، عبادی، م.، پرمون، ق. و جهانبخش، س. ۱۳۹۴. تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر تولید متابولیت‌های سازگاری و برخی خصوصیات یونجه همدانی طی تنش خشکی. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۴(۱۴): ۶۱-۷۵.

عرب پوریانی، پ.، مدنی، ح. و مسعود سینکی، ج. ۱۳۹۲. تأثیر محلول‌پاشی به کمک محرک رشد پلی آمین، بر و مولیبدن قبل از گلدهی بر عملکرد و شاخص‌های رشد گلرنگ. یافته‌های نوین کشاورزی. ۷(۳): ۲۴۱-۲۵۱.

علی‌اصغرزاده، ن.ع. ۱۳۸۱. تأثیر میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات و برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم بر روی محصول و جذب مواد غذایی در سویا. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز. گروه خاکشناسی. صفحه ۷۲-۸۲.

فتحی، ق. و عنایت‌قلی زاده، م.ر. ۱۳۸۸. تأثیر کودهای کم مصرف آهن، روی و مس بر رشد و عملکرد ارقام جو در شرایط آب و هوایی خوزستان. فصلنامه علمی تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱(۱): ۲۸-۴۱.

فرنیا، ا. و مدنی، ح. ۱۳۸۹. تأثیر تنش خشکی و نژادهای مختلف باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم بر خصوصیات کمی و کیفی سویا رقم کلارک. یافته‌های نوین کشاورزی. ۴(۴): ۳۹۱-۴۰۴.

فرنیا، ا.، نورمحمدی، ق. و نادری، ا. ۱۳۸۶. تاثیر تنش خشکی بر گره بندی و تثبیت نیتروژن نژادهای مختلف باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم در سویا. مجله یافته های نوین کشاورزی. ۲: ۱۳۵-۱۴۹.

کریمی، م. ۱۳۷۵. اصول و مبانی زراعت. نگارش سوم. انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان. ۶۵۴ صفحه.

کشاورزنیا، ر.، شهبازی، م.، محمدی، و.ا، حسینی سالکده، ق.، احمدی، ع. و محسنی فرد، ا. ۱۳۹۳. نقش ساختار ریشه و صفات فیزیولوژیک جو در پاسخ به تنش خشکی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۵(۴): ۵۵۳-۵۶۳.

کوچکی، ع. و خلقانی، ج. ۱۳۷۴. شناخت مبانی تولید محصولات زراعی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۷۷ صفحه.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ۱۳۸۶. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). چاپ شانزدهم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

لطیفی، ن. ۱۳۷۲. زراعت سویا. زراعت، فیزیولوژی، مصارف (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۲ صفحه.

لکزیان، ا.، حلاج نیا، ا.، نصیری محلاتی، م. و نیک بین، ف. ۱۳۸۸. تأثیر باکتری ریزوبیوم لگومینوراروم بیوار فازئولی بر جذب و افزایش تحمل به آرسنیک در گیاه لوبیا. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳(۳): ۳۶-۴۴.

مشایخی، ک. و آتشی، ص. ۱۳۹۱. تأثیر محلول‌پاشی بر و ساکارز بر روی برخی خصوصیات بیوشیمیایی گیاه توت فرنگی رقم کاماروسا. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۹(۴): ۱۵۷-۱۷۲.

معلم، ا.ح. و عشقی زاده، ح.ر. ۱۳۸۶. کاربرد کودهای بیولوژیکی: مزیت‌ها و محدودیت‌ها. مجموعه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران. ۲۵-۲۶ مهرماه. گرگان. صفحات ۷۴۰-۷۶۱.

ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۸. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. چاپ دوم. نشر آموزش کشاورزی. ۴۲۰ صفحه.

مقصودی، ب.، جعفری حقیقی، ب. و جعفری، ع.ر. ۱۳۹۳. تأثیر کاربرد عناصر ریزمغذی و هورمون اکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دوروم. مجله‌ی علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۶: ۱۳-۲۶.

مهقانی، ف.، برادران فیروز آبادی، م.، غلامی، ا. و قربانی قوژدی، ح. ۱۳۹۱. اثر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی ساکارز بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی (*Vigna siensis* L.). اولین همایش ملی تنش های گیاهی (غیر زیستی). ۱۰ و ۱۱ آبان ماه ۱۳۹۱. دانشگاه اصفهان.

میرزایی، ح. ۱۳۸۳. پروتئین سویا. تهران، نشر علوم کشاورزی. ۱۳۷ صفحه.

ناصری، ف. ۱۳۷۰. دانه‌های روغنی. انتشارات آستان قدس رضوی. ۵۷۲ صفحه.

Abdin, O.A., Xiaomin, Zh., Coulman, B.E., Cloutier, D., Faris, M.A. and Smith, D.L. 1998. Effect of sucrose supplementation by stem injection on the development of soybean plants. J. of Exp. Bot. 329(49): 2013-2018.

Abdul Jabbar, B.K., Saud, H.M., Ismail, M.R., Othman, R., Habib, S.H. and Kausar, K. 2013. Influence of molybdenum in association with rhizobium on enhanced biological nitrogen fixation, growth and yield of soybean under drip irrigation system. Legume Res. 36(6): 522-527.

Ahmad, R., Ahmad Waraich, E., Ashraf, M.Y., Ahmad, S. and Aziz, T. 2014. Does nitrogen fertilization enhance drought tolerance in sunflower? A review. J. of. Plant Nutri. 37(6): 942-963.

Ahmed, R., Solaiman, A.R. M., Halder., N.K., Siddiky, M.A. and Islam, M.S. 2007. Effect of inoculation methods of rhizobium on yield attributes, yield and protein content in seed of pea. J. of Soil Sci. 1(3): 30-35.

Ahmed, S. 1995. Agriculture-Fertilizer Interface in Asia-Issues of Growth and sustainability. Oxfeor and IBH Publ. Co. New Delhi.

Alam, F., Kim, T.Y., Kim, S.Y., Alam, S.S., Pramanik, P., Kim, P.J. and Lee, Y.B. 2015. Effect of molybdenum on nodulation, plant yield and nitrogen uptake in hairy vetch (*Vicia villosa* Roth). Soil Sci. and Plant Nutri. 1-12.

Alben Awomei, T., Singh, A.K., Monoj-Kumar, L. and Bardoloi, L.J. 2012. Effect of phosphorus, molybdenum and cobalt nutrition on yield and quality of mungbean (*vigna radiate* L.) in acidic soil of northest india. Ind. J. of. hill forming. 25(2): 22-26.

Alvim, P. 1960. Net assimilation rate and growth behavior of beans affectad by giberlic acid, urea and sugare sprays. Plant Physiol. 32: 285-288.

Arnon, D.I. and Stout, P.R. 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plant with special reference to copper. Plant Physiol. 14(2):371-375.

Arnon, D.I. and Stout, P.R. 1939. Molybdenum as an essential element for higher plants. Plant Physiol. 14: 599-602.

Arshad, M., Shaharoona, B., and Mahmood, T. 2008. Inoculation with pseudomonas spp. containing ACC-deaminase partially eliminates the effects of drought stress on growth, yield and ripening of Pea (*Pisum sativum* L.). Pedosphere. 18: 611-620.

Arzani., K. and Hokmabadi, H. 2002. Effects of some carbohydrates on qualitative and quantitative traits of pistachio nuts CV. Kalleh- Ghovchi. Acta Hort. 594: 291-295.

Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. Crit. Rev. Plant Sci. 13: 17-42.

Ayoola, O.T. 2010. Yield performance of crops and soil chemical changes under fertilizer treatments in a mixed cropping system. Afr. J. of. Biotech. 9: 4018-4021.

Bambara, S. and Ndakidemi, P. 2009. Effects of Rhizobium inoculation, lime and molybdenum on photosynthesis and chlorophyll content of *Phaseolus vulgaris* L. Afric. J. of Micro Res. 3(11): 791-798.

Barratt, D.H., Derbyshire, P., Findlay, K., Pike, M., Wellner, N., Lunn, J., Feil, R., Simpson, C., Maule, A.J. and Smith, A.M., 2009. Normal growth of Arabidopsis requires cytosolic invertase but not sucrose synthase. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 106: 13124–13129.

Bartley, E.G. and Scolnik, P.A. 1995. Plant carotenoids: pigments for photoprotection, visual attraction and human health. The plant cell. 7: 1027-1038.

Baset Mia, M.A., Shamsuddin, Z.H. and Mahmood, M. 2012. Effects of rhizobia and plant growth promoting bacteria inoculation on germination and seedling vigor of lowland rice. Afric. J. of Bio. 11(16): 3758-3765.

Bavec, F. and Bavec, M. 2002. Effects of plant population on leaf area index, cob characteristics and grain yeald of early maturing maize cultivars (FAO 100-400). Eur. J. Agron. 16: 151-159.

Beijerinck, M.W. 1888. Cultur des Bacillus radicola aus den Kno¨ llchen. Bot. Ztg. 46: 740–750.

Bergland, R.B. 2002. Soybean production field guid for north Dakota and northwestern minesota. NDSU extension service north Dakota soybean council minesota soybean research and promotion council. 136 page.

Berry, J.A. and Reisenauer, H.M. 1967. The influence of molybdenum on iron nutrition on tomato. Plant and Soil. 27: 303-313.

Baskaran, P. and Jayabalan, N. 2005. Role of basal medium, carbon source and growth regulator in micropropagation of *Eclipta alba* - a valuable medicinal herb. KMITL Sci J. 5: 469-682.

Bhattacharya, B., Chakraborty, A., Bandyopadhyay, S. and Samanta, D. 1997. Effect of S, Zn and Mo on groundnut (*Arachis hypogaea* L.) grown with saline water irrigation in coastal saline soil of West Bengal. Indian Agriculturist. 41(2): 145-153.

Bhuiyan, M.M.H., Rahman, M.M., Afroz, F., Sutradhar, G.N.C. and Bhutyan, M.S.I. 2008. Effect of phosphorus, molybdenum, and rhizobium inoculation on growth and nodulation on mongbean. J. of Soil and Nature. 2(2): 25-30.

Biswas, J.C., Ladha, J.K. and Dazzo, F.B. 2000. Rhizobial inoculation improves nutritional uptake and growth of lowland rice. Soil Sceince Society of America Journal. 64: 1644-1650.

Bittner, F. 2014. Molybdenum metabolism in plants and crosstalk to iron. Front. Plant Sci. 5: 28.

Bojovic, B. and Markovic, A. 2009. Correlation Between Nitrogen and Chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). Kragujevac J. Sci. 31: 69-74.

Bortels, H. 1930. Molybd€an als Katalysator bei der biologischen Stickstoffbindung. Arch. Mikrobiol. 1: 333-342.

Bowen, G.D and Rovira, A.D. 1999. The rhizospher and management to improve plant growth. Adv. in Agron. 66: 1-102.

Callaham, D.A. and Torrey, J.G. 1981. The structural basis for infection of root hairs of Trifolium repens by Rhizobium. Can. J. of. Bot. 59: 1647– 1664.

Calvert, H.E., Pence, M.K., Pierce, M., Malik, N.S.A. and Bauer, W.D. 1984. Anatomical analysis of the development and distribution of Rhizobium infections in soybean roots. Can. J. of. Bot. 62: 2375-2384.

Celik, H., Asik, B.B., Gurel, S. and Katkat, A.V. 2010. Effects of potassium and iron on macro element uptake of maize. Zemdirbyste-Agric. 97(1): 11-22.

Chai, X.R., Kang, Y.Y., Li, X.X., Yang, X., and Zhang, X.L. 2013. Effect of foliar application of sucrose on yield and soluble sugar content of flowering chinese cabbage. China Vegetables. 20: 61-66.

Chapman, H.D. and Pratt, P.F. 1982. Method of plant analysis. I. method of analysis for soils, plants and water. Chapman publishers, riversid, CA. 309pp.

Chopra, J., Kaur, N. and Gupta, A.K. 1998. Carbohydrate atatus and sucrose metabolism in mungbean roots and nodules. Phytochemistry. 49(7): 1891-1895.

Crespi, M. and Gálvez, S. 2000. Molecular mechanisms in root nodule development. J. of Plant Growth and Reg. 19(2): 155–166

Crowe, L.M., Mourdadian, R., Crowe, J.H., Jackson, S.A. and Womersley, C. 1984. Effects of carbohydrates on membrane stability at low water activities. Biochimica et Biophysica Acta. 769: 141-150.

Dakora, F.D. 2003. Defining new roles for plant and rhizobial molecules in sole and mixed plant cultures involving symbiotic legumes. New Phytol. 158(1): 39-49.

Date, R.A. 2001. Advances in inoculant technology: a brief review. Aus. J. of. Exp. Agric. 41: 321-325.

Deckers, J. and Steinnes, E. 2004. State of the art on soil-related geo-medical issues in the world. Adv. Agron. 84: 1–35.

Deshwal, V.K., Singh, S.B., Kumar, P. and Chubey, A. 2013. Rhizobia unique plant growth promoting rhizobacteria: A review. Int. J. of. Life Sci. 2(2): 74-86.

Dixon, R.O.D. and Wheeler, C.T. 1986. Nitrogen Fixation in Plants. Chapman and Hall, New York. 157pp.

Doss, B.D., Pearson, R.W. and Rogers, H.R. 1974. Effect of soil water stress at various growth stages of soybean yield. Agron. J. 66: 297-299

El Hadi, E.A. and Elsheikh, E.A.E. 1999. Effect of Rhizobium inoculation and nitrogen fertilization on yield and protein content of six chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in marginal soils under irrigation. Nutr. Cyc. In. Agroecosystems. 54(1): 57-63.

Epstein, E. and Bloom, A.J. 2005. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives, second ed. Sinauer Associates Inc, Sunderland, MA. 380 pp.

FAO. 2008. FAOSTAT.Crop production data. FAOSTAT@Fao.org

FAO. 2009. World consumption in nutrients. http://faostat3.fao.org/browse/R/RF/E

Feher, W.R. and Caviness, C.E. 1977. Stage of soybean development. Lowa state. Uni. Press. pp: 80.

Ferguson, B.J. 2013. The development and regulation of soybean nodulation. Intech. Pp: 31-47.

Ferguson, B.J., Indrasumunar, A., Hayashi, S., Lin, M.H., Lin, Y.H., Reid, D.E. and Gresshoff, P.M. 2010. Molecular analysis of legume nodule development and autoregulation. J. of Integrative Plant Biol. 52: 61-76.

Ferguson, B.J. and Mathesius, U. 2003. Signaling interactions during nodule development. J. of Plant Growth Reg. 22: 47-72.

Frank, B. 1889. About the fungal symbiosis of legumes. Ber. Deut. Bot. Ges. 7: 332–346.

Fred, E.B., Baldwin, I.L. and McCoy, E. 1932. Root nodule bacteria and leguminous plants. University of Wisconsin Studies in Science, number 5. University of Wisconsin Press, Madison.

Fuzhong, W., Weikai, B., Fanglan, L. and Ning, W. 2008. Effect of drought stress and N supply on the growth, biomass partitioning and water- use efficiency of Sophora davidii seedling. Environ. Exp. Botany. 63: 248-255.

Gad, N. and Abde El-Moez, M.R. 2013. Influenced of molybdenum on nodulation, nitrogen fixation and yield of cowpea. J. of Appl. Sci. Res. 9(3): 1498-1504

Gage, D.J. 2004. Infection and invasion of roots by symbiotic, nitrogen fixing rhizobia during nodulation of temperate legumes. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 68: 280–300.

Gerloff, G.C., Stout, P.R. and Jones, L.H.P. 1959. Molybdenum-manganese-iron antagonisms in the nutrition of tomato plants. Plant Physiol. 34: 608-613.

Gerrits, N., Turk, S.C., Van Dun, K.P., Hulleman, S.H., Visser, R.G., Weisbeek, P.J. and Smeekens, S.C. 2001. Sucrose metabolism in plastids. Plant Physiol. 125: 926–934.

Gautam, R., Singh, S.K. and Sharma, V. 2015. Suppression of soil-borne root pathogens of arid legumes by *Sinorhizobium saheli*. SAARC J. Agric. 13(1): 63-74.

Giddens, J. 1964. Micronutrients—the new dimension in agriculture. Fert. Solutions Magazine. 7: 18–21.

Gholinezhad, E., Aynaband, A., Ghorthapeh, A.H., Noormohamadi, G. and Bernousi, I. 2009. Study the effect of drought stress on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid iroflor at different levels of nitrogen and plant population. Not. Bot. Horti. Agron. Cluj-Napoca. 37(2): 85-94.

Glyan'ko, A.K., Vasil'eva, G.G., Mitanova, N.B. and Ishchenko, A.A. 2009. The influence of mineral nitrogen on legume-rhizobium symbiosis. BIOLOGY BULLETIN. 36(3): 250-258.

Graham, P.H. and Vance, C.P. 2003. Legumes: Importance and constraints to greater use. Plant Physiol. 131: 872–877.

Gupta, U.C. 1991. Boron, molybdenum and selenium status in different plant parts in forage legumes and vegetable crops. J. Plant Nutr. 14: 613–621.

Haby, V.A., Baker, M.L. and Feagley, S. 2012. Chapter III: Soils and fertilizers. In: Masabni, J., Dainello, F. and Cotner, S. (eds). Texas Vegetable Growers' Handbook. Retrieved Dec. 17, 2012 from http://aggie-horticulture.tamu.edu/vegetable/texas-vegetable-growers handbook/chapter-iii-soils-fertilizers/.

Hafner, H., Ndunguru, B.J., Bationo, A. and Marschner, H. 1992. Effect of nitrogen, phosphorus and molybdenum application on growth and symbiotic N2-fixation of groundnut in an acid sandy soil in Niger. Fert. Res. 31(1): 69-77.

Halder, A. and Chakrabartty, P.K. 1993. Solubilization of inorganic phosphate by Rhizobium. Folia Microbiol. 38: 325-330.

Hamlin, R.L. 2007. Molybdenum. In: Barker, A.V. and Pilbeam, D.J. (Eds.), Handbook of Plant Nutrition. Taylor and Francis Group, New York, pp 375-394.

Hardy, R.W.F. 1977. Rate-limiting steps in biological photoproductivity. In Genetic Engineering for Nitrogen Fixation. Edited by Hollaender, A. New York & London: Plenum Press. pp 369-397.

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.

Hristozkova, M., Geneva, M. and Stancheva, I. 2006. Response of pea plants (*Pisum sativum* L.) to reduced supply with molybdenum and copper. Int. J. of. Agri. and Biol. 8(2): 218-220.

Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sanchez-Diaz, M. 1992. Alfalfa leaf senescence induced by drought stress: photosynthesis, hydrogen peroxide metabolism, lipid peroxidation and ethylene evoluation. Physiologia Plantarum. 84: 67-72.

Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentration of prolun and total soluble sugarsin nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.). Plant Physiol., 84: 55-60.

Jafari Far, A., Saki Nejad, T. and Mojadam, M. 2014. The effect of different methods of rhizobium bacteria inoculation on biological nitrogen fixation in broad bean. Int. J. of. Plant, Ani. and Environ. Sci. 4(2): 346-352.

Kaiser, B.N., Gridley, K.L., Brady, J.N., Phillips, T. and Tyerman, S.D. 2005. The role of molybdenum in agricultural plant production. Ann. Bot. 96: 745-754.

kamen, M.D. 1963. Primary processes in photosynthesis. Academic press. 181 pp.

Kerepsi, L. and Galiba, J. 2000. Osmotic and salt stress- induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedling. Crop Sci. 40: 482-487.

Koller, H.R., Nyquist, W.E. and Kourosh, I.S. 1980. Growth analysis of soybean Community. Crop Sci., 10: 215-218.

Kramer, P.S. 1983. Water relations of plants. Academic Press. Pp. 342-415.

Kumar, R., Singh, V.P. and Singh, R.C. 2002. Effect of N and P fertilization on summer planted mungbean (*Vigna radiata* L.). Crop Res. 24(3): 467- 470.

Lamb, J.A., Fernandez, F.G., and Kaiser, D.E. 2014. Extension Specialists in Nutrient Management. University of Minnesota. www.extension.umn.edu/agriculture/nutrient management/

Lamptey, S., Ahiabor, B.D.K., Yeboah, S. and Osei, D. 2014. Effect of rhizobium inoculants and reproductive growth stages on shoot biomass and yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merril). J. of. Agric. Sci. 6(5): 44-54.

Leffel, R.C., Cregan, P.B., Bolgiano, A.P. and Thibeau, D.J. 1992. Nitrogen metabolism of normal and high-seed-protein soybean. Crop Sci. 32:747-750.

Liu, P., Yang, Y.S., Xu, G.D., Fang, Y.H., Yang, Y.A. and Kalin, R.M. 2005. The effect of molybdenum and boron in soil on the growth and photosynthesis of three soybean varieties. Plant Soil Environ. 51(5): 197-205.

Lodha, J.K. 1995. Management of biological nitrogen fixation for the development of more productive and sustainable agricultural systems. Plant and Soil. 174: 1-2.

Lunn, J.E. 2002. Evolution of sucrose synthesis. Plant Physiol. 128: 1490–1500.

Mariotti, F., Tomé, D. and Mirand, M.M. 2008. Converting Nitrogen into Protein—Beyond 6.25and Jones' Factors. Critical Rev. in Food Sci and Nutri. 48: 177–184.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. San Diego, CA. USA. 889 pp.

Marschner, H. 2011. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press. London. 200 pp.

Mathews, A., Carroll, B.J. and Gresshoff, P.M. 1989. Development of Bradyrhizobium infection in supernodulating and non-nodulating mutants of soybean (*Glycine max* [L.] Merrill). Protoplasma. 150: 40–47.

Maynard, J. and Wiliam, L. 1982. Sucrose and glucose uptake into Beta vulgaris leaf tissues. Plant Physiol. 70(5): 1436-1443.

McFarlane, J.D., Judson, G.J. and Gouzos, J. 1990. Copper deficiency in ruminants in the southeast of South Australia. Aus. J. Exp. Agric. 30: 187–193.

Mendel, R.R. and Hänsch, R. 2002. Molybdoenzymes and molybdenum cofactor in plants. J. Exp. Bot. 53: 1689–1698.

Mendel, R.R. and Kruse, T. 2012. Cell biology of molybdenum in plants and humans. Biochimica et Biophysica Acta 1823: 1568–1579.

Mendel, R.R. and Schwarz, G. 1999. Molybdoenzymes and molybdenum cofactor in plants. Crit. Rev. Plant Sci. 18: 33-69.

Merchant, S.S. The elements of plant micronutrients. 2010. The elements of plant micronutrients. Plant Physiol. 154: 512-515.

Mfilinge, A., Mtei, K. and Ndakidemi, P. 2014. Effect of rhizobium inoculation and supplementation with phosphorus and potassium on growth and total leaf chlorophyll (Chl) content of bush bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agric. Sci. 5: 1413-1426.

Millikan, C.R. 1948. Antagonism between molybdenum and certain heavy metals in plant nutrition. Nature. 161: 528-528.

Miyata, M., Shibasaka, M. and Kawasaki, T. 1993. Effects of sugars on potassium translocation in excised barley roots. Soil Sci. Plant Nutr. 39(3): 445-453.

Mohamed, M.H. & Alsadon, A.A. 2010. Influence of Ventilation and Sucrose on Growth and Leaf Anatomy of Micropropagated Potato Plantlets. Sci Hort. 123: 295–300.

Movahhedy-dehnavy, M., Modarres-Sanavy, S.A.M. and Mokhtassi-Bidgoli, A. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Indus. Crops and Products. 30: 82-92.

Mosavi, S.R., Galavi, M. and Ahmadvand, G. 2007. Effect of zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato (*Solanum tuberosum* L.). Asi. J. of. Plant Sci. 6: 1256-1260.

Muñoz-Huerta, R.F., Guevara-Gonzalez, R.G., Contreras-Medina, L.M., Torres-Pacheco, I., Prado-Olivarez, J. and Ocampo-Velazquez, R. 2013. A review of methods for sensing the nitrogen status in plants: advantages, disadvantages and recent advances. Sensors. 13: 10823-10843.

Paul, E. and Clark, F.E. 1996. Soil biology and biochemistry. Academic Press. San Diego. 515 pp.

Philips, D.A., Akora, F.D.D., Sande, E., Joseph, C.M. and Zon, J. 1994. Synthesis, realease and transmission of alfaalfa signal to rhizobial symbiosis. Plant soil. 161: 69-80.

Pimentel, D., Harman, R., Pacenza, M., Pecarsky, J. and Pimentel, M. 1994. Natural resources and an optimum human population. Popul. and Environ. 15: 347-369.

Pimentel, D., Huang, X., Cordova, A. and Pimentel, M. 1997. Impact of population growth on food supplies and environment. Popul. and environ. 19: 9-14.

Prior, S.A. and Rogers, H.H. 1995. Soybean growth response to water supply and atmospheric carbon dioxide enrichment. J. of Plant Nutri. 18: 617–36.

Rabbi, A.K. M.Z., Paul, A.K. and Sarker, J.R. 2011. Effect of nitrogen and molybdenum on the growth and yield of garden pea (*Pisum sativum* L.). Plant Resour. Manage. 2(2): 230-235.

Rahman, M.M., Bhuiyan, M.M.H., Sutradhar, G.N.C., Rahman, M.M. and Paul, A.K. 2008. Effect of phosphorus, molybdenum and rhizobium inoculation on yield and yield attributes of mungbean. Int. J. Sustain. Crop Prod. 3(6): 26-33.

Rajendran, K. and Devarj, P. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farm land. Biomass and Bioenergy. 26: 235-249.

Rao, D.L.N. 2014. Recent advances in biological nitrogen fixation in agricultural systems. Proc Indian Natn Sci Acad. 2: 359-378

Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N. and Dharmatti, P.R. 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L). Karnataka J. Agric. Sci. 32: 382-385.

Rawsthorne, S., Minchin, F.R., Summerceld, R.J., Cookson, C. and Coombs, J. 1980. Carbon and nitrogen metabolism in legume root nodules. Phytochemistry. 19: 341-355.

Reichman, S.M. 2007. The potential use of the legume-rhizobium symbiosis for the remediation of arsenic contaminated sites. Soil Biol. and Biochem. 39:2 587–2593.

Rinaudi, L., Fujishige, N., Hirsch, A.M., Banchio, E., Zorreguieta, A. and Giordano, W. 2006. Effects of nutritional and environmental conditions on *Sinorhizobium meliloti* biofilm formation. Res. in Microb. 157: 867–875.

Rousta, C., Saleh Rastin, N. and Mazaheri Assadi, M. 1998. Reviewed and Azospirillum in some soils of Iran. Iran. J. of. Agric. Sci. 29: 285-298.

Sairam, R.K. and Srivastsva, G.C. 2001. Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivium* L.) vaiation in hydrogen peroxide assumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotype. J. Agron. and Crop Sci., 186:63-700.

Salerno, G.L. and Curatti, L. 2003. Origin of sucrose metabolism in higher plants: when, how and why? Trends Plant Sci. 8: 63–69.

Sanchez-Echaniz, J., Benito-Fernandez, J. and Mintegui-Raso, S. 2001. Methemoglobinemia and consumption of vegetables in children. Pediatrics. 107: 1024-1028.

Saneoka, H., Moghaieb, R.E.A., Premachandra, G.S. and Fujita, K. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in Agrostis palustrais Huds. Environ. Exp. Botany. 52: 131-138.

Sarwar, G., Peace, R.W. and Botting, H.G. 1993. Effect of amino acid supplementation on protein quality of soy based infant formulas. Plant Foods Hum. Nutr. 43:259–66.

Sauer, N. 2007. Molecular physiology of higher plant sucrose transporters. FEBS Lett. 581: 2309–2317.

Savci, S. 2012. Investigation of effect of chemical fertilizers on environment. APCBEE Procedia. 1: 287 – 292.

Sawada, H., Kuykendall, L.D. and Young, J.M. 2003. Changing concepts in the systematics of bacterial nitrogen-fixing legume symbionts. J. Gen. Appl. Microbiol. 49(3): 155–179

Schreven, D.A. 1959. Effects of added sugars and nitrogen on nodulation of legumes. Plant Soil. 11: 93-112.

Seasy, A. and Shibles, R. 1980. Mineral depletion and leaf senescence in soybean as influenced by foliar nutrient application during seed filling. Ann. Bot. 45: 47- 55.

Siczek, A. and Lipiec, J. 2016. Impact of faba bean-seed rhizobial inoculation on microbial activity in the rhizosphere soil during growing season. Int. J. Mol. Sci. 17(5): 1-9.

Sigel, S. 2002. Molybdenum and tungsten. Their roles in biologicasl processes. Metal ions in biological systems. New York Marcel Dekker. 2: 234-238.

Silva, M.M., Vale, M.G.R., Damin, I.C.F., Welz, B., Mandaji, M. and Fett, J.P. 2003. Method development for the determination of iron in milligram amounts of rice plants (*Oryza sativa* L.) from cultivation experiments using graphite furnace atomic absorption spectrometry. Anal Bioanal Chem. 377: 165–172.

Skarpa, P., Kunzova, E. and Zukalova, H. 2013. Foliar fertilization with molybdenum in sunflower (*Heliantus annus* L.). Plant soil Environ. 59(4): 156-161.

Sonnewald, U., Brauer, M., Von Schaewen, A., Stitt, M. and Willmitzer, L. 1991. Transgenic tobacco plants expressing yeast-derived invertase in either the cytosol, vacuole or apoplast: a powerful tool for studying sucrose metabolism and sink/source interactions. Plant J. 1: 95–106.

Smeekens, S. 2000. Sugar- induced signal transduction in plants. Annu. Per. Plant physiol. 51: 49-81.

Sprent, J. 2009. Legume nodulation: a global perspective. Wiley-Blackwell. 200 pp.

Sprent, J.I. 1992. Effects on the fine structure of detached soybean nodules. New Phytol. 71: 443-450.

Sprent, J. and Sprent, P. 1990. Nitrogen fixating organisms. Chapman and Hall, New York.

Srivastava, P.C. 1997. Biochemical significance of molybdenum in crop plants. In: Gupta, U.C (ed.), Molybdenum in agriculture. U.K: Cambridge University Press. 47–70.

Stefanescu, M., and Palanciuc, V. 2000. Efficiency of bacterial inoculation and mineral nitrogen and phosphorus fertilization in rainfed soybean. Roma. Agric. Res. 13: 75-83.

Steiner, F. and Zoz, T. 2015. Foliar application of molybdenum improves nitrogen uptake and yield of sunflower. Afr. J. Agric. Res. 10(17): 1923-1928.

Steven- son, F.J. 1982. Nitrogen in agricultural soils. American society of agronomy, Madison, Wisconsin U.S.A., 940 p.

Stowers, M.D. 1985. Carbon metabolism in rhizobium species. Annul. Rev. of Microbiol. 39: 89-108.

Sumary, O., Muslihatin, W. and Ratnadewi, D. 2012. Effect of Carbohydrate Source on Growth and Performance of In Vitro Sago Palm (*Metroxylon sagu* Rottb.) Plantlets. HAYATI J. of Biosci. 19(2): 88-92.

Szarka, A., Horemans, N., Passarella, S., Tarcsay, A., Orsi, F., Salgo, A. and Banhegyi, G. 2008. Demonstration of an intramitochondrial invertase activity and the corresponding sugar transporters of the inner mitochondrial membrane in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. Planta. 228: 765–775.

Togay, N., Togay, Y., Cimrin, K.M. and Turan, M. 2008. Effect of Rhizobium inoculation, sulfur and phosphorus application on yield, yield components and nutrient uptake in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Afric. J. Biotech. 7(6): 776-782

Thom, M. and Maretzki, A. 1999. Evidence for direct uptake for sucrose by sugarance stalk tissue. J. of Plant Physiol. 139: 555-559.

Trabelsi, D., Ammar, H.B., Mengoni, A. and Mhamdi, R. 2012. Appraisal of the crop-rotation effect of rhizobial inoculation on potato cropping systems in relation to soil bacterial communities. Soil Biol. Biochem. 54: 1–6.

Turgeon, B.G. and Bauer, W.D. 1985. Ultrastructure of infection thread development during infection of soybean by *Rhizobium japonicum*. Planta. 163: 328–349.

Udvardi, M. and Day, D. 1997. Metabolite transport across symbiotic membranes of legume nodules. Ann. Rev. of. Plant. Physio. and Plant Mol. Biol. 48: 493–523.

Unkles, S.E., Wang, R., Wang, Y., Glass, A.D.M., Crawford, N.M. and Kinghorn, J.R. 2004. Nitrate reductase activity is required for nitrate uptake into fungal but not plant cells. J. of Biol. Chem. 279: 28182–28196.

USDA Foreign Agricultural service. 2016. Production, Supply and Distribution Online. Retrieved 11 September, 2016, from https://apps.fas.usda.gov/psdonline/

Vieira, R.F., Vieira, C., Cardoso, E.J.B.N. and Mosquim, P.R. 1998. Foliar application of molybdenum in common bean. II. Nitrogenase and nitrate reductase activities in a soil of low fertility. J. Plant Nutri. 21: 2141-2151.

Vigneau, N., Ecarnot, M., Rabatel, G. and Roumet, P. 2011. Potential of field hyperspectral imaging as a non destructive method to assess leaf nitrogen content in Wheat. Field Crop. Res. 122: 25–31.

Wollum, A.G. 1982. Cultural methods for soil microorganisms. In: A.L. Page (ed.), Methods of soil Analysis, Part 2. Am. Soc. Agron. and Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI. , P 781-801

Wang, Z. and Huang, B. 2004. Physiological recovery of Kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress. Crop Sci. 44: 1729-1736.

Weisany, W., Raei, Y. and Allahverdipoor, K.H. 2013. Role of mineral nutrients in biological nitrogen fixation. Bull. Env. Pharmacol. Life Sci. 2(4): 77-84.

Wind, J., Smeeekens, S. and Hanson, J. 2010. Sucrose: metabolic and signaling molecule. Phyto. Chem. 71: 1610-1614.

Woomer, P. and Bohlool, B.B. 1989. Rhizobial ecology in tropical pasture legumes. In: Persistence in forage legumes. Marten, G.C., Matches, A.G., Barnes, R.F., Brougham, R.W., Cleinents, R.J. and Sheath, G.W (eds.). American Society of Agronomy. Madison. Pp: 233-245.

Word, J., Kuhne, M., Tegeder, M. and Frommer, W.B. 1998. Source transport in higher plant. Int. Vercytol. 178: 41-71.

Wyse, R. 1979. Sucrose uptake by sugarbeet tap root tissue. Plant physiol. 64(5): 837-841.

Yaman, M. and Cinsoy, A.S. 1996. Determination of the most effective Rhizobium strain (*Rhizobium japonicum* L.) in soybean. J. Aeg. Agric. Res. Inst. 6: 84-96.

Yao, P.J. and Vincent, J.M. 1969. Host specificity in the root "curling factor" of rhizobium spp. Aus. J. of. Biol. Sci. 22: 413-423.

Yoshida, S. and Yatazawa, M. 1978. Effect of different kinds of sugars on nodule formation in leguminous plants as examined by excised root culture technique. Soil Sci. Plant Nutr. 24(1): 131-134.

Young, J.M., Kuykendall, L.D., Marinez-Romero, F., Kerr, A. and Sawada, H. 2001. A revision of Rhizobium frank, 1889, with an emended description of the genus and the inclusion of all species of Agrobacterium Conn 1942 and Allorhizobium undicola de Lajude, et. al. 1998 as new combinations, Rhizobium radiobacter, R. rhizogenes, R. rubi, R. undicola and R. vitis. Int. J. Sys. Evol. Microbiol. 51: 89-100

Zahran, H.H. 1999. Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 63(4): 968-989.

Zebarth, B.J., Drury, C.F., Tremblay, N. and Cambouris, A.N. 2009. Opportunities for improved fertilizer nitrogen management in production of arable crops in eastern Canada: A review. Can. J. Soil Sci. 89: 113–132.

Zhang, H., Trevor, C.C. and Brian, T.D. 2002. Low temperature-tolerant *Bradyrhizobium japonicum* strains allowing improved soybean yield in shortseason areas. Agron. J. 94: 870-875.

Zimmer, W. and Mendel, R. 1999. Molybdenum metabolism in plants. Plant Biol. 1: 160–168.

Abstract:

The use of natural ability of leguminose plants in air nitrogen fixation by symbiosis with rhizobium bacteria, is an interesting tool to the supply of nitrogen for plants and reduce the risks of chemical fertilizers. Sucrose and molybdenum from those substances that can increase the efficiency of nitrogen fixation with impact on symbiotic relationship. To investigate this subject, an experiment was conducted in 2015 at the research farm of Shahrood University of Technology on soybean. Treatments were sucrose foliar application in three levels (0, 15 and 30 g/lit), molybdenum foliar application in three levels (0, 0.03 and 0.06 g/lit) and rhizobium bacteria in two levels (non inoculation and inoculation) as a factorial based on randomized complete block with 3 replications. Seeds were inoculated with bacteria before planting and spraying was done once at the time of flowering. The results showed that the inoculation with rhizobium bacteria before planting on all agronomic and morphological traits studied had a significant impact and improved them. specifically, Inoculation increased yield and Percent of seed protein. Sucrose foliar application on dry matter accumulation, many agronomic traits, yield and physiological traits were effective. This treatment increased membrane stability and the sugar solution and improved oil yield by 9.12 and 19.81 percent than control, respectively. Foliar application of molybdenum also significantly increased yield, yield components and some physiological traits such as chlorophylls and carotenoid. Application of this matter increase molybdenum, iron and nitrogen in leaves. From interactions effects, the interaction of seed inoculation with molybdenum foliar application with 0.06 grams per liter was effective on more traits. Study of interaction between sucrose and molybdenum showed that spraying 30 grams per liter with 0.06 grams per liter of molybdenum in most traits were useful. Finally, seed inoculation before planting and foliar application with the highest concentration of sucrose and molybdenum improve the quantity and quality traits in soybean.

Keywords: microorganism, nitrogen, yield, oil

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agroecology

The effect of sucrose and molybdenum foliar application on quantity, quality traits and symbiosis with Rhizobium in soybean

By:

Amin Habibi Souchelmaei

Supervisor:

Dr. M. Baradaran Firouz Abadi

Advisors:

Dr. H.R. Asghari

Dr. M. Gholipour

January 2017