



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد

تأثیر محلول پاشی نانو ذره روی و منیزیم بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و

فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی

مبارکه طالعزاده

اساتید راهنما :

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

دکتر مجتبی ممرآبادی

بهمن ماه ۱۳۹۱





دانشگاه صنعتی شاهرود  
دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

عنوان پایان نامه

تأثیر محلول پاشی نانو ذره روی و منیزیم بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و

فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی

دانشجو

مبارکه طالعزاده

اساتید راهنما

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

دکتر مجتبی ممرآبادی

اساتید مشاور

دکتر ناصر فرخی

دکتر منوچهر قلی پور

بهمن ماه ۱۳۹۱

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد



بریت تحصیلات تکمیلی  
فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره: ۴۴۴  
تاریخ: ۱۳۹۱/۱۲/۱۴  
ویرایش:

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خدوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم مبارکه طالع زاده رشته کشاورزی گرایش زراعت تحت عنوان: "تاثیر محلول پاشی نانوذره منیزیم و روی بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی" که در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۲۴ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: بكال امتیاز: ۱۹/۶۷)  دفاع مجدد  مردود

۱- عالی (۲۰-۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸-۱۸/۹۹)

۳- خوب (۱۷-۱۶)

۴- قابل قبول (۱۵-۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- اساتید راهنما	مهدی برادران مجتبی ممرآبادی	استادیار استادیار	
۲- اساتید مشاور	ناصر فرخی منوچهرقلی پور	استادیار دانشیار	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	محمد رضا عامریان	استادیار	
۴- استاد ممتحن	احمد غلامی	دانشیار	
۵- استاد ممتحن	شاهین شاهسونی	استادیار	

رئیس دانشکده:

تقدیم به:

پدر و مادر دلسوز و مهربان

و همسر همیشه صبورم

## سپاسگزاری

سپاس و ستایش خداوندی را سزااست که همه چیز از اوست. خداوندی را که در لحظه لحظه زندگی هیچ‌گاه تنهایی نگذاشته. سپاس بیکران از اساتید راهنمای دلسوز و بزرگووارم، آقایان دکتر مهدی برادران فیروزآبادی و دکتر مجتبی ممرآبادی و اساتید مشاور گرانقدر آقای دکتر ناصر فرخی و آقای دکتر منوچهر قلی‌پور که در سایه راهنمایی‌های عالمانه‌شان، دلسوزی‌های صبورانه و همکاری‌های بی‌دریغشان، این بار گران به منزل رسید و شاگردی در محضرشان برایم کمال امتنان است. از زحمات اساتید بزرگووارم، داوران ارجمند آقایان دکتر احمد غلامی و دکتر شاهین شاهسونی جهت راهنمایی‌های ارزنده‌شان و همچنین نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر محمدرضا عامریان و نیز سایر اساتید بزرگووار گروه زراعت و کارکنان دانشکده کشاورزی که موجبات بهبود پایان‌نامه را فراهم نمودند، تشکر می‌کنم.

از دوستان عزیز و خوبم خانم‌ها مهندس مریم خسروی نوده، نعیمه بیطرفان، زهرا قیاسی، صفیه عرب، صدیقه صفایی، مریم دلفانی، محدثه قاضی‌زاده و به‌ویژه دوست همیشه همراهم خانم فاطمه مهقانی نهایت تشکر را دارم. در پایان از همراهان صبور تمام لحظات زندگی‌م، خانواده عزیز، پدر و مادر مهربان و همسرم سپاسگزارم.

مبارکه طالع‌زاده

بهمن‌ماه ۹۱

## تعهد نامه

اینجانب مبارکه طالعزاده دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تأثیر محلول پاشی نانو ذره روی و منیزیم بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی تحت راهنمایی آقای دکتر مهدی برادران فیروزآبادی و آقای دکتر مجتبی ممرآبادی 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 راز داری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ ۹۱/۱۲/۱۰

امضای دانشجو

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای ، نرم افزارها 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.

## چکیده

امروزه بیش از هر زمان دیگر تأمین نیاز گیاهان به عناصر غذایی کافی به منظور تولید محصول و در نتیجه تأمین امنیت غذایی جامعه بشری اهمیت دارد. روی و منیزیم از عناصر ضروری در تغذیه گیاه می‌باشند و نقش اساسی در فعال‌سازی بسیاری از آنزیم‌ها دارند. به‌علاوه در سنتز پروتئین و RNA نیز دخالت دارند و نقش کلیدی در تولید کلروفیل بازی می‌کنند. با توجه به اهمیت این عناصر به‌ویژه در فرآیند فتوسنتزی گیاه، آزمایشی جهت ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی آن‌ها بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinensis* L.) در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل محلول‌پاشی اکسید روی در سه سطح (صفر، ۶ گرم در لیتر نانو ذره و همین غلظت از روی معمولی) و محلول‌پاشی اکسید منیزیم شامل پنج سطح (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد از نانو ذره و همین غلظت‌ها از منیزیم معمولی) بودند که در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. اعمال تیمار در دو مرحله ۶۵ و ۷۰ روز پس از کاشت صورت گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد نانو منیزیم به تنهایی در غالب موارد تأثیر منفی بر وزن خشک برگ، دم‌برگ و ساقه داشت و آن‌ها را نسبت به شاهد کاهش داد. با محلول‌پاشی روی معمولی و منیزیم معمولی (در هر دو غلظت) طول ساقه نسبت به شاهد افزایش یافت. بالاترین قطر ساقه با میانگین ۱۲/۲۴ میلی‌متر از کاربرد روی معمولی توأم با نانو منیزیم ۱ درصد به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت. بیشترین تعداد انشعابات جانبی (۵/۸۸ شاخه) در محلول‌پاشی با نانو روی به تنهایی مشاهده شد که با نتیجه حاصل از ترکیب تیماری روی معمولی × منیزیم معمولی ۰/۵ درصد برابر بود. در سایر سطوح منیزیم کاربرد روی معمولی تأثیر منفی بر این صفت داشت. بالاترین عملکرد با میانگین ۳۸۶۴/۷۶ کیلوگرم در هکتار از کاربرد توأم دو عنصر روی و منیزیم با بیشترین غلظت و به فرم معمولی به دست آمد. در سطوح مختلف منیزیم با محلول‌پاشی نانو روی محتوای آب نسبی در مقایسه با سطح روی صفر افزایش یافت. بیشترین درصد



پروتئین دانه (۲۲/۷۸ درصد) در شرایطی مشاهده شد که نانو منیزیم ۱ درصد به تنهایی استفاده گردید که نسبت به شاهد ۲/۲۸ درصد افزایش داشت. محتوای کلروفیل برگ نیز در اوایل فصل رشد در این تیمار بیشترین مقدار بود ولی در انتهای فصل، محتوای کلروفیل در تیمار روی معمولی × نانو منیزیم ۱ درصد برتر از سایر تیمارها قرار گرفت. به طور کلی در حیطه این آزمایش کاربرد روی و منیزیم به فرم نانو بر اکثر صفات مورفولوژیک تأثیر منفی داشت که می‌تواند به دلیل مسمویت ایجاد شده ناشی از فعالیت بالای این ذرات باشد.

کلمات کلیدی: لوبیا چشم بلبلی، محلول پاشی، نانو ذره روی، نانو ذره منیزیم.

## لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- ۱- طالعزاده، م.؛ برادران فیروزآبادی، م.؛ قلی پور، م. و فرخی، ن. ۱۳۹۱. تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم بر عملکرد و اجزای آن در لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.). دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۱۴ تا ۱۶ شهریور.
- ۲- طالعزاده، م.؛ برادران فیروزآبادی، م.؛ قلی پور، م. و فرخی، ن. ۱۳۹۱. تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم بر برخی صفات مورفولوژیک در لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.). همایش ملی محیط زیست و تولیدات گیاهی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۶	فصل دوم: بررسی منابع
۷	۱-۲- حبوبات
۷	۱-۱-۲- اهمیت تغذیه‌ای و بیولوژیکی
۷	۱-۲-۲- فیزیولوژی رشد و نمو
۹	۲-۲- لوبیا چشم بلبلی
۹	۱-۲-۲- گیاه شناسی
۱۰	۲-۲-۲- سازگاری
۱۰	۳-۲-۲- عملیات زراعی
۱۰	۱-۳-۲-۲- آماده سازی زمین
۱۱	۲-۳-۲-۲- کاشت
۱۱	۳-۳-۲-۲- داشت
۱۲	۴-۳-۲-۲- برداشت
۱۳	۳-۲- فناوری نانو
۱۴	۱-۳-۲- کاربرد گسترده فناوری نانو در هر یک از زیر شاخه‌های صنعت کشاورزی
۱۵	۲-۳-۲- نانو کودها
۱۸	۴-۲- محلول پاشی
۲۰	۵-۲- روی
۲۰	۱-۵-۲- نقش روی در سلامتی انسان
۲۱	۲-۵-۲- نقش روی در گیاهان
۲۲	۳-۵-۲- علائم کمبود و بیش بود روی در گیاهان
۲۴	۶-۲- منیزیم
۲۴	۱-۶-۲- نقش منیزیم در سلامتی انسان
۲۵	۲-۶-۲- نقش منیزیم در گیاهان
۲۶	۳-۶-۲- علائم کمبود و بیش بود منیزیم در گیاهان
۲۷	۷-۲- تأثیر عناصر روی و منیزیم بر رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی
۲۷	۱-۷-۲- تجمع ماده خشک در شاخساره
۲۹	۲-۷-۲- ارتفاع بوته
۳۰	۳-۷-۲- سطح برگ
۳۱	۴-۷-۲- عملکرد و اجزای عملکرد

۳۵	۸-۲- تأثیر عناصر روی و منیزیم بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاهان زراعی
۳۵	۱-۸-۲- پایداری غشای پلاسمایی
۳۷	۲-۸-۲- محتوای آب نسبی برگ
۳۷	۳-۸-۲- میزان کلروفیل برگ
۳۹	۴-۸-۲- غلظت روی و منیزیم در اندام رویشی
۴۰	۵-۸-۲- غلظت روی و منیزیم در دانه
۴۱	۶-۸-۲- پروتئین دانه

۴۲	<b>فصل سوم : مواد و روش ها</b>
۴۳	۱-۳- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش
۴۳	۲-۳- مشخصات طرح آزمایشی
۴۶	۳-۳- عملیات اجرایی
۴۶	۱-۳-۳- آماده سازی زمین
۴۶	۲-۳-۳- کاشت
۴۶	۳-۳-۳- داشت
۴۶	۴-۳-۳- اعمال تیمارها
۴۷	۵-۳-۳- نمونه برداری
۴۷	۴-۳- اندازه گیری صفات زراعی و مورفولوژیک
۴۷	۱-۴-۳- وزن خشک برگ، دمبرگ، ساقه و غلاف
۴۸	۲-۴-۳- تعداد برگ، تعداد برگ اضمحلال یافته و تعداد انشعابات جانبی
۴۸	۳-۴-۳- سطح برگ
۴۸	۴-۴-۳- طول و قطر ساقه
۴۸	۵-۴-۳- تعیین عملکرد و اجزای عملکرد
۴۹	۵-۳- اندازه گیری صفات فیزیولوژیک و کیفی
۴۹	۱-۵-۳- پایداری غشای پلاسمایی برگ
۴۹	۲-۵-۳- محتوای آب نسبی برگ
۵۰	۳-۵-۳- کلروفیل
۵۰	۴-۵-۳- غلظت عناصر روی و منیزیم
۵۱	۵-۵-۳- پروتئین دانه
۵۲	۶-۳- تجزیه و تحلیل داده ها

۵۳	<b>فصل چهارم: نتایج و بحث</b>
۵۴	۱-۴- تجمع ماده خشک در شاخساره

۵۴	۱-۱-۴- وزن خشک برگ
۵۶	۱-۱-۴- نمونه برداری اول وزن خشک برگ
۵۸	۱-۱-۴-۲- نمونه برداری چهارم وزن خشک برگ
۵۹	۱-۲-۴- وزن خشک دمبرگ
۶۱	۱-۲-۴- نمونه برداری اول وزن خشک دمبرگ
۶۲	۱-۲-۴-۲- نمونه برداری چهارم وزن خشک دمبرگ
۶۳	۱-۳-۴- وزن خشک ساقه
۶۵	۱-۳-۴- نمونه برداری اول وزن خشک ساقه
۶۶	۱-۳-۴-۲- نمونه برداری چهارم وزن خشک ساقه
۶۷	۲-۴- طول ساقه
۶۹	۳-۴- قطر ساقه
۷۰	۴-۴- تعداد انشعابات جانبی
۷۱	۴-۵- تعداد برگ
۷۲	۴-۶- تعداد برگ اضمحلال یافته
۷۳	۴-۷- شاخص سطح برگ
۷۶	۴-۷-۱- نمونه برداری چهارم شاخص سطح برگ
۷۷	۴-۸- وزن خشک کل غلاف
۷۸	۴-۹- عملکرد و اجزای عملکرد
۷۹	۴-۹-۱- تعداد غلاف در بوته
۸۰	۴-۹-۲- تعداد دانه در غلاف
۸۱	۴-۹-۳- وزن صد دانه
۸۲	۴-۹-۴- عملکرد
۸۴	۴-۱۰- صفات فیزیولوژیک
۸۴	۴-۱۰-۱- پایداری غشای پلاسمایی
۸۵	۴-۱۰-۲- محتوای آب نسبی برگ
۸۶	۴-۱۰-۳- میزان کلروفیل برگ
۹۱	۴-۱۱- میزان عناصر موجود در برگ
۹۱	۴-۱۱-۱- میزان روی موجود در برگ
۹۳	۴-۱۱-۲- میزان منیزیم موجود در برگ
۹۴	۴-۱۲- میزان عناصر موجود در دانه
۹۴	۴-۱۲-۱- میزان روی موجود در دانه
۹۶	۴-۱۲-۲- میزان منیزیم موجود در دانه

۹۷

۹۹

۱۰۰

۱۰۱

۱۳۰

۴-۱۳- درصد پروتئین دانه

نتیجه گیری

پیشنهادات

پیوست

منابع

## فهرست شکل‌ها

صفحه	شکل
۴۵	۳-۱- نقشه کاشت
۵۴	۴-۱- روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف روی
۵۶	۴-۲- روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف منیزیم
۵۷	۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در ۷۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم
۵۸	۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در ۱۰۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم
۵۹	۴-۵- روند تغییرات وزن خشک دم‌برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف روی
۶۰	۴-۶- روند تغییرات وزن خشک دم‌برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف منیزیم
۶۱	۴-۷- مقایسه میانگین وزن خشک دم‌برگ در ۷۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم
۶۲	۴-۸- مقایسه میانگین وزن خشک دم‌برگ در ۱۰۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم
۶۴	۴-۹- روند تغییرات وزن خشک ساقه تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف روی
۶۴	۴-۱۰- روند تغییرات وزن خشک ساقه تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف منیزیم
۶۵	۴-۱۱- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در ۷۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم
۶۷	۴-۱۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در ۱۰۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم
۶۸	۴-۱۳- مقایسه میانگین طول ساقه در ۱۱۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم
۶۹	۴-۱۴- مقایسه میانگین قطر ساقه در ۱۱۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم
۷۰	۴-۱۵- مقایسه میانگین تعداد انشعابات جانبی در ۱۱۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم
۷۱	۴-۱۶- مقایسه میانگین تعداد برگ در ۱۰۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم
۷۲	۴-۱۷- مقایسه میانگین تعداد برگ اضمحلال یافته در ۱۰۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم
۷۴	۴-۱۸- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف روی
۷۵	۴-۱۹- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف منیزیم

- ۷۷-۴-۲۰- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ در ۱۰۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۷۸-۴-۲۱- مقایسه میانگین وزن خشک کل غلاف در ۱۱۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۷۹-۴-۲۲- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۸۰-۴-۲۳- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر محلول پاشی سطوح مختلف روی
- ۸۱-۴-۲۴- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر محلول پاشی سطوح مختلف منیزیم
- ۸۲-۴-۲۵- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۸۳-۴-۲۶- مقایسه میانگین عملکرد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۸۴-۴-۲۷- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۸۵-۴-۲۸- مقایسه میانگین محتوای آب نسبی برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۸۶-۴-۲۹- روند تغییرات میانگین کلروفیل برگ تحت تأثیر محلول پاشی با سطوح مختلف روی
- ۸۷-۴-۳۰- روند تغییرات میانگین کلروفیل برگ تحت تأثیر محلول پاشی با سطوح مختلف منیزیم
- ۸۸-۴-۳۱- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ در ۸۵ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۸۹-۴-۳۲- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ در ۹۲ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۹۰-۴-۳۳- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ در ۹۹ و ۱۰۶ روز پس از کاشت تحت تأثیر محلول پاشی با سطوح مختلف منیزیم
- ۹۱-۴-۳۴- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ در ۱۱۳ و ۱۲۰ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۹۲-۴-۳۵- مقایسه میانگین میزان روی موجود در برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۹۳-۴-۳۶- مقایسه میانگین میزان منیزیم موجود در برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۹۴-۴-۳۷- مقایسه میانگین میزان روی موجود در دانه تحت تأثیر محلول پاشی با سطوح مختلف روی
- ۹۵-۴-۳۸- مقایسه میانگین میزان روی موجود در دانه تحت تأثیر محلول پاشی با سطوح مختلف منیزیم
- ۹۶-۴-۳۹- مقایسه میانگین میزان منیزیم موجود در دانه تحت تأثیر محلول پاشی با سطوح مختلف منیزیم
- ۹۷-۴-۴۰- مقایسه میانگین میزان پروتئین دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم



## فهرست جداول

صفحه	جدول
۸	۱-۲- مراحل رشد و نمو
۴۴	۱-۳- تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
۴۵	۲-۳- تیمارهای آزمایشی
۱۰۲	پیوست ۱- میانگین مربعات وزن خشک برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
۱۰۲	پیوست ۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ (گرم در متر مربع) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
۱۰۳	پیوست ۳- مقایسه میانگین وزن خشک برگ (گرم در متر مربع) تحت تأثیر ترکیب های تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
۱۰۴	پیوست ۴- میانگین مربعات وزن دم برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
۱۰۴	پیوست ۵- مقایسه میانگین وزن خشک دم برگ (گرم در متر مربع) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
۱۰۵	پیوست ۶- مقایسه میانگین وزن خشک دم برگ (گرم در متر مربع) تحت تأثیر ترکیب های تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
۱۰۶	پیوست ۷- میانگین مربعات وزن ساقه برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
۱۰۶	پیوست ۸- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
۱۰۷	پیوست ۹- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) تحت تأثیر ترکیب های تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
۱۰۸	پیوست ۱۰- میانگین مربعات طول ساقه تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
۱۰۸	پیوست ۱۱- مقایسه میانگین طول ساقه (سانتی متر) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
۱۰۹	پیوست ۱۲- مقایسه میانگین طول ساقه (سانتی متر) تحت تأثیر ترکیب های تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
۱۱۰	پیوست ۱۳- میانگین مربعات قطر ساقه تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
۱۱۰	پیوست ۱۴- مقایسه میانگین قطر ساقه (میلی متر) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
۱۱۱	پیوست ۱۵- مقایسه میانگین قطر ساقه (میلی متر) تحت تأثیر ترکیب های تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
۱۱۲	پیوست ۱۶- میانگین مربعات تعداد انشعابات جانبی تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف

- ۱۱۲ پیوست ۱۷- مقایسه میانگین تعداد انشعابات جانبی (تک بوته) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
- ۱۱۳ پیوست ۱۸- مقایسه میانگین تعداد انشعابات جانبی (تک بوته) تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
- ۱۱۴ پیوست ۱۹- میانگین مربعات تعداد برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
- ۱۱۴ پیوست ۲۰- مقایسه میانگین تعداد برگ (در مترمربع) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم
- ۱۱۵ پیوست ۲۱- مقایسه میانگین تعداد برگ (در مترمربع) تحت تأثیر ترکیب های تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۱۱۶ پیوست ۲۲- میانگین مربعات تعداد برگ اضمحلال یافته تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
- ۱۱۶ پیوست ۲۳- مقایسه میانگین تعداد برگ اضمحلال یافته (در مترمربع) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم
- ۱۱۷ پیوست ۲۴- مقایسه میانگین تعداد برگ اضمحلال یافته (در مترمربع) تحت تأثیر ترکیب های تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۱۱۸ پیوست ۲۵- میانگین مربعات شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
- ۱۱۸ پیوست ۲۶- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم
- ۱۱۹ پیوست ۲۷- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر ترکیب های تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۱۲۰ پیوست ۲۸- میانگین مربعات وزن خشک کل غلاف تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف
- ۱۲۰ پیوست ۲۹- مقایسه میانگین وزن خشک کل غلاف (گرم در متر مربع) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم
- ۱۲۱ پیوست ۳۰- مقایسه میانگین وزن خشک کل غلاف (گرم در متر مربع) تحت تأثیر ترکیب های تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۱۲۲ پیوست ۳۱- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم
- ۱۲۲ پیوست ۳۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم
- ۱۲۳ پیوست ۳۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر ترکیب های تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم
- ۱۲۴ پیوست ۳۴- میانگین مربعات پایداری غشاء پلاسمایی و محتوای آب نسبی برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم
- ۱۲۴ پیوست ۳۵- مقایسه میانگین پایداری غشاء پلاسمایی و محتوای آب نسبی برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم
- ۱۲۵ پیوست ۳۶- مقایسه میانگین پایداری غشاء پلاسمایی و محتوای آب نسبی برگ تحت تأثیر ترکیب های تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم

- پیوست ۳۷- میانگین مربعات میزان کلروفیل برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف  
۱۲۶
- پیوست ۳۸- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم  
۱۲۶
- پیوست ۳۹- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم  
۱۲۷
- پیوست ۴۰- میانگین مربعات مقدار عناصر (روی و منیزیم) در برگ و دانه تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم  
۱۲۸
- پیوست ۴۱- مقایسه میانگین عناصر روی (میلی گرم بر کیلوگرم) و منیزیم (درصد) در برگ و دانه و پروتئین دانه (درصد) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم  
۱۲۸
- پیوست ۴۲- مقایسه میانگین عناصر روی (میلی گرم بر کیلوگرم) و منیزیم (درصد) در برگ و دانه و پروتئین دانه (درصد) تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم  
۱۲۹

فصل اول

مقدمه

به واسطه افزایش روز افزون جمعیت کره زمین پیش‌بینی‌ها حاکی از آن هستند که تا سال ۲۰۵۰ جمعیت به بیش از ۹ میلیارد نفر خواهد رسید. با در نظر گرفتن این نکته که در چند دهه گذشته، سطح اراضی مورد استفاده برای تولید غذا به مقدار بسیار ناچیزی افزایش یافته است و حتی در بعضی نقاط جهان به دلیل گسترش شهرسازی، شاهد کاهش اراضی زراعی بوده‌ایم، لذا ظرفیت تولید غذا پیوسته رو به کاهش است و به زودی قادر به رقابت با رشد سریع جمعیت نخواهد بود (شاویو، ۲۰۰۰). طبق آخرین گزارش سازمان ملل متحد، حدود ۸۰۰ میلیون نفر از جمعیت جهان دچار فقر غذایی هستند. شمار افراد قرار گرفته در زیر خط فقر (از نظر تأمین انرژی مورد نیاز روزانه بدن) روز به روز در حال افزایش است و این بدان معناست که حفظ نوع بشر در بلند مدت و نجات خیل عظیم انسان‌ها از خطر گرسنگی، نیازمند توجه ویژه متخصصان و سیاستمداران امروز جهان به توسعه پایدار و همه جانبه صنعت کشاورزی است (دروسا و همکاران، ۲۰۱۰). چرا که پروتئین‌های گیاهی می‌توانند حدود ۶۵ درصد کل پروتئین مورد نیاز برای تغذیه انسان را فراهم کنند که از این میزان ۴۵ تا ۵۰ درصد از طریق غلات فراهم می‌شود و ۱۰ تا ۱۵ درصد مربوط به حبوبات و سبزیجات است. پروتئین موجود در دانه حبوبات ۲ تا ۳ برابر غلات و ۱۰ تا ۲۰ برابر بیشتر از برخی گیاهان غده‌ای است. حبوبات جزء اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم فقیر جهان را تشکیل می‌دهد. مقادیر قابل توجه پروتئین مرغوب در دانه این محصولات در ترکیب با غلات می‌تواند یک ترکیب زیستی ارزشمند غذایی را فراهم نماید. در کشورهای فقیر و پر جمعیت نظیر هندوستان، با مصرف سرانه ۱۱/۷ کیلوگرم حبوبات، سهم آن در رژیم غذایی مردم نسبت به سایر کشورها بیشتر است. در کشور ما نیز حبوبات با مصرف سرانه ۴/۸ کیلوگرم نقش مهمی در تغذیه مردم کم درآمد ایفا می‌کند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

در کنار تنش‌های زیستی و غیر زیستی که از موانع تولید در حبوبات می‌باشند، ضعف در اعمال مدیریت زراعی صحیح و استفاده نامناسب از نهاده‌های تولید را می‌توان به عنوان موانع مهمی

نام برد که هنوز زراعت حبوبات در کشور با آن مواجه است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی نیتروژنه و فسفره سبب شده است توازن عناصر غذایی به ویژه کم مصرف، در خاک به هم خورده و منجر به کاهش جذب عناصر آهن، روی، مس و منگنز توسط گیاه گردد که با توجه به اهمیت این عناصر، در سلامتی انسان و دام نیز تأثیرگذار بوده است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). یکی از علل ظهور گسترش بیماری‌هایی نظیر سنگ کلیه، کم‌خونی، خستگی مفرط، بیماری‌های گوارشی، فراموشی، کوتاهی قد، عصبانیت و ... در جوامع انسانی، کمی عناصر آهن و روی در تولیدات کشاورزی است که عمدتاً ناشی از عدم مصرف این عناصر در کشاورزی می‌باشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳). روش مناسب برای حل مشکل کمبود عناصر غذایی در بدن، غنی سازی محصولات کشاورزی در مزرعه است.

در کشور ما در بیشتر موارد توصیه کودها بدون توجه به نیاز گیاه صورت می‌گیرد و به تغذیه صحیح گیاه اهمیت داده نمی‌شود. توصیه‌های کودی بیشتر به صورت کلیشه‌ای انجام می‌شوند و کود نقش خود را به عنوان ابزار مهم در افزایش تولید به دلیل عدم استفاده بهینه از آن ایفا نمی‌کند. اشکالی که در توصیه کودها وجود دارد این است که تا گیاهان زراعی نشانه‌های کمبود را نشان ندهند، کودی مصرف نمی‌شود که این اندیشه‌ای نادرست است زیرا در این شرایط عملکرد پایین آمده و کیفیت محصول کاهش می‌یابد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). چنانچه از نتایج یافته‌های مطالعاتی و تحقیقات کاربردی بر می‌آید، کودهای شیمیایی ضمن آن‌که در سال‌های اولیه مصرف، افزایش محصول را در بردارند متأسفانه پس از چندین سال و با مصرف بی‌رویه آن، تغییرات، اثرات و عوارض سوء و عمده‌ای را در کشاورزی و محیط‌زیست در پی داشته‌اند.

علاوه بر نوع کود و زمان مصرف آن، روش مصرف نیز نقش مهمی در افزایش واکنش گیاه دارد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). محلول‌پاشی عناصر غذایی از مؤثرترین روش‌های تأمین مواد غذایی گیاهان است و تأثیر بیشتری نسبت به روش‌های کاربرد خاکی به ویژه در شرایط نامناسب خاک دارد

(اردال و همکاران، ۲۰۰۴). تاکنون مهمترین استفاده از برگ‌پاشی در کاربرد ریزمغذی‌ها بوده است. روی مثالی قابل توجه است که در مورد درختان میوه‌ای نظیر مرکبات و هلو کارآیی آن در برگ‌پاشی و خزان‌پاشی چند برابر کاربرد آن در خاک بوده است (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۱). روی یکی از ۷ عنصر کم‌مصرف و ضروری در تغذیه گیاه می‌باشد (زند و همکاران، ۱۳۸۸). این عنصر نقش مهمی در تولید بیوماس بازی می‌کند (کایا و هیگز، ۲۰۰۲). از جمله نقش‌های اساسی آن، مشارکت در ساختمان ۲۰۰ نوع آنزیم و پروتئین است (پاندی و همکاران، ۲۰۰۶ و کاکماک، ۲۰۰۸). مثال‌های دیگر، منیزیم و آهن هستند. محلول‌پاشی ۱/۱ تا ۲/۲ کیلوگرم در هکتار منیزیم چند هفته پس از کاشت سویا در مزرعه توصیه می‌شود. منیزیم از عناصر پر مصرف و ضروری است که نقش مولکولی و فیزیولوژیکی عمده‌ای در گیاهان دارد (مارچنر، ۱۹۹۵) و نقش کلیدی در فتوسنتز گیاهان بازی می‌کند (شائول، ۲۰۰۲).

امروزه در دنیا از نانو تکنولوژی به عنوان رویکردی فرا رشته‌ای و بین رشته‌ای برای تحول در علوم و صنایع مختلف از جمله کشاورزی استفاده می‌شود. از جمله کاربردها و توانایی‌های بالقوه این فناوری افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاهان و سیستم‌های تحویل هوشمند ترکیبات شیمیایی در منطقه هدف با فرمولاسیون‌های جدید نانو و همچنین کاهش مصرف دقیق نهاده‌های کشاورزی است که موجب کم شدن مصرف سم و کود می‌گردد و امیدها و چشم‌اندازهای جدیدی در راستای حفظ محیط زیست ایجاد نموده است (برمکی و همکاران، ۱۳۸۹).

با توجه به نقش عمده‌ای که روی و منیزیم در فرآیندهای متابولیکی گیاهی از جمله افزایش کلروفیل، فتوسنتز، بیوماس و در نهایت عملکرد محصولات زراعی دارند، این‌گونه استنباط می‌شود که استفاده از این دو عنصر به شکل محلول‌پاشی ذرات اکسیدی نانو و معمولی می‌تواند موجبات کارایی بهتر این عناصر در گیاه، و نیز کاهش آلودگی‌های زیست محیطی را به واسطه کاهش مصرف کود سبب شود و از لحاظ اقتصاد کشاورزی نیز مقرون به صرفه باشد.

## اهداف تحقیق

در این مطالعه به بررسی تأثیر محلول پاشی اکسید روی و منیزیم به دو شکل نانو ذرات و معمولی در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی پرداخته شد. در قالب این پژوهش اهداف زیر مطرح و دنبال گردید:

۱- بررسی تفاوت بین ذرات نانو روی و روی معمولی از لحاظ تأثیر بر رشد و عملکرد لوبیا

چشم‌بلبلی

۲- بررسی تفاوت بین ذرات نانو منیزیم و منیزیم معمولی از لحاظ تأثیر بر رشد و عملکرد لوبیا

چشم‌بلبلی

۳- بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف روی و منیزیم بر خصوصیات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی،

عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی

۴- بررسی عکس‌العمل لوبیا چشم‌بلبلی به محلول پاشی توأم روی و منیزیم در غلظت‌های متفاوت



فصل دوم

# بررسی منابع

## ۲-۱-حبوبات

### ۲-۱-۱-اهمیت تغذیه‌ای و بیولوژیکی

حبوبات از منابع مهم غذایی سرشار از پروتئین برای تغذیه انسان و دام به شمار می‌روند. دانه حبوبات با دارا بودن ۱۸ تا ۳۲ درصد پروتئین در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی در رژیم غذایی انسان اهمیت بسیار دارند. ارزش بیولوژیکی حبوبات به سبب دارا بودن بسیاری از اسیدهای آمینه ضروری بالاست. دانه حبوبات از لحاظ عناصر معدنی مانند آهن و کلسیم غنی هستند و مقادیر کمی از ویتامین‌های کاروتئین، ریبوفلاوین (پیش‌ماده ویتامین آ)، اسیدآسکوربیک (ویتامین ث) و مقدار متوسطی نیاسین و تیامین نیز دارند که در سلامتی تن و برطرف کردن ضعف و سستی اعصاب مؤثر هستند. از دیگر ویژگی‌های مهم این گیاهان، به نقش آن‌ها در ثبات تولید اکوسیستم‌های کشاورزی جهان از طریق تناوب با سایر گیاهان زراعی و تثبیت نیتروژن جوی می‌توان اشاره کرد. حبوبات با داشتن ریشه عمیق خود به شخم بیولوژیکی خاک کمک کرده و قابلیت دستیابی به منابع با ارزش رطوبت خاک را نسبت به سایر گیاهان زراعی دارا هستند. همچنین به عنوان کود سبز برای تقویت و بهبود وضع فیزیکی زمین نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

### ۲-۱-۲-فیزیولوژی رشد و نمو

به طور کلی در حبوبات رشد و نمو به چهار مرحله جوانه‌زنی، رشد رویشی، گل‌دهی و غلاف‌بندی و رسیدگی نهایی، تقسیم می‌شود. جوانه‌زنی مناسب، نیاز اولیه برای استقرار گیاه است و رشد رویشی شامل شاخه‌دهی و توسعه کانوپی است. گل‌دهی در اغلب حبوبات فرآیندی پیوسته است که تا مرحله نمو غلاف ادامه دارد. گل‌دهی آحبوبات از نوع نامحدود رشد می‌باشد، بدین معنا که رشد رویشی حتی در هنگام گل‌دهی و نمو غلاف ادامه می‌یابد و رسیدگی نیز معمولاً با پیر شدن برگ‌ها توأم است. مدت زمان هر یک از مراحل فنولوژیکی بسته به رقم، فتوپریود، دما و آب قابل دسترس متفاوت است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). مراحل رشد و نمو لوبیا در جدول ۲-۱ آمده است.

جدول ۲-۱- مراحل رشد و نمو گیاه لوبیا (شارون اندرسون، ۲۰۰۳)

مرحله	توضیح مراحل	روز پس از کاشت
V <sub>1</sub>	در اولین گره برگی، برگها رشد کرده‌اند.	۱۰
V <sub>2</sub>	اولین گره در بالای اولین گره برگی، زمانی که لبه‌های برگها طویل نشده‌اند.	۱۹
V <sub>3</sub>	سه گره در ساقه اصلی حاوی اولین گره برگی وجود دارد. شاخه‌های ثانویه از شاخه‌ی ایجاد شده مرحله V <sub>1</sub> شروع می‌شوند.	۲۹
V <sub>n</sub>	n گره در ساقه اصلی، اما شکوفه‌ها هنوز مرئی نیستند	گره جدید هر سه روز
V <sub>5</sub>	گیاهان بوته‌ای (رشد محدود) اقدام به ظهور گل‌آذین نموده و وارد مرحله R <sub>1</sub> می‌شوند	۴۰
V <sub>8</sub>	گیاهان رونده (رشد نامحدود) ممکن ظهور گل‌آذین نموده و وارد مرحله R <sub>1</sub> می‌شوند	۵۰
تیپ ۱ بوته‌ای رشد نامحدود (مرحله زایشی)		
R <sub>1</sub>	یک شکوفه از هر گره باز شده است	۵۰
R <sub>2</sub>	در موقعیت اولین گره، غلافها به اندازه نصف طول خود می‌رسند و معمولا در گره ۲ تا ۳ ایجاد می‌شوند	۵۳
R <sub>3</sub>	در موقعیت اولین گل‌ها طول غلافها به ۲/۵ سانتی‌متر می‌رسد. شاخه‌های ثانویه در تمام گره‌ها متراکم‌تر می‌شوند، اما طویل‌تر نمی‌شوند. نصف گلدهی صورت می‌گیرد.	۵۶
R <sub>4</sub>	طول غلافها به ۸ سانتی‌متر می‌رسد. دانه‌ها قابل تشخیص نیستند. انواع بوته‌ای کوتاه هستند.	۵۹
R <sub>5</sub>	طول غلافها ۸-۱۰ سانتی‌متر و دانه‌ها قابل تشخیص هستند.	۶۴
R <sub>6</sub>	بذرها در حداقل ۰/۵ سانتی‌متر بالای خوشه اصلی قرار دارند.	۶۶
R <sub>7</sub>	غلافهای اولیه دارای دانه‌های رشد یافته هستند. سایر قسمت‌های گیاه به رشد کامل رسیده‌اند. غلافها در تمام خوشه رشد یافته‌اند.	۷۲
R <sub>8</sub>	برگها در بیش از نصف گیاه زرد شده‌اند، تعداد بسیار کمی از غلافها در زوایای شاخه‌های ثانویه ایجاد شده‌اند. غلافهای کوچک ممکن است خشک شوند. حداکثر تولید به‌وجود می‌آید.	۹۰
R <sub>9</sub>	بلوغ، حداقل ۸۰٪ غلافها زرد شده‌اند و غالبا رسیده‌اند. تنها حدود ۴۰٪ برگها رنگ سبز دارند.	۱۰۵
تیپ ۲ فرم رشد رونده (مراحل زایشی)		
R <sub>1</sub>	یک شکوفه در هر گره باز می‌باشد، پیچکها بروز می‌کنند.	۴۰
R <sub>2</sub>	غلافها در موقعیت اول گل‌دهی به میزان ۱ سانتی‌متر طول دارند (۲ تا ۵ گره در اغلب گیاهان) گل‌ها کم‌کم ناپدید می‌شوند.	۴۳
R <sub>3</sub>	غلافها به طول ۲/۵ سانتی‌متر در اولین موقعیت گلدهی قرار دارند. غلافها در بالاترین گره‌ها دیده می‌شوند. شکوفه‌ها به نصف تقلیل می‌یابند.	۴۶
R <sub>4</sub>	در اولین موقعیت گل‌دهی، غلافها به طول ۵ سانتی‌متر می‌رسند.	۵۰
R <sub>5</sub>	غلافها به ۸ سانتی‌متر رسیده‌اند و دانه‌ها با لمس قابل تشخیص هستند.	۵۶
R <sub>6</sub>	غلافها به ۱۲ سانتی‌متر رسیده‌اند و دارای مهمیز با حداکثر طول هستند. بذرها کمتر از ۰/۵ سانتی‌متر در ساقه اصلی قرار دارند.	۶۰
R <sub>7</sub>	غلافهای اولیه به طور کامل توسعه یافته و بذرها سبز شده‌اند. سایر قسمت‌های گیاه دارای حداکثر طول در غلافشان بوده و بذور هم بدین شکل‌اند. غلافها در بالا و شکوفه‌ها بر روی پیچکها دیده می‌شوند. ۱۰-۱۳ گره وجود دارند.	۷۰
R <sub>8</sub>	شکوفه تازه به وجود می‌آید. غلافهای کوچک ممکن است خشک شوند. نقطه حداکثر تولید می‌باشند.	۸۲
R <sub>9</sub>	بلوغ، حداقل ۸۰٪ غلافها زرد رنگ‌اند. غالبا رسیده‌اند. تنها ۳۰٪ از برگها هنوز سبز هستند.	۹۴

## ۲-۲- لوبیا چشم‌بلبلی

گیاه لوبیا چشم‌بلبلی از سازگارترین، متنوع‌ترین و مقوی‌ترین لگوم‌ها به شمار می‌رود که در سطحی بالغ بر ۷ میلیون هکتار در مناطق گرمسیر جهان کشت و کار می‌شود. بیش از سه چهارم تولید آن در آفریقا و باقی در آمریکای جنوبی، آسیا و جنوب شرقی تا جنوب غرب آمریکا است. قدمت کشت لوبیا چشم‌بلبلی در ایران مشخص نیست ولی چون انواع اهلی فراوانی دارد به نظر می‌رسد که از دیرباز کاشت آن در کشور ما رواج داشته است. این لوبیا به صورت دانه خشک، لوبیا سبز، سبزیجات، علوفه سبز و کود سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

### ۲-۲-۱- گیاه شناسی

لوبیا چشم‌بلبلی معمولی یا Cherry bean (*Vigna sinensis* L.) گیاهی علفی، یک‌ساله با رشد کم، بوته‌ای، نیمه بالارونده یا پیچک‌دار است. ریشه مستقیم به طول ۶۰ تا ۸۰ سانتی‌متر و ریشه‌های جانبی کاملاً توسعه یافته دارد. گرهک‌های روی ریشه آن بزرگ و کروی هستند که به طور معمول به صورت گروهی روی ریشه قرار می‌گیرند. ساقه به قطر ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی‌متر، به طول ۳۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر بسته به رقم و شرایط محیطی کشت به رنگ‌های زرد، سبز روشن یا قهوه‌ای است. سه برگ برگچه‌ای با دم‌برگ بلند دارد. گل‌آذین به صورت خوشه جانبی و به طور متناوب از محل گره‌های ساقه تشکیل شده و گل‌ها به رنگ سفید، زرد یا بنفش دیده می‌شوند. غلاف‌ها پهن یا استوانه‌ای و نسبتاً طویل (۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر) با نوکی به طرف پایین هستند که به سادگی شکفته می‌شوند. در هر غلاف ممکن است تا ۱۶ بذر به طول ۰/۶ تا ۰/۹ سانتی‌متر به شکل بیضی، گرد، لوزی یا قلوهای با زخم ۷ شکل در انتها (ناف بذر) وجود داشته باشد. رنگ ناف یا چشم در ارقام لوبیا چشم‌بلبلی قرمز، قهوه‌ای روشن یا سیاه است. وزن هزار دانه لوبیا چشم‌بلبلی از ۶۰ تا ۳۰۰ گرم متغیر است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

## ۲-۲-۲- سازگاری

لوبیا چشم‌بلبلی سازگاری خوبی به دمای بالا و خشکی دارد. دمای مناسب خاک برای رشد اولیه آن ۱۹ درجه سانتی‌گراد است. حداقل دمای هوا برای جوانه زدن لوبیا چشم‌بلبلی ۱۲ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و در دمای بین ۲۷ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد دارای به خوبی رشد و نمو خواهد کرد. لوبیا چشم‌بلبلی به خشکی هوا مقاوم است. ولی خشکی خاک بر تولید محصول آن اثر نامطلوب می‌گذارد. آبیاری به هنگام گل‌دهی و تشکیل بذر تأثیر به‌سزایی بر عملکرد محصول آن خواهد داشت. در خاک‌های سنگین (رسی) که رطوبت اطراف ریشه‌ها را فرا می‌گیرد، قسمت‌های هوایی گیاه رشد فراوانی خواهد داشت ولی غلاف نسبتاً کمی تولید می‌کند. در خاک‌های شنی رسی با زهکشی مناسب محصول خوبی می‌توان برداشت نمود. همچنین خاک‌هایی که رطوبت متوسط داشته و غنی از مواد آلی باشند محیط کشت مناسبی برای این محصول به شمار می‌آیند. خاک‌های آهکی یا خاک‌های خنثی با اسیدیته ۶/۵ تا ۷ برای رشد آن مطلوب‌تر است. لوبیا چشم‌بلبلی گیاهی روزکوتاه است و به آسانی سایه را تحمل می‌کند و می‌توان آن را به همراه سورگوم، ارزن، ذرت، کاساوا و پنبه و یا در فواصل ردیف کاشت درختان به صورت مخلوط کشت کرد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

## ۲-۲-۳- عملیات زراعی

### ۲-۲-۳-۱- آماده سازی زمین

آماده‌سازی مناسب زمین شرط لازم برای یک برداشت خوب است. بستر کاشت باید به گونه‌ای فراهم شود که جوانه‌زنی و سبز شدن بذر به سهولت انجام پذیرد و ریشه‌ها بتوانند به آسانی رشد، و آب و عناصر غذایی مورد نیاز خود را از خاک جذب نمایند. معمولاً شخم پاییزه بر شخم بهاره ترجیح داده می‌شود. زیرا آب بیشتری در این شرایط ذخیره می‌شود و یخ‌آب حاصل، کلوخه‌ها را خرد می‌کند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). انجام شخم عمیق ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متری به منظور دفن بقایای گیاهی و علف‌های هرز لازم است. کود دامی پوسیده (۶-۵ تن در هکتار) نیز همراه با این شخم می‌تواند

مورد استفاده قرار گیرد. در بهار پیش از کاشت اجرای یک بار دیسک به خرد شدن کلوخه‌های خاک و احتمالاً دفن علف‌های هرز کمک می‌نماید و پس از تسطیح زمین و مال‌کشی نسبت به عملیات کاشت اقدام می‌گردد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

#### ۲-۲-۳-۲- کاشت

در مناطق معتدله بهترین زمان کاشت این محصول اواخر اردیبهشت یا اوایل خرداد است. لوبیا چشم‌بلبلی را به سه روش می‌توان کشت کرد: بذرکاری ردیفی که در این روش فاصله پشته‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع پشته‌ها ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر انتخاب شده و بذرکاری روی پشته‌ها به فاصله ۵ سانتی‌متر انجام می‌شود. که پس از تنک کردن فواصل بوته‌ها به حدود ۸ تا ۱۰ سانتی‌متر خواهد رسید. بذر مصرفی در هر هکتار ۵۰ تا ۷۰ کیلوگرم در نظر گرفته می‌شود به طوری که ۱۵ تا ۲۰ بوته در هر مترمربع استقرار یابد. بذرکاری کپه‌ای که در آن پشته‌هایی به فواصل ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متر بسته به جنس خاک و تیپ لوبیا تهیه و روی پشته‌ها حفره‌هایی به عمق ۵ تا ۶ سانتی‌متر و به فاصله ۲۵ تا ۴۰ سانتی‌متر ایجاد می‌گردد و در هر سوراخ ۳ تا ۴ بذر کاشته می‌شود. میزان بذر مصرفی در هکتار و تعداد بوته در واحد سطح همانند بذرکاری ردیفی است و بذرکاری دستپاش که این نوع بذرکاری بیشتر برای تهیه کود سبز و علوفه سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای این منظور مقدار ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار با دست روی سطح خاک پاشیده می‌شود سپس توسط یک شخم کم عمق بذور را زیر خاک می‌نمایند و زمین را کرت‌بندی می‌کنند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

#### ۲-۲-۳-۲- داشت

پس از استقرار کامل گیاه و در مرحله ۳ تا ۴ برگی باید اقدام به حذف بوته‌های اضافی کرد تا تراکم مطلوب حاصل شود. در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی طی دوره رشد، دور آبیاری ۷ تا ۱۰ روز مناسب است. وجود شرایط خشک در مراحل اولیه رشد سبب کاهش عملکرد آن می‌شود. این گیاه بیشترین نیاز آبی را طی مراحل اولیه رشد گیاهچه، گل‌دهی و پر شدن غلاف دارد. آخرین آبیاری باید در زمان

رسیدن تمام غلاف‌ها و با سرد شدن هوا انجام شود. در لوبیا چشم‌بلبلی بیشترین خسارت علف‌هرز به محصول ۴۰ روز پس از کاشت رخ می‌دهد ولی پس از گل‌دهی خسارت آن‌ها به مراتب کمتر می‌شود. البته کاشت متراکم آن نیز موجب کاهش علف‌های هرز خواهد شد. وجین دستی ۲ هفته پس از کاشت و یک بار هم قبل از گل‌دهی موجب بهبود عملکرد محصول خواهد شد. زراعت لوبیا چشم‌بلبلی در تمام مراحل رشد گیاه از خسارت آفاتی چون مگس گیاهک‌خوار، زنجبرک، تریپس، کرم غلاف‌خوار و شته‌ها صدمه می‌بیند. همچنین بیماری‌هایی مانند قارچ‌های خاک‌زی، پژمردگی فوزاریومی، لکه برگ، زنگ و ... عملکرد آن را کاهش می‌دهند که با استفاده از ضدعفونی بذر، کاشت ارقام مقاوم، تناوب زراعی، کشت مخلوط ردیفی و از بین بردن بقایای زراعت قبلی می‌توان بر آن‌ها تا حدود زیادی غلبه کرد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

#### ۲-۳-۴- برداشت

پس از پر شدن و کامل شدن دانه‌ها، غلاف‌ها از رنگ سبز به قهوه‌ای یا خاکستری تغییر رنگ می‌دهند و آماده برداشت می‌شوند. برداشت به طور معمول در چندین چین صورت می‌گیرد. البته می‌توان محصول را در یک چین هم برداشت نمود که نیاز به ارقامی با گل‌دهی و رسیدن هم‌زمان دارد. در انواع رشد محدود و ایستاده غلاف‌ها هم‌زمان می‌رسند ولی در لوبیا چشم‌بلبلی با رشد نامحدود و گل‌دهی طولانی‌تر، غلاف‌ها در یک زمان نمی‌رسند. اگر سطح زیر کشت زیاد باشد، پس از رسیدن یک سوم غلاف‌ها، تمام بوته‌ها توسط وسایل مکانیکی درو شده و پس از خشک شدن در مزرعه، دانه‌ها از غلاف‌ها با دست یا به کمک ماشین خرم‌ن‌کوبی جدا می‌گردند. زمانی که لوبیا چشم‌بلبلی به منظور علوفه کشت می‌گردد پس از رشد رویشی کافی، وقتی که ۱۰ تا ۱۵ درصد گل‌ها روی بوته‌ها آشکار شدند، باید محصول درو شود. علوفه برداشت شده به صورت سبز و تازه و یا سیلو شده به مصرف دام می‌رسد. چنان‌چه این محصول به منظور کود سبز کاشته شده باشد پس از رشد

کافی بوته‌ها و قبل از ظهور گل روی آن‌ها می‌توان مزرعه را درو کرد و بوته‌های درو شده را در عمق ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متری خاک به کمک شخم دفن کرد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

## ۲-۳- فناوری نانو

اولین جرعه فناوری نانو در سال ۱۹۵۹ زده شد. در این سال ریچارد فایمن طی یک سخنرانی با عنوان « فضای زیادی در سطح پایین وجود دارد » ایده فناوری نانو را مطرح ساخت. وی بیان کرد که در آینده‌ای نزدیک می‌توانیم مولکول‌ها و اتم‌ها را به صورت مستقیم دستکاری کنیم. واژه فناوری نانو اولین بار توسط نوریو تاینگوچی استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بر زبان‌ها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد و وسایل دقیقی که دامنه ابعادی آن‌ها در حد نانومتر می‌باشد، به کار برد. در سال ۱۹۸۶ این واژه توسط کی اریک درکسلر در کتابی تحت عنوان « موتور آفرینش، آغاز دوران فناوری نانو » بازآفرینی و تعریف مجدد شد. وی بعدها به شکل عمیق‌تری در رساله دکترای خود آن را مورد بررسی قرار داد (لی، ۲۰۰۲).

نانو تکنولوژی دستیابی به فناوری کار روی ذراتی با ابعاد  $10^{-9}$  (نانومتر) می‌باشد که به نانو ذرات موسوم اند. دلیل انتخاب این مقیاس برای کار روی مواد، مربوط به خواص ویژه‌ای است که در ذراتی با این سایز ظاهر می‌شود و امروزه به شدت مورد توجه دانشمندان قرار گرفته‌اند (بریتن‌باچ، ۲۰۰۵). این خصوصیات نانو ذرات به دلیل افزایش نسبت سطح به حجم در آن‌ها است که سبب می‌شود بازتاب‌های شیمیایی از خود بروز دهند و اثرات قوی‌تری داشته باشند. همچنین اثرات کوآنتومی به وجود آمده در این ذرات بر رفتارهای نوری، الکتریکی و مغناطیسی آن‌ها تأثیرگذار است (رلیا و هورمن، ۲۰۰۶). آندرتا (۲۰۰۳) بر این باور است که نانو تکنولوژی، فناوری است که از کنش‌ها و واکنش‌هایی که در سطح اتم اتفاق می‌افتد منشأ می‌گیرد و فناوری جدیدی است که تمام علوم را



در بر خواهد گرفت. این تکنولوژی قادر به بهبود روش‌های ارزیابی، مدیریت و کاهش خطرات برای محیط زیست است و فرصت‌هایی برای تولید محصولات جدید فراهم خواهد ساخت.

در این تکنولوژی می‌توانیم وجود عناصر پایه را به عنوان یک معیار ذکر کنیم. عناصر پایه در حقیقت همان عناصر نانو مقیاسی هستند که خواص آن‌ها در حالت نانو مقیاس با خواصشان در مقیاس بزرگ‌تر فرق می‌کند. اولین و مهم‌ترین عنصر پایه، نانو ذره است. منظور از نانو ذره، ذراتی با ابعاد نانومتری در هر سه بعد می‌باشد. این ذرات می‌توانند از مواد مختلفی تشکیل شوند مانند نانو ذرات فلزی، سرامیکی و ... . دومین عنصر پایه، نانو کپسول است. که کپسول‌هایی هستند با قطر نانومتری و می‌توان مواد مورد نظر را درون آن‌ها قرار داد و کپسوله کرد. عنصر پایه بعدی نانو لوله‌ها می‌باشند که یکی از آن‌ها نانو لوله کربنی است که در حقیقت لوله‌هایی از گرافیت می‌باشند (رومینگ، ۲۰۰۴).

## ۲-۳-۱- کاربردهای گسترده فناوری نانو در هر یک از زیر شاخه‌های صنعت کشاورزی

تا به حال کاربردهای متعددی از فناوری نانو در علوم کشاورزی مطرح شده است. نانو تکنولوژی به عنوان فناوری قدرتمند و نوین، توانایی ایجاد انقلاب و تحولات عظیم را در سیستم تأمین مواد غذایی و کشاورزی در گستره جهانی دارد (اسکات، ۲۰۰۵). کشاورزی دقیق، ایجاد گلخانه‌های کم هزینه‌تر با هدف صرفه‌جویی در مصرف انرژی و دوام بیشتر، انتقال ژن‌های مورد نظر به سلول‌های گیاهی با استفاده از نانو مواد (در این روش از سامانه رسانش نانو ذرات طلای پوشیده با DNA یا RNA به داخل سلول استفاده می‌شود)، ساخت ابزارهای جدید برای بیولوژی سلولی و مولکولی، تبدیل ضایعات به انرژی و محصولات جانبی مفید، اصلاح بذور به شیوه اتمی، تولید کریستال‌های نانویی جهت افزایش کارایی استفاده از آفت‌کش‌ها (که باعث به حداقل رساندن ورود این ترکیبات خطرناک به طبیعت می‌شود)، تولید نانو کودها<sup>۱</sup>، کنترل فعالیت‌های اجزای سلولی گیاهان

---

۱ . Nanofertilizer

بدون آسیب رسانی به آنها، حسگرهای هوشمند و سیستم‌های حمل هوشمند به منظور ردیابی و مبارزه سریع و مفید با ویروس‌ها و سایر عوامل بیماری‌زا، افزایش توانمندی گیاهان برای جذب مواد مورد نیاز، کاربردهای نانو در تصفیه آب و ادوات آبیاری، بی خطر ساختن مواد آلاینده آب و خاک و قابلیت بازیافت آنها، ساخت سوپرجاذب‌های آب از پلیمرها و مواد کامپوزیت (این مواد به منظور ذخیره و حفظ رطوبت بیشتر در خاک طراحی گردیده است و استفاده از آنها به ویژه در مناطق خشک و کم آب در افزایش میزان عملکرد بسیار مفید خواهد بود) (دو، ۲۰۰۶، رومینگ، ۲۰۰۴، ساستری و همکاران، ۲۰۱۰ و واراد و دوتا، ۲۰۰۵) مواردی از کاربرد نانو تکنولوژی در بخش کشاورزی است.

#### ۲-۳-۲- نانو کودها

با بهره‌گیری از فناوری نانو در طراحی و ساخت نانو کودها، فرصت‌های جدیدی به منظور افزایش راندمان مصرف عناصر غذایی و به حداقل رساندن هزینه‌های محافظت از محیط زیست ایجاد شده است (لیو و همکاران، ۲۰۰۶). با بکارگیری نانو کودها به عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی کود به تدریج و به صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شوند و در نتیجه از بروز پدیده مردابی شدن آب‌های ساکن و همچنین آلودگی آب آشامیدنی، جلوگیری به عمل خواهد آمد (باروئه، ۲۰۰۹). به طور کلی نانو کودها به سه روش عناصر غذایی را در اختیار گیاهان قرار می‌دهند: عناصر غذایی (۱) درون پوششی از نانو مواد متخلخل قرار می‌گیرند، (۲) توسط لایه پلیمری نازکی پوشیده می‌شوند و یا (۳) به صورت ذره یا امولسیون در ابعاد نانو آزاد می‌گردند. در واقع از علم نانو تکنولوژی در نانو کودها به عنوان ابزاری جهت هم‌زمان کردن رهاسازی کودها با جذب آنها توسط گیاه و ممانعت از برهم‌کنش عناصر غذایی با خاک، میکروارگانیسم‌ها و آب و هوا استفاده می‌شود.

جهت افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی با استفاده از ژئولیت‌ها، که گروهی از کانی‌های دارای ساختار لایه‌ای کندو مانند هستند و به طور معمول در طبیعت یافت می‌شوند،

می‌توان کودهایی ایجاد نمود که از توانایی رهاسازی آرام عناصر غذایی در محیط برخوردار باشند. قابلیت بارگیری و پر شدن شبکه به هم پیوسته تونل‌ها و اتاقل‌های کانی زئولیت توسط نیتروژن و پتاسیم، به همراه سایر ذراتی که به آرامی در آب حل می‌شوند، وجود دارد که محتوی فسفر، کلسیم و مجموعه کاملی از عناصر غذایی نادر و کم مصرف هستند. کانی زئولیت، به عنوان منبعی از عناصر غذایی که در پاسخ به نیاز گیاه، به تدریج و با سرعتی مناسب آزاد می‌شوند، عمل می‌کند. همچنین با پوشاندن کودهای شیمیایی مرسوم توسط نانو غشاها، می‌توان به کودهایی دست یافت که عناصر غذایی خود را به صورت آهسته و پیوسته آزاد کنند. نانو کمپوزیت‌های پوشاننده و سیمان کننده نیز قادر به تنظیم سرعت رهاسازی عناصر غذایی از کپسول حاوی کود، می‌باشند (لیو و همکاران، ۲۰۰۶). در سال ۲۰۰۴ اختراع و ثبت نوعی نانو کمپوزیت متشکل از نیتروژن، فسفر، پتاسیم، عناصر کم مصرف، مانوز و آمینواسیدها گزارش شد که جذب و استفاده از عناصر غذایی توسط محصولات دانه‌ای را افزایش می‌دهد (جینگ‌هیوآ، ۲۰۰۴). از نانو کمپوزیت‌های لایه‌ای مرکب از روی-آلومینیوم هیدروکسید مضاعف، به منظور کنترل آزادسازی ترکیبات شیمیایی که رشد گیاه را تنظیم می‌کنند، استفاده می‌شود. تعدادی از محققین بر این ادعا هستند که با استفاده از کودهای شیمیایی پوشیده شده توسط نانو لوله‌های حلزونی شکل (ورقه‌های لیپیدی دو لایه آب‌گریز و آب‌دوست لوله شده)، عملکرد محصول افزایش خواهد یافت. اگرچه ظهور چنین روش‌هایی امیدوار کننده است، ولی این رویکردها فاقد مکانیسم‌های لازم به منظور تشخیص و واکنش نشان دادن نسبت به نیازهای غذایی گیاه و تغییرات سطوح عناصر خاک هستند.

محققین در حال کار روی ایجاد سیستم‌های هوشمند آزادسازی عناصر بر مبنای طراحی و ساخت نانو کودهایی هستند که قادر به واکنش نسبت به تغییرات محیطی می‌باشند. در این سیستم‌های هوشمند نانو کودها در پاسخ به سیگنال‌های مختلفی از جمله میدان‌های مغناطیسی، گرما، فرا صوت و رطوبت، عناصر غذایی خود را به صورت کنترل شده (به آرامی یا به سرعت) در محیط رها می‌کنند. استفاده از این نانو لایه‌های کنشی در طراحی و ساخت کودهای شیمیایی جدید

منجر به افزایش قابل ملاحظه کارایی مصرف عناصر غذایی و متعاقباً عملکرد محصول خواهد شد (دروسا و همکاران، ۲۰۱۰).

در پژوهش استامپولیس و همکاران (۲۰۰۹) در کشت هیدروپونیک بذره‌های کدوی سبز از نانو ذرات اکسید روی استفاده شد و جوانه‌زنی و رشد ریشه مطالعه گردید و نشان داده شد که نانو ذرات روی، هیچ‌گونه تاثیر منفی ندارند. درحالی‌که جوانه‌زنی بذر چچم و ذرت به ترتیب توسط نانو ذرات روی (۳۵ نانومتر) و نانو اکسید روی (۲۵-۱۵ نانومتر) باز داشته شدند (لین و اکزینگ، ۲۰۰۷). کاربرد پودر اکسید آهن نانو نسبت به اکسید آهن معمولی به دلیل حلالیت و فراهمی ذرات بیشتر در خاک، دارای قابلیت بیشتری برای جذب توسط گیاه گندم بود که در نتیجه موجب افزایش غلظت آهن گیاه، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه در سنبله، کل وزن کاه و کلس و وزن هزار دانه در گندم شد (مظاهری‌نیا و همکاران، ۱۳۸۹). محلول‌پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم ۰/۰۲ درصد در گندم، از طریق افزایش فرآیند باروری، تعداد دانه در هر سنبله را افزایش داد و در شرایط تنش خشکی نسبت به عدم محلول‌پاشی در همین شرایط وزن سنبله را ۲۸/۲۳ درصد و در نتیجه عملکرد را ۲۳/۱۳ درصد بالا برد (جابرزاده و همکاران، ۱۳۸۹). در آزمایشی مشاهده شد ترکیبی از نانو اکسید سیلیسیم ( $\text{SiO}_2$ ) و نانو اکسید تیتانیوم ( $\text{TiO}_2$ ) فعالیت نیترات ردوکتاز را در سویا افزایش داد و توانایی جذب و استفاده از آب و کود را تشدید نمود (لو و همکاران، ۲۰۰۲). افزایش در جوانه‌زنی، وزن خشک گیاه، تشکیل کلروفیل، فعالیت آنزیم روبیسکو و سرعت فتوسنتز در اسفناج نیز در اثر تیمار با نانو اکسید تیتانیوم مشاهده شد (گائو و همکاران، ۲۰۰۶ و زانگ و همکاران، ۲۰۰۵). صالحی و تمسکنی (۱۳۸۷) نشان دادند که تیمار نانو ذرات نقره (۵ میلی‌گرم در لیتر) موجب افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و در نهایت بهبود استقرار گندم گردید. اختیاری و همکاران (۱۳۸۸) آزمایشی روی گیاه رازیانه در غلظت‌های صفر، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر از محلول نانو نقره انجام دادند و بیان داشتند که نانو نقره روی جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی این گیاه تاثیر مثبت دارد و غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش جوانه‌زنی، قوه نامیه، وزن تر و خشک گیاهچه، حجم و

طول ساقه چه می‌شود که همسو با نتایج به دست آمده از پژوهش اختیاری و کریمی روزبهانی (۱۳۹۰) می‌باشد. در مقابل لی و همکاران (۲۰۰۸) کاهش رشد گندم و لوبیا را در تیمار با نانوذرات مس اعلام نمودند. به طور کلی بازدارندگی رشد گیاه در اثر نانوذرات بسته به نوع نانو ذره فلزی، نوع گیاه و نیز غلظت به کار رفته متفاوت است (لین و اگزین، ۲۰۰۷).

## ۲-۴- محلول پاشی

محلول پاشی روی گیاهان که اصطلاحاً تغذیه برگ‌ی نیز نامیده می‌شود در برخی موارد از مصرف عناصر در خاک بهتر و مفیدتر است. مانند شرایط آهکی یا قلیایی خاک‌های زراعی که کود مصرفی در خاک تثبیت و غیر قابل استفاده برای گیاه می‌گردد. بنابراین در مزرعه که فاکتورهای تأثیرگذار روی جذب مواد غذایی بی‌ثبات و متغیر هستند، کوددهی برگ‌ی یک امتیاز محسوب می‌شود (موحدی دهنوی و همکاران، ۲۰۰۹). این روش بهره‌وری از عناصر غذایی را سریع‌تر و رفع کمبودهای مشاهده شده را در مدتی کمتر از آنچه با تیمارهای خاکی لازم است، امکان‌پذیر می‌کند. برای کارایی بیشتر، دو یا سه برگ‌پاشی در فواصل کوتاه زمانی لازم است. به ویژه وقتی که کمبود باعث توقف شدید رشد گیاه شده باشد (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۱). مشکل اصلی در محلول پاشی، سوختگی برگ است. اگر فشار اسمزی محلول برگ‌پاشی شده بیش از فشار اسمزی شیره سلولی باشد، آب از نسوج گیاهی خارج و سوختگی حاصل می‌گردد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). محلول پاشی بهتر است در صبح یا عصر که شدت نور خورشید کمتر است، صورت پذیرد. دمای محیط باید کمتر از ۲۹ درجه سانتی‌گراد باشد. درحالی که رطوبت نسبی بالاتر از ۷۰ درصد مطلوب است. هنگام محلول پاشی نباید سرعت باد زیاد باشد و به منظور تأثیر بیشتر، توصیه می‌شود پس از محلول پاشی، مزرعه و باغ آبیاری شوند. افزودن مواد روکشگر<sup>۱</sup> جذب عناصر را افزایش می‌دهد. اسیددینه محلول نیز باید کنترل

---

<sup>۱</sup> Surfactant

شود و معمولاً مقدار مطلوب آن بین ۶ تا ۸ بیان می‌شود (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۹ و خوش‌گفتارمنش، ۱۳۸۶).

مطالعات زیادی نشان داده است که در مورد عناصری مثل بر، مس، منیزیم، منگنز و روی محلول‌پاشی به دلیل رفع سریع کمبود، کاهش سمیت ناشی از تجمع این عناصر در خاک و جلوگیری از تثبیت آن‌ها، روش مناسب‌تری نسبت به کاربرد در خاک است (کمبراتو، ۲۰۰۴). تیکسیرا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که در لوبیا مصرف روی و منگنز به صورت محلول‌پاشی به ترتیب منجر به افزایش ۱۸ و ۳۲ درصدی وزن خشک در مقایسه با شاهد گردید. لین (۱۹۹۶) نیز نشان داد که عملکرد دانه سویا به شدت در اثر محلول‌پاشی و مصرف خاکی عنصر منگنز افزایش می‌یابد و محلول‌پاشی را مؤثرتر از مصرف خاکی دانست. در تحقیقی روی لوبیا، محلول‌پاشی عناصر نسبت به مصرف کود در خاک بیشترین میزان آهن، روی و منگنز در برگ‌ها را موجب گردید. همچنین محلول‌پاشی آهن و روی سبب افزایش میزان این عناصر در بذر نسبت به سایر روش‌های مصرف شد (کاظمی پشت مساری و همکاران، ۲۰۰۸). در پژوهش دیگری (فرج‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹) روی گیاه ذرت، محلول‌پاشی روی بیشترین تأثیر را در افزایش میزان روی در برگ‌ها داشت. محلول‌پاشی روی به همراه نیتروژن و آهن در مراحل پایانی رشد و نمو غلات سبب افزایش پروتئین و غلظت روی و آهن دانه می‌شود و تأثیر خوبی در بهبود کیفیت دانه غلات دارد (خوش‌گفتارمنش، ۱۳۸۶). در مورد آهن نیز محلول‌پاشی روشی اقتصادی برای درمان کلروز ناشی از کمبود در چغندرقد است و منجر به افزایش عملکرد این گیاه می‌گردد (فرناندز و همکاران، ۲۰۰۴). عبدالهادی (۱۹۸۶) نیز با محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز در چندین محصول از جمله چغندرقد، افزایش عملکرد بین ۱ تا ۵۱ درصد را گزارش نمود. همچنین مورتوت (۱۹۸۶) در آزمایشی بیان کرد محلول‌پاشی آهن در چغندرقد روش مؤثری برای جبران کمبود آهن بوده و نسبت به مصرف خاکی تأثیر بیشتری دارد. محلول‌پاشی بور نیز نسبت به سایر روش‌های کاربرد، میزان توسعه بیشتری را در شاخص سطح برگ چغندرقد در پی داشت (یارنیا و همکاران، ۱۳۸۸).

روی یکی از دو عنصر ضروری شرکت کننده در مجموعه مکانیزم‌های حفاظتی بدن و ترمیم سریع‌تر زخم‌ها و یکی از مواد معدنی کمیاب است که پس از آهن بیشترین میزان را در بدن داراست (۳ گرم). در خصوص اهمیت روی می‌توان اظهار داشت که بدن بدون این عنصر نمی‌تواند به حیات خود ادامه دهد. زیرا برای سنتز DNA، RNA، متابولیزه کردن کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها، دفع دی‌اکسیدکربن و استفاده بهینه از ویتامین آ مورد نیاز است. روی فعالیت آنتی‌اکسیدان بدن را افزایش داده و مانع از خستگی زودرس در انجام کارهای روزانه می‌شود. همچنین در درمان آسم، بیماری‌های قند، کم‌کاری غدد به خصوص غده تیروئید، استرس‌های عصبی و ... نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند و در جریان اعمال مؤثر حیاتی بدن نظیر نگهداری، کارکرد سیستم آنزیم‌ها و سلول‌های مغزی مؤثر است. روی حس چشایی را تقویت کرده و در جلوگیری از ریزش مو و شکنندگی ناخن‌ها و لطافت پوست بدن تأثیرگذار است و برای ثبات حالت خون و برقراری تعادل اسیدی-قلیایی بدن وجود آن لازم است. بر اساس تحقیقات به عمل آمده، اضافه کردن مکمل روی در جیره غذایی، میزان بروز بی‌اشتهایی، سرفه، تب و استفراغ را در کودکان کاهش می‌دهد.

منابع روی در مواد غذایی گوشتی دریایی به ویژه صدف، میگو و ماهی، جگر، گوشت قرمز و تخم‌مرغ به مقدار فراوان یافت می‌شود. حداکثر روی در مواد غذایی گیاهی در تخمه کدو است. بهترین روش برای حل مشکل کمبود روی در بدن، غنی‌سازی محصولات کشاورزی در مزرعه بیان شده است (ملکوتی و داودی، ۱۳۸۲).

روی یکی از عناصر ضروری در تغذیه گیاه می‌باشد (زند و همکاران، ۱۳۸۸). این عنصر نقش مهمی در تولید بیوماس بازی می‌کند (کایا و هیگز، ۲۰۰۲ و کاکماک، ۲۰۰۸) و علاوه بر این که عملکرد محصولات کشاورزی را افزایش می‌دهد، کیفیت محصولات تولیدی را بالا می‌برد و غنی‌سازی و ارتقاء سلامت جامعه نیز تحقق می‌یابد. از جمله نقش‌های اساسی این عنصر مشارکت در ساختمان ۳۰۰ نوع آنزیم و پروتئین است و کمبود آن فعالیت چندین آنزیم مهم از جمله فسفاتازها، الکل دهیدروژناز، دیمیدین کیناز، کربوکسی پپتیداز، DNA و RNA پلیمراز را کاهش می‌دهد (مارچنر، ۱۹۹۵). عنصر روی با فعال کردن آنزیم الکل دهیدروژناز سبب تبدیل استالدئید به اتانول می‌شود و از سیاه شدن میوه جلوگیری می‌کند. همچنین می‌توان به نقش این فلز در بیوسنتز اکسین به عنوان یک هورمون محرک رشد اشاره کرد. زیرا روی به احتمال زیاد به عنوان کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌ها در بیوسنتز اسیدآمینو ترپتوفان به عنوان پیش ماده سنتز اکسین و یا در تبدیل اسیدآمینو ترپتوفان به ایندول استیک اسید نقش دارد (قربانلی و همکاران، ۱۳۸۲). از دیگر نقش‌های روی ایجاد سیستم دفاعی سلولی در برابر گونه‌های واکنش‌دهنده با اکسیژن فعال (Reactive Oxygen Species) می‌باشد. روی با اتصال به فسفولیپیدها و گروه‌های سولفیدریل غشای سلولی سبب پایداری این غشاها می‌شود و آن‌ها را در برابر خسارات ناشی از اکسایش محافظت می‌کند. به نحوی که در شرایط کمبود روی بروز خسارت‌های اکسیداتیو ناشی از تهاجم رادیکال‌های آزاد از طریق ایجاد اختلال در عملکرد غشاهای سلولی و تولید رادیکال‌های هیدروکسیل و سوپراکسیداز مشاهده می‌شود (ریون و آلووی، ۲۰۰۴). این عنصر به واسطه شرکت در ساختمان ریبوزوم‌ها، دارای نقش اساسی در پروتئین‌سازی است و در غیاب آن ریبوزوم‌ها متلاشی می‌شوند (خوش‌گفتارمنش، ۱۳۸۶). به علاوه روی برای تولید کلروفیل، عمل‌گرده افشانی، لقاح و جوانه‌زنی نیاز است (پاندی و همکاران، ۲۰۰۶ و کاکماک، ۲۰۰۸).



مقدار روی در خاک‌های زراعی بسیار اندک است و حلالیت همین مقدار کم نیز به دلیل آهکی بودن، اسیدیته بالا، بی‌کربناته بودن آب آبیاری، تنش خشکی و شوری، مواد آلی کم، استمرار خشکسالی و تداوم مصرف نامتعادل کودها بسیار ناچیز است. مقدار روی قابل استفاده در خاک‌های ایران به طور معمول کمتر از ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری شده است درحالی‌که در شرایط کاملاً مطلوب مقدار آن بایستی ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد. بدیهی است گیاهانی که در چنین خاک‌هایی رشد می‌کنند از کمبود روی صدمه می‌بینند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). کمبود روی سبب اختلال در فرآیندهای سلولی و در نتیجه، کاهش شدید رشد و نمو گیاه می‌شود. کمبود این عنصر ابتدا در برگ‌های جوان‌تر ظاهر می‌گردد. علائم با کلروز شروع و به دنبال آن رشد شاخه‌های جوان به شدت کاهش می‌یابد (عزیزی و امینی‌دهقی، ۱۳۸۷). آشکارترین نشانه ظاهری کمبود روی در دولپه‌ای‌ها، کم شدن رشد طولی به علت کاهش فاصله میان‌گره‌ها و همچنین کاهش بسیار زیاد در اندازه برگ است. کمبود روی در پنبه سبب پیدایش علامتی می‌شود که ریزی برگ نام دارد (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۱). همچنین بوته‌های پنبه مبتلا به کمبود روی به طور طبیعی رشد نمی‌کنند. طولیل شدن ساقه برای مدتی متوقف و فاصله میان‌گره‌ها کم می‌شود و در این شرایط بوته‌های جوان حالت جارویی شکل پیدا می‌کنند. البته در اواخر فصل معمولاً رشد به وضعیت عادی بر می‌گردد. در سویا و لوبیا کمبود روی سبب کاهش رشد طبیعی و کوچک شدن بوته‌ها می‌شود. فاصله بین رگبرگ‌ها زرد و رنگ پریده می‌شود. بافت‌های کلروز شده ممکن است قهوه‌ای یا خاکستری شوند و قبل از بلوغ از بین بروند. در یک مزرعه سویا یا لوبیا علایم کمبود روی، از دور به صورت رنگ قهوه‌ای متمایل به زرد آشکار است. در گیاه سیب‌زمینی که در شرایط کمبود روی رشد کرده است، بوته‌ها کوتاه و برگ‌های جوان فنجانی هستند و به طرف بالا تابیده می‌شود به طوری که حالت سرخسی به گیاه داده می‌شود. این علامت را برگ سرخسی می‌گویند (خوش‌گفتارمنش، ۱۳۸۶). در غلات در شرایط کمبود روی نوارهای زرد رنگ در راستای رگبرگ‌های اصلی و لکه‌های قرمز رنگ به علت

انباشتگی آنتوسیانین در برگ‌ها دیده می‌شود (مارچنر، ۱۹۹۵). در بسیاری از گیاهان کمبود روی علامتی به نام «خپلگی» ایجاد می‌کند. در ذرت و ذرت‌خوشه‌ای این علامت سفیدی جوانه گفته می‌شود. همچنین سبب کاهش رشد ریشه و کاهش تولید ماده خشک ساقه می‌شود (زای‌اکسین و همکاران، ۲۰۰۶). تراکم بالای اکسیژن رادیواکتیو، عدم توسعه و رشد برگ‌های اولیه در گیاهان نیز دیده می‌شود (هانگ و جی‌یونگ، ۲۰۰۷).

فلز روی نیز همانند سایر فلزات سنگین هنگامی که در خاک و در نهایت در بافت‌های گیاهی تجمع می‌یابد، بسته به گونه گیاهی موجب تغییر در برخی فرآیندهای متابولیکی گیاه می‌شود و از این طریق در رشد و نمو گیاهان اختلال ایجاد می‌کند (استوی‌آنوا و دونچوا، ۲۰۰۲). مهار رشد یکی از عمومی‌ترین نشانه‌های مسمومیت گیاهان با فلز روی می‌باشد که می‌تواند ناشی از القای تنش اکسیداتیو باشد (روت و داس، ۲۰۰۳). روی در غلظت‌های بالا موجب کاهش کلروفیل و آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز، مهار واکنش‌های چرخه کالوین و کاهش تثبیت کربن و سنتز کربوهیدرات و در نهایت کاهش ماده‌سازی می‌شود (خاوری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۰). گزارش شده است گیاهانی که در معرض غلظت‌های بالای فلز روی قرار می‌گیرند ساختار میتوکندریایی در آن‌ها تخریب شده و در نتیجه فرآیندهای انرژی‌خواه مرتبط با رشد سلول در آن‌ها دچار اختلال می‌شود (رویت و داس، ۲۰۰۳). همچنین روی با بازدارندگی از جذب سایر عناصر ضروری به ویژه آهن، پتاسیم و کلسیم مانع رشد گیاه می‌شود (خاوری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۰). ملنا و همکاران (۱۹۹۵) با مطالعه اثرات روی بر مرگ و میر سلول‌های برگ *Halophyla stipulecea* به این نتیجه رسیدند که این فلز در غلظت بالا موجب نکروز سلول‌های اپیدرمی و مزوفیلی برگ و مهار رشد سطحی برگ‌ها در این گیاه می‌شود. کاهش میزان سطح برگ در غلظت‌های بالای روی نیز ممکن است به دلیل تجمع روی در برگ باشد (زارع ده‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۶).

## ۲-۶- منیزیم

### ۲-۶-۱- نقش منیزیم در سلامتی انسان

منیزیم چهارمین عنصر ضروری بدن است و از نظر فراوانی پس از سدیم، پتاسیم و کلسیم قرار دارد. این عنصر نقشی اساسی در سلامت انسان دارد. حدود ۶۰ درصد منیزیم بدن در استخوانها، ۲۶ درصد در ماهیچهها و بقیه داخل سلولها، و فقط یک درصد کل منیزیم بدن در خون یافت می‌شود. اما بدن به سختی تلاش می‌کند این مقدار را ثابت نگه دارد. منیزیم عنصری است که در بیش از ۳۰۰ واکنش بیوشیمیایی بدن دخالت دارد و به عنوان کوفاکتور بسیاری از واکنش‌های آنزیمی است (انتقال گروه‌های فسفات و واکنش‌هایی که نیازمند ATP هستند). همچنین به عملکرد صحیح ماهیچه‌ها، اعصاب و قلب کمک می‌کند. دستگاه ایمنی را سالم نگه می‌دارد. سبب استحکام استخوانها می‌شود و در تنظیم قندخون دخالت دارد. منیزیم در متابولیسم و سنتز پروتئینها هم نقش مهمی دارد. این عنصر از طریق گیرنده‌های موجود در روده کوچک جذب و مقادیر اضافی آن به وسیله کلیه‌ها دفع می‌گردد. بدن یک فرد بالغ، روزانه به طور متوسط ۳۲۰ تا ۴۲۰ میلی‌گرم منیزیم نیاز دارد که این میزان در سنین مختلف و بر اساس جنسیت فرد متفاوت است. بیشتر منیزیم بدن در بافت‌ها ذخیره می‌شود و کرامپ‌های پا، درد یا پیچش عضلات، اولین علائم کمبود منیزیم هستند. کم‌خوابی و سردردهای میگرنی از دیگر علائم شایع کمبود منیزیم محسوب می‌شوند. منیزیم در واکنش‌های مهم بدن مانند هضم غذا، تولید انرژی، عملکرد عضلات، شکل‌گیری استخوانها، تولید سلول‌های جدید، فعال‌سازی ویتامین‌های گروه B و نیز در عملکرد صحیح قلب، کلیه‌ها، غدد فوق کلیوی و دستگاه عصبی شرکت می‌کند. به علاوه، متابولیسم قندها و چربی‌ها نیازمند مقادیر زیادی منیزیم است. تأمین منیزیم مورد نیاز بدن در جلوگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی، فشارخون، سنگ کلیه، بی‌خوابی و اضطراب نقش دارد (میرزازاده، ۱۳۹۰ و مظفری و قدمگاهی، ۱۳۹۰).

منیزیم یکی از عناصر ضروری رشد گیاه است و به واسطه پیوندهای یونی محکمی که با گروه‌های فسفریل تشکیل می‌دهد، وظایف متعددی در گیاه عهده‌دار است. تعداد زیادی از آنزیم‌های گیاه توسط منیزیم فعال می‌شوند. در برخی آنزیم‌ها نظیر ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز (-RUBP Carboxylase) وجود کاتیونی مثل منیزیم برای اتصال بین آنزیم و ماده اولیه لازم است. منیزیم برای آنزیم پلی‌مراس نیز لازم است و از همین طریق به تشکیل RNA در هسته کمک می‌کند. در واقع این عنصر سبب برقراری پیوند بین رشته‌های مجزای DNA و خنثی کردن پروتئین‌های موجود در زمینه هسته می‌شود. همچنین عنصر منیزیم اتم مرکزی مولکول کلروفیل است (دینگ و همکاران، ۲۰۰۸). در واقع اولین مرحله ساخت کلروفیل، اتصال منیزیم به ساختمان پورفیرین توسط آنزیم کاتالاز-منیزیم می‌باشد. این آنزیم‌ها برای فعال شدن به ATP و منیزیم نیاز دارند (ایگامبریدیو و کلکزوسکی، ۲۰۰۳). بسته به وضعیت تغذیه‌ای گیاه بین ۶ تا ۲۵ درصد کل منیزیم در کلروفیل قرار دارد و بقیه (۵ تا ۱۰ درصد) در پکتات دیواره سلولی برگ‌ها وجود دارد، یا به شکل نمک‌های کم محلول (نظیر فسفات) در واکوئل رسوب کرده است. معمولاً منیزیم ذخیره شده در واکوئل برای پایدار نگه‌داشتن این عنصر در سیتوپلاسم (هموستاسیس) لازم است. به علاوه منیزیم موجود در واکوئل برای توازن کاتیون-آنیون و تنظیم تورم سلولی اهمیت دارد (تورنر و همکاران، ۲۰۱۰). از دیگر نقش‌های منیزیم در گیاه، می‌توان به هم‌آوری زیرواحدهای ریبوزومی و تشکیل پروتئین اشاره کرد (ماتیوس، ۲۰۰۹). بیش از ۲۵ درصد پروتئین‌های سلول‌های برگ در کلروپلاست قرار دارد. به همین دلیل، کمبود منیزیم تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر اندازه و ساختمان و کارکرد کلروپلاست، مثلاً انتقال الکترون در اکوسیستم نوری دوم دارد (مارچنر، ۱۹۹۵ و خوش‌گفتارمنش، ۱۳۸۶). از نقش‌های اساسی منیزیم می‌توان به تأثیر آن در تقسیم‌بندی کربوهیدرات‌ها و ماده خشک تولیدی بین ریشه و شاخساره اشاره نمود (کاکماک، ۲۰۰۸). همچنین در صادرات مواد فتوسنتزی از منبع به اندامک‌های مخزن نقش دارد

و کاهش آن سبب افزایش تجمع کربوهیدرات‌ها در برگ‌های منبع می‌شود (هرمانز و همکاران، ۲۰۰۴).

## ۲-۶-۳- علایم کمبود و بیش‌بود منیزیم در گیاهان

علایم کمبود منیزیم بستگی به گونه گیاهی و فاکتورهای دیگری از قبیل شدت نور دارد (برگمن، ۱۹۹۲). در شرایط کمبود منیزیم به سبب انتقال مجدد این عنصر از برگ‌های بالغ به جوان، علایم کمبود در برگ‌های مسن ظاهر می‌شود. در گیاهان دچار کمبود، کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی شامل نشاسته و قندها در برگ‌ها انباشته می‌شود و ماده خشک گیاه افزایش می‌یابد. در این شرایط انتقال کربوهیدرات‌ها به ریشه کاهش می‌یابد، رشد آن‌ها به شدت کم می‌شود و در نتیجه نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه افزایش می‌یابد. برگ‌های دچار کمبود منیزیم حساسیت بالایی به نور دارند و علایم کلروز و نکروز در آن‌ها با افزایش شدت نور، تشدید می‌گردد (کاکماک، ۲۰۰۸). کمبود این عنصر سبب کاهش کلروفیل و زردی برگ‌های پایینی نهال‌های ذرت می‌شود و کوتوله شدن گیاه اتفاق می‌افتد. در گیاهان دانه ریز، نظیر گندم نیز کمبود منیزیم، کوتاه قدی و زرد شدن را باعث می‌شود. علامت مشخص کمبود منیزیم در پنبه این است که برگ‌ها قرمز ارغوانی می‌شوند ولی رگبرگ‌ها سبز می‌ماند. علایم کمبود ابتدا در برگ‌های پایینی پنبه ظاهر می‌شود و برگ‌ها پیش از بلوغ ریزش می‌کند. ریزش برگ‌ها سبب کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش رشد رویشی گیاه می‌گردد و میوه‌ها به اندازه کافی رشد نمی‌کند، عملکرد پنبه و دانه نیز به شدت کم می‌شود. در بوته‌های سیب‌زمینی برگ بوته‌های فقیر از منیزیم روشن‌تر است. در کمبودهای نه چندان شدید این علایم محدود به برگ‌های پایینی می‌گردد و بخش‌های بالایی سالم می‌ماند. در مراحل پیشرفته‌تر، بخش‌های مرکزی برگ‌های منفرد و بین رگبرگ‌ها نیز دچار کلروز می‌شود و روی آن‌ها مناطق کوچک قهوه‌ای ظاهر می‌گردد. برگ‌های پایینی فقیر از منیزیم، شکننده و ترد می‌شوند. این علایم شبیه زرد شدگی ناشی از افزایش سن برگ‌ها است. در بوته‌های گوجه‌فرنگی کاشته شده در محلول غذایی فقیر از این

عنصر، برگ‌ها بسیار ترد و شکننده هستند و به سمت بالا تاب می‌خورند. در کرفس این کمبود یک حالت غیر طبیعی ژنتیکی (مثل ابلق شدن) در گیاه ایجاد می‌کند. کمبود منیزیم در خیار، کدو، خربزه و لوبیا سبز نیز سبب قهوه‌ای و ابلق شدن برگ‌ها می‌شود. علائم کمبود در برگ‌های چغندر به صورت کلروز لکه‌ای بین رگبرگ‌ها است که از نوک و حاشیه برگ شروع می‌شود و با تشدید کمبود، قسمت‌های زرد رنگ تبدیل به لکه مردگی می‌شود. ابتدا حاشیه برگ‌ها و سپس بین رگبرگ‌ها نکروزه می‌گردد و برگ‌های مسن‌تر از بین رفته و ریزش می‌کند (خوش‌گفتارمنش، ۱۳۸۶).

وقتی که غلظت یک یون در گیاه از حد آستانه فراتر می‌رود سبب ایجاد حالت سمیت در گیاه می‌شود. تجمع بیش از حد منیزیم، در جذب یا متابولیسم عناصر ضروری دیگر مثل کلسیم و پتاسیم اختلال ایجاد می‌کند و رشد گیاه را به صورت معکوس تحت تأثیر قرار می‌دهد. از رشد ریشه جلوگیری می‌نماید و در میتوکندری سلول‌های ریشه مانع فعالیت آنزیم‌های مختلف می‌گردد (کایاما و همکاران، ۲۰۰۵). با افزایش غلظت منیزیم تولید ماده خشک در ریشه و شاخساره به شدت کاهش می‌یابد (رانی و جوز، ۲۰۰۹ و بهرامی، ۱۳۸۸). احتمالاً با افزایش منیزیم، جذب آهن نیز دچار اختلال می‌شود و در مسیر بیوسنتز کلروفیل تأثیر می‌گذارد و مقدار آن را کاهش می‌دهد (بهرامپور، ۱۳۸۵).

## ۲-۷- تأثیر عناصر روی و منیزیم بر رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی

### ۲-۷-۱- تجمع ماده خشک در شاخساره

طبق گزارش موحدی دهنوی و همکاران (۲۰۰۹) استفاده از روی سبب افزایش ماده خشک در گیاه می‌گردد. نتایج به دست آمده از محلول‌پاشی روی و منگنز مبنی بر افزایش ماده خشک، در توافق با نتایج تالوس و همکاران (۲۰۰۶) و عبدهادی (۲۰۰۷) نیز می‌باشد. در پژوهش انجام شده توسط حاجی‌بلند و همکاران (۱۳۸۶) در مقایسه تعدادی از ارقام برنج نسبت به تحمل کمبود عنصر

روی در شرایط مزرعه‌ای و آبکشت، کمبود این عنصر سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی در تمام ارقام شد. وانخاده (۱۹۹۹) نیز طی گزارشی اعلام نمودند وزن خشک گیاه در تیمارهای حاوی روی به طور معنی‌داری افزایش یافته است. به گزارش لبلاس و همکاران (۱۹۹۷) محلول‌پاشی گیاه ذرت علوفه‌ای با ۰/۵ و ۱ کیلوگرم در هکتار روی خالص به طور معنی‌داری عملکرد ماده خشک را افزایش داد. در آزمایش مزرعه‌ای روی سه رقم سویا مقادیر مختلف کود روی مورد آزمایش قرار گرفت و بیان شد که کاربرد روی موجب افزایش تولید ماده خشک گیاهی می‌شود (جها و چاندل، ۱۹۸۷).

کاربرد کود سولفات منیزیم سبب افزایش قابل توجهی در میزان ماده خشک تولیدی طی دوره رشد گیاه عدس شد (یعقوبی، ۱۳۸۸). در پژوهش انجام شده توسط گنج‌آی و گلچین (۱۳۹۰) روی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن، پتاسیم و منیزیم بر عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه توت‌فرنگی در محیط کشت هیدروپونیک بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی از مصرف ۲۴ میلی‌گرم در لیتر منیزیم به دست آمد. کلارک (۱۹۹۷) با تحقیقی در آمریکا اثر سولفور منیزیم را بر ذرت بررسی نمود و افزایش ماده خشک در گیاه را مشاهده کرد. یافته‌های وی با آزمایش نوابی و ملکوتی (۱۳۸۱) هماهنگی دارد. ماسونیک و همکاران (۱۹۹۶) نیز در ایتالیا اثرات کمبود آهن، سولفور، منگنز و منیزیم را روی گیاهان آفتابگردان، ذرت، گندم و جو بررسی و مشاهده کردند که کمبود تمامی عناصر مذکور موجب کاهش کلروفیل می‌شود و در نتیجه عملکرد و ماده خشک گیاه را نیز کاهش می‌دهد. در گزارشی با افزایش سطوح پتاسیم در آفتابگردان، وزن خشک ساقه و ریشه افزایش یافت درحالی‌که منیزیم بر این دو صفت بی‌تأثیر بود (آمنوایسلپا و همکاران، ۱۹۹۱). رانی و جوز (۲۰۰۹) در پژوهشی، اثر متقابل منیزیم و پتاسیم را بر گیاه بامیه مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که کاربرد ۱۰ کیلوگرم منیزیم در هکتار سبب افزایش تولید ماده خشک گردید، ولی با افزایش بیشتر منیزیم، تولید ماده خشک کاهش یافت. همچنین بهرامپور (۱۳۸۵) تأثیر سطوح منیزیم را روی پسته رقم بادامی زرنده مورد مطالعه قرار داد و بیان نمود که افزایش منیزیم به مقدار ۳/۲۲ و ۶/۴۴ گرم در لیتر،

وزن خشک اندام هوایی و ریشه را به شدت کاهش داد. نتایج مشابهی نیز توسط بهرامی (۱۳۸۸) به دست آمده است.

## ۲-۷-۲- ارتفاع بوته

در بررسی تأثیر کود سولفات روی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه نخود تحت تراکم‌های مختلف کاشت، افزایش کاربرد سولفات روی سبب افزایش ارتفاع گیاه شد. به نحوی که بالاترین ارتفاع (۷۷/۴۱ سانتی‌متر) از تیمار کودی ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به دست آمد (احمدی، ۱۳۸۹). همچنین طبق گزارش رز و همکاران (۲۰۰۵) نیز محلول‌پاشی روی، ارتفاع گیاه را افزایش داد. حاجی‌بلند و همکاران (۱۳۸۶) کاهش ارتفاع را در شرایط کمبود روی گزارش دادند. در گیاه آفتابگردان نیز محلول‌پاشی آهن و روی در مراحل مختلف، تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشت (دیندوست و همکاران، ۱۳۸۶). خلیلی‌محله و همکاران (۱۳۸۳) در بررسی اثرات محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز، بالاترین ارتفاع بوته را در کاربرد توأم عناصر مذکور گزارش کردند. همچنین افزایش ارتفاع بوته ذرت با کاربرد عناصر ریزمغذی گزارش شده است (اسماعیلی و عباسیان، ۱۳۸۵) که با نتایج پژوهش‌های انجام شده توسط غلامپور و همکاران (۱۳۸۸) مطابقت دارد. درحالی‌که ساجدی (۱۳۸۳) و ضیائی‌ان (۱۳۸۵) به عدم اثر معنی‌دار مصرف عناصر ریزمغذی بر ارتفاع بوته دست یافتند. همچنین در تحقیق انجام شده توسط قربانی و همکاران (۱۳۸۹) کاربرد کودهای آهن و روی بر طول ساقه معنی‌دار نشد ولی کاربرد توأم دو عنصر، بیشترین ارتفاع با میانگین ۱۱۷/۷۲۸ سانتی‌متر را به خود اختصاص داد. در پژوهش انجام شده روی گیاه گشنیز (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۸) تیمارهای نیتروژن، روی، پتاسیم، فسفر و مولیبدن به طور معنی‌داری ارتفاع بوته را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. همچنین عناصر منیزیم، آهن و بور سبب افزایش ارتفاع بوته شدند ولی این افزایش معنی‌دار نبود. دلیل تأثیر کمتر این عناصر بر رشد گشنیز در این مطالعه ممکن است نیاز کمتر گیاه به این عناصر و یا وجود مقادیر کافی از آن‌ها در خاک محل آزمایش باشد. طی



آزمایش دیگری مشخص شد که رشد و نمو ذرت به طور قابل توجهی تحت تأثیر محلول پاشی منیزیم قرار می‌گیرد. در این پژوهش بیان شد که با محلول پاشی منیزیم ارتفاع ساقه ذرت افزایش می‌یابد (اشرف و قیصر، ۲۰۰۴). در بین ارقام گیاه عدس مورد مطالعه و روش‌های کاربرد سولفات منیزیم، بیشترین ارتفاع مربوط به تیمار خاک کاربرد + محلول پاشی در رقم Filip-92-12L با ارتفاع ۳۱/۱۸ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع در تیمار شاهد رقم گچساران به ارتفاع ۲۳/۲۸ سانتی‌متر مشاهده گردید (یعقوبی، ۱۳۸۸). کاربرد سولفات پتاسیم و منیزیم در گیاه آفتابگردان بر ارتفاع و قطر ساقه تأثیری نداشت (سپهر و ملکوتی، ۱۳۸۳). ابید و همکاران (۲۰۰۸) در آزمایشی گلخانه‌ای اثر سطوح مختلف منیزیم (صفر، ۲، ۳، ۴ و ۵ گرم در لیتر سولفات منیزیم) را بر رشد گیاه یونجه مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که افزایش بیش از حد منیزیم (۵ گرم در لیتر) موجب کاهش ارتفاع گردید. بهرام‌پور (۱۳۸۵) گزارش داد که با افزایش سطح منیزیم، طول اندام هوایی کاهش یافت. نتایج مشابهی توسط هارا و همکاران (۱۹۷۷) در مورد گیاه کلم نیز به دست آمده است.

#### ۲-۷-۳- سطح برگ

در پژوهش انجام شده توسط زارع‌آبادی و همکاران (۱۳۸۶) روی گیاه نعنای طول اندام هوایی، طول ریشه و سطح برگ‌ها در غلظت‌های ۵ و ۱۰ میکرومولار روی افزایش یافت. خلیلی‌محله و همکاران (۱۳۸۵) در بررسی اثرات محلول پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر عملکرد و خصوصیات کیفی سورگوم در کشت دوم دریافتند که مصرف این عناصر موجب افزایش درصد پروتئین، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته و شاخص سطح برگ گردید. درحالی‌که ملتا و همکاران (۱۹۹۵) با مطالعه اثرات روی بر مرگ و میر سلول‌های برگ *Halophyla stipulecea* به این نتیجه رسیدند که این فلز در غلظت بالا موجب نکرور سلول‌های اپیدرمی و مزوفیلی برگ و همچنین مهار رشد سطحی برگ‌ها می‌شود. کاهش میزان سطح برگ در گیاهان تیمار شده با غلظت‌های بالای روی در پژوهش انجام شده توسط خاوری‌نژاد و همکاران (۱۳۹۰) نیز مؤید این مطلب است.

گزارش شده است که استفاده از سولفات منیزیم در گیاه لوبیا سبب افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد (د اولیویرا و همکاران، ۲۰۰۰). یعقوبی و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند توسعه سطح برگ عدس به سطح منیزیم کاربردی وابسته است و کود سولفات منیزیم موجب افزایش سطح برگ می‌شود. در آزمایشی که توسط فعلی و همکاران (۱۳۹۰) انجام شد، بیشترین طول ساقه، سطح برگ، وزن خشک و تر اندام هوایی میخک در تیمار شاهد (از ابتدا حاوی ۱/۵ میلی‌مول در لیتر سولفات منیزیم بود) مشاهده شد. در مقابل در گزارشی دیگر، با مصرف ۱ و ۲ میلی‌مولار منیزیم، میانگین سطح برگ به ترتیب ۲۵ و ۱۹ درصد نسبت به سطح صفر منیزیم کاهش نشان داد که این کاهش از نظر آماری معنی‌دار بود. در برهم‌کنش سدیم و منیزیم بر سطح برگ نیز زمانی که تیمار صفر سدیم با افزایش منیزیم (۲ میلی‌مولار) همراه شد نسبت به شرایطی که هیچ منیزی مصرف نشد، سطح برگ بیش از ۵۰ درصد کاهش یافت (زادصالحی و همکاران، ۱۳۹۰).

#### ۲-۷-۴- عملکرد و اجزای عملکرد

محلول‌پاشی میکروالمنت‌ها (مس، منگنز، آهن و روی) نقش ضروری در رشد گیاهان دارند. فرآیندهای متعددی چون فتوسنتز، تثبیت نیتروژن، تنفس و دیگر فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی تحت تاثیر ریزمغذی‌ها قرار می‌گیرند که در نهایت نقش مهمی در افزایش عملکرد ایفا می‌کنند (هال و ویلیامز، ۲۰۰۳). کاربرد مقدار خیلی کمی از ریزمغذی‌ها به خصوص روی، آهن و منگنز به شکل محلول‌پاشی سبب افزایش عملکرد گیاهان می‌گردد (ویسووا و همکاران، ۲۰۰۸). بر اساس نتایج به دست آمده توسط وفایی و همکاران (۱۳۹۰) مصرف کود روی بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی و وزن هزار دانه در گیاه لوبیا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. کود روی صفات مذکور را به ترتیب ۱۶، ۲۱ و ۵ درصد افزایش داد. در آزمایش مزرعه‌ای مشاهده شد که کاربرد روی سبب افزایش تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه می‌گردد (جها و چاندل، ۱۹۸۷). رز و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند که دو بار محلول‌پاشی سولفات روی به مقدار ۴ کیلوگرم

در هکتار، عملکرد دانه سویا را از ۵۷ تا ۲۰۸ درصد افزایش داده است. همچنین افزایش ۱۹ درصدی عملکرد دانه سویا نسبت به شاهد با مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی گزارش شده است (اسدی کنگرشاهی و ملکوتی، ۱۳۸۲). مصرف ۴۰ کیلوگرم سولفات روی در خاک و سپس محلول پاشی قبل از گلدهی و در مرحله پر شدن دانه، صفات کمی و عملکرد سویا را به طور معنی داری افزایش داد (مدنی و همکاران، ۲۰۰۷). در گیاه کنجد نیز به کار بردن عنصر روی به دو روش تغذیه برگه و اضافه کردن به خاک، موجب افزایش نیتروژن، فسفر و پتاسیم، افزایش شاخص برداشت، اجزای عملکرد و به ویژه عملکرد دانه گردید (سعیدی، ۲۰۰۸). به علاوه تأثیر مثبت مصرف توأم سولفات روی به صورت خاکی و محلول پاشی در افزایش عملکرد محصول کنجد توسط عارف و همکاران (۱۳۸۲) گزارش شده است. مرشدی (۱۳۷۹) در بررسی محلول پاشی آهن و روی بر کلزا اعلام نمود که محلول پاشی روی سبب افزایش معنی دار تعداد خورجین در بوته گردید و نسبت به شاهد تعداد آن را ۲۶ درصد افزایش داد. تورون و همکاران (۲۰۰۱) طی دو سال آزمایش، اثر کود روی بر عملکرد دانه‌ی ۲۵ واریته گندم در خاک‌هایی با کمبود روی، افزایش ۳۴ درصدی عملکرد دانه در سال اول و ۴۰ درصدی در سال دوم را گزارش کردند. در پژوهش دیگری عشقی‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) مشاهده کردند که کاربرد ۵ و ۱۵ کیلوگرم روی در هکتار به صورت تغذیه برگه سبب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شد. درحالی‌که در تیمار ۱۰ کیلوگرم روی در هکتار کاهش عملکرد دانه مشاهده شد. در بررسی اثرات میزان، منبع و روش مصرف کود روی بر صفات کمی و کیفی برنج زراعی رقم چرام توسط چاکرال‌حسینی و همکاران (۱۳۸۸) ملاحظه شد که تیمار ترکیبی مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به علاوه محلول پاشی سولفات روی با غلظت ۳ در هزار بیشترین عملکرد (۷۵۰۸ کیلوگرم در هکتار) را در مقایسه با شاهد ایجاد کرده است. در آزمایشی که به منظور بررسی اثرات عناصر ریز مغذی آهن، روی و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ انجام شد، خلیلی محله و همکاران (۱۳۸۳) بالاترین تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال را در تیمار کودی آهن + روی + منگنز گزارش کردند. به نظر می‌رسد تغذیه بهینه با عناصر ریزمغذی با

تأثیر بر سنتز اکسین سبب رشد طولی دانه‌های بلال نیز شده و با فراهمی این عناصر، جذب عناصر پر مصرف نیز به صورت بهینه انجام گرفته است و مواد آلی زیادی در بذر تجمع پیدا کرده که موجب سنگینی و بزرگی دانه‌های ذرت شده است. این امر سبب افزایش وزن هزار دانه و در نتیجه عملکرد گردیده است (طاهر و همکاران، ۱۳۸۷). نتایج تحقیقات فتح‌الهی (۱۳۸۴) نیز مؤید این مطلب است. کاربرد عناصر ریزمغذی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بذر و دیگر صفات مورد بررسی در گیاه چغندر قند داشت. به طوری که بیشترین عملکرد بذر در واحد سطح با مصرف توأم آهن و روی حاصل گردید (نصیری و همکاران، ۱۳۸۵). دیندوست و همکاران (۱۳۸۶) طی یک بررسی گزارش کردند محلول‌پاشی آهن و روی در مراحل مختلف بر صفاتی مانند عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن آفتابگردان تأثیر معنی‌دار داشت. نتایج حاصل از پژوهش برمکی و همکاران (۱۳۸۸) حاکی از اثرات مثبت محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در کاهش درصد پوکی دانه آفتابگردان است.

منیزیم و سایر عناصر غذایی با توجه به دخالت در فرآیندهای مختلف بیوشیمیایی درون سلول‌های گیاهی نقش غیر قابل انکاری دارند. هر عامل ثانویه‌ای که سبب غیر قابل دسترس بودن این عنصر شود، سبب ظهور علائم کمبود می‌گردد که می‌تواند به کاهش عملکرد و غلظت این عناصر در اندام‌های مختلف گیاه منجر شود. بنابراین با مصرف عناصر غذایی از جمله منیزیم در گیاهان علاوه بر افزایش تولید، می‌توان شرایط را برای بهبود کیفی و کمی محصول، تولید بذر قوی و افزایش بهره‌وری فراهم نمود (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۹). محلول‌پاشی منیزیم همراه با عناصر ریزمغذی بور، مولیبدن و منگنز در ابتدای گل‌دهی لوبیا سبب افزایش عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد غلاف در بوته شد (زیولیک و همکاران، ۱۹۹۲). محلول‌پاشی سولفات منیزیم عملکرد دانه در گیاه نخود را نیز به طور قابل توجهی افزایش داد (تاکاس-هاجس و کیس، ۲۰۰۴). نتایج پژوهش انجام شده توسط یعقوبی و همکاران (۱۳۸۸) بیان‌کننده افزایش عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته در گیاه عدس به واسطه کاربرد کود سولفات منیزیم می‌باشد. رهام و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی تأثیر روش‌های مختلف

کاربرد کود سولفات منیزیم و رقم بر عملکرد و اجزای آن در عدس بیان کردند تیمارهایی که در آنها کود سولفات منیزیم به صورت خاک کاربرد و محلول پاشی اعمال گردید از نظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی داری با شاهد داشت. همچنین محلول پاشی توأم منیزیم و بور سبب بهبود عملکرد دانه سویا گردید و کاربرد هر یک به صورت منفرد تأثیری بر عملکرد نداشت. کاربرد توأم این دو عنصر سبب افزایش تعداد غلاف در ساقه‌های اصلی به میزان ۱۸ درصد و در شاخه‌های فرعی به میزان ۴۴ درصد گردید (رینبوت و بلوینس، ۱۹۹۵). مصرف کود سولفات منیزیم برای افزایش عملکرد ذرت نیز مفید گزارش شده است (ملکوتی و مشایخی، ۱۳۷۶). در بررسی اثر عناصر منیزیم و نیتروژن در گیاه آجوان، کاربرد ترکیبی منیزیم و نیتروژن باعث افزایش شاخص‌های اجزای عملکرد و عملکرد بذر در بوته این گیاه شد (وهاب و محمد، ۲۰۰۷). در آزمایش افصلی چالی و بابایی (۱۳۹۰) بیشترین عملکرد دانه کلزا در تجزیه مرکب دو ساله از تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف منیزیم به دست آمد ولی طبق توصیه این دو نفر به دلیل این که کود منیزیم مصرفی حاوی آنیون سولفات بوده است، این احتمال وجود دارد که بخشی از افزایش عملکرد مربوط به این آنیون باشد، بنابراین توصیه می‌شود که چنانچه کود سولفات منیزیم در اختیار باشد، مقادیر بیشتر از ۱۰۰ کیلوگرم استفاده نشود. البته اثر اصلی منیزیم سبب کاهش عملکرد دانه گردید. در سیستم‌های تولید گیاهان مخصوصاً در خاک‌های حاصلخیز که تنها از نیتروژن، فسفر و پتاسیم استفاده می‌شود، کمبود منیزیم یک فاکتور مهم و محدود کننده محسوب می‌گردد (کاکماک و یازیکی، ۲۰۱۰). توسط قادری و همکاران (۱۳۹۰) نشان داده شد که عملکرد گندم آبی با مصرف سولفات منیزیم افزایش می‌یابد و بین تأثیر تیمارهای مختلف کودی این تیمار در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی داری وجود داشت. بالاترین عملکرد با مصرف ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات منیزیم حاصل گردید که اختلاف آن با تیمار شاهد ۳۴۵/۷ کیلوگرم در هکتار بود. مصرف منیزیم به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار اکسید منیزیم (MgO)، تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه آفتابگردان نداشت، ولی مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش معنی دار عملکرد در سطح ۵ درصد گردید. به طوری که افزایش مصرف منیزیم از ۷۵ به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار

سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ۳۲۳ کیلوگرم در هکتار شد (میرزاپور و همکاران، ۱۳۸۲). در آزمایشی دیگر مصرف ۵۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات منیزیم عملکرد دانه آفتابگردان را به طور معنی‌دار افزایش داد. درحالی‌که مقادیر بالاتر تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت. بیشترین میزان عملکرد دانه در اثر استفاده از تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات منیزیم معادل ۳۹۴۸ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید که نسبت به شاهد ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داشت، وزن هزار دانه نیز حدود ۴ گرم و قطر طبق ۱/۵ سانتی‌متر نسبت به شاهد (عدم مصرف منیزیم) افزایش نشان داد (سپهر و ملکوتی، ۱۳۸۳). صداقت‌حور و همکاران (۱۳۸۲) گزارش کردند که ترکیب تیماری سولفات منیزیم+سولفات روی بیشترین تأثیر را بر عملکرد چای داشت. در گزارش گنجه‌ای و گلچین (۱۳۹۰) بیشترین عملکرد توت‌فرنگی در محیط کشت هیدروپونیک از مصرف ۲۴ میلی‌گرم در لیتر منیزیم به دست آمد.

## ۲-۸- تأثیر عناصر روی و منیزیم بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاهان زراعی

### ۲-۸-۱- پایداری غشای پلاسمایی

واکنش غشای سیتوپلاسمی در مقابل عوامل و شرایط مختلف محیطی مانند گرما، خشکی و انجماد متفاوت است و با توجه به نقشی که در تبادلات آب و املاح برای حفظ تورژسانس سلول دارد، رشد گیاه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزایش توانایی گیاهان برای حفظ تورژسانس از راه پایداری غشای سیتوپلاسمی بر مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های محیطی می‌افزاید (اینگرام و بارتلز، ۱۹۹۶). روی از جمله عناصری است که برای حفظ تمامیت غشای سلول‌های ریشه ضروری است. در شرایط کمبود روی نفوذپذیری غشای سلول‌های ریشه افزایش می‌یابد (پارکر و همکاران، ۱۹۹۲). این یافته مشابه نتایج به دست آمده برای گیاه برنج و توت‌فرنگی است (کایا و همکاران، ۲۰۰۲ و لاتس و همکاران، ۱۹۹۶). در پژوهش انجام شده توسط سعادت و معلمی (۱۳۹۰) نیز محلول‌پاشی روی با

حفظ ثبات غشای سلولی موجب کاهش نشت الکتروولت شد. عنصر روی می‌تواند به عنوان تثبیت کننده و محافظ غشاهای حیاتی در برابر تنش اکسیداتیو عمل کند (حسن و همکاران، ۲۰۰۵). در بررسی اثر محلول‌پاشی روی و اکسین بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در ذرت دانه‌ای بیان شد که علاوه بر تیمارهای محلول‌پاشی محتوی اکسین، کلیه تیمارهای حاوی عنصر روی اعم از سولفات و کلات روی هم در حضور و هم در غیاب تنظیم‌کننده رشد اکسین موجب افزایش سطح فعالیت پراکسیداز گردیده‌اند (زند و همکاران، ۱۳۸۹). درحالی‌که در پژوهش دیگری در مورد تأثیر تنش خشکی و تغذیه برگ‌ها از عناصر کم مصرف (روی) مشاهده شد که تغذیه برگ‌ها نه تنها موجب پایداری غشا نگردید، بلکه احتمالاً با اثرگذاری بر ترکیبات ساختمانی دیواره موجب تخریب بیشتر آن و نشت مواد یونی به بیرون از دیواره گشته است (درویش بلوچی و همکاران، ۱۳۸۹).

در پی افزودن منیزیم به محیط کشت متوجه شدند که منیزیم بر انتقال تمام یون‌هایی که از غشای پلاسمایی سلول‌های مزوفیلی باقلا عبور می‌کنند، تأثیر مثبت می‌گذارد (شابالا و هایادی، ۲۰۰۵). ATPase غشای پلاسمایی گیاهان عالی توسط منیزیم فعال می‌شود، علاوه بر این توسط کاتیون‌های یک ظرفیتی هم تحریک می‌گردد. دلیل نیاز منیزیم آن است که سوبسترای واقعی برای این آنزیم ترکیب Mg-ATP است (بالک و هودجس، ۱۹۷۵). یون منیزیم پیوند دهنده ATP با کمپلکس آنزیمی فسفوکینازها و فسفوترانسفرازها می‌باشد (سپهر، ۱۹۹۸). وفایی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که با افزایش مقدار منیزیم مصرفی بر پایداری غشای پلاسمایی در گیاه گلرنگ افزوده شد. هرچند بین مصرف ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم منیزیم در هکتار از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در لوبیا چشم‌بلبلی نیز با کاربرد توأم آهن و منیزیم پایداری غشای پلاسمایی افزایش یافت (دلفانی و همکاران، ۱۳۹۰). وجود مواد مغذی (منیزیم) برای کاهش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و آسیب فتواکسیداتیو در کلروپلاست ضروری می‌باشد. در این شرایط کاربرد منیزیم به شکل محلول‌پاشی مفیدتر خواهد بود (کاکماک و یازچی، ۲۰۱۰). طی مطالعات مختلف تأثیر کمبود

منیزیم بر فعالیت و محتوی آنتی‌اکسیدان‌ها در گیاه لوبیا (کاکماک، ۱۹۹۴)، ذرت (تواری و همکاران، ۲۰۰۴)، شاه‌توت (تواری و همکاران، ۲۰۰۶) و برنج (دینگ و همکاران، ۲۰۰۸) نشان داده شده است.

#### ۲-۸-۲- محتوای آب نسبی برگ

میزان نسبی آب برگ شاخص مناسبی از وضعیت آبی گیاه است. توانایی حفظ محتوای آب نسبی بالاتر در هر پتانسیل آبی بیانگر استحکام دیواره سلول‌ها و تحمل آن‌ها در برابر فروپاشی متأثر از تلفات تنش می‌باشد (خان و همکاران، ۱۹۹۴). با توجه به این‌که طول و حجم ریشه بر حفظ محتوای نسبی آب برگ تحت تنش کم‌آبی مؤثر است (اکانایاکه و همکاران، ۱۹۸۵)، و نمو ریشه از تغییراتی در سنتز و انتقال هورمون‌هایی مانند اکسین، سیتوکینین و اتیلن تأثیر می‌پذیرد (لوپزبوسو و همکاران، ۲۰۰۳) بنابراین کاربرد عنصر روی از طریق افزایش در سطح اکسین، رشد ریشه را تقویت می‌کند (کاکماک و همکاران، ۱۹۸۹). محلول‌پاشی روی در گیاه توت‌فرنگی موجب افزایش پایداری غشا و وضعیت آب گیاه شد و میزان آب نسبی برگ را افزایش داد (سعادت‌ی و معلمی، ۱۳۹۰). کمبود روی در لوبیا (قانع‌پور و همکاران، ۱۳۹۱)، کلم (شارما و همکاران، ۱۹۸۴) و پسته (تولایی و همکاران، ۲۰۰۹) موجب القای سطوح بالاتر تنش رطوبتی شد.

#### ۲-۸-۳- میزان کلروفیل برگ

در بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف به همراه اعمال تنش خشکی، تأثیر معنی‌داری بر عدد کلروفیل متر و فلورسانس کلروفیل برگ در گیاه آفتابگردان مشاهده شد. در بین تیمارهای محلول‌پاشی بیشترین میزان کلروفیل مربوط به کاربرد توأم آهن و منگنز و همین‌طور روی+منگنز بود (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین کاربرد ۱۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی در ترکیب با ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره بالاترین میزان کلروفیل را در برگ ذرت نشان داد (شافع و همکاران، ۱۳۹۰). افزایش میزان کلروفیل a و b نیز در اثر مصرف روی و آهن گزارش شده است (همانتارام جم، ۱۹۸۸). در گیاهی مثل ذرت، کلروز بین رگبرگی و در پی آن لکه‌های سفید رنگ نکروزه در برگ‌های مسن‌تر



ممکن است دلیلی بر نیاز گیاه به روی، جهت بیوسنتز کلروفیل باشد (کافی و همکاران، ۲۰۰۲). کاکماک (۲۰۰۰) نیز به کاهش کلروفیل و کاروتنوئیدهای برگ تحت کمبود روی اشاره کرده است. این کاهش می‌تواند بر اثر رادیکال‌های آزاد اکسیژن باشد که در غیاب روی به دلیل سم‌زدایی ناکافی، اثر تخریبی بالایی روی غشای فتوسنتزی دارند. از طرفی تجمع بالای این عنصر مثل سایر عناصر سنگین از طریق بازدارندگی دو آنزیم آمینولولینیک اسید دهیدروژناز و پروتوکلروفیلید ردوکتاز سبب کاهش بیوسنتز کلروفیل در گیاهان می‌شود (خاوری‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۰). به علاوه دلیل دیگر کاهش محتوای کلروفیلی در این شرایط، جابه‌جایی عنصر روی با عنصر مرکزی منیزیم موجود در ساختار کلروفیل ذکر شده است (کوپر و همکاران، ۱۹۹۶).

در بررسی اثر سطوح مختلف پتاسیم و منیزیم بر میزان کلروفیل برگ انگور کشمش بی‌دانه، ترکیب تیماری ۲۰۰ گرم منیزیم و ۶۰۰ گرم پتاسیم سبب افزایش کلروفیل به میزان ۴۸/۲ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف هر دو عنصر) گردید (دیلمقانی‌حسنلوئی و همتی‌عسگرآبادتپه، ۱۳۹۰). بروسکی و میچالک (۲۰۱۰) بیان کردند که محلول‌پاشی منیزیم غیرآلی در اسفناج سبب افزایش این عنصر طی دوره رشد، افزایش میزان پروتئین برگ، کلروفیل، کارتنوئیدها، نیترات و پرولین شد. کمبود منیزیم برگ‌ها موجب کاهش هدایت روزنه‌ای، افزایش مقاومت مزوفیلی برای ورود دی‌اکسیدکربن و کاهش فعالیت آنزیم‌های دخیل در تثبیت دی‌اکسیدکربن و در نتیجه کاهش در ظرفیت فتوسنتز می‌شود (هاریادی و شابالا، ۲۰۰۴). اسفندیاری و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش نموده‌اند که کمبود منیزیم سبب کاهش میزان کلروفیل برگ‌های گندم می‌گردد. در مقابل کاهش کلروفیل a و کلروفیل کل با افزایش غلظت منیزیم نیز گزارش شده است. در پژوهش مذکور که توسط زادصالحی و همکاران (۱۳۹۰) انجام شد، سطوح مختلف منیزیم تأثیر معنی‌داری بر مقدار کلروفیل a و کلروفیل کل داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a در سطح ۰/۵ میلی‌مولار به دست آمد و کاربرد ۱ و ۲ میلی‌مولار منیزیم آن را نسبت به سطح ۰/۵ میلی‌مولار به ترتیب ۱۳/۲ و ۴۲ درصد کاهش داد. کلروفیل کل تحت تأثیر معنی‌دار فقدان و یا افزایش منیزیم تا سطح ۱ میلی‌مولار قرار

نگرفت، ولی هنگامی که ۲ میلی مولار منیزیم مورد استفاده قرار گرفت غلظت کلروفیل کل ۴۱ درصد نسبت به سطح ۰/۵ میلی مولار کاهش یافت.

#### ۲-۸-۴- غلظت روی و منیزیم در اندام رویشی

در تحقیقی روی لوبیا محلول پاشی عناصر نسبت به مصرف کود در خاک بیشترین غلظت آهن، روی و منگنز در برگها را موجب گردید (کاشمی پشته مساری و همکاران، ۲۰۰۸). با محلول پاشی کود روی، غلظت آن در گیاه سیاهدانه افزایش یافت و دلیل آن کمبود این عنصر در مزرعه بیان شد. زیرا در شرایط دسترسی به روی، میزان جذب آن توسط گیاه افزایش یافت (شعبانزاده و همکاران، ۱۳۹۰). در آزمایش مزرعه‌ای، کاربرد کود روی سبب افزایش غلظت روی در اندام هوایی شد (حاجی‌بلند و همکاران، ۱۳۸۶). گزارش رز و همکاران (۲۰۰۵) نیز افزایش غلظت روی در گیاه را با محلول پاشی عنصر روی تأیید می‌کند. در بررسی انجام شده توسط اسدی کنگرشاهی (۱۳۸۵) با مصرف ۴۰ کیلوگرم سولفات روی، غلظت روی در گیاه ۴۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. در مطالعه اثر عناصر ماکرو و میکرو بر غلظت منگنز و روی در علوفه ارزن نتایج مشابهی ارائه شد (پرهام‌فر، ۱۳۸۵).

کاربرد کودهای منیزیم‌دار، به‌خصوص اکسید منیزیم در گیاه ذرت سبب افزایش غلظت این عنصر در بافت‌های گیاهی شد به‌طوری‌که غلظت منیزیم در برگ بیش از ۱۰۰ درصد افزایش یافت (بوسکوئیک-راکوئیک، ۲۰۰۴). کاربرد سولفات منیزیم و تنظیم کننده‌های رشد در گیاه تریپتیکاله نیز سبب افزایش منیزیم دانه و برگ گردید (کازاپلا و همکاران، ۲۰۰۷). بر اساس نتایج حاصل از آزمایشی در بررسی اثر منیزیم و پتاسیم بر رشد و عملکرد آفتابگردان در خاک شور مشاهده شد که مصرف اکسید منیزیم تا سطح ۷۵ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش غلظت کلسیم شد و افزایش بیش از این سطح نتیجه‌ی عکس داد. همچنین مصرف منیزیم، تأثیری بر غلظت منیزیم برگ نداشت (میرزاپور و همکاران، ۱۳۸۲). نتایج واکاری برگی در پرتقال نشان داد که در اثر محلول پاشی سه عنصر منیزیم، روی و منگنز، غلظت عناصر روی و منگنز در برگ افزایش یافت ولی غلظت منیزیم

برگ تغییری نکرد (تدین و رستگار، ۱۳۸۳). توگای و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده کردند که استفاده یا عدم استفاده از کود منیزیم تأثیری بر جذب منیزیم توسط گیاه نخود نداشت.

#### ۲-۸-۵- غلظت روی و منیزیم در دانه

کاربرد روی علاوه بر افزایش عملکرد، موجب بالا رفتن غلظت روی و پروتئین دانه می‌گردد و کیفیت بهتر محصول را سبب می‌شود (بایبوردی، ۲۰۰۶). در تحقیقی روی لوبیا محلول‌پاشی آهن و روی سبب افزایش میزان این عناصر در بذر گردید (کاظمی‌پشت‌مساری و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی عملکرد دانه سویا را ۱۶ و غلظت روی دانه را ۱۵ درصد نسبت به شاهد بهبود بخشید. نتایج تحقیق انجام شده توسط احمدی و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد که با مصرف حاکی روی و یا مصرف به طریق محلول‌پاشی به خوبی می‌توان غلظت روی را در دانه به عنوان یک ویژگی مهم کیفی افزایش داد. محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر غلظت روی در بذر سیاهدانه معنی‌دار بود و بیشترین غلظت روی از تیمار محلول‌پاشی این عنصر (۲۳/۹ میلی‌گرم در لیتر) به دست آمد (شعبان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). سایر محققین نیز گزارش نمودند که محلول‌پاشی روی موجب افزایش غلظت روی در دانه گندم (زیدان و همکاران، ۲۰۰۶)، ذرت (فرج‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹) و کلزا (مرشدی، ۱۳۷۹) می‌شود. درحالی‌که نژادحسینی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که کاربرد روی کاهش معنی‌داری در غلظت عناصر روی، بور و مس در دانه ایجاد کرد. رنگل و گراهام (۱۹۹۵) نیز در بررسی خود، کاهش غلظت عناصر آهن، روی و مس دانه را با مصرف روی مشاهده نمودند. احتمالاً در مورد عناصر آهن و مس اثر رقابتی و محدود کننده روی بر این عناصر سبب کاهش غلظت آن‌ها شده است. در بررسی اثرات متقابل روش‌های مختلف کاربرد سولفات منیزیم و ارقام مورد مطالعه توسط یعقوبی و همکاران (۱۳۸۹)، نتایج نشان داد که در تیمار خاک کاربرد و محلول‌پاشی هر دو رقم، حداکثر میزان منیزیم در دانه عدس حاصل شد.

در آزمایشی جهت بررسی کاربرد خاکی و محلول پاشی آهن، روی و منگنز بر عملکرد و پروتئین لوبیا مشاهده شد که مصرف این عناصر درصد پروتئین دانه لوبیا را افزایش داد و استفاده از کودهای شیمیایی از جمله عناصر کم مصرف بر عملکرد درصد پروتئین و تثبیت نیتروژن در لوبیا مؤثر بود (همتی، ۱۳۸۴). مقدم علی (۱۳۹۱) و الگیزاوی و محاسن (۲۰۰۹) نیز افزایش پروتئین را با مصرف روی در باقلا گزارش کردند. از نتایج تحقیق انجام شده توسط رحیمی و همکاران (۱۳۸۸) چنین استنباط می شود که مصرف کودهای ریزمغذی روی و منگنز موجب افزایش درصد پروتئین دانه در گندم شد که می تواند تأثیر مثبت در سلامت جامعه داشته باشد. نتایج پژوهش دیگری نشان می دهد که در اثر مصرف سولفات روی، درصد پروتئین دانه از ۱۱/۸ به ۱۴/۲ رسید و افزایش ۲۰ درصدی داشت (ثواقبی و ملکوتی، ۱۳۷۹). همچنین ملکوتی (۱۳۷۷) گزارش داد با مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، درصد پروتئین دانه گندم از ۱۰/۶ به ۱۴ درصد رسید. افزایش درصد پروتئین دانه با کاربرد کود سولفات روی و پتاسیم تا ۱۴/۳۳ درصد نیز توسط ملکوتی و ثواقبی (۱۳۷۸) گزارش شده است. در پژوهش انجام شده روی گیاه عدس توسط یعقوبی و همکاران (۱۳۸۹) نتایج نشان داد که حداکثر میزان پروتئین دانه برابر با ۲۷/۳۷ درصد از محلول پاشی سولفات منیزیم در رقم Filip-92-12L به دست آمد که اختلاف معنی داری با شاهد داشت.

فصل سوم

# مواد و روش‌ها

### ۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود-آزادشهر) اجرا شد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر می‌باشد. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک می‌باشد و میانگین بارندگی سالانه در این منطقه بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ میلی‌متر است و بارندگی‌ها عمدتاً در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۱۳- و ۳۹ درجه سانتی‌گراد است. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

### ۳-۲- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی روی و منیزیم بود. تیمار روی در سه سطح صفر ( $a_1$ )، نانو روی ( $a_2$ ) و روی معمولی ( $a_3$ ) با غلظت ۶ گرم در لیتر به عنوان فاکتور اول و پنج غلظت منیزیم شامل عدم مصرف ( $b_1$ )، غلظت ۰/۵ درصد از نانومنیزیم ( $b_2$ )، نانو منیزیم با غلظت ۱ درصد ( $b_3$ ) و همین غلظت‌ها از منیزیم معمولی ( $b_4$  و  $b_5$ ) به عنوان فاکتور دوم بودند. هر دو عنصر به شکل اکسید استفاده شد. قطر نانو ذرات اکسید روی ۱۰ تا ۳۰ و در اکسید منیزیم ۴۰ نانومتر بود. در مجموع هر تکرار شامل ۱۵ ترکیب تیماری و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۴۵ کرت بود. نقشه کشت در شکل ۳-۱ مشاهده می‌گردد.

جدول ۳-۱- نتایج فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

واحد	مقدار	پارامترهای اندازه گیری شده
درصد	۳۳/۲	درصد اشباع
دسی زیمنس بر متر	۷/۳۴	هدایت الکتریکی
-	۸/۰۵	اسیدپته گل اشباع
درصد	۲۵/۵	درصد مواد خنثی شونده
درصد	۰/۵۹	کربن آلی
درصد	۰/۱۰۵	نیتروژن کل
پی پی ام	۴۴/۵	فسفر قابل جذب
پی پی ام	۲۲۱	پتاسیم قابل جذب
درصد	۳۴	رس
درصد	۵۰/۰	لای
درصد	۱۶/۰	شن
درصد	۲/۳	درصد رطوبت
-	۱/۸	نسبت جذب سدیم
میلی اکی والان در لیتر	۷۴/۰	مجموعه کاتیون ها
میلی اکی والان در لیتر	۱۰/۰	Na <sup>+</sup>
میلی اکی والان در لیتر	۱۲/۰	Mg <sup>2+</sup>
پی پی ام	۰/۵۶	Zn <sup>2+</sup>
میلی اکی والان در لیتر	۵۲/۰	Ca <sup>2+</sup>
میلی اکی والان در لیتر	۷۳/۲	مجموع آنیون ها
میلی اکی والان در لیتر	۳۸/۰	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
میلی اکی والان در لیتر	۳۰/۰	Cl <sup>-</sup>
میلی اکی والان در لیتر	۵/۲	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
میلی اکی والان در لیتر	۰	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>

جدول ۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش

a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	روی صفر × منیزیم صفر
a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	روی صفر × نانو منیزیم ۰/۵ درصد
a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	روی صفر × نانو منیزیم ۱ درصد
a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	روی صفر × منیزیم معمولی ۰/۵ درصد
a <sub>1</sub> b <sub>5</sub>	روی صفر × منیزیم معمولی ۱ درصد
a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	نانو روی × منیزیم صفر
a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	نانو روی × نانو منیزیم ۰/۵ درصد
a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	نانو روی × نانو منیزیم ۱ درصد
a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	نانو روی × منیزیم معمولی ۰/۵ درصد
a <sub>2</sub> b <sub>5</sub>	نانو روی × منیزیم معمولی ۱ درصد
a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	روی معمولی × منیزیم صفر
a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	روی معمولی × نانو منیزیم ۰/۵ درصد
a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	روی معمولی × نانو منیزیم ۱ درصد
a <sub>3</sub> b <sub>4</sub>	روی معمولی × منیزیم معمولی ۰/۵ درصد
a <sub>3</sub> b <sub>5</sub>	روی معمولی × منیزیم معمولی ۱ درصد

تکرار ۱	a <sub>3</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
	b <sub>3</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>
تکرار ۲	a <sub>3</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>
	b <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>
تکرار ۳	a <sub>3</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>
	b <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>

شکل ۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده



### ۳-۳- عملیات اجرایی

#### ۳-۳-۱- آماده‌سازی زمین

آماده سازی زمین به روش معمول انجام شد. مزرعه توسط گاوآهن برگردان‌دار زیر و رو گردید و پس از خرد کردن کلوخه‌ها و مناسب شدن بستر جهت کاشت، زمین کرت‌بندی و جوی و پشته‌ها به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر آماده شد.

#### ۳-۳-۲- کاشت

عملیات کاشت در تاریخ ۹ خرداد ماه ۱۳۹۰ به صورت دستی انجام شد. بذور تیمار شده با کاربوکسین‌تیرام (جهت حفاظت از قارچ‌های خاکزی) در عمق ۵ تا ۷ سانتی‌متری در محل داغ‌آب و به فاصله ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار داده شدند و روی آن با خاک نرم پوشانده شد. در هر کرت آزمایشی ۴ خط کاشت، به طول ۴ متر قرار داشت که دو خط کناری به عنوان حاشیه و ۲ خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد.

#### ۳-۳-۳- داشت

عملیات داشت شامل آبیاری با دور ۷ روز برای همه تیمارها تا زمان شروع زرد شدن غلاف‌ها، تنک کردن بوته‌های اضافی پس از استقرار کامل گیاه، کود دهی سرک نیتروژن (در دو نوبت تا قبل از گلدهی) و مبارزه با علف‌های هرز با ۳ بار وجین کامل دستی انجام شد. به‌علاوه جهت پیشگیری از آلودگی به قارچ‌های خاکزی منطقه طوقه و سطح خاک با قارچ‌کش‌های ردومیل و بنومیل محلول‌پاشی شد.

#### ۳-۳-۴- اعمال تیمار

به منظور محلول‌پاشی اکسید روی و منیزیم ابتدا غلظت‌های مصرفی به دو قسمت مساوی تقسیم شد و به منظور افزایش جذب برگی ترکیب تریتون ۱۰۰ x با غلظت ۰/۰۱ درصد به محلول

اضافه شد. محلول پاشی جهت جذب بهتر طی دو مرحله در ۶۵ و ۷۰ روز پس از کاشت صورت گرفت با توجه به افزایش کارایی محلول پاشی در شرایط نور پایین، برگ پاشی ساعتی قبل از غروب آفتاب و حتی الامکان در هوای آرام انجام گردید.

### ۳-۳-۵- نمونه برداری

یک هفته پس از محلول پاشی دوم (۷۸ روز پس از کاشت) نمونه برداری ها آغاز شد و هر ۱۰ روز یکبار تا پایان فصل رشد ادامه یافت. در مجموع ۶ نمونه برداری صورت گرفت. با در نظر گرفتن حاشیه، ۴ بوته درگیر در رقابت از سطح خاک و از ناحیه طوقه برداشت شدند. بوته ها به نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوطه را نشان دهند.

### ۳-۴- اندازه گیری صفات زراعی و مورفولوژیک

طی نمونه برداری های مختلف اقدام به اندازه گیری صفاتی از قبیل وزن خشک برگ، دمبرگ و ساقه، طول ساقه، قطر ساقه، تعداد برگ، تعداد برگ اضمحلال یافته، تعداد انشعابات جانبی، سطح برگ و وزن خشک غلاف گردید.

### ۳-۴-۱- وزن خشک برگ، دمبرگ، ساقه و غلاف

بوته های قطع شده در هر نمونه برداری به بخش های برگ، دمبرگ، ساقه و غلاف تفکیک شدند و به منظور تعیین وزن خشک، در پاکت های جداگانه گذاشته شدند. پس از آن ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند و در نهایت با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ توزین گردیدند.

### ۳-۴-۲- تعداد برگ، تعداد برگ اضمحلال یافته و تعداد انشعابات جانبی

موارد مذکور در ۴ بوته انتخابی از هر کرت شمارش شدند. برای تشخیص انشعابات جانبی، هر انشعابی که دارای برگ، گل یا غلاف بود در نظر گرفته شد.

### ۳-۴-۳- سطح برگ

پس از جداسازی برگ‌ها و اندازه‌گیری سطح برگ توسط کاغذ شطرنجی، شاخص سطح برگ<sup>۱</sup> (LAI) محاسبه شد.

### ۳-۴-۴- طول و قطر ساقه

طول و قطر ساقه اصلی در ۴ بوته نمونه‌گیری شده از هر کرت به ترتیب بر اساس سانتی‌متر و میلی‌متر اندازه‌گیری شد و میانگین به عنوان طول و قطر بوته‌های آن ترکیب تیماری ثبت گردید.

### ۳-۴-۵- تعیین عملکرد و اجزای عملکرد

دو هفته پس از آخرین نمونه‌برداری (۱۴۲ روز پس از کاشت) با رسیدگی کامل دانه‌ها و زرد شدن غلاف‌ها و بوته‌ها، تعداد ۸ بوته با در نظر گرفتن حاشیه برداشت گردید. با توجه به این‌که اجزای عملکرد در هر گیاه زراعی، خاص آن گیاه می‌باشد و در لوبیا این فاکتور شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه است، تعداد غلاف‌ها در بوته‌های برداشت شده شمارش گردید. سپس با جدا کردن بذور از غلاف، میانگین تعداد دانه در غلاف محاسبه شد. در انتها پس از سایه خشک کردن بذرها، تعداد ۱۰۰ دانه توزین شد و عملکرد نهایی بعد از محاسبه مساحت زمین اشغال شده توسط ۸ بوته، بر حسب کیلوگرم در هکتار برآورد گردید.

---

۱. Leaf area index

### ۳-۵- اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک و کیفی

#### ۳-۵-۱- پایداری غشای پلاسمایی برگ

برای اندازه‌گیری میزان پایداری غشای پلاسمایی، ۱۰۸ روز پس از کاشت (۳۸ روز پس از محلول‌پاشی دوم) اقدام به نمونه‌گیری تعدادی برگ هم‌سن از هر ترکیب تیماری گردید. از نمونه برگ‌های تهیه شده به اندازه ۰/۱ گرم به صورت قطعات کوچک و هم‌اندازه جدا گردید. سپس این قطعات به فالکن‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و نیم ساعت در حمام آب گرم در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد ( $C_1$ ) قرار داده شدند. به همین ترتیب سری دوم فالکن‌ها آماده‌سازی گردید و این‌بار 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 ۳-۱ میزان پایداری غشای پلاسمایی محاسبه گردید (سایرام و سریواساوا، ۲۰۰۱).

$$\text{رابطه (۳-۱)} \quad 100 \times (1 - C_1/C_2) = \text{شاخص پایداری غشای پلاسمایی}$$

#### ۳-۵-۲- محتوای آب نسبی برگ (RWC)<sup>۱</sup>

به منظور تعیین مقدار آب نسبی برگ، از هر کرت سه بوته به طور تصادفی انتخاب و از هر بوته یک برگ جوان و کاملاً رشد یافته جدا شد. برگ‌ها بلافاصله درون پوشش‌های پلاستیکی داخل یخدان قرار داده و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از توزین با ترازویی به دقت ۰/۰۰۱ گرم (وزن تر)، به مدت ۲۴ ساعت درون آب مقطر و در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس برگ‌ها از آب مقطر خارج و به کمک کاغذ صافی خشک گردیدند و مجدداً توزین شدند (وزن اشباع). در نهایت نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید. مقدار نسبی آب برگ با استفاده از رابطه ۳-۲ محاسبه شد.

---

۱. Relative Water Content

رابطه (۲-۳)  $RWC = \{ (وزن خشک - وزن اشباع) / (وزن خشک - وزن تر) \} \times 100$

### ۳-۵-۳- کلروفیل

اندازه گیری کلروفیل برگ از ۸۵ روز پس از کاشت آغاز و هر هفته تا زمان برداشت صورت گرفت. در هر کرت تعداد ۳ بوته متوالی در هر خط به عنوان معیار کرت علامت گذاری و اندازه گیری ها تا پایان روی این بوته ها انجام شد. در هر اندازه گیری تعداد ۳ برگ (بالا، وسط و پائین کانویی) از هر بوته انتخاب شد و کلروفیل آن ها توسط دستگاه SPAD502 تعیین شد. سپس میانگین آن ها محاسبه گردید. در نهایت میانگین کلروفیل ۳ بوته در هر کرت بر حسب واحد SPAD (هیسکوکس و ایسرایلیستام، ۱۹۷۸) برای محاسبات استفاده شد.

### ۳-۵-۴- غلظت عناصر روی و منیزیم

مقدار عناصر روی و منیزیم در برگ و دانه در ۱۰۸ روز پس از کاشت توسط دستگاه ICP<sup>۱</sup> مدل GBC Integra XL sequential ساخت کشور استرالیا تعیین گردید. به منظور عمل هضم، ۰/۵ گرم از نمونه خوب پودر شده در کروزه پلاتینی یا از جنس نیکل ریخته شد و در کوره شیب دار قرار گرفت. دمای کوره به تدریج (۵ درجه در دقیقه) افزایش یافت تا به ۵۰۰ درجه سانتی گراد رسید. پس از خارج کردن نمونه به آن ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲۰ درصد اضافه گردید و نمونه درون حمام بخار قرار گرفت تا مایع تبخیر گردد. سپس با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شد. در مرحله بعد با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد و با دستگاه ICP قرائت گردید. اساس اندازه گیری این دستگاه روش نشر است. در این روش جریانی از گاز آرگون توسط یک میدان مغناطیسی با فرکانس رادیویی بالا یونیزه می شود و حرارتی نزدیک به ۱۰۰۰۰ درجه کلوین تولید می کند. نمونه توسط یک نبولایزر<sup>۲</sup> به داخل پلاسمای آرگون پاشیده می شود و در دمای بالا تبدیل به ذرات اتمی (یونی) می شود و انتشار

---

۱. Inductively Coupled Plasma

۲. Nebulizer

می‌یابد. میزان نشر عناصر مورد نظر توسط دستگاه آشکارساز<sup>۱</sup> اندازه‌گیری شده و در نهایت این عدد بر اساس قانون بیر-لامبرت<sup>۲</sup> (رابطه ۳-۳) به غلظت تبدیل می‌شود.

$$\text{Log}(I_0 / I) = A \quad \text{رابطه (۳-۳)}$$

که در آن  $I_0$  شدت نور اولیه،  $I$  شدت نور عبوری و  $A$  مقدار جذب ماده است.

### ۳-۵-۵- پروتئین دانه

اندازه‌گیری مقدار پروتئین موجود در دانه به روش کج‌دال<sup>۳</sup> انجام شد. برای مرحله هضم کج‌دال از اجاق هضم کننده از شرکت Gerhardt آلمان و برای مرحله تقطیر از دستگاه Vapodest 30 از همان شرکت استفاده شد. مرحله تیتراسیون نیز به صورت دستی انجام گرفت.

برای انجام عمل هضم مقدار ۰/۵ گرم از نمونه پودر شده درون تیوب‌های دستگاه ریخته شد و مقدار ۸ گرم کاتالیزور (شامل ۹۶ گرم سولفات سدیم یا پتاسیم و ۴ گرم سولفات مس) به هر تیوب اضافه گردید. سپس ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد (v/v) افزوده شد و تیوب‌ها درون اجاق مخصوص قرار داده شدند. گازهای سمی در اسکروبر<sup>۴</sup> متصل به دستگاه هضم جمع‌آوری و خنثی شد. عمل هضم در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه و در دمای ۳۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ دقیقه ادامه داشت. پایان عمل هضم با دستیابی به محلولی نسبتاً زلال به رنگ سبز بسیار کم‌رنگ مشخص شد. در کنار نمونه‌های مورد آزمایش، دو تیوب شاهد نیز که حاوی ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک و ۸ گرم کاتالیزور بود، در دستگاه قرار داده شد. بعد از سرد شدن، نمونه‌ها در دستگاه تقطیر قرار گرفتند.

طی مرحله تقطیر نیتروژن موجود در نمونه به صورت گاز آمونیاک ( $\text{NH}_3$ ) متصاعد شد و به

ارلن جمع‌آوری کننده حاوی ۶۰ میلی‌لیتر اسید بوریک ۲ درصد (w/v) به همراه ۳ تا ۵ قطره معرف

---

۱. Detector

۲. Beer- Lambert

۳. Kjeldahl

۴. Scrubber

(تشکیل شده از ۱۰۰ میلی لیتر بروموکروزول سبز<sup>۱</sup> و ۷۰ میلی لیتر متیل قرمز) منتقل شده و محلول حاوی نمونه به قهوه‌ای سوخته تغییر رنگ داد. در ارلن مذکور گاز آمونیاک به همراه اسید بوریک، بورات آمونیوم را تشکیل داده که معرف‌های موجود در محلول دریافت‌کننده، آن را به صورت رنگ سبز نمایان ساخت. و در نهایت عمل تیتراسیون به صورت دستی صورت گرفت. طی این عمل بورات آمونیوم حاصل، توسط مقدار کافی از محلول تیتریزول<sup>۲</sup> اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تا رسیدن به رنگ ارغوانی تیره تیترا شد. بر اساس اسید کلریدریک مصرف شده در تیتراسیون دستی، مقدار نیتروژن موجود در نمونه مشخص گردید (رابطه ۳-۴).

$$\text{وزن نمونه (گرم)} / (A \times 0.14) = \text{درصد نیتروژن نمونه} \quad (\text{رابطه ۳-۴})$$

A از تفاضل مقدار اسید مصرفی برای نمونه از مقدار اسید مصرفی برای شاهد به دست آمد.

از رابطه ۳-۵ نیز بر ای تبدیل درصد نیتروژن به درصد پروتئین استفاده شد.

$$\text{ضریب تبدیل پروتئین} \times \text{درصد نیتروژن} = \text{درصد پروتئین نمونه} \quad (\text{رابطه ۳-۵})$$

ضریب تبدیل پروتئین ۶/۲۵ در نظر گرفته شد.

### ۳-۶- تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTST انجام شد و شکل‌ها به

کمک نرم‌افزار EXCEL رسم گردیدند. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

---

۱. Bromocresol green

۲. Titrisol

فصل چهارم

نتایج و بحث

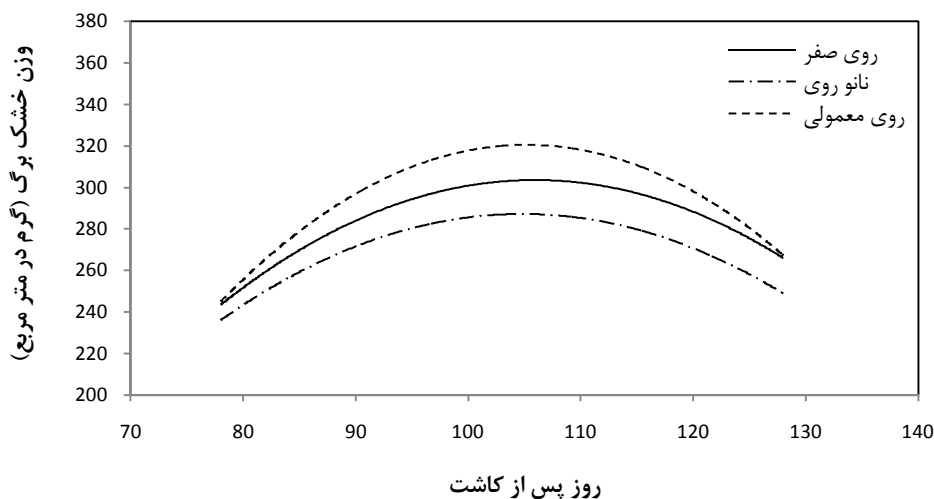


#### ۱-۴- تجمع ماده خشک در شاخساره

از بین خصوصیات وابسته به رشد، میزان ماده خشک به دلیل اهمیت اقتصادی بیشتر به عنوان عاملی تعیین کننده محسوب می‌شود (کوچکی و خواجه‌حسینی، ۲۰۰۸). بنابراین تجمع ماده خشک در برگ، دمبرگ و ساقه در طول دوره رشد به طور مجزا بررسی گردید.

#### ۱-۱-۴- وزن خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک برگ در زمان‌های مختلف پس از کاشت در جدول پیوست ۱ نشان داده شده است. در اکثر نمونه‌برداری‌ها، محلول‌پاشی روی و منیزیم و اثر متقابل آن دو در سطح احتمال ۱ درصد بود. تنها اثر اصلی روی در ۷۸، ۸۸ و ۱۲۸ روز پس از کاشت بر وزن خشک برگ معنی‌دار نشد. شکل ۱-۴ روند تغییرات وزن خشک برگ را تحت تأثیر محلول‌پاشی روی در طول دوره رشد نشان می‌دهد.



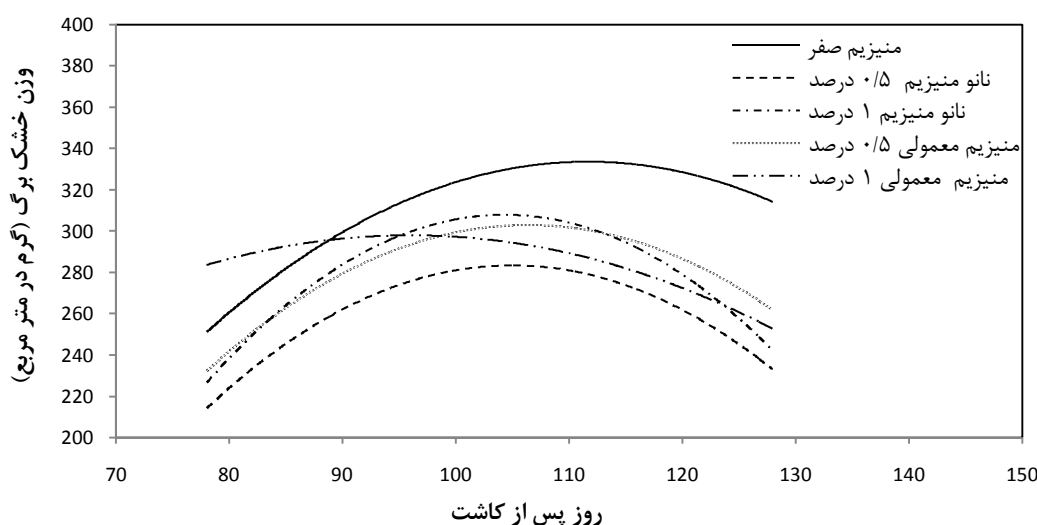
شکل ۱-۴- روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف روی.

همان‌طور که مشاهده می‌گردد در کلیه سطوح تا حدود ۱۰۵ روز پس از کاشت روند تجمع ماده خشک در برگ افزایشی بود و سپس تا انتهای فصل از روند کاهشی برخوردار گردید. البته این روند نزولی در گیاهانی که روی دریافت نکرده بودند با کمی تأخیر شروع شد و با سرعت کمتری تا

انتهای فصل ادامه یافت. کاهش وزن خشک در انتهای فصل به علت بروز پیری و سایه انداختن برگ‌های بالایی روی برگ‌های پایینی و نیز ریزش برگ‌های پایینی بوته است. گزارش شده است طی فرایند پیری روند تجزیه مولکول‌های بزرگ به ویژه پروتئین‌ها، چربی‌ها و اسیدهای نوکلئیک صورت گرفته و انتقال مواد از برگ‌های مسن به دانه و اندام‌های ذخیره‌ای انجام می‌شود (گریگرزن و همکاران، ۲۰۰۸). به طور کلی در تمام طول دوره رشد، گیاهان تیمار شده با روی معمولی نسبت به سایرین ماده خشک بیشتری را در برگ‌های خود تجمع دادند. در حالی‌که محلول‌پاشی با نانو ذرات روی در کل بازه زمانی مورد مطالعه اثر منفی بر وزن خشک برگ داشت. عنصر روی با تأثیر بر آنزیم کربنیک آنهیدراز سبب افزایش گازگرنیک محلول در سیتوپلاسم سلول‌های پارانشیم برگ می‌شود و منجر به افزایش کربوهیدرات‌ها می‌گردد (مارچنر، ۱۹۹۵). بنابراین به طور غیرمستقیم افزایش رشد گیاه را به همراه دارد (سعیدی، ۲۰۰۸).

مقایسه روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر کاربرد سطوح مختلف منیزیم (شکل ۴-۲) نشان‌دهنده برتری وزن خشک برگ در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها است. اگرچه در مراحل اولیه نمونه‌برداری گیاهان محلول‌پاشی شده با منیزیم معمولی ۱ درصد وزن خشک برگ بیشتری داشتند. در اکثر تیمارها روند افزایشی و شروع روند نزولی مشابه بود و تنها در کاربرد منیزیم معمولی ۱ درصد کاهش وزن خشک زودتر و از حدود ۹۵ روز پس از کاشت شروع شد و در تیمار شاهد این روند با تأخیر نسبی و از ۱۱۲ روز پس از کاشت آغاز گردید و با شیب کمتری نسبت به سطوح تیماری دیگر تا انتهای فصل رشد ادامه یافت.

همان طور که مشاهده می‌شود کاهش وزن خشک برگ در تیمار نانو منیزیم ۱ درصد سریع‌تر اتفاق افتاد. برتری وزن خشک برگ در تیمار شاهد ممکن است به خاطر تنش کمبود منیزیم باشد. یکی از واکنش‌های سریع گیاهان به کمبود منیزیم افزایش نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه است



شکل ۴-۲- روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر محلول پاشی با سطوح مختلف منیزیم.

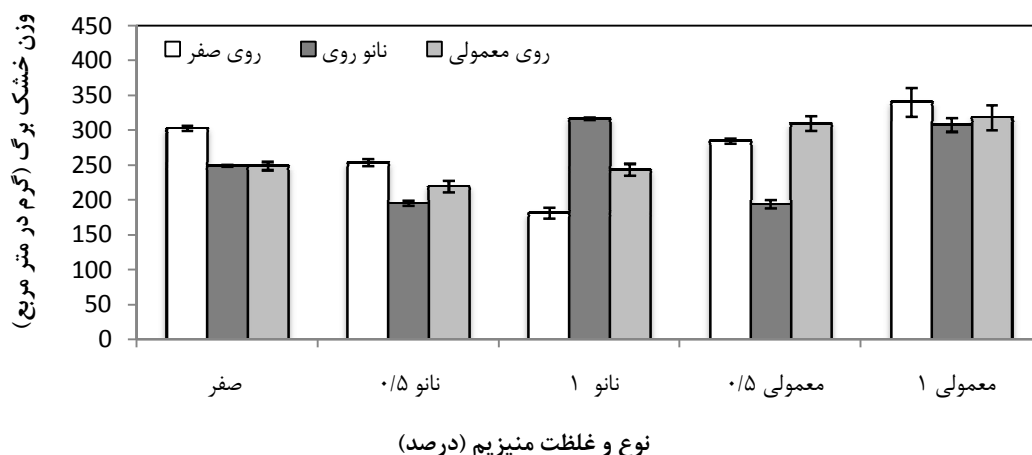
که به دلیل تجمع گسترده کربوهیدرات‌ها به خصوص ساکاروز و نشاسته در برگ‌ها است و علت آن اختلال شدید در صادرات مواد فتوسنتزی آوند آبکش از برگ‌های منبع می‌باشد (کاکماک، ۲۰۰۸). همچنین با توجه به این که منیزیم هسته مرکزی کلروفیل را تشکیل می‌دهد، شاید حضور بیشتر این عنصر موجب تقویت میزان کلروفیل و سیستم فتوسنتزی برگ شده باشد و گیاه از افزایش تعداد و سطح برگ بی‌نیاز شده و با برگ کمتر مواد فتوسنتزی بیشتری برای مخازن خود فراهم ساخته است. این مورد به نوعی در شکل ۴-۱۶ نیز قابل مشاهده است.

#### ۴-۱-۱-۱- نمونه برداری اول وزن خشک برگ

در نمونه برداری اول (۷۸ روز پس از کاشت) اثر اصلی منیزیم و اثر متقابل روی و منیزیم بر وزن خشک برگ معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱). مقایسه میانگین ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم بر وزن خشک برگ در شکل ۴-۳ نشان داده شده است. حضور نانو روی در کلیه سطوح منیزیم سبب کاهش وزن خشک برگ شد. به جز در شرایط کاربرد توأم با نانو منیزیم ۱ درصد که افزایش معنی‌داری را در مقایسه با کاربرد روی معمولی و عدم مصرف روی نشان داد. محلول پاشی با روی معمولی نیز تنها زمانی که با کاربرد منیزیم معمولی ۰/۵ درصد و نانو منیزیم ۱ درصد همراه بود افزایش وزن خشک برگ را سبب شد. در مجموع بالاترین وزن خشک برگ با

میانگینی معادل ۳۴۰/۴۸ گرم در مترمربع متعلق به ترکیب تیماری عدم روی × منیزیم معمولی ۱ درصد بود که تفاوت معنی‌داری با دو سطح دیگر روی در همین سطح از منیزیم نداشت (شکل ۳-۴).

یکی از دلایل کاهش تجمع ماده خشک در گیاهان محلول‌پاشی شده با نانو روی می‌تواند افزایش غلظت روی در بافت، به واسطه جذب بیشتر نانو ذرات باشد و نشان می‌دهد که هر چند روی از عناصر ضروری برای رشد و نمو گیاه محسوب می‌شود ولی در غلظت‌های بالا باعث کاهش کلروفیل و آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز، مهار واکنش‌های چرخه کلوین، کاهش تثبیت کربن و سنتز کربوهیدرات‌ها و نهایتاً کاهش ماده ماده‌سازی می‌گردد (خاوری‌نژاد، ۱۳۹۰).



شکل ۳-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در ۷۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm SE$  می‌باشد.

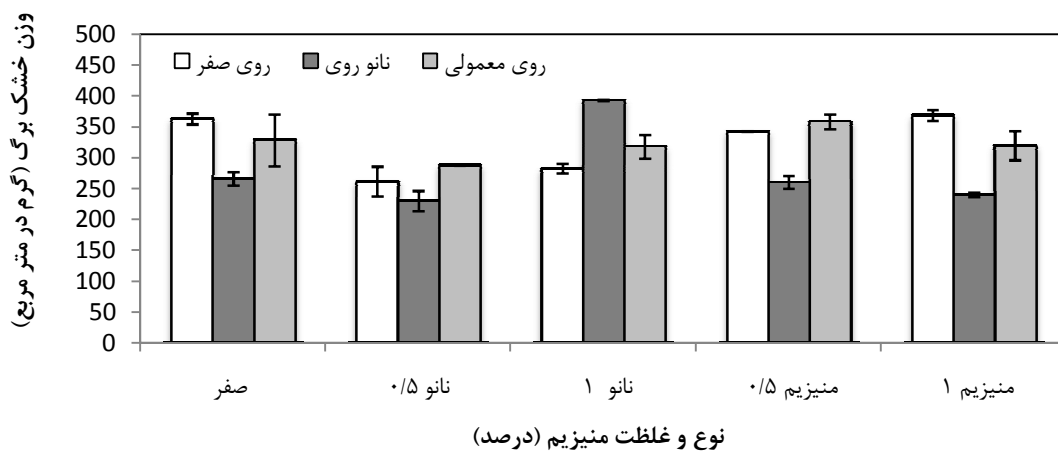
به طور مشخص در شکل ۳-۴ مشاهده می‌شود که در ترکیب تیماری نانو روی × منیزیم معمولی ۰/۵ درصد مقادیر بالایی از عنصر روی در برگ وجود داشته است که در شکل ۳-۴ دقیقاً در همین ترکیب تیماری بیشترین اثر منفی ناشی از نانو روی بر وزن خشک برگ مشاهده شد. البته همان طور که اشاره شد تنها یکی از دلایل می‌تواند مورد ذکر شده باشد و با توجه به نوسانات مشاهده شده

۱. Standard Error

دلایل متعدد دیگر نیز دخیل خواهند بود. به عنوان مثال هنگامی که نانو روی و نانو منیزیم ۱ درصد به صورت توأم مصرف شدند نتیجه مثبتی مشاهده گردید.

#### ۴-۱-۱-۲- نمونه برداری چهارم وزن خشک برگ

اثر تمام منابع تغییر شامل اثرات اصلی و متقابل در ۱۰۸ روز پس از کاشت (نمونه برداری چهارم) بر وزن خشک برگ بسیار معنی دار بود (جدول پیوست ۱). در این نمونه برداری نیز در کلیه سطوح منیزیم (صرف نظر از سطح نانو منیزیم ۱ درصد)، تیمار نانو روی سبب کاهش در وزن خشک برگ نسبت به روی معمولی و شاهد شد. حضور روی معمولی در سطوح تیماری منیزیم نانو ۰/۵ و منیزیم معمولی ۰/۵ درصد افزایش وزن خشک برگ و در شرایط عدم منیزیم و کاربرد منیزیم معمولی ۱ درصد کاهش وزن خشک را به دنبال داشت. البته در این بین منیزیم معمولی نسبت به نانو منیزیم تأثیر بهتری داشت.



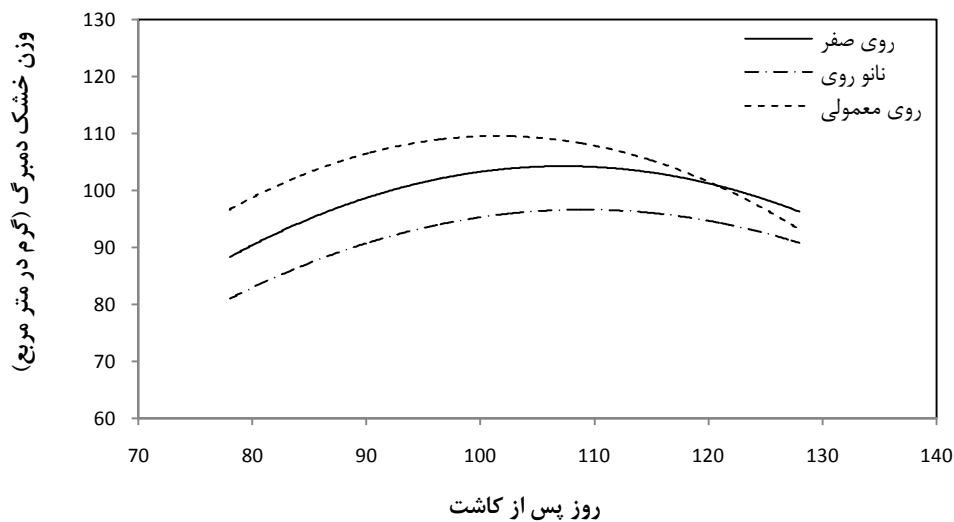
شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در ۱۰۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

در ۱۰۸ روز پس از کاشت بیشترین وزن خشک برگ به میزان ۳۹۳/۰۵ گرم در مترمربع در تیمار نانو روی  $\times$  نانو منیزیم ۱ درصد حاصل شد که نسبت به شاهد ۸/۳۷ درصد بیشتر بود و کمترین میزان آن (۲۲۹/۸۰ گرم در مترمربع) در ترکیب تیماری نانو روی و نانو منیزیم ۰/۵ درصد مشاهده

گردید. در تمام نمونه‌برداری‌ها به جز ۷۸ و ۹۸ روز پس از کاشت، کمترین وزن خشک برگ مربوط به همین ترکیب تیماری بود (جدول پیوست ۳).

#### ۴-۱-۲- وزن خشک دمبرگ

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک دمبرگ در زمان‌های مختلف پس از کاشت (جدول پیوست ۴) نشان می‌دهد که اثر کلیه منابع تغییر شامل تیمارهای روی، منیزیم و اثر متقابل آن‌ها در نمونه‌برداری‌های مختلف بر وزن خشک دمبرگ معنی‌دار شد. به جز اثر اصلی روی که در ۱۲۸ روز پس از کاشت بر وزن خشک دمبرگ تأثیری نداشت. شکل ۴-۵ روند تغییرات وزن خشک دمبرگ را تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی روی در طول دوره رشد نشان می‌دهد.

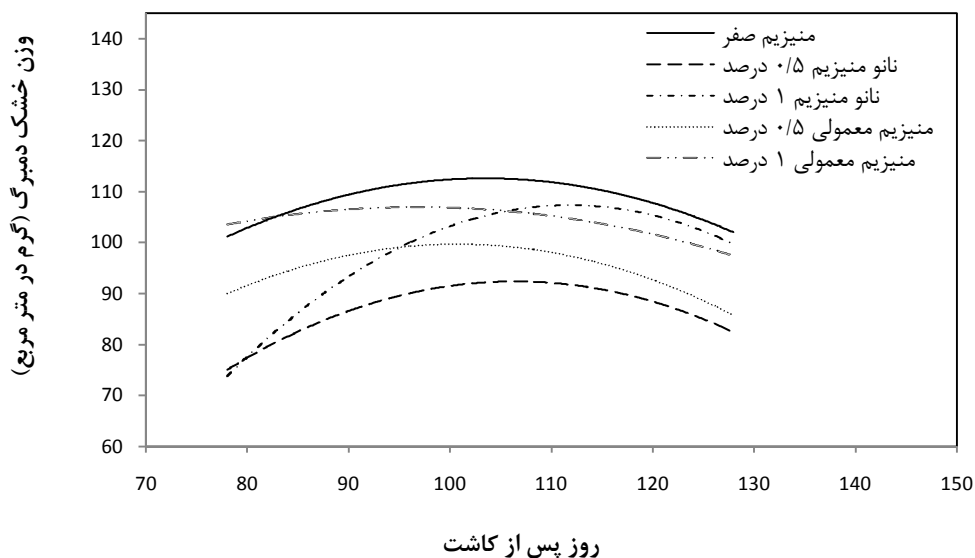


شکل ۴-۵- روند تغییرات وزن خشک دمبرگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف روی.

بررسی روند تغییرات بیانگر افزایش وزن خشک دمبرگ تا حدود ۱۰۰ روز پس از کاشت در سطح روی معمولی و ۱۱۰ روز پس از کاشت در دو سطح دیگر بود و پس از آن روند نزولی را نشان داد که البته کاهش وزن خشک دمبرگ در تیمار روی معمولی نسبت به سطوح دیگر سریع‌تر بود. تا جایی که با وجود برتری نسبی این تیمار در طی دوره رشد، در انتهای فصل، وزن خشک کمتری را نسبت به عدم مصرف روی نشان داد. در تیمار نانو روی کاهش رشد را می‌توان به افزایش غلظت روی

در بافت و تأثیر آن بر دیواره سلولی و تیغه میانی نسبت داد. زیرا اتصال روی به پکتین دیواره سلولی، انعطاف آنرا کاهش می‌دهد. علاوه بر این روی موجب کاهش سیتوکنین، افزایش اتیلن و بازدارنده‌های رشد سلول ناشی از اثرات مستقیم و یا غیر مستقیم می‌گردد (آیدید و اکاموتو، ۱۹۹۳).

مقایسه روند تغییرات وزن خشک دمبرگ تحت تأثیر سطوح مختلف منیزیم (شکل ۴-۶) نشان می‌دهد که این صفت در هر دو سطح منیزیم معمولی، از ۹۵ روز پس از کاشت و تقریباً ۱۵ روز زودتر از بقیه روند کاهشی خود را آغاز کرد.



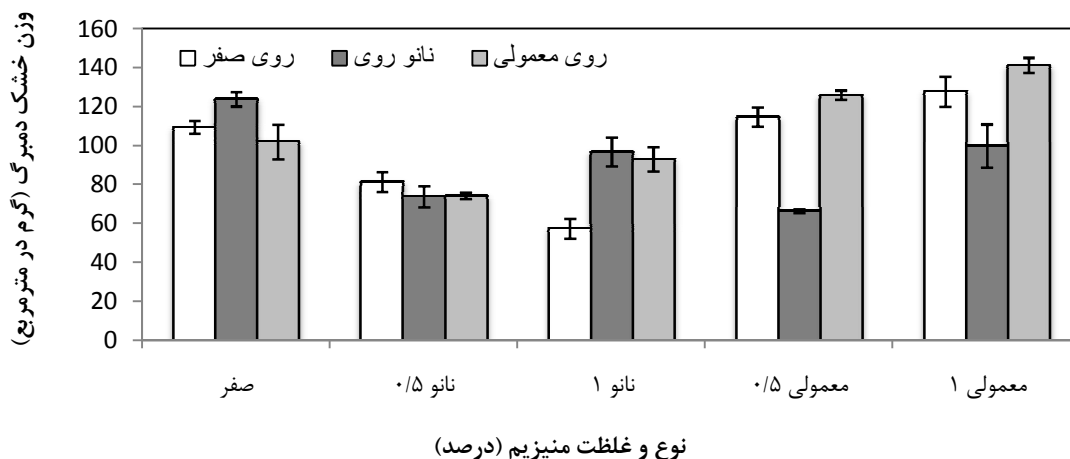
شکل ۴-۶- روند تغییرات وزن خشک دمبرگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف منیزیم.

احتمال دارد این کاهش زود هنگام به دلیل انتقال مجدد بیشتر به سمت اندام‌های زایشی (غلاف‌ها و بذرها) رخ داده باشد. درحالی‌که وزن خشک دمبرگ در سایر سطوح تیماری تا حدود ۱۱۰ روز پس از کاشت روند افزایشی خود را حفظ کرد. سپس تا انتهای فصل از وزن خشک دمبرگ کاسته شد. در طول دوره رشد وزن خشک دمبرگ در شرایط عدم مصرف منیزیم بالاتر از بقیه بود به جز در نمونه‌برداری اول (۷۸ روز پس از کاشت) که تیمار منیزیم معمولی ۱ درصد برتری داشت. با محلول‌پاشی نانو منیزیم ۱ درصد شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری گرفته و به مقدار

چشمگیری میزان ماده خشک در دمبرگ را افزایش داد. منیزیم یکی از عناصر تشکیل دهنده مولکول کلروفیل است و در فرآیند فتوسنتز تأثیر مستقیم دارد، همچنین به عنوان فعال کننده اکثر سیستم‌های آنزیمی لازم در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و سنتز اسیدهای نوکلئیک عمل می‌کند (ورما، ۱۹۹۷)، لذا مصرف آن به عنوان کود می‌تواند موجب افزایش وزن خشک گردد.

#### ۴-۱-۲-۱- نمونه برداری اول وزن خشک دمبرگ

در شکل ۴-۷ اثر ترکیبات تیماری حاصل از روی و منیزیم بر وزن خشک دمبرگ در ۷۸ روز پس از کاشت نشان داده شده است. با توجه به شکل، محلول پاشی نانو روی تنها در سطوح عدم کاربرد منیزیم و نانو منیزیم ۱ درصد سبب افزایش وزن خشک دمبرگ در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی شد که این افزایش نسبت به عدم مصرف روی از نظر آماری نیز معنی دار بود و در بقیه سطوح منیزیم، این صفت را کاهش داد. کاربرد روی معمولی زمانی که با منیزیم معمولی (در هر دو غلظت) و نانو منیزیم ۱ درصد همراه بود، تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک دمبرگ داشت و سبب افزایش آن گردید. در شرایط عدم مصرف روی وزن خشک دمبرگ در سطوح منیزیم معمولی (در هر دو غلظت) برتر از سطوح دیگر منیزیم بود.



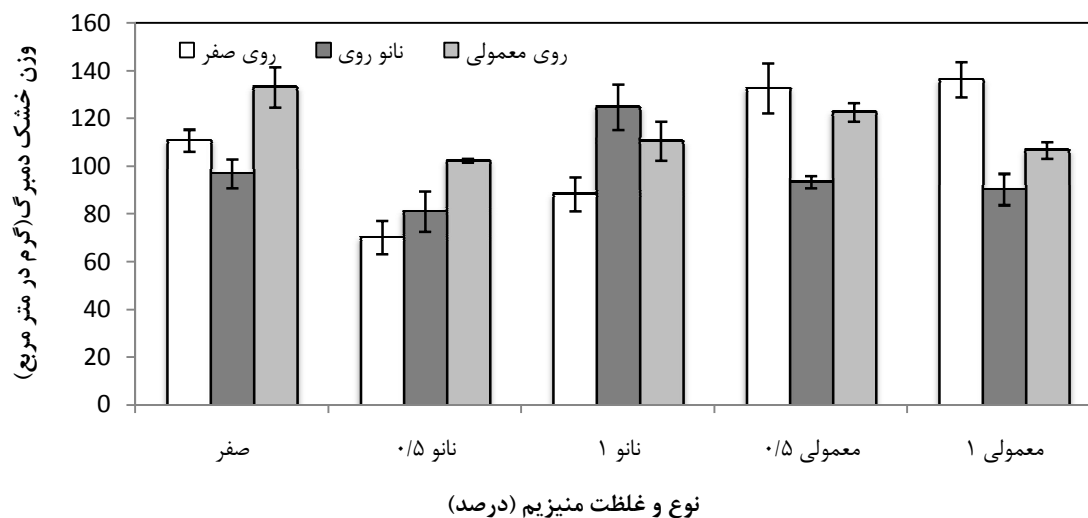
شکل ۴-۷- مقایسه میانگین وزن خشک دمبرگ در ۷۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.



به طور کلی استفاده از نانو منیزیم در هر دو سطح ۰/۵ و ۱ درصد کاهش در وزن خشک دمبرگ را باعث شد. درحالی که محلول پاشی منیزیم معمولی در غلظت ۱ درصد افزایش وزن خشک دمبرگ را به همراه داشت. نتایج نشان داد که بیشترین تجمع ماده خشک در دمبرگ به میزان ۱۴۱/۰۵ گرم در مترمربع مربوط به ترکیب تیماری منیزیم معمولی ۱ درصد × روی معمولی بود و کمترین مقدار این صفت از کاربرد نانو منیزیم ۱ درصد و عدم روی ( ۵۷/۲۵ گرم در مترمربع) به دست آمد (شکل ۴-۷ و جدول پیوست ۶).

#### ۴-۱-۲-۲- نمونه برداری چهارم وزن خشک دمبرگ

اثرات اصلی و متقابل در نمونه برداری چهارم یعنی ۱۰۸ روز پس از کاشت در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن خشک دمبرگ معنی دار بود (جدول پیوست ۴). میانگین اثر متقابل روی و منیزیم بر وزن خشک دمبرگ در شکل ۴-۸ مقایسه شده است.



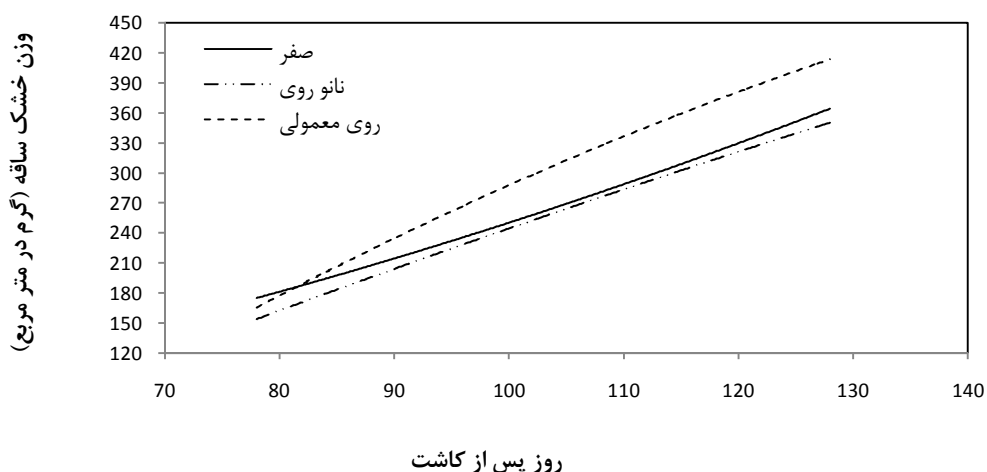
شکل ۴-۸- مقایسه میانگین وزن خشک دمبرگ در ۱۰۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله ها  $\pm$  SE می باشد.

وزن خشک دمبرگ در ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی نانو منیزیم و روی (به هر دو فرم نانو و معمولی) نسبت به شرایط عدم کاربرد روی افزایش یافت. در حالی که در سطوح تیماری منیزیم معمولی وزن خشک دمبرگ در عدم مصرف روی برتر از دو سطح دیگر آن بود. به نحوی که بیشترین وزن خشک از ترکیب تیماری عدم کاربرد روی  $\times$  منیزیم معمولی ۱ درصد به میزان ۱۳۶/۲۵ گرم در مترمربع حاصل شد که البته با وزن خشک به دست آمده از ترکیب عدم روی  $\times$  منیزیم معمولی ۰/۵ درصد و نیز محلول پاشی روی معمولی در سطح صفر منیزیم اختلاف معنی دار نداشت. کمترین وزن خشک‌ها مربوط به زمانی بود که عدم کاربرد روی با محلول پاشی نانو منیزیم در هر دو غلظت توأم شد. به گونه‌ای که پایین‌ترین مقدار (۷۰/۱۵ گرم در مترمربع) در شرایط عدم روی  $\times$  نانو منیزیم ۰/۵ درصد مشاهده گردید (شکل ۴-۸ و جدول پیوست ۶). رانی و جوز (۲۰۰۹) در پژوهشی افزایش تولید ماده خشک با کاربرد منیزیم را گزارش کردند و علت را افزایش فعالیت فتوسنتز گیاه و یا افزایش جذب گوگرد توسط گیاه بیان نمودند.

#### ۴-۱-۳- وزن خشک ساقه

وزن خشک ساقه در همه نمونه‌برداری‌ها بین تیمارهای مختلف محلول پاشی روی و منیزیم و اثر متقابل آن‌ها تفاوت معنی‌داری داشت (جدول پیوست ۷). روند تغییرات وزن خشک ساقه تحت تأثیر محلول پاشی روی طی دوره رشد در شکل ۴-۹ آورده شده است.

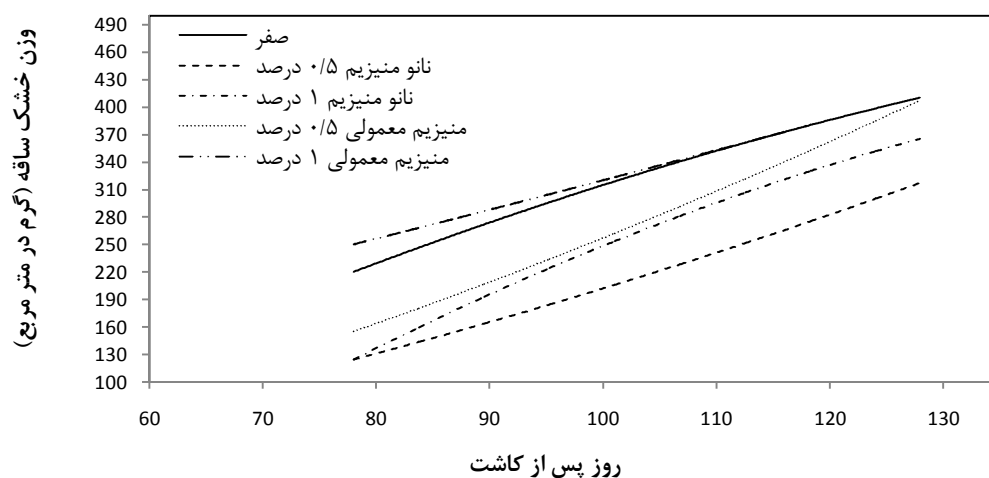
بر خلاف روند نزولی در وزن خشک برگ و دمبرگ پس از گلدهی، وزن خشک ساقه روند افزایشی خود را تا انتهای فصل رشد حفظ کرد. وزن خشک ساقه در تیمار روی معمولی صرف‌نظر از ابتدای فصل به طور برجسته‌ای در طول دوره رشد بیشتر از دو تیمار دیگر بود. تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین نانو روی و روی صفر مشاهده نشد.



شکل ۴-۹- روند تغییرات وزن خشک ساقه تحت تأثیر محلول پاشی با سطوح مختلف روی.

با توجه به روند تغییرات وزن خشک ساقه تحت تأثیر محلول پاشی منیزیم (شکل ۴-۱۰) کاربرد عنصر منیزیم به جز منیزیم معمولی ۱ درصد سبب کاهش وزن خشک ساقه در طی دوره رشد نسبت به شاهد شد. برتری سطح منیزیم معمولی ۱ درصد تا اواسط فصل وجود داشت.

تیمار نانو منیزیم در مقایسه با منیزیم معمولی وزن خشک کمتری داشت و کمترین مقدار وزن خشک ساقه از تیمار نانو منیزیم ۰/۵ درصد حاصل شد. به طور کلی روند رو به افزایش در وزن خشک ساقه در تمام طول فصل در کلیه تیمارها حفظ گردید. ساقه محل ذخیره قبل از

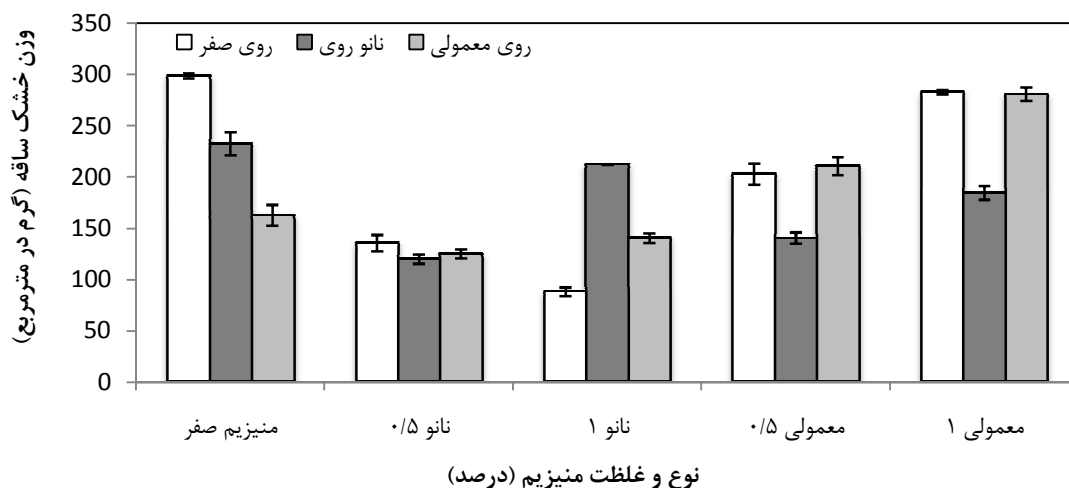


شکل ۴-۱۰- روند تغییرات وزن خشک ساقه تحت تأثیر محلول پاشی با سطوح مختلف منیزیم.

گرده‌افشانی است (گیونتا، ۱۹۹۵). لذا وزن خشک بیشتر ساقه می‌تواند صفتی مطلوب باشد. بیات و همکاران (۱۳۹۰) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین وزن خشک ساقه و عملکرد گزارش دادند که موافق با نتایج جارادات (۲۰۰۹) نیز می‌باشد.

#### ۴-۱-۳-۱- نمونه‌برداری اول وزن خشک ساقه

در ۷۸ روز پس از کاشت اثر کلیه منابع تغییر شامل اثرات اصلی روی و منیزیم و اثر متقابل آن دو بر وزن خشک ساقه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۷). با توجه به تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از مصرف روی × منیزیم (شکل ۴-۱۱) بیشترین وزن خشک ساقه به میزان ۲۹۸/۶۰ گرم در مترمربع متعلق به تیمار شاهد بود.



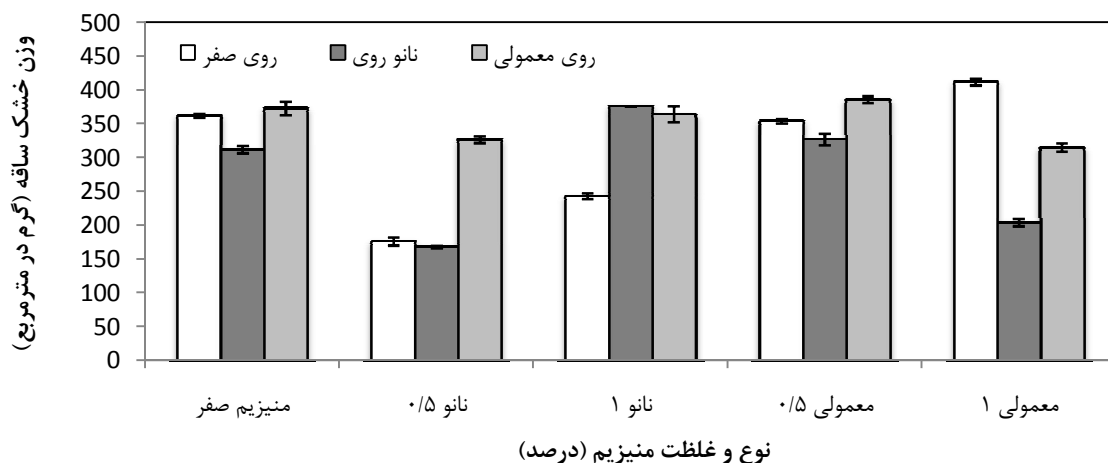
شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در ۷۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

کاربرد نانو روی در کلیه سطوح منیزیم (به جز سطح نانو منیزیم ۱ درصد)، وزن خشک ساقه را کاهش داد. محلول‌پاشی روی معمولی تنها در شرایط عدم منیزیم و نانو منیزیم ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه داشت که در عدم مصرف منیزیم وزن خشک را کاهش داد و در حضور منیزیم سبب بهبود این صفت شد. به نظر می‌رسد در هر یک از سطوح روی، استفاده از منیزیم به هر

دو شکل نانو و معمولی سبب کاهش وزن خشک ساقه نسبت به شاهد شده است. پایین‌ترین وزن خشک ساقه در سطوح نانو منیزیم مشاهده گردید که کمترین مقدار ثبت شده یعنی ۸۸/۱۸ گرم در مترمربع مربوط به تیمار عدم روی × نانو منیزیم ۱ درصد بود (شکل ۴-۱۱ و جدول پیوست ۹). در تحقیقات انجام شده توسط ریگا و آنزا (۲۰۰۳) در گیاه فلفل و فیشر و همکاران (۱۹۹۸) در اسفناج بیان شده است که در شرایط کمبود منیزیم نسبت وزن خشک ساقه به ریشه افزایش می‌یابد. البته در شرایط کمبود منیزیم، در گیاه آرابیدوپسیس (هرمنز و وربروگن، ۲۰۰۵) و چغندر قند (هرمنز و همکاران، ۲۰۰۵) میزان نسبت ساقه به ریشه کاهش نشان داد. به علاوه ابید و همکاران (۲۰۰۸) در آزمایشی گلخانه‌ای در بررسی اثر سطوح مختلف منیزیم بر رشد گیاه یونجه بیان کردند که افزایش بیش از حد منیزیم نیز باعث کاهش وزن خشک برگ و ساقه گردید.

#### ۴-۱-۳-۲- نمونه‌برداری چهارم وزن خشک ساقه

در شکل ۴-۱۲ مقایسه میانگین اثر ترکیبات تیماری حاصل از روی و منیزیم بر وزن خشک ساقه در ۱۰۸ روز پس از کاشت آورده شده است. باز هم مشاهده شد که کاربرد نانو روی تأثیر منفی بر وزن خشک ساقه داشت و آن‌را در کلیه سطوح منیزیم به جز نانو منیزیم ۱ درصد کاهش داد. در حالی که مصرف روی معمولی سبب بهبود این صفت گردید و در اکثر موارد سبب افزایش وزن خشک ساقه شد. تنها در سطح منیزیم معمولی ۱ درصد بود که وزن خشک ساقه در تیمار روی صفر بیشتر از روی معمولی بود. در شرایط عدم مصرف روی وزن خشک ساقه در حضور نانو منیزیم کاهش قابل توجهی نسبت به سطوح دیگر داشت. در شرایطی که از نانو منیزیم ۱ درصد استفاده شد، محلول پاشی روی در هر دو شکل نانو و معمولی صفت وزن خشک ساقه را به طور قابل توجهی بهبود بخشید، منتهی تفاوتی بین نانو روی و روی معمولی وجود نداشت



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در ۱۰۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

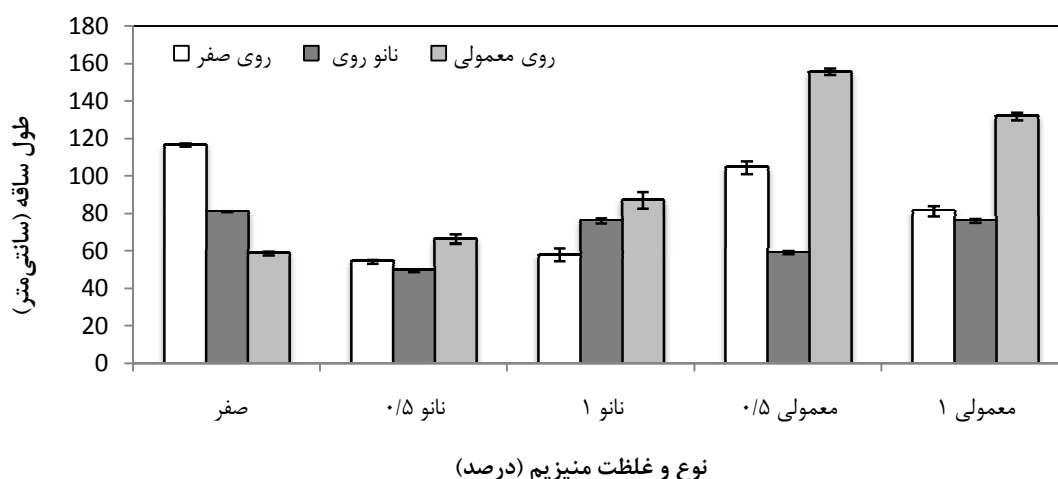
#### ۴-۲- طول ساقه

تجزیه واریانس طول ساقه در نمونه‌برداری‌های مختلف پس از کاشت انجام شد و نتایج آن در جدول پیوست ۱۰ نشان داده شده است. تمامی منابع تغییر شامل اثرات اصلی روی و منیزیم و اثر متقابل کاربرد آن‌ها در نمونه‌برداری‌های مختلف بر طول ساقه معنی‌دار شد ( $P < 0.01$ ). بیشترین طول ساقه در ۱۱۸ روز پس از کاشت (نمونه‌برداری پنجم) با میانگینی معادل ۱۵۵/۶۳ سانتی‌متر از ترکیب تیماری منیزیم معمولی ۰/۵ درصد و روی معمولی به دست آمد. در سایر سطوح تیماری منیزیم نیز (صرف‌نظر از سطح صفر) بالاترین مقدار مربوط به محلول پاشی با روی معمولی بود (شکل ۴-۱۳).

عنصر روی در غلظت‌های کم سبب تحریک رشد گیاه می‌شود که آن را می‌توان به نقش این فلز در بیوسنتز اکسین به عنوان یک هورمون محرک رشد در گیاه نسبت داد. این هورمون از طریق انتقال پروتون به درون سلول و در نتیجه کاهش pH درون سلولی و تغییر در غلظت کلسیم سیتوسولی، سبب افزایش نفوذپذیری غشای سلول‌ها و تحریک رشد می‌شود. از طرفی اکسین ممکن

است سنتز و رسوب مواد پلی ساکاریدی مورد نیاز برای ظرفیت نرم شونده گی دیواره را افزایش دهد. بنابراین افزایش روی در حد مناسب محرک طویل شدن سلولها در ساقه و کلئوپتیل می باشد (خاوری نژاد، ۱۳۹۰). محلول پاشی نانو روی در کلیه تیمارها به جز زمانی که با کاربرد نانو منیزیم ۱ درصد همراه بود تأثیر منفی بر طول ساقه داشت و سبب کاهش این صفت در گیاهان تیمار شده گردید. به طوری که کمترین طول ساقه (۴۹/۵۰ سانتی متر) از کاربرد توأم نانو روی و نانو منیزیم ۰/۵ درصد حاصل شد.

یکی از نتایج افزایش ارتفاع بوته، تشکیل برگهای جدید در بالای گیاه است. برگهای جوان با کارایی بیشتر نسبت به برگهای قدیمی که در سطح پایین قرار دارند، نور خورشید را دریافت می کنند و این ویژگی کارآمدترین برگها را در بهترین موقعیت از نظر فتوسنتز قرار می دهد (قوش و پاترا، ۱۹۹۳). همچنین افزایش ارتفاع بوته با تشکیل محور گل آذین بلندتر و تعداد گل و نیام بیشتر همراه می باشد. در مرحله پر شدن دانهها به علت ریزش برگها، فتوسنتز گیاه توسط نیامها صورت می گیرد بنابراین داشتن ساقه های بلندتر سبب افزایش فتوسنتز در گیاه می شود و در نتیجه سبب افزایش وزن دانه و عملکرد می گردد (سینهاروی و همکاران، ۱۹۹۰).

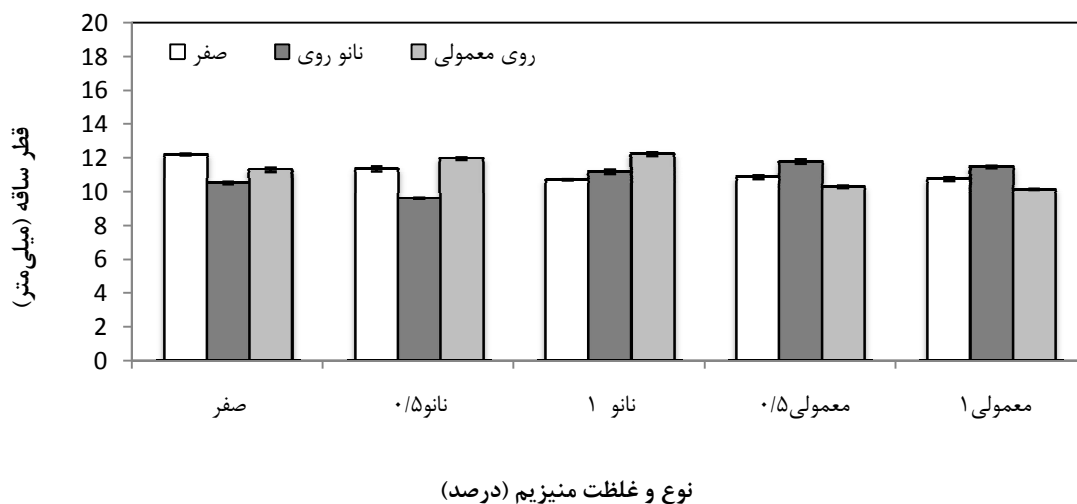


شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین طول ساقه در ۱۱۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میلهها  $\pm$  SE می باشد.

#### ۳-۴- قطر ساقه

صفت قطر ساقه از نظر تأمین استحکام و پایداری گیاه، مقاومت آن در برابر ورس و نیز برخی از بیماری‌های قارچی حائز اهمیت است. طبق جدول پیوست ۱۳، کاربرد توأم روی و منیزیم در ۱۱۸ روز پس از کاشت اثر معنی‌داری بر قطر ساقه داشت. بنابراین مقایسه‌ای بین این ترکیبات انجام گردید که در شکل ۴-۱۴ نشان داده شده است.

در ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف روی × منیزیم معمولی در هر دو غلظت، تیمارهایی که منجر به افزایش طول ساقه شد (شکل ۴-۱۳)، قطر ساقه کمتری را ایجاد کرد (شکل ۴-۱۳). درحالی‌که ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف روی × نانو منیزیم تأثیری مشابه به آن‌چه در ارتفاع ساقه داشت، بر قطر ساقه نیز نشان داد. به‌طوری‌که کمترین قطر ساقه همانند کمترین ارتفاع از ترکیب نانو روی و نانو منیزیم ۰/۵ درصد حاصل گردید. در سطح منیزیم صفر، در شرایط عدم کاربرد روی، قطر ساقه بیشتر بود و روی معمولی نسبت به فرم نانو تأثیر بهتری بر این



شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین قطر ساقه در ۱۱۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

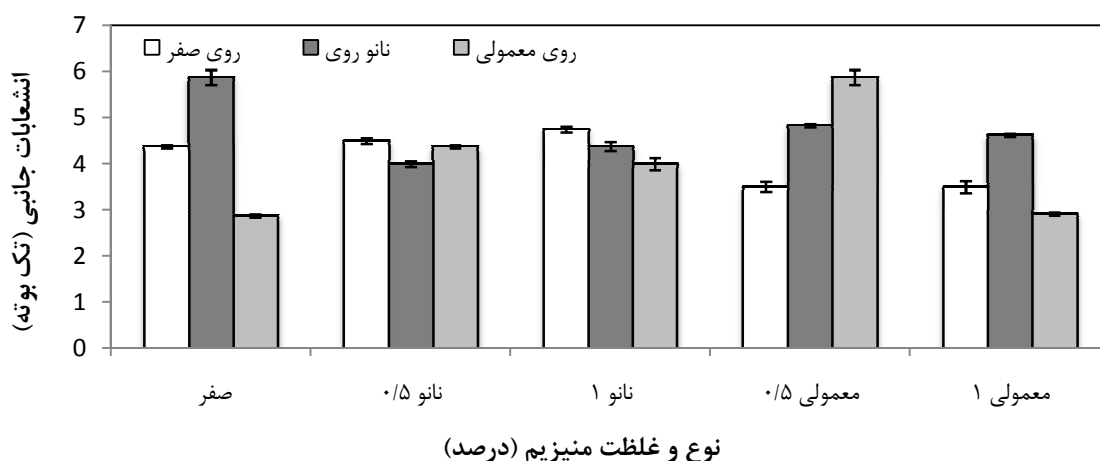


صفت داشت. در مجموع بیشترین قطر ساقه (۱۲/۲۴ میلی‌متر) در ترکیب تیماری روی معمولی و نانو منیزیم ۱ درصد مشاهده شد (شکل ۴-۱۴).

#### ۴-۴- تعداد انشعابات جانبی

اثر کلیه منابع تغییر شامل روی، منیزیم و اثر متقابل آن دو در نمونه‌برداری‌های مختلف پس از کاشت بر تعداد انشعابات جانبی ساقه معنی‌دار شد و تنها در ۷۸ روز پس از کاشت اثر روی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۱۶). در شکل ۴-۱۵ اثر ترکیبات تیماری حاصل از روی × منیزیم در ۱۱۸ روز پس از کاشت مقایسه شده است.

کاربرد روی معمولی در تمام سطوح منیزیم به جز منیزیم معمولی ۰/۵ درصد تأثیر منفی بر این صفت داشت. بیشترین تعداد انشعابات جانبی (۵/۸۸ شاخه) در اثر محلول‌پاشی با نانو روی در سطح منیزیم صفر مشاهده شد که البته با نتیجه حاصل از ترکیب تیماری روی معمولی × منیزیم معمولی ۰/۵ درصد برابر بود.

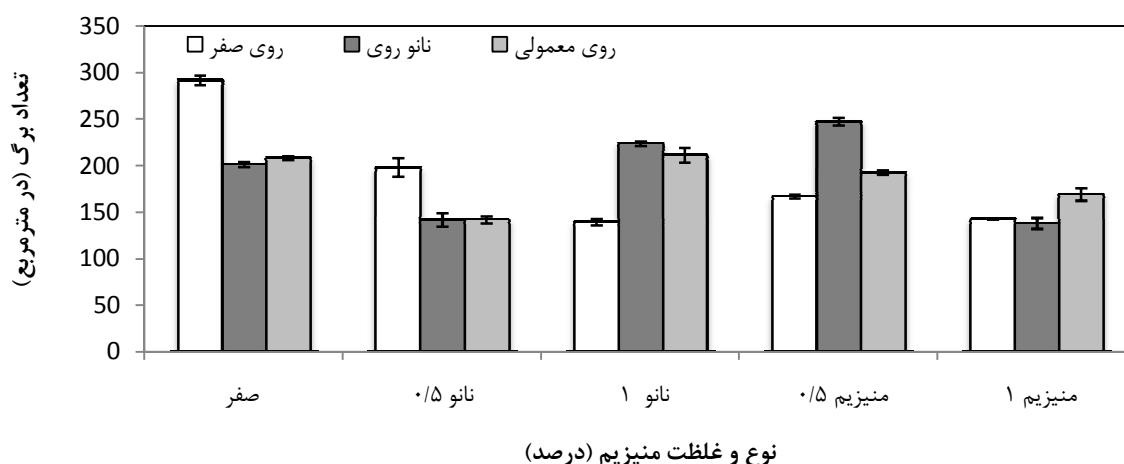


شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین تعداد انشعابات جانبی در ۱۱۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

کمترین تعداد (۲/۸۸ عدد) نیز مربوط به شرایطی بود که روی معمولی به تنهایی محلول پاشی گردید. کاربرد عنصر منیزیم به تنهایی به دو فرم نانو و معمولی تأثیر متفاوتی بر تعداد شاخه‌های فرعی گذاشت. به طوری که فرم نانو افزایش و فرم معمولی کاهش تعداد انشعابات جانبی را به دنبال داشت (شکل ۴-۱۵).

#### ۴-۵- تعداد برگ

اثر روی بر تعداد برگ در ۷۸، ۸۸ و ۹۸ روز پس از کاشت و اثر منیزیم و اثر متقابل روی و منیزیم در کلیه نمونه‌برداری‌ها بر این صفت معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۹). شکل ۴-۱۶ اثر ترکیبات تیماری حاصل از روی و منیزیم را در ۱۰۸ روز پس از کاشت بر تعداد برگ نشان می‌دهد. بیشترین تعداد برگ (۲۱۹ برگ در متر مربع) در گیاهان شاهد حاصل گردید و گیاهان دریافت کننده نانو روی و منیزیم معمولی ۰/۵ درصد با تعداد ۲۴۷/۵ برگ در مترمربع در مرتبه بعدی قرار داشتند.

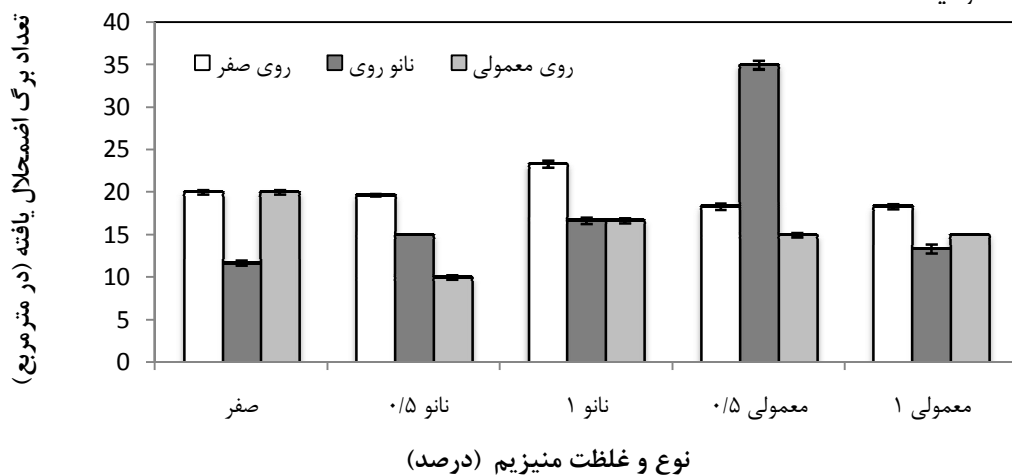


شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین تعداد برگ در ۱۰۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد

همه ترکیبات تیماری موجب کاهش تعداد برگ نسبت به شاهد گردیدند. به طور کلی تأثیر روی به هر دو شکل نانو و معمولی بر تعداد برگ در مترمربع رفتار مشخصی را نشان نداد. کاربرد نانو روی توأم با نانو منیزیم ۱ درصد و منیزیم معمولی ۰/۵ درصد تعداد برگ بیشتری را در مقایسه با ترکیبات تیماری دیگر به نمایش گذاشت. نانو روی در سایر تیمارها موجب کاهش تعداد برگ در واحد سطح گردید. محلول پاشی با روی معمولی به جز در سطح منیزیم صفر و نانو منیزیم ۰/۵ درصد که کاهش تعداد برگ را به همراه داشت در سطوح دیگر منیزیم سبب بهبود این صفت گردید.

#### ۴-۶- تعداد برگ اضمحلال یافته

نتایج تجزیه واریانس تعداد برگ اضمحلال یافته در نمونه برداری‌های مختلف پس از کاشت در جدول پیوست ۲۲ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۴-۱۷، ترکیب تیماری حاصل از نانو روی و منیزیم معمولی ۰/۵ درصد در ۱۰۸ روز پس از کاشت (نمونه برداری چهارم) سبب اضمحلال بیشترین تعداد برگ (۳۵ برگ) شد و کمترین تعداد در شرایط عدم روی × منیزیم معمولی ۱ درصد مشاهده گردید.

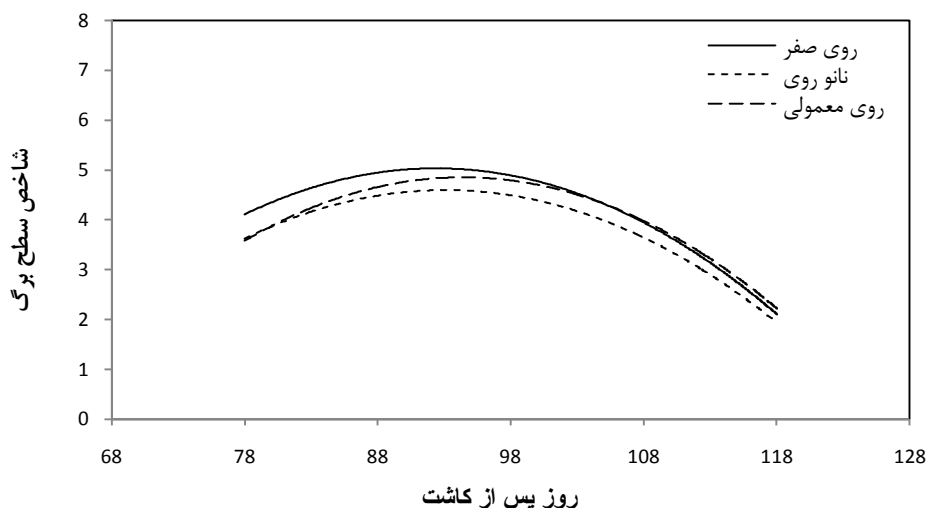


شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین تعداد برگ اضمحلال یافته در ۱۰۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

کاربرد نانو روی در حضور منیزیم معمولی (هر دو غلظت) تعداد برگ اضمحلال یافته را افزایش داد. ولی در سطوح دیگر منیزیم تعداد برگ اضمحلال یافته نسبت به شرایط عدم روی کاهش یافت. به ویژه در سطح صفر منیزیم، استفاده از نانو روی تأثیر به‌سزایی در کاهش اضمحلال برگ داشت. محلول‌پاشی روی معمولی نیز این صفت را کاهش داد به جز زمانی که توأم با منیزیم معمولی ۱ درصد به کار برده شد. شایان ذکر است استفاده از منیزیم نانو در غلظت ۱ درصد به تنهایی نیز تعداد برگ اضمحلال یافته را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد.

#### ۷-۴- شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ یکی از معیارهای اساسی و مهم در تعیین قدرت فتوسنتزی گیاه محسوب می‌شود (لباسچی و شریفی، ۲۰۰۴). با توجه به این که پتانسیل فتوسنتزی و توان رشدی همبستگی بالایی با میزان سطح برگ دارند و میزان ماده خشک کل نتیجه کارایی جامعه گیاهی از نظر استفاده از تابش نور خورشید در طول فصل رویشی است، در این ارتباط جامعه گیاهی نیاز به سطح برگ کافی دارد که با پوشش یکنواخت و کامل حداکثر جذب نوری را فراهم آورد. توسعه و گسترش سطح برگ در گیاهان زراعی به عوامل مختلفی مثل دما، تراکم بوته در واحد سطح، میزان مواد غذایی در دسترس و خصوصیات مورفولوژیک ژنوتیپ‌ها بستگی دارد (اوزونی‌دوجی و همکاران، ۲۰۰۸). شکل ۴-۱۸ روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با اکسید روی به دو فرم نانو و معمولی در طول دوره رشد را نشان می‌دهد. در همه تیمارها با افزایش سن گیاه، سطح برگ نیز افزایش یافت و این روند تا حدود ۹۸ روز پس از کاشت ادامه داشت تا سطح برگ به اوج خود رسید و پس از آن از روند کاهشی برخوردار شد.



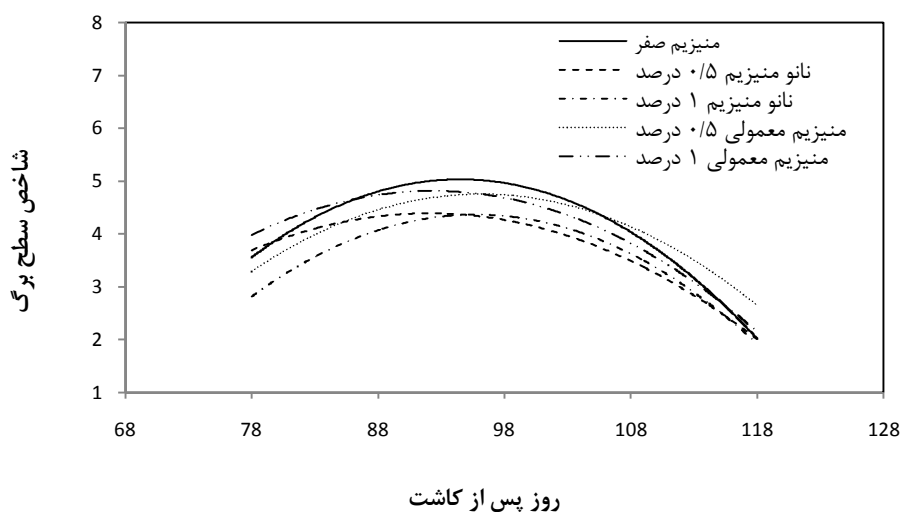
شکل ۴-۱۸- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف روی.

نتایج نشان می‌دهد کاربرد هر دو فرم روی بر شاخص سطح برگ در ابتدای فصل تأثیر منفی گذاشت. به طوری که برتری تیمار شاهد در بازه‌ای طولانی از فصل رشد گیاه، به خصوص در دوره رشد رویشی مشاهده می‌گردد. اگرچه اختلافات مشاهده شده جزئی است ولی گیاهان دریافت کننده روی معمولی در مرتبه بعدی نسبت به گیاهان شاهد قرار داشتند. البته در انتهای فصل از تیمار شاهد پیشی گرفتند و کمترین شاخص مربوط به تیمار نانو روی بود. دلیل احتمالی این کاهش، تجمع فلز روی در بافت‌های گیاهی است. گزارش‌هایی وجود دارد که یون‌های فلزی سنگین پس از ورود به گیاه تا زمان القای تشکیل فیتوکلاتین‌ها در اثر فیتوکلاتین سنتتاز، در سیتوزل سلول‌ها باقی می‌مانند و این تجمع بالای فلز در سیتوزل باعث مهار رشد برگ‌ها می‌شود (ملتا و همکاران، ۱۹۹۵). علاوه بر این گزارش شده است گیاهانی که در معرض غلظت‌های بالای فلز روی قرار می‌گیرند ساختار میتوکندریایی در آن‌ها تخریب شده و در نتیجه فرآیندهای انرژی‌خواه مرتبط با رشد سلول در آن‌ها دچار اختلال می‌شود (روت و داس، ۲۰۰۳).

روند تغییرات شاخص سطح برگ طی فصل رشد تحت تأثیر محلول‌پاشی سطوح مختلف منیزیم (شکل ۴-۱۹) نشان می‌دهد که این شاخص در گیاهان تیمار شده با نانو منیزیم ۰/۵ و منیزیم معمولی ۱ درصد زودتر از سایر تیمارها به بیشترین حد خود رسید. توماس و همکاران (۲۰۰۳) بیان

کرد چنانچه شاخص سطح برگ در زمان کوتاه‌تری به سطح مطلوب برسد، حداکثر عملکرد دانه حاصل می‌شود. که اتفاقاً این نتیجه در خصوص منیزیم معمولی ۱ درصد رخ داد که در جدول پیوست ۳۲ به وضوح قابل مشاهده است. توسعه کند سطح برگ موجب توسعه ضعیف پوشش گیاهی و جذب کمتر تابش خواهد شد که نهایتاً کاهش سرعت رشد را به همراه خواهد داشت. مشاهده می‌شود زمانی که شاخص سطح برگ به اوج خود رسید و می‌توانست بالاترین استفاده از تشعشع موجود در محیط صورت پذیرد تیمار شاهد برتر از سایر تیمارها بود، ولی با کاهش شدیدی که در ادامه نشان داد، در انتهای فصل تیمارهای منیزیم معمولی (در هر دو غلظت) نسبت به شاهد از شاخص سطح برگ بالاتری برخوردار بودند.

طبق نظر تولنار و برولسما (۱۹۹۸) مهمترین تغییرات فیزیولوژیک گیاه در ارتباط با عملکرد دانه به پیری دیررس گیاه و بقای طولانی مدت سطح برگ‌ها مرتبط می‌شود. در نانو منیزیم به‌ویژه در غلظت ۱ درصد پایین‌ترین مقادیر شاخص سطح برگ ثبت گردید. که با استناد به شکل ۴-۳۰ که نشان‌دهنده بالا بودن میزان کلروفیل برگ در هر دو غلظت نانو منیزیم می‌باشد می‌توان این‌گونه استنباط کرد که نانو منیزیم از طریق تقویت میزان کلروفیل و سیستم فتوسنتزی توانسته است نیاز



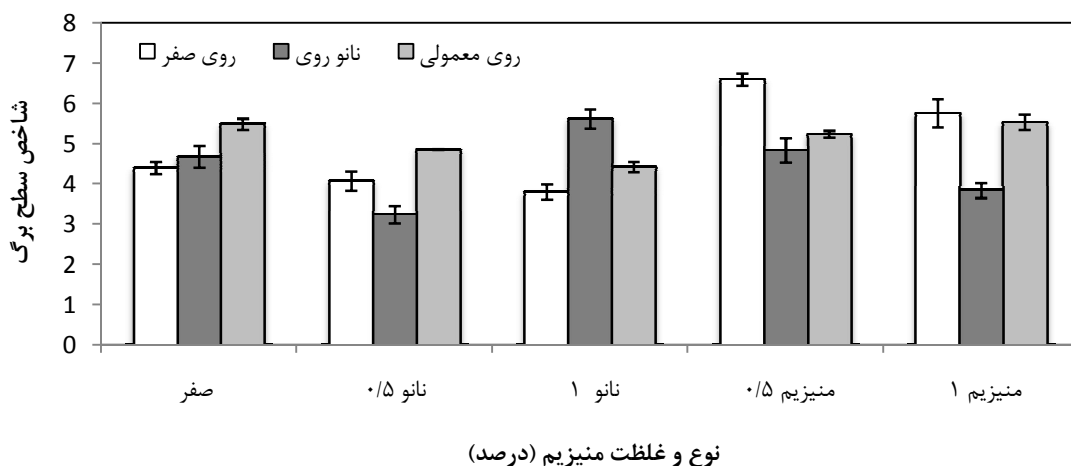
شکل ۴-۱۹- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف منیزیم.

گیاه را برای به دام انداختن نور کافی تأمین نماید و به این ترتیب افزایش سطح برگ در گیاه ضرورتی نداشته است. شایان ذکر است منیزیم هسته مرکزی کلروفیل را تشکیل می‌دهد. زادصالحی و همکاران (۱۳۹۰) نیز کاهش سطح برگ را با کاربرد ۱ و ۲ میلی‌مولار منیزیم نسبت به شاهد گزارش کردند.

#### ۴-۷-۱- نمونه برداری چهارم شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ در زمان‌های مختلف پس از کاشت (جدول پیوست ۲۵) نشان می‌دهد این شاخص به طور معنی‌داری در تمام تاریخ‌های نمونه‌برداری تحت تأثیر سطوح مختلف منیزیم و اثر متقابل روی و منیزیم قرار گرفت. ولی اثر محلول‌پاشی عنصر روی تنها در ۷۸ و ۹۸ روز پس از کاشت بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود ( $P < 0/01$ ). شکل ۴-۲۰ نشان می‌دهد که کاربرد نانو روی به جز در سطوح منیزیم صفر و نانوی ۱ درصد، بر این صفت تأثیر منفی داشت و سبب کاهش معنی‌دار آن نسبت به عدم مصرف روی در هر سطح منیزیم گردید. درحالی‌که محلول‌پاشی روی معمولی شاخص سطح برگ را افزایش داد به جز زمانی‌که با منیزیم معمولی توأم شد (در هر دو غلظت) که سبب کاهش این شاخص گردید. البته این کاهش در سطح منیزیم معمولی ۱ درصد معنی‌دار نبود و در مجموع نسبت به شاهد برتری وجود داشت. در کلیه سطوح منیزیم صرف‌نظر از نانوی ۱ درصد، برتری روی معمولی نسبت به نانو روی قابل مشاهده است. در پژوهش انجام شده توسط نوابی و ملکوتی نیز (۱۳۸۱) کاربرد عناصر ماکرو و میکرو (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، بور، روی و منیزیم) در گیاه ذرت علاوه بر تأثیر بر اجزای عملکرد، میزان تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد.

به نظر می‌رسد محلول‌پاشی منیزیم به فرم نانو بر شاخص سطح برگ تأثیر منفی داشت ولی منیزیم معمولی این شاخص را بهبود بخشید. به طور کلی در ۱۰۸ روز پس از کاشت بیشترین مقدار با میانگین ۶/۶۱ از محلول‌پاشی منیزیم معمولی ۰/۵ درصد به تنهایی حاصل شد. که از پر شدن دانه در این تیمار حمایت خواهد کرد چرا که شاخص سطح برگ در این مرحله از رشد گیاه (۱۰۸ روز پس از



شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ در ۱۰۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

کاشت) پایداری سطح برگ را نشان می‌دهد. به گفته تاکاس-هاجس و کیس (۲۰۰۴) رشد گیاه به واسطه‌ی کاربرد کودهای حاوی منیزیم از طریق افزایش سطح برگ و تولید وزن خشک و همچنین نسبت وزن خشک به سطح برگ تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

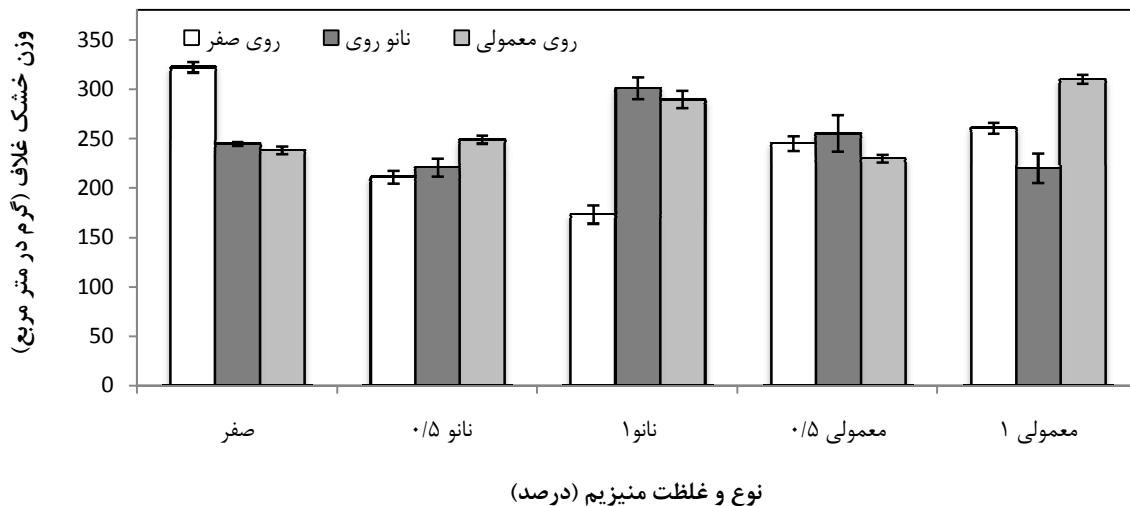
#### ۴-۸- وزن خشک کل غلاف

وزن خشک کل غلاف به طور معنی‌داری در ۹۸ و ۱۲۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر روی قرار گرفت. همچنین اثر منیزیم بر این صفت در ۹۸ و ۱۰۸ روز پس از کاشت معنی‌دار بود. اثر متقابل محلول پاشی روی و منیزیم نیز در کلیه تاریخ‌های نمونه برداری بر وزن خشک غلاف تأثیر معنی‌دار داشت (جدول پیوست ۲۸). اثر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم بر وزن خشک غلاف در شکل ۴-۲۱ آورده شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌گردد زمانی که محلول پاشی روی به هر دو شکل نانو و معمولی در حضور منیزیم انجام شد سبب بهبود وزن خشک غلاف نسبت به سطح صفر روی گردید. به خصوص



در سطوح نانو منیزیم که کاربرد روی از نظر تأثیرگذاری بر این صفت سودمندی بیشتری داشت. در حالی که در سطح منیزیم صفر تیمار عدم روی برتر از دو سطح دیگر بود و با میانگین ۳۲۲/۲۷ گرم در مترمربع بیشترین مقدار وزن خشک غلاف را در ۱۱۸ روز پس از کاشت به خود اختصاص داد. به طور کلی در تمامی ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم وزن خشک غلاف نسبت به شاهد کاهش یافت. به خصوص در شرایط کاربرد نانو منیزیم به تنهایی کاهش قابل توجهی مشاهده شد. به نحوی که کمترین مقدار در این صفت در شرایط محلول پاشی نانو منیزیم ۱ درصد به دست آمد (جدول پیوست ۳۰).



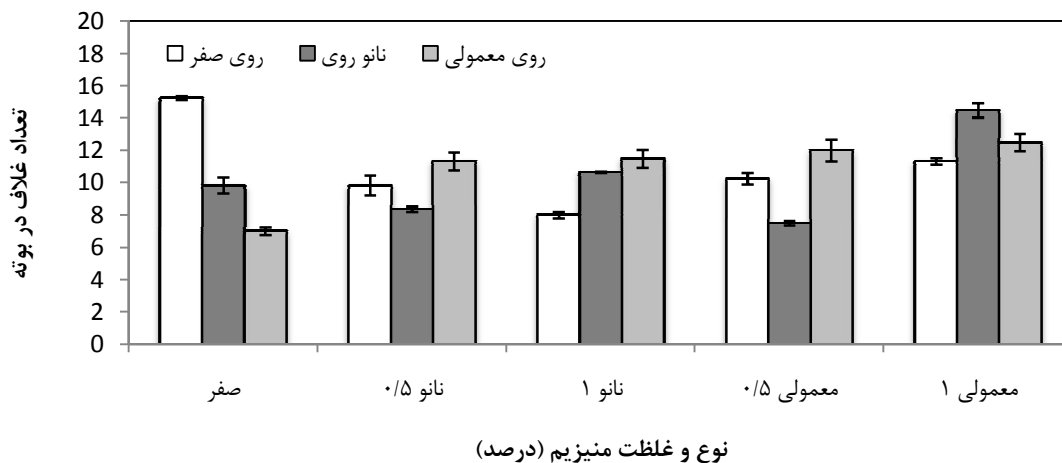
شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین وزن خشک کل غلاف در ۱۱۸ روز پس از کاشت تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

#### ۹-۴- عملکرد و اجزای عملکرد

مطابق نظر پیتر (منطبق بر کتاب مجنون حسینی) تشکیل اجزای اقتصادی عملکرد حبوبات نسبت به سایر گیاهان پیچیده‌تر است و دلایل آن ناتوانی جبران خسارت در این گیاهان، طولانی بودن تمایز اندام‌های زایشی و تأثیر شدید محیط بر تشکیل این اندام‌ها می‌باشد.

#### ۴-۹-۱- تعداد غلاف در بوته

محلول پاشی منیزیم و اثر متقابل روی و منیزیم بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول پیوست ۳۱). بیشترین تعداد غلاف در بوته با میانگین ۱۵/۲۵ در تیمار شاهد به دست آمد. این برتری نسبت به سایر تیمارها به جز ترکیب تیماری نانو روی × منیزیم معمولی ۱ درصد (۱۴/۵ غلاف در بوته)، از نظر آماری معنی دار بود. کمترین تعداد غلاف در بوته در شرایطی حاصل شد که روی معمولی به تنهایی محلول پاشی گردید که به اهمیت منیزیم اشاره دارد. به طوری که در سطوح منیزیم (به هر دو فرم نانو و معمولی) در هنگام محلول پاشی روی معمولی افزایش تعداد غلاف در بوته مشاهده می گردد (شکل ۴-۲۲).

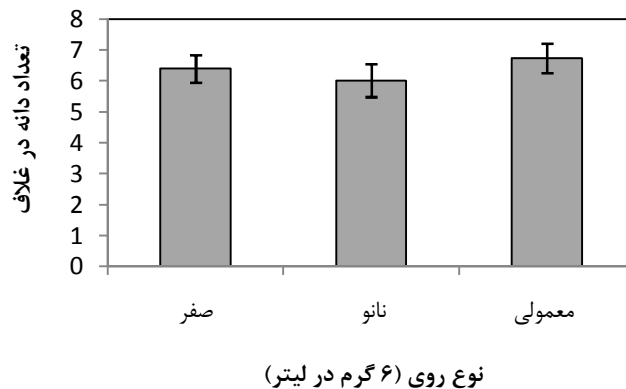


شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله ها  $\pm$  SE می باشد.

زمانی که استفاده از نانو روی با کاربرد منیزیم در غلظت بالا توأم بود تعداد غلاف بیشتری در بوته مشاهده شد و در غلظت های پایین منیزیم این صفت را کاهش داد. از آنجایی که تأمین روی بر باروری دانه گرده و احیاء بذر تأثیرگذار است (پاندى، ۲۰۰۶)، استفاده از آن قبل از گرده افشانی موجب تأثیر مثبت بر گرده افشانی شده و تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته را افزایش می دهد (نخزری و همکاران، ۱۳۹۰).

#### ۴-۹-۲- تعداد دانه در غلاف

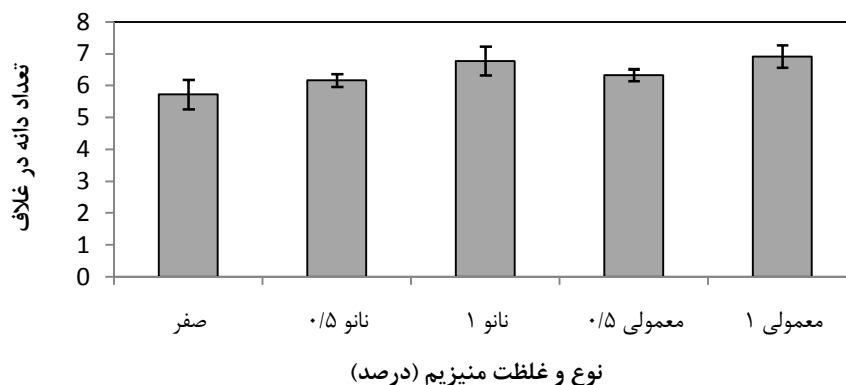
تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر روی ( $P < 0/05$ ) و منیزیم ( $P < 0/01$ ) قرار گرفت. ولی اثر متقابل آن دو بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول پیوست ۳۱). محلول‌پاشی روی معمولی تعداد دانه در غلاف را ۵/۳۱ درصد افزایش داد که البته نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. کاربرد نانو روی سبب کاهش تعداد دانه در غلاف گردید (شکل ۴-۲۳). شارما (۱۹۹۰) بیان کرد تغذیه گیاه ذرت با عنصر روی، به دلیل افزایش ذخیره هیدروکربن دانه گرده، باعث افزایش طول عمر دانه گرده شد. در نتیجه کاربرد روی می‌تواند منجر به افزایش تلقیح و تشکیل تعداد دانه بیشتر در غلاف شود (عبدیلی و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف روی. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

همان‌طور که در شکل ۴-۲۴ مشاهده می‌شود کاربرد منیزیم به دو فرم نانو و معمولی در کلیه سطوح سبب افزایش تعداد دانه در غلاف گردید و بیشترین تعداد با میانگین ۶/۹۲ دانه در غلاف از محلول‌پاشی منیزیم معمولی ۱ درصد حاصل شد که با تیمارهای نانو منیزیم ۱ درصد (۶/۷۸) و منیزیم معمولی ۰/۵ درصد (۶/۳۴) اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین تعداد یعنی ۵/۷۳ دانه در غلاف مربوط به تیمار عدم مصرف منیزیم بود.

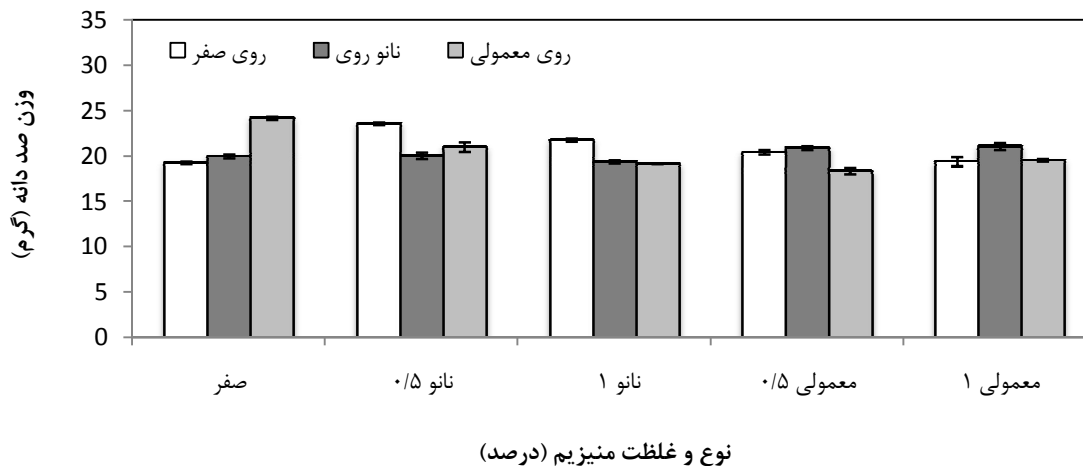
طبق گزارش هوچینگ و ماسون (۱۹۹۳) مصرف پتاسیم و منیزیم در گیاه سویا، تعداد دانه در غلاف را افزایش داد و از طریق ایجاد مخزنی بزرگ‌تر برای جذب مواد فتوسنتزی عملکرد را بالا برد. در پژوهشی دیگر، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم منیزیم در هکتار، تعداد دانه در غلاف ساقه اصلی و همچنین تعداد دانه در غلاف شاخه‌های فرعی را در گیاه سویا افزایش داد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را سبب شد (بیک‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

#### ۴-۹-۳- وزن صد دانه

اثر استفاده از روی بر وزن صد دانه معنی‌دار نشد. درحالی‌که این صفت تحت تأثیر مصرف منیزیم و اثر متقابل روی و منیزیم در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۳۱). بیشترین وزن صد دانه به میزان ۲۴/۲۱ گرم متعلق به ترکیب تیماری روی معمولی  $\times$  عدم منیزیم بود که نسبت به شاهد ۲۵/۵ درصد افزایش داشت. البته اختلاف آن با تیمار روی صفر  $\times$  نانو منیزیم ۰/۵ درصد (۲۲/۳۴ درصد افزایش نسبت به شاهد) معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۳۳). همان‌طور که ملاحظه می‌شود بالاترین وزن صد دانه از ترکیبی حاصل گردید که کمترین تعداد غلاف در بوته را داشت. این رابطه عکس به نوعی در مورد کمترین وزن صد دانه نیز ملاحظه می‌شود. در واقع کمترین



شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روى و منیزیم. بارهای روى میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

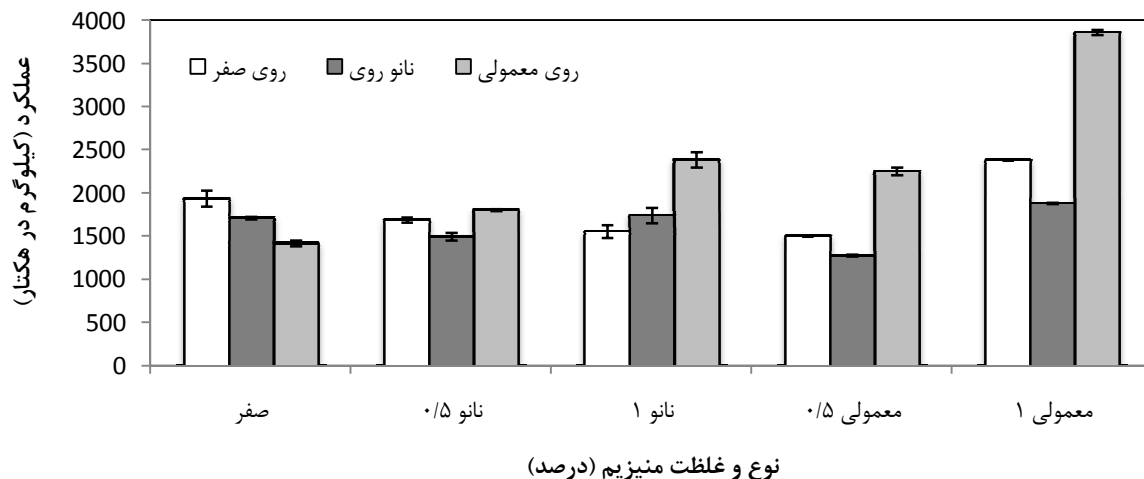
مقدار وزن صد دانه (۱۸/۳۴ گرم) از ترکیب تیماری روى معمولی و منیزیم معمولی ۰/۵ درصد که از نظر تعداد غلاف در بوته در مرتبه سوم قرار داشت، حاصل شد. به‌طور کلی هنگامی که نانو منیزیم در هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ درصد به تنهایی محلول پاشی شد وزن صد دانه نسبت به شاهد بهبود نشان داد. در حالی که توأم شدن نانو روى و روى معمولی با این سطوح از منیزیم سبب کاهش قابل توجه در این صفت گردید.

#### ۴-۹-۴- عملکرد دانه

اثر کلیه منابع تغییر شامل روى، منیزیم و اثر متقابل آن دو بر عملکرد معنی‌دار شد ( $P < 0.01$ ). شکل ۴-۲۶ مقایسه میانگین اثر ترکیبات تیماری حاصل از روى و منیزیم را نشان می‌دهد. محلول پاشی توأم دو عنصر روى و منیزیم با بالاترین غلظت و به فرم معمولی، بیشترین عملکرد را معادل ۳۸۶۴/۷۶ کیلوگرم در هکتار به دنبال داشت که نسبت به شاهد ۹۹ درصد بیشتر بود.

به‌طور کلی نتایج نشان داد چنانچه کاربرد روى معمولی با منیزیم (به هر دو شکل نانو و معمولی) همراه شود عملکرد را افزایش خواهد داد. البته در این بین زمانی که با غلظت بالای منیزیم توأم شد این تأثیر مثبت بیشتر بود. درحالی که کاربرد نانو روى سبب کاهش عملکرد گردید به جز در

شرایطی که با نانو منیزیم ۱ درصد محلول پاشی شد. در مقایسه اثرات اصلی (جدول پیوست ۳۲) نیز مشاهده می‌گردد که در بین سطوح روی، محلول پاشی با روی معمولی و در بین سطوح منیزیم، منیزیم معمولی ۱ درصد بالاترین مقادیر عملکرد دانه را دارا بودند. در نهایت کمترین میزان عملکرد با میانگین ۱۲۸۲/۵۰ کیلوگرم در هکتار بود که از کاربرد توأم نانو روی و منیزیم معمولی ۰/۵ درصد به دست آمد (شکل ۴-۲۶). در گیاهانی که منیزیم دریافت نکرده بودند، محلول پاشی با هر دو فرم روی اثر منفی بر عملکرد دانه داشت. به طوری که نانو روی و روی معمولی در سطح صفر منیزیم به ترتیب سبب کاهش ۱۳/۱ و ۳۶/۴۲ درصدی در عملکرد نسبت به شاهد شدند. در آزمایشی گزارش شد حداکثر عملکرد دانه لوبیا با محلول پاشی ۱/۲ درصد آهن، روی و منگنز قبل و بعد از گلدهی حاصل می‌گردد (ماریتا و مولدون، ۱۹۹۵). زیولک و همکاران (۱۹۹۲) بیان کردند محلول پاشی منیزیم همراه با عناصر ریزمغذی بور، مولیبدن و منگنز در ابتدای گلدهی لوبیا سبب افزایش عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد غلاف در بوته شد.

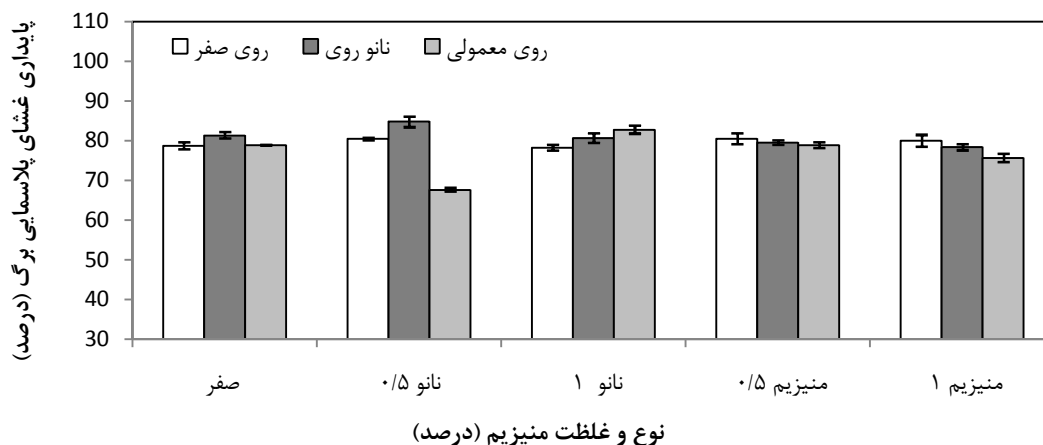


شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

#### ۴-۱۰- صفات فیزیولوژیک

#### ۴-۱۰-۱- پایداری غشای پلاسمایی

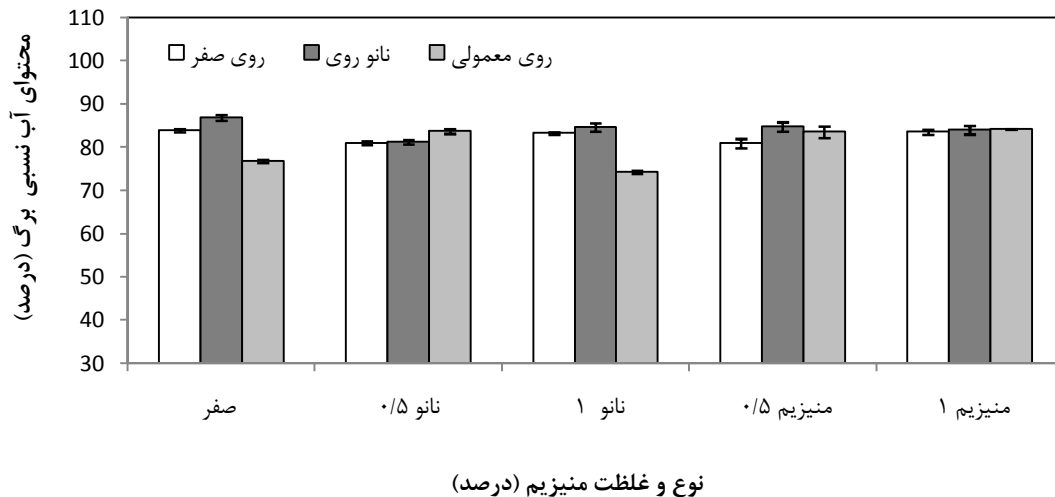
محلول پاشی عنصر روی و اثر روی  $\times$  منیزیم بر پایداری غشای پلاسمایی در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۳۴). مقایسه میانگین اثر ترکیبات تیماری حاصل از روی و منیزیم در شکل ۴-۲۷ نشان می‌دهد که محلول پاشی نانو روی در سطح منیزیم صفر و زمانی که با نانو منیزیم توأم شد، سبب بهبود پایداری غشای پلاسمایی گردید. به نحوی که کمترین مقدار هدایت الکتریکی که مبین بالاترین پایداری غشای پلاسمایی می‌باشد از ترکیب نانو روی و نانو منیزیم ۰/۵ درصد حاصل شد. اما هنگامی که نانو روی به همراه منیزیم معمولی استفاده گردید تأثیر منفی بر این شاخص داشت و آن را کاهش داد که البته این کاهش از نظر آماری معنی دار نبود. کاربرد روی معمولی تنها در سطح نانو منیزیم ۱ درصد باعث افزایش معنی دار شاخص پایداری غشای پلاسمایی شد و در سایر سطوح (به جز سطح صفر) آن را کاهش داد. محلول پاشی با منیزیم معمولی ۰/۵ و ۱ درصد به تنهایی نیز موجب بهبود پایداری غشای پلاسمایی به ترتیب به میزان ۱/۲۷ و ۱/۷۶ درصد گردید.



شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

#### ۴-۱۰-۲- محتوای آب نسبی برگ

محتوای آب نسبی برگ از محلول پاشی روی و اثر متقابل روی و منیزیم به طور معنی دار و در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر پذیرفت. نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل در جدول پیوست ۳۷ آورده شده است. در شکل ۴-۲۸ اثر ترکیبات تیماری حاصل از روی × منیزیم بر این صفت مقایسه شده است. بالاترین مقدار آب نسبی برگ به میزان ۸۶/۹۳ درصد زمانی که نانو روی به تنهایی محلول پاشی شد مشاهده گردید. این مقدار در گیاهان شاهد ۸۳/۹۷ درصد بود. به طور کلی کاربرد روی به فرم نانو در کلیه سطوح منیزیم مقدار آب نسبی برگ را افزایش داد. در حالی که روی معمولی در سطوح منیزیم صفر و نانو منیزیم ۱ درصد سبب کاهش آن شد. به گونه‌ای که کمترین میزان (۷۴/۲۴ درصد) از ترکیب تیماری روی معمولی × نانو منیزیم ۱ درصد حاصل شد. در بین سطوح منیزیم به نظر می‌رسد وضعیت آب برگ در اثر کاربرد منیزیم معمولی (در هر دو غلظت) نسبت به فرم نانو مطلوب‌تر بوده است. این مورد در جدول پیوست ۳۵ نیز به وضوح قابل مشاهده است.



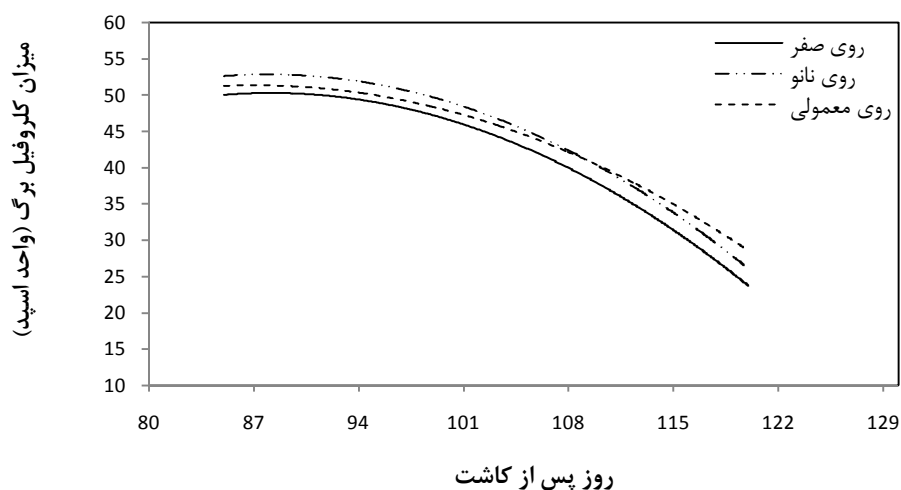
شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین محتوای آب نسبی برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.



اختلاف در این صفت ممکن است نشان دهنده تأثیر متفاوت تیمارها برای جذب آب از خاک و یا توانایی هدر روی آب از طریق روزنه‌ها و یا اختلاف در توانایی گیاهان برای تجمع و تنظیم اسمزی برای حفظ تورژسانس بافت و افزایش فعالیت‌های فیزیولوژیکی باشد. بین محتوای آب نسبی در شرایط طبیعی و تنش، همبستگی معنی‌داری با عملکرد بیان شده است (شکاری و همکاران، ۱۳۸۹).

#### ۴-۱۰-۳- میزان کلروفیل برگ

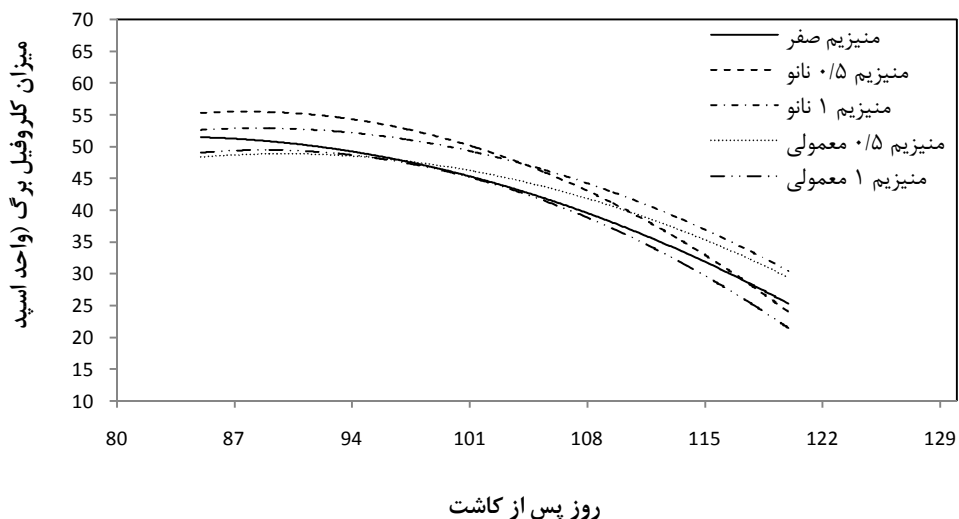
کاربرد روی تنها در ۹۲، ۱۱۳ و ۱۲۰ روز پس از کاشت بر میزان کلروفیل برگ معنی‌دار بود. درحالی‌که محلول‌پاشی منیزیم در کلیه تاریخ‌های نمونه‌برداری بر این صفت تأثیرگذار بود ( $P < 0.01$ ). اثر متقابل کاربرد آن دو نیز به جز در ۹۹ و ۱۰۶ روز پس از کاشت در سایر نمونه‌برداری‌ها بر میزان کلروفیل برگ تأثیر معنی‌دار گذاشت (جدول پیوست ۳۷). بررسی روند تغییرات میزان کلروفیل کل کانوپی تحت تأثیر محلول‌پاشی روی (شکل ۴-۲۹) نشان می‌دهد که این عنصر سبب افزایش کلروفیل گردید.



شکل ۴-۲۹- روند تغییرات میانگین کلروفیل کل کانوپی تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف روی.

در تمام طول نمونه برداری گیاهان شاهد دارای پایین ترین میزان کلروفیل نسبت به دو سطح دیگر بودند. تا حدود ۱۰۶ روز پس از کاشت سطح نانو برتر از روی معمولی بود ولی پس از آن با شدت بیشتری کلروفیل خود را از دست داد و در انتهای فصل پایین تر از روی معمولی قرار گرفت.

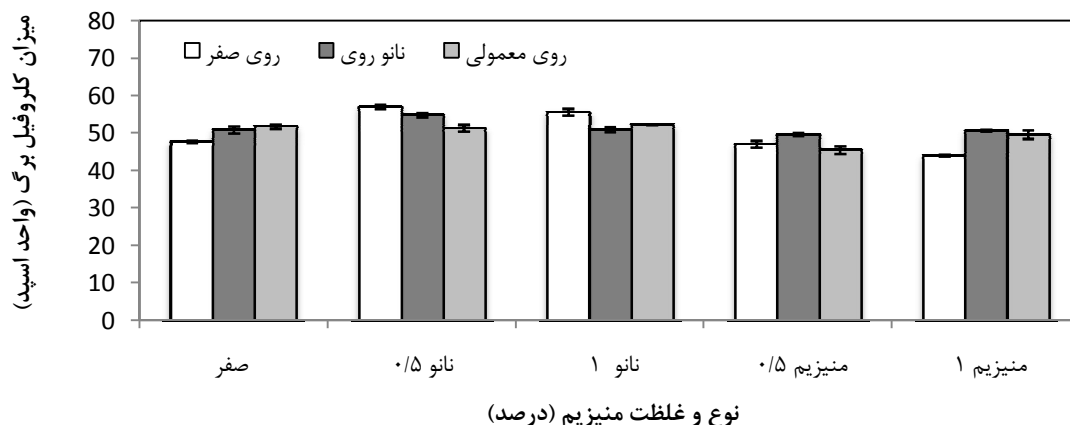
شکل ۴-۳۰ روند تغییرات میزان کلروفیل کل را تحت تأثیر محلول پاشی منیزیم در طول اندازه گیری های انجام شده نشان می دهد. برتری کلروفیل برگ در شرایط محلول پاشی نانو منیزیم در هر دو غلظت در نمونه برداری های اولیه به وضوح مشاهده می گردد. در ادامه در تیمار نانو ۰/۵ درصد میزان کلروفیل به شدت کاهش یافت به طوری که پایین تر از شاهد قرار گرفت ولی نانو منیزیم ۱ درصد برتری خود را تا انتهای فصل حفظ کرد. میزان کلروفیل برگ گیاهان دریافت کننده منیزیم معمولی (در هر دو غلظت) در ابتدای نمونه برداری پایین تر از شاهد بود ولی در ادامه برگ های دریافت کننده غلظت پایین تر با شدت کمتری کلروفیل خود را از دست دادند به نحوی که در انتهای فصل، بعد از نانو منیزیم ۱ درصد در رتبه دوم قرار گرفتند.



شکل ۴-۳۰- روند تغییرات میانگین کلروفیل کل کانوپی تحت تأثیر محلول پاشی با سطوح مختلف منیزیم.

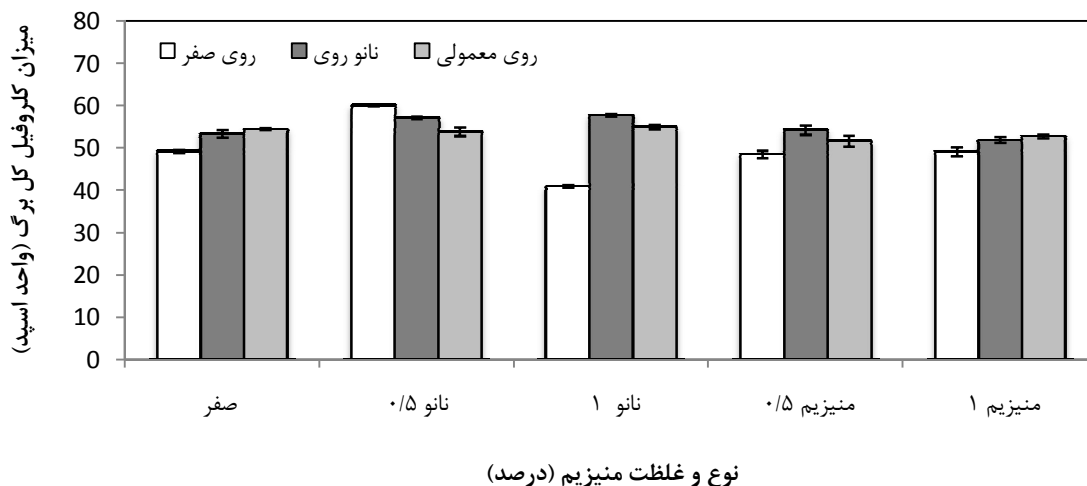
مقایسه میانگین اثر متقابل روی و منیزیم در ۸۵ روز پس از کاشت (شکل ۴-۳۱) نشان می‌دهد که بالاترین میزان کلروفیل برگ با میانگین ۴۷/۱۵ (واحد اسپد) در محلول‌پاشی نانو منیزیم ۰/۵ درصد مشاهده شد و غلظت دیگر نانو منیزیم (۱ درصد) در رتبه بعدی قرار گرفت.

مشاهده می‌گردد در سطوح نانو منیزیم کاربرد هر دو فرم روی تأثیر منفی بر این صفت داشت درحالی‌که در سطوح دیگر منیزیم میزان کلروفیل را افزایش داد. به‌طورکلی در اکثر ترکیبات تیماری به جز مواردی که منیزیم معمولی به تنهایی استفاده شد، میزان کلروفیل ثبت شده بیشتر از شاهد بود.



شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم در ۸۵ روز پس از کاشت. بارهای روی میله‌ها  $\pm$ SE می‌باشد.

همان‌طور که شکل ۴-۳۲ نشان می‌دهد در نمونه‌برداری دوم نیز بیشترین میزان کلروفیل مربوط به سطح نانو منیزیم ۰/۵ درصد بود. و محلول‌پاشی روی معمولی و نانو در سطوح مختلف منیزیم تقریباً رفتاری مشابه با نمونه‌برداری قبل از خود نشان دادند (صرفنظر از سطح نانو منیزیم ۱ درصد).



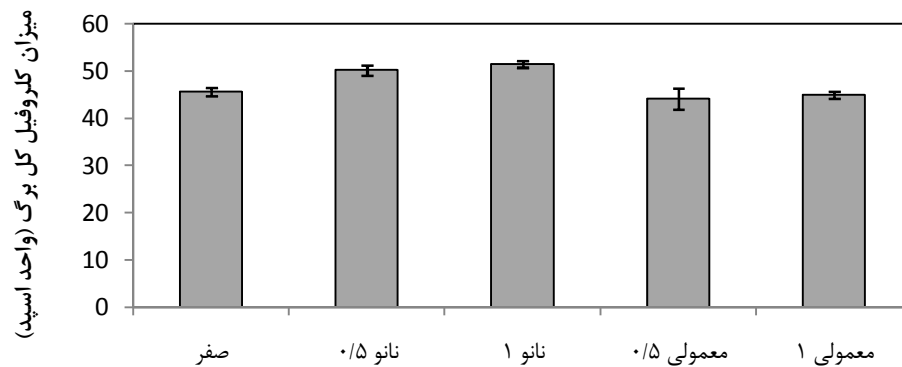
شکل ۴-۳۲- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم در ۹۲ روز پس از کاشت. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

در ادامه فصل رشد میزان کلروفیل تنها تحت تأثیر محلول پاشی عنصر منیزیم قرار گرفت (نمونه برداری سوم و چهارم). در ۹۹ و ۱۰۶ روز پس از کاشت بالاترین میزان کلروفیل در تیمار نانو منیزیم ۱ درصد مشاهده شد که نسبت به شاهد به ترتیب ۱۳/۳۳ و ۸/۸۱ درصد افزایش نشان داد. البته این مقادیر از نظر آماری با سطح دیگر نانو منیزیم اختلافی نداشتند (شکل ۴-۳۳).

گزارشات متعددی در مورد کاهش فتوسنتز در شرایط کمبود منیزیم بیان شده است (ریدولفی و گاریک، ۲۰۰۰) که می‌تواند به خاطر نقش منیزیم در ساختار کلروفیل باشد. کمبود منیزیم در درجه اول سبب کاهش در غلظت کلروفیل b و به دنبال آن کاهش در کلروفیل a می‌گردد (هرمنز و همکاران، ۲۰۰۴).

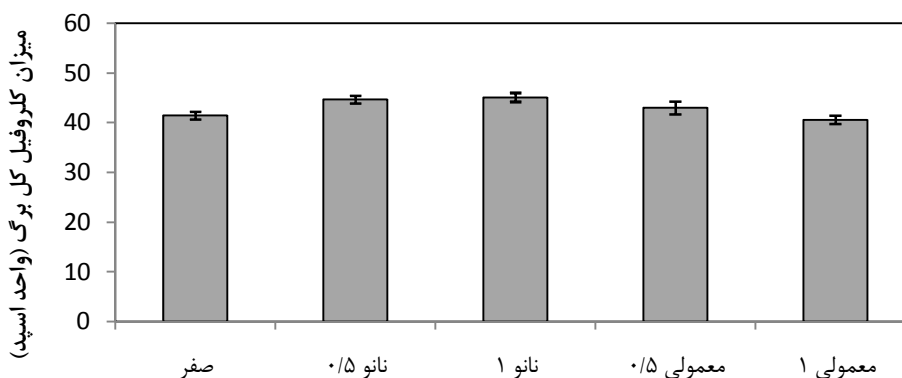
با نزدیک شدن به انتهای فصل رشد (شکل ۴-۳۴) محلول پاشی عنصر روی بر این صفت تأثیر بیشتری داشت. به نحوی که در ۱۱۳ روز پس از کاشت، در سطوح صفر، نانو ۱ درصد و معمولی ۰/۵ درصد از منیزیم با محلول پاشی روی به هر دو فرم نانو و معمولی میزان کلروفیل نسبت به سطح صفر روی افزایش یافت. کمترین میزان با میانگین ۲۸/۶۷ واحد اسپد مربوط به تیمار شاهد بود.

در ۱۲۰ روز پس از کاشت نیز محلول پاشی عنصر روی (به هر دو فرم نانو و معمولی) در سطوح مختلف منیزیم به جز سطح نانوی ۰/۵ درصد سبب افزایش میزان کلروفیل نسبت به روی صفر شد. بیشترین میزان کلروفیل در ترکیب تیماری نانو منیزیم ۱ درصد و روی معمولی مشاهده شد. که نسبت به شاهد ۲۹/۲۰ درصد افزایش نشان داد. کمترین مقدار نیز با میانگین ۱۰/۷۳ واحد اسپد در شرایط محلول پاشی منیزیم معمولی ۱ درصد به تنهایی به دست آمد. در پژوهش انجام شده توسط موحدی دهنوی و همکاران (۱۳۸۳) نیز محلول پاشی روی و منگنز موجب افزایش کلروفیل بر اساس شاخص SPAD گردید. محققین دیگر نیز نقش مثبت روی را در بیوسنتز کلروفیل بیان کردند (سالاردینی و مجتهدی، ۱۹۷۸ و ونخاده، ۱۹۹۹).



نوع و غلظت منیزیم (درصد)

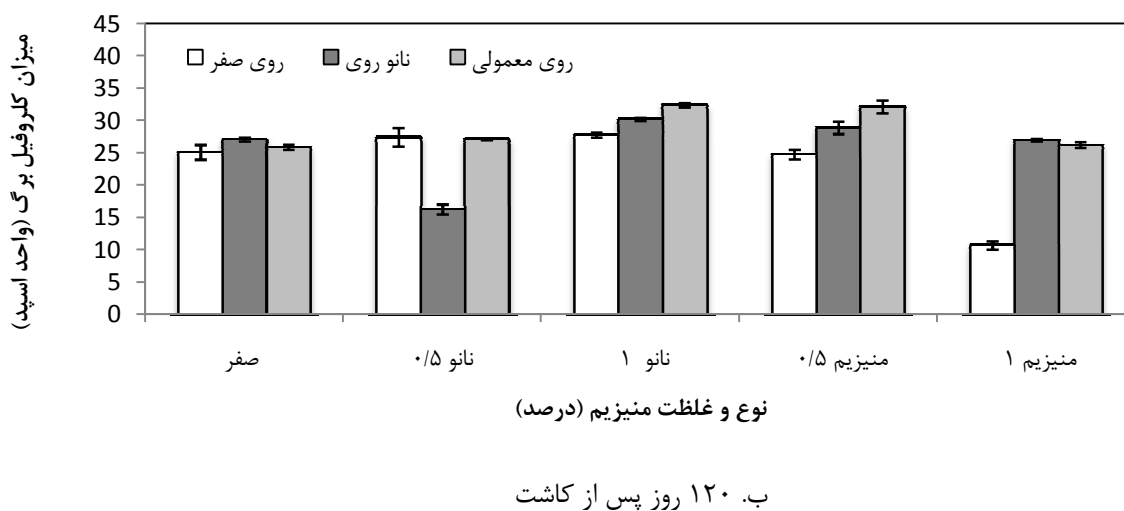
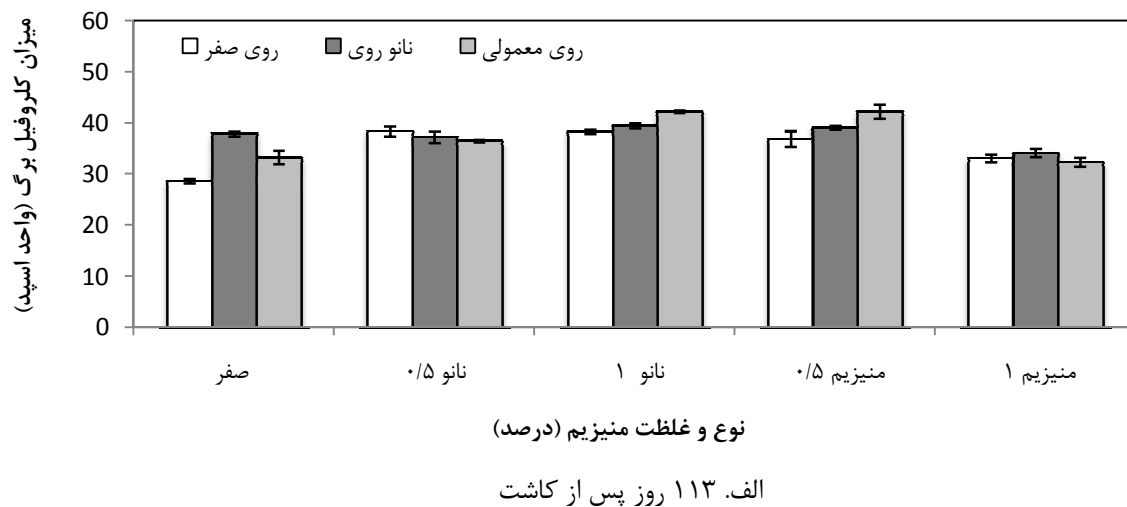
الف. ۹۹ روز پس از کاشت



نوع و غلظت منیزیم (درصد)

ب. ۱۰۶ روز پس از کاشت

شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ در ۹۹ و ۱۰۶ روز پس از کاشت تحت تأثیر محلول پاشی با سطوح مختلف منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm SE$  می‌باشد.



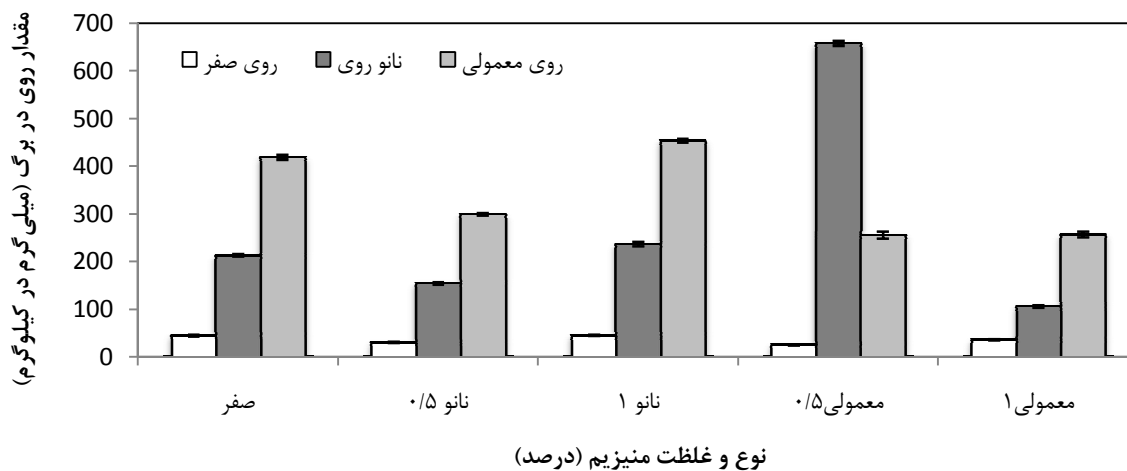
شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ در ۱۱۳ و ۱۲۰ روز پس از کاشت تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm SE$  می‌باشد.

#### ۱۱-۴- میزان عناصر موجود در برگ

##### ۱-۱۱-۴- میزان روی موجود در برگ

اثر اصلی عناصر روی و منیزیم و اثر متقابل این دو بر میزان روی در برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۴۰). کاربرد روی به هر دو شکل نانو و معمولی در کلیه سطوح

منیزیم سبب افزایش معنی‌دار و چشمگیر میزان روی در برگ شد. این افزایش در محلول‌پاشی روی معمولی نسبت به فرم نانو بیشتر و حدود دو برابر بود (به جز سطح منیزیم معمولی ۰/۵ درصد) به‌طور کلی محلول‌پاشی با نانو روی و روی معمولی با غلظت ۶ گرم در لیتر مقدار عنصر روی در برگ را نسبت به شاهد به ترتیب حدود ۶۳۵ و ۸۰۴ درصد افزایش داد (جدول پیوست ۴۱). کمترین اثر محلول‌پاشی روی به هر دو فرم مورد استفاده در سطح منیزیم معمولی ۱ درصد و سپس نانو منیزیم ۰/۵ درصد مشاهده گردید. در اثرات اصلی (جدول پیوست ۴۱) نیز کمترین مقدار روی برگ با میانگینی معادل ۱۳۳/۷۸ و ۱۶۲/۲۲ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب از منیزیم معمولی ۱ درصد و نانو منیزیم ۰/۵ درصد حاصل شد. نکته قابل توجه، تأثیر متفاوت سطح منیزیم معمولی ۰/۵ درصد است که نتیجه عکس سایر سطوح را موجب شد و سبب برتری قابل توجه نانو روی به روی معمولی گردید و میزان عنصر روی در برگ را به بیش از ۶۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم برگ رساند (شکل ۴-۳۵).



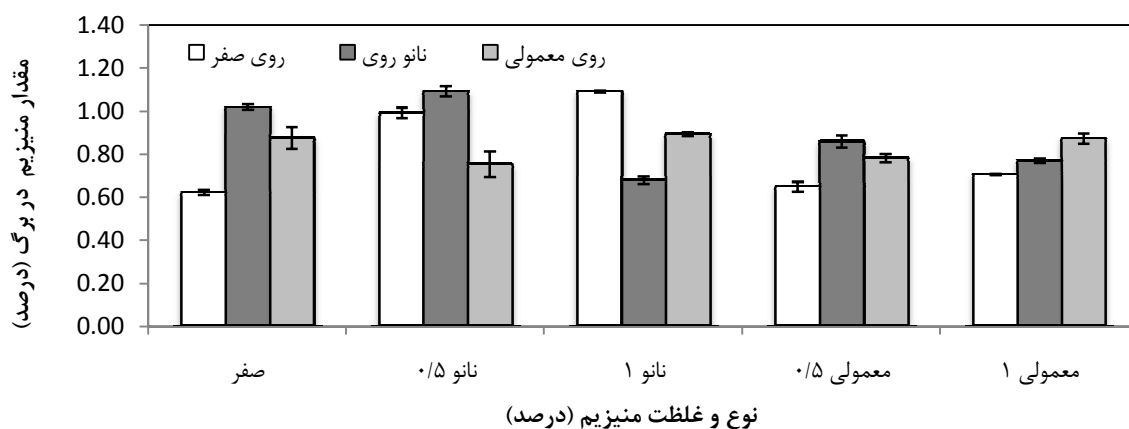
شکل ۴-۳۵- مقایسه میانگین میزان روی موجود در برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

تجمع بالای روی در برگ احتمالاً به دلیل تحرک کم این عنصر در گیاه می‌باشد. بنابراین به مقدار کمتری به قسمت‌های دیگر انتقال یافته است. گزارش شده است که برگ‌ها در مراحل ابتدایی توسعه دانه، روی را در خود ذخیره می‌کنند و با رشد گیاه در مرحله رسیدگی کامل، این غلظت کاهش می‌یابد زیرا روی به سمت دانه‌های رسیده حرکت می‌کند و در آنجا ذخیره می‌شود (هیل و

همکارن، ۱۹۷۹). برگ محل فتوسنتز در گیاه است و افزایش میزان روی در آن، جذب بیشتر نیتروژن را به همراه دارد. که اثر مثبت بر میزان رشد گیاه خواهد داشت. زیرا میزان نیتروژن بالا در شاخساره سبب تحریک رشد و افزایش برخی از اجزای عملکرد به ویژه تعداد دانه می‌شود (بهرامی، ۱۹۹۳).

#### ۴-۱۱-۲- میزان منیزیم موجود در برگ

تجزیه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان منیزیم موجود در برگ (جدول پیوست ۴۰) نشان داد که اثر محلول‌پاشی منیزیم و اثر ترکیبات حاصل از روی  $\times$  منیزیم بر میزان این عنصر در برگ معنی‌دار شد ( $P < 0.01$ ). در شکل ۴-۳۶ مشاهده می‌شود که کمترین مقدار منیزیم ثبت شده در برگ با میانگین ۰/۶۲ درصد مربوط به تیمار شاهد بود. در شرایطی که عنصر منیزیم محلول‌پاشی نشد کاربرد روی به ویژه فرم نانو مقدار منیزیم برگ را افزایش داد که این افزایش از نظر آماری نیز معنی‌دار بود.



شکل ۴-۳۶- میزان منیزیم موجود در برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

مقادیر بالایی از منیزیم در برگ گیاهانی مشاهده شد که نانو منیزیم ۰/۵ و ۱ درصد را به تنهایی دریافت کرده بودند. درحالی‌که در گیاهانی که منیزیم معمولی را به تنهایی با هر دو غلظت یاد شده دریافت کردند افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد مشاهده نگردید. در مقابل توأم شدن محلول‌پاشی روی با منیزیم معمولی (در هر دو غلظت) تأثیر مثبتی بر میزان منیزیم برگ گذاشت. در

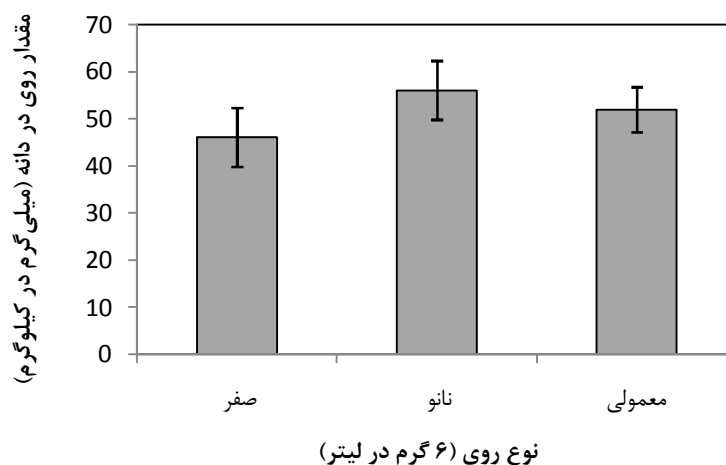


سطوح منیزیم ۰/۵ درصد (غلظت پایین‌تر) برتری نانو روی نسبت به روی معمولی مشاهده می‌شود. ولی در سطوح منیزیم با غلظت بالاتر (به هر دو فرم نانو و معمولی)، روی معمولی بهتر از فرم نانو عمل کرد. در ترکیبات حاصل از روی و نانو منیزیم، تنها ترکیب نانو روی × نانو منیزیم ۰/۵ درصد منیزیم برگ را افزایش داد و سایر ترکیبات کاهش این صفت را سبب شد.

#### ۴-۱۲- میزان عناصر موجود در دانه

##### ۴-۱۲-۱- میزان روی موجود در دانه

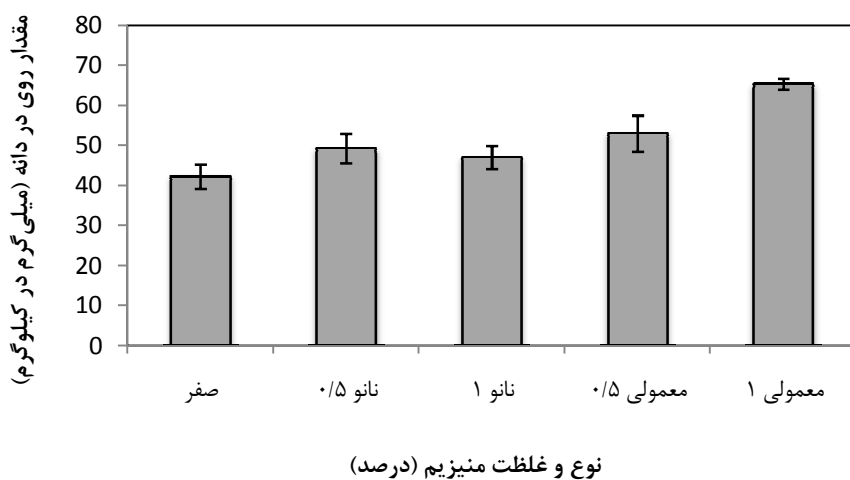
میزان روی موجود در دانه تحت تأثیر اثر اصلی محلول‌پاشی روی و منیزیم قرار گرفت. ولی اثر متقابل این دو تأثیری بر میزان روی در بذر لوبیا چشم‌بلبلی نداشت (جدول پیوست ۴۰). همان‌طور که در شکل ۴-۳۷ مشاهده می‌گردد کاربرد روی به هر دو فرم نانو و معمولی افزایش در میزان روی دانه را در پی داشت.



شکل ۴-۳۷- مقایسه میانگین میزان روی موجود در دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی با سطوح مختلف روی. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

محلول پاشی نانو روی توانست روی موجود در دانه را به  $56/07$  میلی گرم در کیلوگرم افزایش دهد که نسبت به شاهد  $21/7$  درصد و نسبت به کاربرد روی معمولی  $7/97$  درصد بیشتر بود. بنابراین کمترین مقدار در تیمار شاهد با میانگین  $46/07$  میلی گرم در کیلوگرم مشاهده شد. بین هر سه سطح روی از لحاظ آماری اختلاف معنی دار وجود داشت (جدول پیوست ۴۲).

تأثیر سطوح مختلف منیزیم در شکل ۴-۳۸ نشان می دهد که محلول پاشی منیزیم به هر دو شکل نانو و معمولی و در هر دو غلظت  $0/5$  و  $1$  درصد تأثیر مثبت بر میزان روی موجود در بذر داشت و آن را نسبت به شاهد افزایش داد. که در این بین، افزایش با کاربرد فرم معمولی منیزیم بیشتر بود. بالاترین مقدار روی موجود در بذر با میانگین  $65/33$  میلی گرم در کیلوگرم با کاربرد منیزیم معمولی  $1$  درصد حاصل شد و کمترین مقدار یعنی  $42/22$  میلی گرم در کیلوگرم نیز متعلق به تیمار شاهد بود.



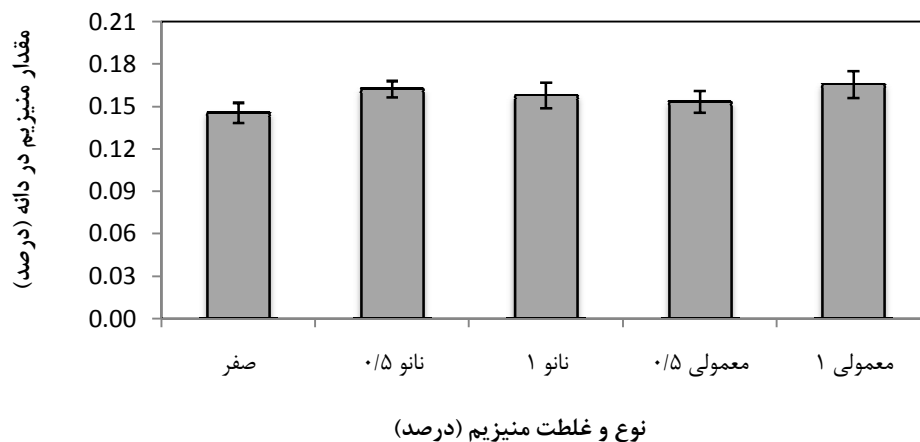
شکل ۴-۳۸- مقایسه میانگین میزان روی موجود در دانه تحت تأثیر محلول پاشی با سطوح مختلف منیزیم. بارهای روی میله ها  $\pm SE$  می باشد.

غلظت بالای روی در دانه علاوه بر افزایش ارزش تغذیه ای لوبیای تولیدی برای انسان، می تواند موجب افزایش کمی و کیفی محصول به ویژه در خاک هایی با حاصلخیزی کم شود. در مرحله جوانه زنی باید ذخیره عناصر بذر به قدر کافی زیاد باشد تا بتواند رشد گیاهچه را تا زمانی که خود قادر به جذب عناصر غذایی شود تأمین نماید (بولاند، ۱۹۸۹). گیاهان رشد یافته از بذور با ذخیره روی

بالتر، تولید گیاهچه‌های قوی‌تر می‌کنند و حساسیت آن‌ها به عوامل بیماری‌زای گیاهی نیز کاهش می‌یابد. محتوای روی بذر می‌تواند عکس‌العمل عملکرد گیاه را نسبت به مصرف روی افزایش دهد (ثوابی و همکاران، ۱۳۸۲).

#### ۴-۱۲-۲- میزان منیزیم موجود در دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری منیزیم موجود در دانه (جدول پیوست ۴۰) نشان می‌دهد تنها اثر محلول پاشی منیزیم بر میزان این عنصر در دانه معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). تأثیر محلول پاشی سطوح مختلف منیزیم در شکل ۴-۳۹ نشان داده شده است. محلول پاشی منیزیم به فرم‌های نانو و معمولی در دو غلظت ۰/۵ و ۱ درصد سبب افزایش معنی‌دار در میزان منیزیم موجود در دانه لوبیا چشم‌بلبلی گردید.



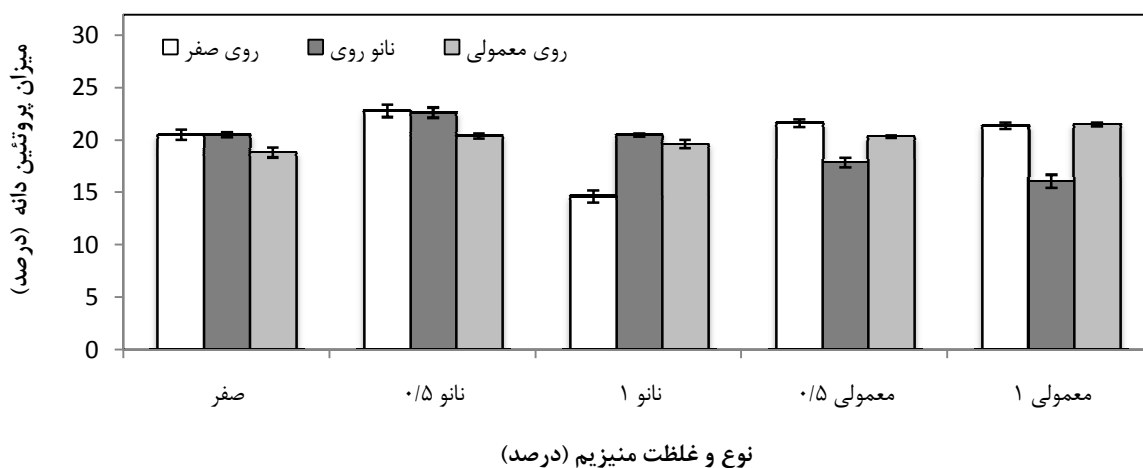
شکل ۴-۳۹- مقایسه میانگین میزان منیزیم موجود در دانه تحت تأثیر محلول پاشی با سطوح مختلف منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm SE$  می‌باشد.

بیشترین تأثیر را منیزیم معمولی ۱ درصد بر این صفت داشت و موجب افزایش ۰/۰۲ درصدی مقدار منیزیم دانه نسبت به شاهد شد. کمترین مقدار این صفت با میانگین ۰/۱۴۶ درصد متعلق به تیمار عدم منیزیم بود. اگرچه افزایش مشاهده شده در سطوح مختلف منیزیم معمولی و نانو منیزیم نسبت به شاهد اندکی متفاوت بود ولی اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری بین این سطوح وجود نداشت (جدول پیوست ۴۱). شایان ذکر است محلول پاشی عنصر روی نیز تأثیر جزئی بر افزایش

مقدار منیزیم دانه داشت که اتفاقاً بر اساس عدد LSD محاسبه شده در مرز معنی‌داری قرار گرفت (جدول پیوست ۴۱).

#### ۴-۱۳- درصد پروتئین دانه

جدول تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه (جدول پیوست ۴۰) نشان می‌دهد اثر محلول‌پاشی منیزیم و اثر متقابل روی و منیزیم بر این شاخص معنی‌دار بود ( $P < 0.01$ ). مقایسه میانگین ترکیبات تیماری حاصل از کاربرد روی  $\times$  منیزیم با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد در شکل ۴-۴۰ نشان داده شده است. محلول‌پاشی نانو روی توأم با منیزیم در کلیه سطوح به جز نانو منیزیم ۰/۵ درصد، میزان پروتئین دانه را نسبت به شاهد کاهش داد. البته در سطح نانو منیزیم ۱ درصد با وجود کاهش نسبت به شاهد افزایش ۴۰ درصدی پروتئین دانه را در مقایسه با عدم محلول‌پاشی روی به همراه داشت.



شکل ۴-۴۰- مقایسه میانگین میزان پروتئین موجود در دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم. بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

ملاحظه می‌گردد در سطوح نانو منیزیم اثر روی به فرم نانو برتر از روی معمولی بود و در سطوح منیزیم معمولی نتیجه عکس دیده شد. در شرایط عدم محلول‌پاشی روی، کاربرد منیزیم در سطوح مختلف باعث افزایش درصد پروتئین دانه گردید (به جز در نانو منیزیم ۱ درصد). در نهایت بالاترین میزان پروتئین بذر با میانگین ۲۲/۷۸ درصد از محلول‌پاشی نانو منیزیم ۰/۵ درصد به تنهایی به دست آمد. که البته اختلاف قابل توجهی با توأم شدن همین سطح از منیزیم با نانو روی نداشت. مقادیر ثبت شده برای درصد پروتئین در سایر تیمارها کمتر از این دو ترکیب تیماری بود. کاربرد نانو منیزیم در غلظت بالا (۱ درصد) نیز کمترین درصد پروتئین بذر (۱۴/۶۳ درصد) را سبب شد (جدول پیوست ۴۲).

در مطالعات متعددی نقش مثبت روی در فرآیندهای فیزیولوژیکی سنتز پروتئین دانه اثبات شده است (ریون و آلوی، ۲۰۰۴ و برودلی و همکاران، ۲۰۰۷). علی‌رغم این موضوع تمرکز بالای عنصر روی نیز مشابه با سایر فلزات سنگین در گیاه سبب بروز برخی علائم ناشی از تنش می‌شود. کاهش میزان پروتئین در این شرایط می‌تواند به علت کاهش در سنتز برخی پروتئین‌ها و یا افزایش فعالیت برخی از آنزیم‌های تخریب کننده پروتئین در اثر القای تنش اکسیداتیو در گیاه باشد. احتمالاً رادیکال‌های فعال ناشی از تنش اکسیداتیو به پروتئین‌ها حمله برده و در آمینواسیدها تغییراتی ایجاد می‌نمایند و یا سبب قطعه قطعه شدن زنجیره پپتیدی می‌شود و موجب انباشتگی محصولات واکنش اتصال متقاطع، بین قطعات می‌شوند. از این طریق بار الکتریکی را تغییر داده و حساسیت به آنزیم‌های پروتئولیز را افزایش می‌دهند (تریپاتی، ۲۰۰۶). تأثیر مثبت محلول‌پاشی منیزیم بر محتوای پروتئین می‌تواند ناشی از نقش منیزیم در افزایش تولید اسکلت‌های کربنی در برگ‌ها باشد (بروسکی و میچالک، ۲۰۱۰). همچنین مربوط به نقش آن در تثبیت ساختار ریبوزوم‌ها از طریق ایجاد اتصال بین زیرواحدهای ریبوزومی است (دینگ و همکاران، ۲۰۰۸ و هوچنگ و همکاران، ۲۰۰۶).

## نتیجه‌گیری

- ۱- محلول‌پاشی نانو منیزیم به تنهایی تأثیر منفی بر وزن خشک برگ، دمبرگ و ساقه داشت. درحالی‌که منیزیم معمولی سبب افزایش آن‌ها شد.
- ۲- تلفیق روی معمولی با کلیه سطوح منیزیم و همچنین محلول‌پاشی اکسید منیزیم به تنهایی سطح برگ را نسبت به شاهد افزایش داد.
- ۳- توأم شدن روی و منیزیم معمولی سبب افزایش طول و کاهش قطر ساقه شد. ولی محلول‌پاشی روی در سطوح مختلف نانو منیزیم هر دوی این صفات را کاهش داد.
- ۴- عملکرد و اجزای عملکرد نیز تحت تأثیر محلول‌پاشی اکسید روی و منیزیم قرار گرفتند. اثر متقابل کاربرد این دو عنصر بر تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و عملکرد تأثیرگذار بود. درحالی‌که تعداد دانه در غلاف تنها تحت تأثیر اثرات اصلی آن‌ها قرار گرفت. بیشترین میزان عملکرد با میانگین  $3864/76$  کیلوگرم در هکتار در ترکیب تیماری روی معمولی و منیزیم معمولی با غلظت ۱ درصد به دست آمد.
- ۵- کاربرد نانو روی به تنهایی محتوای آب نسبی برگ و تعداد انشعابات جانبی را بهبود بخشید.
- ۶- بیشترین درصد پروتئین دانه از کاربرد نانو منیزیم  $0/5$  درصد به تنهایی به دست آمد. همچنین در ابتدای فصل رشد بالاترین میزان کلروفیل برگ نیز مربوط به این تیمار بود. ولی در اواخر فصل رویشی بیشترین مقدار آن در ترکیب تیماری روی معمولی  $\times$  نانو منیزیم ۱ درصد مشاهده شد.
- ۷- محلول‌پاشی روی به هر دو فرم نانو و معمولی در کلیه سطوح منیزیم میزان روی در برگ را به طور چشمگیری افزایش داد. میزان منیزیم در برگ نیز در کلیه ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم نسبت به شاهد افزایش داشت. میزان عناصر روی و منیزیم در دانه تحت تأثیر اثر متقابل محلول‌پاشی دو عنصر مورد مطالعه قرار نگرفت. بلکه اثر اصلی روی بر میزان روی موجود در دانه تأثیر گذاشت و میزان منیزیم دانه نیز از هر دو عنصر تأثیر پذیرفت.

## پیشنهادها

- ۱- تأثیرگذاری محلول پاشی عناصر کم مصرف و پرمصرف در زمان‌های مختلف از رشد رویشی و زایشی ممکن است متفاوت باشد لذا توصیه می‌شود که تأثیر دو نانوذره مورد مطالعه در این پژوهش (نانواکسید روی و منیزیم) در مراحل مختلف رشد لوبیا چشم بلبلی مورد بررسی قرار گیرد.
- ۲- پیشنهاد می‌شود که تأثیر غلظت‌های پایین‌تر نانوذرات بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه بررسی گردد.
- ۳- مطالعه غلظت‌های پایین‌تر نانوذرات در کنار غلظت‌های معمولی کودهای موجود، و مقایسه تأثیرگذاری آن‌ها قابل توصیه است.

پیوست



جدول پیوست ۱- میانگین مربعات وزن خشک برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف.

وزن خشک برگ							منابع تغییر	درجه آزادی
۱۲۸ روز پس از کاشت	۱۱۸	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	۱۲۸ روز پس از کاشت		
۳۶/۶۹	۴۰۱/۴۵	۱۷۸/۱۳	۱۱۲۱/۰۰	۲۱۳/۹۰	۹۶۳/۶۰	۲	تکرار	
۴۳۴/۱۹	۵۹۳۵/۷۹**	۱۰۲۲۵/۱۳**	۳۶۶۸/۱۴**	۱۵۹۳/۴۰	۱۶۳۲/۳۳	۲	روی	
۷۳۴۲/۸۵**	۹۶۶۲/۹۶**	۷۰۷۷/۸۴**	۱۷۵۳/۰۴**	۳۸۴۰/۱۴**	۱۲۰۷۸/۱۱**	۴	منیزیم	
۳۸۰۰/۰۱**	۱۹۵۱۴/۳۹**	۷۵۴۳/۵۰**	۹۸۵۲/۱۵**	۵۰۶۷/۶۵**	۷۴۰۴/۷۳**	۸	روی × منیزیم	
۱۷۸/۸۱	۴۴۶/۱۸	۱۰۱۶/۶۴	۳۵۶/۸۹	۷۰۵/۸۹	۱۳۱۵/۹۳	۲۸	خطا	
۵/۷	۶/۲۰	۱۰/۳۶	۶/۷۳	۱۰/۶۸	۱۳/۷۲	ضریب تغییرات (درصد)		

\*\* و \*\*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ (گرم در متر مربع) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم.

وزن خشک برگ (گرم در مترمربع)							تیمارها
۱۲۸ روز پس از کاشت	۱۱۸	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	۱۲۸ روز پس از کاشت	
۲۳۰/۲۲	۳۴۶/۵۴ <sup>a</sup>	۳۲۳/۳۶ <sup>a</sup>	۲۶۵/۷۰ <sup>b</sup>	۲۴۲/۷۵	۲۷۲/۵۵	صفر	روی (۶ گرم در لیتر)
۲۲۵/۶۷	۳۱۸/۶۱ <sup>b</sup>	۲۷۷/۵۸ <sup>b</sup>	۲۷۹/۷۲ <sup>b</sup>	۲۴۳/۰۵	۲۵۲/۶۳	نانو	
۲۳۶/۳۹	۳۵۷/۱۱ <sup>a</sup>	۳۲۲/۲۳ <sup>a</sup>	۲۹۶/۹۲ <sup>a</sup>	۲۶۰/۷۵	۲۶۷/۹۵	معمولی	
۱۰/۰۰	۱۵/۸۰	۲۳/۸۵	۱۴/۱۳	۱۹/۸۷	۲۷/۱۳	LSD 5 %	
۲۸۰/۰۴ <sup>a</sup>	۳۹۷/۶۸ <sup>a</sup>	۳۱۸/۹۰ <sup>a</sup>	۲۹۷/۵۸ <sup>a</sup>	۲۷۹/۳۶ <sup>a</sup>	۲۶۶/۹۷ <sup>b</sup>	صفر	منیزیم (درصد)
۲۰۸/۷۳ <sup>c</sup>	۳۲۰/۰۸ <sup>b</sup>	۲۵۹/۵۱ <sup>b</sup>	۲۷۱/۰۱ <sup>c</sup>	۲۴۸/۹۱ <sup>b</sup>	۲۲۲/۷۹ <sup>c</sup>	نانو ۰/۵	
۲۱۵/۱۷ <sup>c</sup>	۳۲۴/۴۵ <sup>b</sup>	۳۳۱/۰۳ <sup>a</sup>	۲۶۵/۹۳ <sup>c</sup>	۲۵۶/۲۴ <sup>ab</sup>	۲۴۷/۳۱ <sup>bc</sup>	نانو ۱	
۲۲۹/۳۳ <sup>b</sup>	۳۳۹/۸۰ <sup>b</sup>	۳۲۰/۰۴ <sup>a</sup>	۲۷۶/۰۳ <sup>bc</sup>	۲۲۹/۴۸ <sup>c</sup>	۲۶۲/۶۸ <sup>b</sup>	معمولی ۰/۵	
۲۲۰/۵۲ <sup>ab</sup>	۳۲۱/۷۸ <sup>b</sup>	۳۰۹/۱۳ <sup>a</sup>	۲۹۳/۳۶ <sup>ab</sup>	۲۳۰/۲۶ <sup>bc</sup>	۳۲۲/۱۵ <sup>a</sup>	معمولی ۱	
۱۲/۹۱	۲۰/۴۰	۳۰/۷۹	۱۸/۲۴	۲۵/۶۵	۳۵/۰۳	LSD 5 %	

وجود حروف مشترک در مقایسه بین میانگین ها در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۳- مقایسه میانگین وزن خشک برگ (گرم در متر مربع) تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم.

وزن خشک برگ (گرم در مترمربع)						ترکیب تیماری	
۱۲۸ روز پس از کاشت	۱۱۸	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	منیزیم (درصد)	روی (۶ گرم در لیتر)
۲۷۸/۵۴	۴۳۱/۸۰	۳۶۲/۷۰	۳۶۰/۷۰	۳۰۶/۹۷	۳۰۲/۸۵	عدم منیزیم	عدم روی
۲۱۹/۸۶	۳۳۳/۰۰	۲۶۱/۲۶	۲۳۸/۱۳	۲۹۵/۳۳	۲۵۳/۵۲	نانو منیزیم ۰/۵	
۱۸۸/۱۸	۲۴۵/۱۰	۲۸۲/۲۵	۱۶۰/۸۰	۲۰۶/۸۷	۱۸۱/۴۳	نانو منیزیم ۱	
۱۹۶/۳۰	۲۷۹/۳۷	۳۴۲/۰۰	۲۹۱/۳۰	۲۰۳/۲۳	۲۸۴/۴۸	منیزیم معمولی ۰/۵	
۲۶۸/۲۰	۴۴۳/۴۳	۳۶۸/۳۸	۲۷۷/۵۷	۲۰۱/۳۵	۳۴۰/۴۸	منیزیم معمولی ۱	
۲۸۹/۱۰	۳۸۷/۲۸	۲۶۵/۷۰	۲۷۶/۰۵	۲۷۸/۵۰	۲۴۹/۲۵	عدم منیزیم	نانو روی
۱۶۳/۰۵	۲۲۵/۳۵	۲۲۹/۸۰	۲۶۷/۹۸	۱۹۵/۱۳	۱۹۵/۴۳	نانو منیزیم ۰/۵	
۲۱۴/۹۶	۳۴۱/۸۸	۳۹۳/۰۵	۳۰۱/۲۳	۲۶۷/۸۵	۳۱۶/۹۵	نانو منیزیم ۱	
۲۵۳/۵۹	۳۸۰/۱۵	۲۵۹/۸۳	۲۸۲/۵۸	۲۵۵/۳۸	۱۹۳/۸۰	منیزیم معمولی ۰/۵	
۲۰۷/۶۵	۲۵۸/۴۰	۲۳۹/۵۳	۲۷۰/۷۸	۲۱۸/۴۰	۳۰۷/۷۲	منیزیم معمولی ۱	
۲۷۲/۴۸	۳۷۳/۹۵	۳۲۸/۳۰	۲۵۵/۹۸	۲۵۲/۶۳	۲۴۸/۸۰	عدم منیزیم	روی معمولی
۲۴۳/۲۹	۴۰۱/۸۸	۲۸۷/۴۸	۳۰۶/۹۳	۲۵۶/۲۸	۲۱۹/۴۳	نانو منیزیم ۰/۵	
۲۴۲/۳۸	۳۸۶/۸۸	۳۱۷/۷۸	۳۳۵/۷۵	۲۹۴/۰۰	۲۴۳/۵۳	نانو منیزیم ۱	
۲۳۸/۱۰	۳۵۹/۸۸	۳۵۸/۰۸	۲۵۴/۲۰	۲۲۹/۸۲	۳۰۹/۷۵	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱۸۵/۷۱	۲۶۳/۵۰	۳۱۹/۴۸	۳۳۱/۷۵	۲۷۱/۰۳	۳۱۸/۲۵	منیزیم معمولی ۱	
۲۶/۸۹	۳۵/۳۳	۵۳/۳۳	۳۱/۶۰	۴۴/۴۴	۶۰/۶۷	LSD 5 %	

جدول پیوست ۴- میانگین مربعات وزن خشک دمبرگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف.

وزن خشک دمبرگ						
منابع تغییر	درجه آزادی	۷۸	۸۸	۹۸	۱۰۸	۱۱۸
تکرار	۲	۵۸/۲۰	۲۵/۶۱	۵۵/۵۶	۵۱/۷۳	۱۳۷/۶۵
روی	۲	۸۷۵/۰۱**	۱۳۴۹/۹۶**	۶۳۲/۶۵**	۱۱۹۸/۱۸**	۴۵۸/۸۱*
منیزیم	۴	۳۴۳۹/۸۲**	۵۷۲/۰۹**	۱۵۵۵/۲۵**	۱۴۶۹/۲۸**	۱۱۵۰/۱۲**
روی × منیزیم	۸	۱۳۲۶/۵۸**	۱۵۳۴/۴۲**	۸۳۴/۳۴**	۱۱۲۴/۶۱**	۳۴۳۳/۸۶**
خطا	۲۸	۱۲۳/۳۳	۱۱۵/۰۶	۹۶/۳۵	۱۷۰/۹۴	۱۴۷/۴۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۲۱	۱۲/۸۴	۱۰/۳۹	۱۲/۲۶	۱۰/۰۷
روز پس از کاشت						۱۲۸
						۷۱/۶۰

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۵- مقایسه میانگین وزن خشک دمبرگ (گرم در متر مربع) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم

وزن خشک دمبرگ (گرم در مترمربع)						
تیماها	۷۸	۸۸	۹۸	۱۰۸	۱۱۸	۱۲۸
روی (۶ گرم در لیتر)	۹۷/۹۶ <sup>b</sup>	۸۷/۲۳ <sup>a</sup>	۸۹/۹۲ <sup>b</sup>	۱۰۷/۶۲ <sup>a</sup>	۱۲۶/۵۹ <sup>a</sup>	۸۱/۹۵
نانو	۹۱/۹۹ <sup>b</sup>	۷۲/۷۴ <sup>b</sup>	۹۱/۶۷ <sup>b</sup>	۹۷/۲۶ <sup>b</sup>	۱۱۵/۷۴ <sup>b</sup>	۷۸/۷۴
معمولی	۱۰۷/۱۵ <sup>a</sup>	۹۰/۵۹ <sup>a</sup>	۱۰۱/۹۴ <sup>a</sup>	۱۱۵/۰۵ <sup>a</sup>	۱۱۹/۳۳ <sup>ab</sup>	۸۲/۳۴
LSD 5 %	۸/۳۱	۸/۰۲	۷/۳۴	۹/۷۸	۹/۰۸	۵/۸۲
منیزیم (درصد)	۱۱۱/۶۱ <sup>b</sup>	۹۲/۹۳ <sup>a</sup>	۱۰۷/۷۹ <sup>a</sup>	۱۱۳/۵۷ <sup>a</sup>	۱۲۸/۷۹ <sup>a</sup>	۹۰/۱۱ <sup>a</sup>
نانو ۰/۵	۷۶/۳۴ <sup>c</sup>	۸۸/۹۱ <sup>ab</sup>	۸۱/۵۲ <sup>b</sup>	۸۴/۴۷ <sup>b</sup>	۱۱۱/۶۱ <sup>b</sup>	۷۲/۴۹ <sup>d</sup>
نانو ۱	۸۲/۲۴ <sup>c</sup>	۸۲/۸۲ <sup>ab</sup>	۸۸/۸۹ <sup>b</sup>	۱۰۷/۸۳ <sup>a</sup>	۱۳۱/۶۷ <sup>a</sup>	۸۵/۳۴ <sup>ab</sup>
معمولی ۰/۵	۱۰۲/۱۸ <sup>b</sup>	۸۰/۷۴ <sup>bc</sup>	۸۴/۹۱ <sup>b</sup>	۱۱۶/۲۴ <sup>a</sup>	۱۰۵/۷۲ <sup>b</sup>	۷۴/۹۵ <sup>cd</sup>
معمولی ۱	۱۲۲/۷۸ <sup>a</sup>	۷۲/۱۹ <sup>c</sup>	۱۰۹/۴۳ <sup>a</sup>	۱۱۱/۱۰ <sup>a</sup>	۱۲۴/۹۷ <sup>a</sup>	۸۲/۱۵ <sup>bc</sup>
LSD 5 %	۱۰/۷۲	۱۰/۳۶	۹/۴۸	۱۲/۶۳	۱۱/۷۳	۷/۵۱
روز پس از کاشت						۱۲۸

وجود حروف مشترک در مقایسه بین میانگین ها در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۶- مقایسه میانگین وزن خشک دمبرگ (گرم در متر مربع) تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از مخلوط پاشی روی و منیزیم.

وزن خشک دمبرگ (گرم در مترمربع)						ترکیب تیماری	
۱۲۸ روز پس از کاشت	۱۱۸	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	منیزیم (درصد)	روی (۶ گرم در لیتر)
۱۰۳/۷۵	۱۴۷/۳۷	۱۱۰/۷۷	۱۲۳/۸۳	۱۳۱/۰۵	۱۰۹/۳۰	عدم منیزیم	عدم روی
۷۱/۲۷	۱۱۵/۴۷	۷۰/۱۵	۷۶/۳۰	۱۰۴/۹۲	۸۱/۱۵	نانو منیزیم ۰/۵	
۶۶/۷۷	۹۴/۶۵	۸۸/۲۳	۶۰/۲۲	۶۴/۹۰	۵۷/۲۵	نانو منیزیم ۱	
۶۹/۴۹	۹۶/۴۰	۱۳۲/۶۸	۸۴/۹۷	۷۱/۴۳	۱۱۴/۵۷	منیزیم معمولی ۰/۵	
۹۸/۴۵	۱۷۹/۰۷	۱۳۶/۲۵	۱۰۴/۲۵	۶۳/۸۵	۱۲۵/۵۲	منیزیم معمولی ۱	
۸۴/۱۱	۱۲۹/۶۲	۹۶/۸۷	۱۰۱/۷۵	۶۲/۰۸	۱۲۳/۶۵	عدم منیزیم	نانو روی
۵۸/۸۷	۸۰/۰۰	۸۰/۹۵	۸۴/۶۸	۵۷/۶۸	۷۳/۶۸	نانو منیزیم ۰/۵	
۹۰/۲۶	۱۴۳/۶۰	۱۲۴/۷۷	۹۳/۹۰	۸۳/۵۷	۹۶/۶۸	نانو منیزیم ۱	
۷۸/۷۷	۱۱۹/۳۰	۹۳/۴۰	۸۵/۵۲	۹۲/۰۸	۶۶/۱۵	منیزیم معمولی ۰/۵	
۸۱/۶۶	۱۰۶/۱۵	۹۰/۳۰	۹۲/۴۷	۶۸/۲۷	۹۹/۷۷	منیزیم معمولی ۱	
۸۲/۴۷	۱۰۹/۳۸	۱۳۳/۰۷	۹۷/۷۷	۸۵/۶۷	۱۰۱/۸۸	عدم منیزیم	روی معمولی
۸۷/۳۲	۱۳۹/۳۵	۱۰۲/۳۲	۸۳/۵۷	۱۰۴/۱۲	۷۴/۱۸	نانو منیزیم ۰/۵	
۹۹/۰۰	۱۵۶/۷۷	۱۱۰/۴۸	۱۱۲/۵۵	۱۰۰/۰۰	۹۲/۸۰	نانو منیزیم ۱	
۷۶/۵۷	۱۰۱/۴۵	۱۲۲/۶۵	۸۴/۲۳	۷۸/۷۰	۱۲۵/۸۲	منیزیم معمولی ۰/۵	
۶۶/۳۴	۸۹/۷۰	۱۰۶/۷۵	۱۳۱/۵۵	۸۴/۴۵	۱۴۱/۰۵	منیزیم معمولی ۱	
۱۳/۰۱	۲۰/۳۱	۲۱/۸۷	۱۶/۴۲	۱۷/۹۴	۱۸/۵۷	LSD 5 %	

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات وزن خشک ساقه تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف.

وزن خشک ساقه							منابع تغییر
۱۲۸ روز پس از کاشت	۱۱۸	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	درجه آزادی	
۳۱۴۱/۰۷	۶۵۶۲/۷۷	۳۱۵/۶۱	۸۱۱/۳۳	۳۹۸/۶۰	۱۹۳۹/۳۵	۲	تکرار
۱۷۰۳۶/۲۲**	۱۲۵۹۹/۳۲**	۲۱۴۶۴/۴۶**	۱۰۹۴۳/۲۲**	۲۹۸۵/۱۶*	۲۲۷۲/۸۹*	۲	روی
۱۳۲۷۳/۰۸**	۱۱۶۴۳/۶۴**	۲۵۵۵۹/۰۵**	۲۳۴۹۱/۳۹**	۱۳۰۰۷/۷۸**	۲۴۸۶۵/۳۶**	۴	منیزیم
۵۱۵۲/۹۵**	۱۰۱۹۳/۴۷**	۱۴۲۳۴/۷۹**	۴۲۹۲/۶۲**	۴۸۹۴/۵۹**	۹۳۰۷/۰۰**	۸	روی × منیزیم
۳۰۹/۸۵	۷۴۷/۱۰	۵۸۷/۰۸	۶۶۴/۵۴	۶۰۱/۳۸	۵۸۷/۶۸	۲۸	خطا
۴/۸۰	۷/۹۵	۷/۷۲	۱۰/۷۳	۱۳/۵۹	۱۲/۹۱	ضریب تغییرات (درصد)	

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم

وزن خشک ساقه (گرم در مترمربع)							تیمارها
۱۲۸ روز پس از کاشت	۱۱۸	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸		
۳۵۶/۴۲ <sup>b</sup>	۳۲۳/۵۱ <sup>b</sup>	۳۰۹/۸۴ <sup>b</sup>	۲۱۵/۵۸ <sup>c</sup>	۱۸۳/۴۹ <sup>a</sup>	۲۰۱/۵۷ <sup>a</sup>	صفر	روی (۶ گرم در لیتر)
۳۳۹/۱۱ <sup>c</sup>	۳۳۰/۴۱ <sup>a</sup>	۲۷۷/۸۹ <sup>c</sup>	۲۳۶/۰۳ <sup>b</sup>	۱۶۵/۰۸ <sup>b</sup>	۱۷۷/۸۹ <sup>b</sup>	نانو	
۴۰۴/۱۸ <sup>a</sup>	۳۷۶/۸۰	۳۵۳/۲۵ <sup>a</sup>	۲۶۹/۱۱ <sup>a</sup>	۱۹۲/۸۰ <sup>a</sup>	۱۸۳/۸۷ <sup>ab</sup>	معمولی	
۱۳/۱۷	۲۰/۴۴	۱۸/۱۲	۱۹/۲۸	۱۸/۳۴	۱۸/۱۳	LSD 5 %	
۳۹۹/۹۵ <sup>a</sup>	۳۹۵/۲۷ <sup>a</sup>	۳۴۹/۴۵ <sup>ab</sup>	۳۰۴/۰۹ <sup>a</sup>	۲۴۷/۵۴ <sup>a</sup>	۲۳۱/۲۶ <sup>a</sup>	صفر	منیزیم (درصد)
۳۰۸/۵۶ <sup>d</sup>	۲۹۴/۰۲ <sup>c</sup>	۲۲۳/۸۶ <sup>d</sup>	۱۹۱/۱۰ <sup>b</sup>	۱۵۷/۵۳ <sup>b</sup>	۱۲۶/۹۳ <sup>c</sup>	نانو ۰/۵	
۳۴۷/۸۴ <sup>c</sup>	۳۴۳/۵۰ <sup>b</sup>	۳۲۸/۱۸ <sup>bc</sup>	۲۰۵/۷۴ <sup>b</sup>	۱۵۷/۳۶ <sup>b</sup>	۱۴۶/۹۳ <sup>c</sup>	نانو ۱	
۳۹۶/۲۵ <sup>ab</sup>	۳۳۷/۸۱ <sup>b</sup>	۳۵۶/۰۳ <sup>a</sup>	۲۱۴/۳۴ <sup>b</sup>	۱۷۰/۱۷ <sup>b</sup>	۱۸۴/۵۱ <sup>b</sup>	معمولی ۰/۵	
۳۸۰/۲۵ <sup>b</sup>	۳۴۷/۲۷ <sup>b</sup>	۳۱۰/۷۸ <sup>c</sup>	۲۸۵/۹۴ <sup>a</sup>	۱۶۹/۶۷ <sup>b</sup>	۲۴۹/۲۶ <sup>a</sup>	معمولی ۱	
۱۷/۰۰	۲۶/۳۹	۲۳/۴۰	۲۴/۸۹	۲۳/۶۸	۲۳/۴۱	LSD 5 %	

وجود حروف مشترک در مقایسه بین میانگین ها در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۹- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم.

وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع)						ترکیب تیماری	
۱۲۸ روز پس از کاشت	۱۱۸	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	منیزیم (درصد)	روی (۶ گرم در لیتر)
۴۳۶/۴۱	۴۳۶/۸۸	۳۶۲/۶۰	۳۰۹/۸۷	۲۳۶/۶۲	۲۹۸/۶۰	عدم منیزیم	عدم روی
۲۸۱/۹۹	۲۳۸/۸۷	۱۷۶/۴۳	۱۹۴/۱۸	۱۹۳/۶۳	۱۳۵/۵۸	نانو منیزیم ۰/۵	
۲۹۴/۹۰	۲۶۵/۴۷	۲۴۳/۳۸	۱۵۹/۸۰	۱۲۰/۵۳	۸۸/۱۸	نانو منیزیم ۱	
۳۵۴/۱۹	۲۹۹/۸۳	۳۵۴/۴۵	۱۷۳/۲۳	۱۵۵/۳۲	۲۰۲/۷۷	منیزیم معمولی ۰/۵	
۴۱۴/۶۱	۳۷۶/۵۲	۴۱۲/۳۳	۲۴۰/۸۳	۲۱۱/۳۵	۲۸۲/۷۰	منیزیم معمولی ۱	
۳۷۴/۱۴	۳۷۷/۱۰	۳۱۲/۵۰	۲۷۶/۷۸	۲۰۴/۳۳	۲۳۲/۴۰	عدم منیزیم	نانو روی
۲۶۵/۷۵	۲۳۵/۰۸	۱۶۸/۲۳	۱۵۴/۹۳	۱۱۵/۷۷	۱۱۹/۹۷	نانو منیزیم ۰/۵	
۳۲۸/۷۳	۳۶۶/۳۰	۳۷۶/۶۵	۲۴۷/۸۵	۲۰۱/۰۰	۲۱۲/۱۸	نانو منیزیم ۱	
۳۹۱/۶۰	۳۴۴/۴۵	۳۲۷/۴۸	۲۴۴/۲۲	۱۷۴/۳۷	۱۴۰/۳۸	منیزیم معمولی ۰/۵	
۳۳۵/۳۲	۳۲۹/۱۰	۲۰۴/۵۸	۲۵۶/۴۰	۱۲۸/۹۲	۱۸۴/۵۵	منیزیم معمولی ۱	
۳۸۹/۳۱	۳۷۱/۸۳	۳۷۳/۲۵	۳۲۵/۶۲	۳۰۱/۶۷	۱۶۲/۷۸	عدم منیزیم	روی معمولی
۳۷۷/۹۲	۴۰۸/۱۲	۳۲۶/۹۲	۲۲۴/۲۰	۱۶۳/۱۸	۱۲۵/۲۵	نانو منیزیم ۰/۵	
۴۱۹/۸۸	۳۹۸/۷۳	۳۶۴/۵۲	۲۰۹/۵۷	۱۵۰/۵۵	۱۴۰/۴۳	نانو منیزیم ۱	
۴۴۲/۹۵	۳۶۹/۱۵	۳۸۶/۱۵	۲۲۵/۵۸	۱۷۹/۸۳	۲۱۰/۴۰	منیزیم معمولی ۰/۵	
۳۹۰/۸۲	۳۳۶/۱۸	۳۱۵/۴۳	۳۶۰/۵۸	۱۶۸/۷۵	۲۸۰/۵۲	منیزیم معمولی ۱	
۲۹/۴۴	۴۵/۷۲	۴۰/۵۲	۴۳/۱۲	۴۱/۰۲	۴۰/۵۵	LSD 5 %	

جدول پیوست ۱۰- میانگین مربعات طول ساقه تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف.

طول ساقه						
منابع تغییر	درجه آزادی	۷۸	۸۸	۹۸	۱۰۸	۱۸ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۶۲/۵۴	۵/۸۸	۲۶۷/۰۹	۱۹۰/۷۵	۵۰/۸۱
روی	۲	۱۶۴۷/۱۷**	۱۱۰۲/۴۶**	۱۰۲۹/۴۹**	۵۹۶۸/۹۰**	۳۷۴۲/۳۴**
منیزیم	۴	۲۸۴۵/۶۲**	۱۶۶۹/۱۶**	۱۸۴۱/۴۱**	۳۹۲۹/۲۵**	۳۳۹۶/۱۱**
روی × منیزیم	۸	۱۱۷۵/۴۳**	۸۴۹/۳۲**	۱۲۲۴/۱۳**	۶۶۱/۳۲**	۲۳۷۷/۳۸**
خطا	۲۸	۴۹/۸۴	۴۵/۶۸	۴۸/۴۵	۵۰/۶۶	۷۲/۲۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۸۲	۱۱/۰۳	۹/۸۲	۹/۰۹	۱۰/۱۵

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۱۱- مقایسه میانگین طول ساقه (سانتی متر) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم.

طول ساقه (سانتی متر)						
تیمارها	۷۸	۸۸	۹۸	۱۰۸	۱۱۸ روز پس از کاشت	
روی (۶ گرم در لیتر)	۶۵/۵۰ <sup>a</sup>	۶۲/۷۹ <sup>b</sup>	۷۱/۸۲ <sup>b</sup>	۶۳/۴۹ <sup>c</sup>	۸۲/۹۲ <sup>b</sup>	صفر
نانو	۴۷/۶۲ <sup>b</sup>	۵۲/۰۳ <sup>c</sup>	۶۲/۱۸ <sup>c</sup>	۷۰/۳۸ <sup>b</sup>	۶۸/۳۸ <sup>c</sup>	نانو
معمولی	۶۶/۰۲ <sup>a</sup>	۶۸/۹۸ <sup>a</sup>	۷۸/۶۸ <sup>a</sup>	۱۰۰/۹۷ <sup>a</sup>	۹۹/۹۴ <sup>a</sup>	معمولی
LSD 5 %	۵/۲۸	۵/۰۶	۵/۲۱	۵/۳۲	۶/۳۶	
منیزیم (درصد)	۶۶/۵۰ <sup>b</sup>	۶۱/۷۹ <sup>b</sup>	۷۱/۵۰ <sup>b</sup>	۷۶/۳۰ <sup>b</sup>	۸۵/۴۳ <sup>c</sup>	صفر
نانو ۰/۵	۴۲/۸۶ <sup>c</sup>	۴۳/۰۰ <sup>c</sup>	۵۰/۵۳ <sup>d</sup>	۵۰/۶۹ <sup>c</sup>	۵۶/۷۲ <sup>c</sup>	نانو ۰/۵
نانو ۱	۴۰/۲۹ <sup>c</sup>	۵۷/۴۹ <sup>b</sup>	۶۴/۱۲ <sup>c</sup>	۷۴/۳۰ <sup>b</sup>	۷۳/۷۴ <sup>d</sup>	نانو ۱
معمولی ۰/۵	۶۶/۶۳ <sup>b</sup>	۶۳/۰۳ <sup>b</sup>	۸۵/۸۶ <sup>a</sup>	۸۰/۸۳ <sup>b</sup>	۱۰۶/۴۶ <sup>a</sup>	معمولی ۰/۵
معمولی ۱	۸۲/۲۹ <sup>a</sup>	۸۱/۰۳ <sup>a</sup>	۸۲/۴۴ <sup>a</sup>	۱۰۹/۲۵ <sup>a</sup>	۹۶/۴۰ <sup>b</sup>	معمولی ۱
LSD 5 %	۶/۸۲	۶/۵۳	۶/۷۲	۶/۸۷	۸/۲۰.۱	

وجود حروف مشترک در مقایسه بین میانگین ها در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۱۲- مقایسه میانگین طول ساقه (سانتی متر) تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم.

طول ساقه (سانتی متر)	ترکیب تیماری				
	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	رونی (۶ گرم در لیتر)
۱۱۶/۶۲	۶۵/۶۲	۸۴/۶۷	۷۰/۶۳	۸۷/۰۰	عدم منیزیم
۵۴/۲۵	۳۸/۸۳	۳۹/۶۷	۴۲/۵۰	۲۵/۰۰	نانو منیزیم ۰/۵
۵۸/۰۰	۴۵/۲۵	۴۹/۰۰	۳۷/۰۸	۳۲/۷۵	نانو منیزیم ۱
۱۰۴/۵۰	۵۷/۷۵	۸۴/۷۵	۷۴/۷۵	۷۶/۱۳	منیزیم معمولی ۰/۵
۸۱/۲۵	۱۱۰/۰۰	۱۰۱/۰۰	۸۹/۰۰	۱۰۶/۶۳	منیزیم معمولی ۱
۸۰/۹۲	۷۲/۶۷	۶۲/۷۵	۵۶/۰۸	۴۱/۶۳	عدم منیزیم
۴۹/۵۰	۵۰/۵۰	۴۵/۹۲	۳۸/۱۷	۶۳/۳۳	نانو منیزیم ۰/۵
۷۶/۱۳	۸۰/۸۷	۸۰/۷۵	۷۱/۳۳	۳۴/۰۰	نانو منیزیم ۱
۵۹/۲۵	۶۱/۲۵	۸۱/۷۵	۴۶/۰۳	۴۸/۵۰	منیزیم معمولی ۰/۵
۷۶/۱۳	۸۶/۵۸	۳۹/۷۵	۴۸/۵۰	۵۰/۶۳	منیزیم معمولی ۱
۵۸/۷۵	۹۰/۶۲	۶۷/۰۸	۵۸/۶۷	۷۰/۸۷	عدم منیزیم
۶۶/۴۲	۶۲/۷۵	۶۶/۰۰	۴۸/۳۳	۴۰/۲۵	نانو منیزیم ۰/۵
۸۷/۰۸	۹۶/۷۹	۶۲/۶۲	۶۴/۰۴	۵۴/۱۳	نانو منیزیم ۱
۱۵۵/۶۳	۱۲۳/۵۰	۹۱/۰۸	۶۸/۲۵	۷۵/۲۵	منیزیم معمولی ۰/۵
۱۳۱/۸۳	۱۳۱/۱۷	۱۰۶/۵۸	۱۰۵/۵۸	۸۹/۶۲	منیزیم معمولی ۱
۱۴/۲۲	۱۱/۹۰	۱۱/۶۴	۱۱/۳۰	۱۱/۸۱	LSD 5 %



جدول پیوست ۱۳ - میانگین مربعات قطر ساقه تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف.

قطر ساقه					درجه آزادی	منابع تغییر
۱۸ روز پس از کاشت	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸		
۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۱۶	۰/۴۳	۰/۲۸	۲	تکرار
۰/۳۴	۲/۴۰**	۰/۸۷**	۰/۳۱	۰/۶۲	۲	روی
۰/۶۱**	۰/۲۲	۳/۸۶**	۲/۱۷**	۵/۴۳**	۴	منیزیم
۲/۷۸**	۱/۵۹**	۲/۳۰**	۰/۸۴**	۲/۴۴**	۸	روی × منیزیم
۰/۱۱	۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۲۱	۰/۲۱	۲۸	خطا
۳/۰۰	۴/۴۴	۳/۷۱	۴/۷۲	۴/۵۲		ضریب تغییرات (درصد)

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۱۴ - مقایسه میانگین قطر ساقه (میلی متر) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم

قطر ساقه (میلی متر)					تیمارها
۱۱۸ روز پس از کاشت	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	
۱۱/۱۸	۱۰/۹۶ <sup>b</sup>	۱۰/۲۷ <sup>b</sup>	۹/۶۶	۹/۹۳	صفر (۶ گرم در لیتر)
۱۰/۹۲	۱۰/۵۴ <sup>c</sup>	۱۰/۵۱ <sup>ab</sup>	۹/۷۷	۱۰/۰۳	نانو
۱۱/۱۹	۱۱/۳۴ <sup>a</sup>	۱۰/۷۵ <sup>a</sup>	۹/۹۴	۱۰/۳۲	معمولی
۰/۲۵	۰/۳۶	۰/۲۹	۰/۳۵	۰/۳۴	LSD 5 %
۱۱/۳۵ <sup>a</sup>	۱۰/۹۵	۱۱/۲۸ <sup>a</sup>	۱۰/۴۵ <sup>a</sup>	۱۱/۰۴ <sup>a</sup>	صفر (منیزیم درصد)
۱۰/۹۸ <sup>b</sup>	۱۰/۶۸	۱۰/۱۶ <sup>b</sup>	۹/۱۳ <sup>c</sup>	۹/۶۶ <sup>b</sup>	نانو ۰/۵
۱۱/۳۸ <sup>a</sup>	۱۱/۰۰	۱۰/۱۵ <sup>b</sup>	۱۰/۰۳ <sup>ab</sup>	۹/۰۶ <sup>c</sup>	نانو ۱
۱۰/۹۸ <sup>b</sup>	۱۰/۹۹	۹/۸۱ <sup>b</sup>	۹/۶۴ <sup>b</sup>	۱۰/۰۸ <sup>b</sup>	معمولی ۰/۵
۱۰/۷۹ <sup>b</sup>	۱۱/۰۹	۱۱/۱۴ <sup>a</sup>	۹/۷۰ <sup>b</sup>	۱۰/۶۱ <sup>a</sup>	معمولی ۱
۰/۳۲	۰/۴۷	۰/۳۸	۰/۴۵	۰/۴۴	LSD 5 %

وجود حروف مشترک در مقایسه بین میانگین ها در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۱۵ - مقایسه میانگین قطر ساقه (میلی‌متر) تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم.

۱۱۸ روز پس از کاشت	قطر ساقه (میلی‌متر)				ترکیب تیماری	
	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	منیزیم (درصد)	روی (۶ گرم در لیتر)
۱۲/۲۱	۱۰/۶۹	۱۱/۷۳	۱۰/۳۷	۱۰/۸۹	عدم منیزیم	عدم روی
۱۱/۳۶	۱۰/۶۰	۱۰/۰۷	۹/۲۵	۹/۸۴	نانو منیزیم ۰/۵	
۱۰/۷۱	۱۰/۵۱	۹/۱۲	۹/۷۵	۷/۶۲	نانو منیزیم ۱	
۱۰/۸۶	۱۰/۹۹	۹/۳۷	۹/۱۸	۱۰/۵۸	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱۰/۷۶	۱۱/۹۸	۱۱/۰۵	۹/۷۴	۱۰/۷۰	منیزیم معمولی ۱	
۱۰/۵۳	۹/۹۹	۱۰/۲۶	۱۰/۷۸	۱۱/۴۲	عدم منیزیم	نانو روی
۹/۶۲	۱۰/۷۹	۱۰/۹۱	۸/۲۱	۹/۱۵	نانو منیزیم ۰/۵	
۱۱/۱۹	۱۱/۵۳	۱۱/۱۴	۱۰/۰۰	۱۰/۴۶	نانو منیزیم ۱	
۱۱/۷۹	۱۰/۳۱	۹/۹۴	۱۰/۲۴	۸/۹۶	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱۱/۴۷	۱۰/۰۷	۱۰/۳۱	۹/۶۰	۱۰/۱۴	منیزیم معمولی ۱	
۱۱/۳۱	۱۲/۱۸	۱۱/۸۵	۱۰/۲۰	۱۰/۸۱	عدم منیزیم	روی معمولی
۱۱/۹۷	۱۰/۶۴	۹/۵۱	۹/۹۲	۱۰/۰۰	نانو منیزیم ۰/۵	
۱۲/۲۴	۱۰/۹۶	۱۰/۲۰	۱۰/۳۴	۹/۱۰	نانو منیزیم ۱	
۱۰/۲۹	۱۱/۶۷	۱۰/۱۳	۹/۵۰	۱۰/۶۹	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱۰/۱۳	۱۱/۲۳	۱۲/۰۵	۹/۷۳	۱۰/۹۸	منیزیم معمولی ۱	
۲/۹	۳/۵۲	۳/۲۲	۳/۶۳	۳/۵۶	LSD 5 %	

جدول پیوست ۱۶- میانگین مربعات تعداد انشعابات جانبی تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف.

تعداد انشعابات جانبی						منابع تغییر
۱۱۸ روز پس از کاشت	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	درجه آزادی	
۰/۲۸۹	۰/۱۷۰	۰/۳۴۸	۰/۰۶۷	۰/۱۹۱	۲	تکرار
۲/۳۳۱ **	۶/۱۷۲ **	۲/۹۰۱ **	۳/۷۳۲ **	۰/۲۴۹	۲	روی
۱/۳۱۷ **	۴/۸۳۷ **	۳/۹۵۱ **	۲/۳۹۸ **	۲/۴۰۶ **	۴	منیزیم
۲/۸۹۲ **	۲/۱۸۶ **	۲/۴۳۹ **	۳/۲۵۱ **	۳/۲۲۸ **	۸	روی × منیزیم
۰/۱۱۵	۰/۱۶۹	۰/۰۸۵	۰/۲۴۵	۰/۲۳۸	۲۸	خطا
۷/۹۱	۱۲/۶۸	۸/۷۳	۱۶/۵۴	۱۵/۴۰		ضریب تغییرات (درصد)

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۱۷- مقایسه میانگین تعداد انشعابات جانبی (تک بوته) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم.

تعداد انشعابات جانبی (تک بوته)						تیمارها
۱۱۸ روز پس از کاشت	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸		
۴/۱۳ <sup>b</sup>	۲/۹۷ <sup>b</sup>	۳/۸۴ <sup>a</sup>	۳/۳۷ <sup>a</sup>	۳/۰۷	صفر	روی (۶ گرم در لیتر)
۴/۷۴ <sup>a</sup>	۲/۷۸ <sup>b</sup>	۳/۱۳ <sup>b</sup>	۳/۱۸ <sup>a</sup>	۳/۳۲	نانو	
۴/۰۱ <sup>b</sup>	۳/۹۸ <sup>a</sup>	۳/۰۴ <sup>b</sup>	۲/۴۳ <sup>b</sup>	۳/۱۲	معمولی	
۰/۲۶	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۳۷	۰/۳۷		LSD 5 %
۴/۳۸ <sup>b</sup>	۳/۵۰ <sup>b</sup>	۴/۴۰ <sup>a</sup>	۳/۷۵ <sup>a</sup>	۳/۹۶ <sup>a</sup>	صفر	منیزیم (درصد)
۴/۲۹ <sup>b</sup>	۲/۲۲ <sup>d</sup>	۳/۲۸ <sup>b</sup>	۲/۷۱ <sup>b</sup>	۲/۹۲ <sup>c</sup>	۰/۵	نانو ۰/۵
۴/۳۸ <sup>b</sup>	۳/۹۶ <sup>a</sup>	۳/۱۳ <sup>b</sup>	۲/۷۱ <sup>b</sup>	۲/۶۹ <sup>c</sup>	۱	نانو ۱
۴/۷۴ <sup>a</sup>	۳/۷۸ <sup>ab</sup>	۲/۵۸ <sup>c</sup>	۲/۵۰ <sup>b</sup>	۲/۸۶ <sup>c</sup>	۰/۵	معمولی ۰/۵
۳/۶۸ <sup>c</sup>	۲/۷۵ <sup>c</sup>	۳/۲۹ <sup>b</sup>	۳/۲۹ <sup>a</sup>	۳/۴۲ <sup>b</sup>	۱	معمولی ۱
۰/۳۳	۰/۴۰	۰/۲۸	۰/۴۸	۰/۴۷		LSD 5 %

وجود حروف مشترک در مقایسه بین میانگین ها در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد.

جدول پیوست ۱۸ - مقایسه میانگین تعداد انشعابات جانبی (تک بوته) تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم.

تعداد انشعابات جانبی (تک بوته)	ترکیب تیماری					
	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	۱۱۸ روز پس از کاشت	رومی (۶ گرم در لیتر)
۴/۳۸	۳/۷۵	۶/۱۳	۴/۵۰	۴/۷۵	عدم منیزیم	عدم روی
۴/۵۰	۱/۲۵	۳/۶۳	۴/۵۰	۳/۳۳	نانو منیزیم ۰/۵	
۴/۷۵	۲/۸۳	۳/۰۸	۲/۰۸	۱/۹۲	نانو منیزیم ۱	
۳/۵۰	۴/۳۸	۲/۶۳	۲/۰۰	۲/۷۵	منیزیم معمولی ۰/۵	
۳/۵۰	۲/۶۳	۳/۷۵	۳/۷۵	۲/۶۳	منیزیم معمولی ۱	
۵/۸۸	۳/۰۰	۳/۳۸	۳/۵۰	۴/۵۰	عدم منیزیم	نانو روی
۴/۰۰	۲/۵۰	۲/۱۳	۰/۸۸	۲/۴۲	نانو منیزیم ۰/۵	
۴/۳۸	۴/۴۲	۳/۸۸	۲/۳۸	۳/۶۷	نانو منیزیم ۱	
۴/۸۳	۲/۶۳	۲/۷۵	۳/۱۳	۱/۷۵	منیزیم معمولی ۰/۵	
۴/۶۳	۱/۳۸	۳/۵۰	۲/۲۵	۴/۲۵	منیزیم معمولی ۱	
۲/۸۸	۳/۷۵	۳/۷۱	۳/۲۵	۲/۶۳	عدم منیزیم	روی معمولی
۴/۳۸	۲/۹۲	۴/۰۸	۲/۷۵	۳/۰۰	نانو منیزیم ۰/۵	
۴/۰۰	۴/۶۳	۲/۴۲	۳/۶۸	۲/۵۰	نانو منیزیم ۱	
۵/۸۸	۴/۳۳	۲/۳۸	۲/۳۸	۴/۰۸	منیزیم معمولی ۰/۵	
۲/۹۲	۴/۲۵	۲/۶۳	۳/۸۸	۳/۳۸	منیزیم معمولی ۱	
۰/۵۷	۰/۶۹	۰/۴۹	۰/۸۳	۰/۸۲	LSD 5 %	

جدول پیوست ۱۹- میانگین مربعات تعداد برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف.

تعداد برگ					درجه آزادی	منابع تغییر
۱۱۸ روز پس از کاشت	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸		
۳۳۷/۵۱	۱۶۳/۴۴	۴۲۴/۰۷	۲۷۰/۹۶	۳۹۲/۲۳	۲	تکرار
۱۳/۳۱۲	۱۲۷/۸۹	۳۵۸۸/۰۶ **	۱۵۷۳/۳۳ *	۱۶۰۵/۷۲ *	۲	روی
۳۲۰۰/۲۷ **	۱۰۱۶۱/۵۴ **	۳۱۵۹/۷۵ **	۳۴۸۶/۶۹ **	۱۳۰۳۱/۰۲ **	۴	منیزیم
۴۳۶۶/۹۱ **	۵۷۱۲/۷۳ **	۱۹۰۶/۴۷ **	۲۸۰۹/۶۰ **	۳۴۳۲/۱۲ **	۸	روی × منیزیم
۲۰۹/۸۹	۴۰۳/۱۱	۲۹۲/۲۹	۳۸۱/۳۷	۴۳۲/۰۹	۲۸	خطا
۸/۰۳	۱۰/۷۰	۱۲/۱۹	۱۴/۹۷	۱۳/۷۸		ضریب تغییرات (درصد)

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۲۰- مقایسه میانگین تعداد برگ (در مترمربع) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم.

تعداد برگ (در مترمربع)					تیمارها
۱۱۸ روز پس از کاشت	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	
۱۸۱/۵۰	۱۸۷/۷۵	۱۲۷/۹۹ <sup>b</sup>	۱۱۸/۸۷ <sup>b</sup>	۱۵۶/۰۰ <sup>a</sup>	صفر (۶ گرم در لیتر)
۱۸۰/۴۲	۱۹۰/۴۲	۱۳۴/۹۹ <sup>b</sup>	۱۳۸/۱۷ <sup>a</sup>	۱۳۸/۸۸ <sup>b</sup>	نانو
۱۷۹/۶۳	۱۸۴/۵۸	۱۵۷/۵۸ <sup>a</sup>	۱۳۴/۴۶ <sup>a</sup>	۱۵۷/۵۰ <sup>a</sup>	معمولی
۱۰/۸۴	۱۵/۰۲	۱۲/۷۹	۱۴/۶۱	۱۵/۵۵	LSD 5 %
۱۹۲/۵۱ <sup>a</sup>	۲۳۳/۷۵ <sup>a</sup>	۱۵۳/۱۱ <sup>a</sup>	۱۶۳/۸۱ <sup>a</sup>	۱۵۲/۹۲ <sup>b</sup>	منیزیم (درصد)
۱۸۳/۱۳ <sup>a</sup>	۱۶۰/۵۶ <sup>c</sup>	۱۳۰/۵۶ <sup>bc</sup>	۱۲۷/۲۲ <sup>b</sup>	۱۲۰/۶۹ <sup>c</sup>	نانو ۰/۵
۱۹۰/۲۱ <sup>a</sup>	۱۹۱/۴۶ <sup>b</sup>	۱۶۴/۴۹ <sup>a</sup>	۱۲۴/۴۵ <sup>b</sup>	۱۱۸/۴۷ <sup>c</sup>	نانو ۱
۱۸۹/۳۸ <sup>a</sup>	۲۰۲/۲۹ <sup>b</sup>	۱۱۷/۰۸ <sup>c</sup>	۱۱۱/۲۵ <sup>b</sup>	۱۴۹/۱۷ <sup>b</sup>	معمولی ۰/۵
۱۴۷/۳۶ <sup>b</sup>	۱۴۹/۸۶ <sup>c</sup>	۱۳۵/۷۰ <sup>b</sup>	۱۲۵/۷۶ <sup>b</sup>	۲۱۲/۷۱ <sup>a</sup>	معمولی ۱
۱۳/۹۹	۱۹/۳۹	۱۶/۵۱	۱۸/۸۶	۲۰/۰۷	LSD 5 %

وجود حروف مشترک در مقایسه بین میانگین ها در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۲۱ - مقایسه میانگین تعداد برگ (در مترمربع) تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم.

۱۱۸ روز پس از کاشت	تعداد برگ (در مترمربع)				ترکیب تیماری	
	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	منیزیم (درصد)	روی (۶ گرم در لیتر)
۲۲۴/۳۸	۲۹۱/۸۸	۱۷۹/۷۵	۱۹۳/۰۸	۱۸۷/۰۸	عدم منیزیم	عدم روی
۲۲۸/۷۵	۱۹۸/۱۳	۱۲۱/۲۵	۱۰۳/۱۳	۱۱۶/۲۵	نانو منیزیم ۰/۵	
۱۴۴/۳۸	۱۳۹/۳۸	۱۲۳/۷۵	۱۱۷/۰۸	۸۶/۶۷	نانو منیزیم ۱	
۱۷۰/۰۰	۱۶۶/۸۸	۱۱۳/۳۳	۸۵/۴۲	۱۸۲/۵۰	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱۴۰/۰۰	۱۴۲/۵۰	۱۰۱/۸۸	۹۵/۶۳	۲۰۷/۵۰	منیزیم معمولی ۱	
۲۰۰/۶۳	۲۰۱/۲۵	۱۲۷/۰۸	۱۴۲/۰۸	۱۳۳/۷۵	عدم منیزیم	نانو روی
۱۳۰/۰۰	۱۴۱/۶۷	۱۳۸/۷۵	۱۴۴/۳۸	۱۳۰/۰۰	نانو منیزیم ۰/۵	
۲۱۰/۰۰	۲۲۳/۷۵	۱۶۷/۲۲	۱۶۱/۸۷	۱۵۰/۰۰	نانو منیزیم ۱	
۲۰۰/۶۳	۲۴۷/۵۰	۱۱۱/۲۵	۱۲۸/۷۵	۹۳/۷۵	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱۶۰/۸۳	۱۳۷/۹۲	۱۳۰/۶۳	۱۱۳/۷۵	۱۸۶/۸۸	منیزیم معمولی ۱	
۱۵۲/۵۰	۲۰۸/۱۳	۱۵۲/۵۰	۱۵۶/۲۵	۱۳۷/۹۲	عدم منیزیم	روی معمولی
۱۹۰/۶۳	۱۴۱/۸۸	۱۳۱/۶۷	۱۳۴/۱۷	۱۱۵/۸۳	نانو منیزیم ۰/۵	
۲۱۶/۲۵	۲۱۱/۲۵	۲۰۲/۵۰	۹۴/۳۸	۱۱۸/۷۵	نانو منیزیم ۱	
۱۹۷/۵۰	۱۹۲/۵۰	۱۲۶/۶۷	۱۱۹/۵۸	۱۷۱/۲۵	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱۴۱/۲۵	۱۶۹/۱۷	۱۷۴/۵۸	۱۶۷/۹۲	۲۴۳/۷۵	منیزیم معمولی ۱	
۲۴/۲۳	۳۳/۵۸	۲۸/۵۹	۳۲/۶۶	۳۴/۷۷	LSD 5 %	

جدول پیوست ۲۲- میانگین مربعات تعداد برگ اضمحلال یافته تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف.

تعداد برگ اضمحلال یافته				
منابع تغییر	درجه آزادی	۹۸	۱۰۸	۱۱۸ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۰/۶۲	۲/۰۲	۰/۴۲
روی	۲	۳۰/۹۶ **	۴۰/۵۶ **	۲۹۴/۴۹ **
منیزیم	۴	۵۱/۹۲ **	۱۴۳/۰۶ **	۲۲۸/۰۸ **
روی × منیزیم	۸	۱۰۸/۳۵ **	۱۳۲/۲۲ **	۲۴۵/۱۳ **
خطا	۲۸	۰/۹۶	۳۴/۶۲	۱/۹۹
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۸۱	۶/۴۶	۶/۹۱

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۲۳- مقایسه میانگین تعداد برگ اضمحلال یافته (مترمربع) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم.

تعداد برگ اضمحلال یافته (در مترمربع)				
تیماها	۹۸	۱۰۸	۱۱۸ روز پس از کاشت	
روی (۶ گرم در لیتر)	۱۰/۶۷ <sup>a</sup>	۱۸/۰۰ <sup>a</sup>	۱۷/۶۷ <sup>b</sup>	صفر
نانو	۷/۹۳ <sup>b</sup>	۱۸/۳۳ <sup>a</sup>	۲۵/۵۳ <sup>a</sup>	صفر
معمولی	۸/۵۳ <sup>b</sup>	۱۵/۳۳ <sup>b</sup>	۱۸/۰۷ <sup>b</sup>	صفر
LSD 5 %	۰/۷۳	۰/۸۳	۱/۰۶	
منیزیم (درصد)	۱۲/۷۸ <sup>a</sup>	۱۷/۲۲ <sup>c</sup>	۲۲/۷۸ <sup>b</sup>	صفر
نانو ۰/۵	۸/۳۳ <sup>c</sup>	۱۵/۰۰ <sup>d</sup>	۱۶/۶۷ <sup>c</sup>	صفر
نانو ۱	۷/۸۹ <sup>c</sup>	۱۸/۸۹ <sup>b</sup>	۲۲/۴۴ <sup>b</sup>	صفر
معمولی ۰/۵	۹/۷۸ <sup>b</sup>	۲۲/۷۸ <sup>a</sup>	۲۶/۳۳ <sup>a</sup>	صفر
معمولی ۱	۶/۴۴ <sup>d</sup>	۱۲/۲۲ <sup>e</sup>	۱۳/۸۹ <sup>d</sup>	صفر
LSD 5 %	۰/۹۴	۱/۰۷	۱/۳۶	

وجود حروف مشترک در مقایسه بین میانگین ها در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۲۴ - مقایسه میانگین تعداد برگ اضمحلال یافته (مترمربع) تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم.

تعداد برگ اضمحلال یافته (در مترمربع)			ترکیب تیماری	
۱۱۸ روز پس از کاشت	۱۰۸	۹۸	منیزیم (درصد)	روی (۶ گرم در لیتر)
۲۱/۶۷	۲۰/۰۰	۱۸/۳۳	عدم منیزیم	عدم روی
۱۶/۶۷	۲۰/۰۰	۱۵/۰۰	نانو منیزیم ۰/۵	
۲۰/۰۰	۲۳/۳۳	۸/۳۳	نانو منیزیم ۱	
۱۶/۶۷	۱۸/۳۳	۵/۰۰	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱۳/۳۳	۸/۳۳	۶/۶۷	منیزیم معمولی ۱	
۲۰/۰۰	۱۱/۶۷	۵/۰۰	عدم منیزیم	نانو روی
۱۵/۰۰	۱۵/۰۰	۷/۳۳	نانو منیزیم ۰/۵	
۲۹/۰۰	۱۶/۶۷	۷/۰۰	نانو منیزیم ۱	
۴۸/۶۷	۳۵/۰۰	۱۷/۶۷	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱۵/۰۰	۱۳/۳۳	۲/۶۷	منیزیم معمولی ۱	
۲۶/۶۷	۲۰/۰۰	۱۵/۰۰	عدم منیزیم	روی معمولی
۱۸/۳۳	۱۰/۰۰	۲/۶۷	نانو منیزیم ۰/۵	
۱۸/۳۳	۱۶/۶۷	۸/۳۳	نانو منیزیم ۱	
۱۳/۶۷	۱۵/۰۰	۶/۶۷	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱۳/۳۳	۱۵/۰۰	۱۰/۰۰	منیزیم معمولی ۱	
۴/۴۰	۴/۲۵	۵/۵۰	LSD 5 %	



جدول پیوست ۲۵- میانگین مربعات شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری‌های مختلف.

شاخص سطح برگ						منابع تغییر
۱۱۸ روز پس از کاشت	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	درجه آزادی	
۰/۲۹۱	۰/۵۵۴	۰/۲۶۳	۰/۰۱۴	۰/۰۰۱	۲	تکرار
۰/۱۲۳	۰/۷۰۴	۲/۳۴۲ **	۰/۲۷۰	۲/۶۷۰ **	۲	روی
۰/۶۸۹ **	۲/۸۴۷ **	۴/۳۰۸ **	۰/۸۰۶ *	۸/۰۹۶ **	۴	منیزیم
۰/۹۰۳ **	۲/۳۵۹ **	۳/۷۱۲ **	۲/۶۶۸ **	۴/۰۹۷ **	۸	روی × منیزیم
۰/۱۰۳	۰/۶۴۷	۰/۱۸۴	۰/۲۱۸	۰/۱۴۰	۲۸	خطا
۱۹/۵۸۰	۱۶/۶۴۸	۹/۶۸۳	۱۱/۴۲۶	۹/۰۹۲		ضریب تغییرات (درصد)

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۲۶- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم.

شاخص سطح برگ						تیمارها
۱۱۸ روز پس از کاشت	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸		
۱/۶۰	۴/۹۴	<sup>a</sup> ۴/۸۸	۳/۹۴	۴/۶۰ <sup>a</sup>	صفر	روی (۶ گرم در لیتر)
۱/۵۸	۴/۴۶	۴/۱۴ <sup>b</sup>	۴/۱۱	۳/۸۵ <sup>b</sup>	نانو	
۱/۷۴	۵/۱۰	۴/۲۸ <sup>b</sup>	۴/۲۱	۳/۸۸ <sup>b</sup>	معمولی	
۰/۲۴	۰/۶۰	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۲۸		LSD 5 %
۱/۶۴ <sup>b</sup>	۴/۸۷ <sup>ab</sup>	۵/۰۳ <sup>a</sup>	۴/۲۶ <sup>a</sup>	۴/۱۱ <sup>b</sup>	صفر	منیزیم (درصد)
۱/۲۷ <sup>c</sup>	۴/۰۴ <sup>c</sup>	۳/۴۷ <sup>c</sup>	۴/۳۸ <sup>a</sup>	۳/۵۵ <sup>c</sup>	نانو ۰/۵	
۱/۵۳ <sup>bc</sup>	۴/۶۳ <sup>bc</sup>	۴/۱۳ <sup>b</sup>	۳/۶۳ <sup>b</sup>	۳/۲۱ <sup>c</sup>	نانو ۱	
۲/۰۲ <sup>a</sup>	۵/۵۷ <sup>a</sup>	۴/۳۸ <sup>b</sup>	۳/۹۵ <sup>ab</sup>	۴/۰۲ <sup>b</sup>	معمولی ۰/۵	
۱/۷۳ <sup>ab</sup>	۵/۰۶ <sup>ab</sup>	۵/۱۶ <sup>a</sup>	۴/۲۱ <sup>a</sup>	۵/۶۸ <sup>a</sup>	معمولی ۱	
۰/۳۱	۰/۷۸	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۳۶		LSD 5 %

وجود حروف مشترک در مقایسه بین میانگین‌ها در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می‌باشد.

جدول پیوست ۲۷ - مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم.

۱۱۸ روز پس از کاشت	شاخص سطح برگ				ترکیب تیماری	
	۱۰۸	۹۸	۸۸	۷۸	منیزیم (درصد)	روی (۶ گرم در لیتر)
۱/۲۷۷	۴/۴۱۰	۶/۲۰۰	۵/۲۳۳	۵/۱۷۷	عدم منیزیم	عدم روی
۱/۱۶۷	۴/۰۸۷	۳/۶۷۰	۳/۵۰۰	۲/۷۵۰	نانو منیزیم ۰/۵	
۱/۸۷۷	۳/۸۱۷	۳/۴۷۷	۳/۴۰۰	۲/۹۸۳	نانو منیزیم ۱	
۲/۶۳۳	۶/۶۱۰	۵/۵۱۷	۳/۴۰۰	۴/۲۸۳	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱/۰۲۷	۵/۷۷۷	۵/۵۵۰	۴/۱۷۷	۷/۸۰۰	منیزیم معمولی ۱	
۱/۳۵۰	۴/۶۹۰	۳/۸۵۰	۳/۱۷۰	۳/۱۳۳	عدم منیزیم	نانو روی
۱/۲۶۷	۳/۲۵۳	۲/۸۳۳	۵/۵۷۷	۴/۲۰۰	نانو منیزیم ۰/۵	
۱/۶۰۰	۵/۶۳۰	۵/۸۱۷	۲/۸۵۰	۳/۱۱۷	نانو منیزیم ۱	
۱/۴۱۷	۴/۸۵۰	۴/۰۷۷	۴/۷۵۰	۳/۲۶۷	منیزیم معمولی ۰/۵	
۲/۲۵۰	۳/۸۵۳	۴/۱۲۷	۴/۲۸۳	۵/۵۵۰	منیزیم معمولی ۱	
۲/۲۸۳	۵/۵۰۰	۵/۰۴۷	۴/۴۲۷	۴/۰۱۷	عدم منیزیم	روی معمولی
۱/۳۶۷	۴/۸۷۳	۳/۹۰۰	۴/۰۷۷	۳/۷۰۰	نانو منیزیم ۰/۵	
۱/۱۱۷	۴/۴۳۳	۳/۰۸۳	۴/۶۵۰	۳/۵۱۷	نانو منیزیم ۱	
۲/۰۱۷	۵/۲۵۰	۳/۵۵۰	۳/۷۰۰	۴/۵۰۰	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱/۹۲۷	۵/۵۵۰	۵/۸۰۰	۴/۱۷۷	۳/۶۸۳	منیزیم معمولی ۱	
۰/۵۳۷	۰/۶۴۷	۰/۱۸۴	۰/۲۱۸	۰/۶۲۶	LSD 5 %	

جدول پیوست ۲۸- میانگین مربعات وزن خشک کل غلاف تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم در نمونه برداری های مختلف.

وزن خشک کل غلاف				درجه آزادی	منابع تغییر
۱۲۸ روز پس از کاشت	۱۱۸	۱۰۸	۹۸		
۶۶۲/۹۶	۸۹۷/۲۵	۶۹۴/۲۵	۷۳۶/۳۵	۲	تکرار
۲۶۵۸/۷۵**	۱۷۲۹/۳۸	۱۷۶۴/۸۶	۲۲۰۴/۳۸*	۲	روی
۱۱۲۵/۹۱	۲۴۹۹/۷۴	۲۱۱۲/۷۳*	۲۰۰۱/۴۸**	۴	منیزیم
۸۳۲۰/۲۰**	۶۸۹۶/۲۱**	۵۷۱۴/۶۴**	۴۸۷۳/۰۷**	۸	روی × منیزیم
۴۴۴/۶۷	۱۱۶۸/۲۷	۶۸۱/۱۴	۴۷۱/۸۴	۲۸	خطا
۷/۴۳	۱۳/۵۹	۱۱/۰۹	۹/۹۲		ضریب تغییرات (درصد)

\*\* و \*\*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۲۹- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف (گرم در متر مربع) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم

وزن خشک غلاف (گرم در متر مربع)				تیماها	
۱۲۸ روز پس از کاشت	۱۱۸	۱۰۸	۹۸		
۲۷۰/۶۶ <sup>b</sup>	۲۴۲/۵۵	۲۲۹/۶۴	۲۱۶/۷۲ <sup>ab</sup>	صفر	روی (۶ گرم در لیتر)
۲۸۳/۳۳ <sup>ab</sup>	۲۴۸/۴۸	۲۲۸/۳۲	۲۰۸/۱۶ <sup>b</sup>	نانو	
۲۹۷/۲۸ <sup>a</sup>	۲۶۳/۳۷	۲۴۷/۷۳	۲۳۲/۰۹ <sup>a</sup>	معمولی	
۱۵/۷۸	۲۵/۵۷	۱۹/۵۲	۱۶/۲۵		LSD 5 %
۲۹۸/۲۲	۲۶۸/۴۵	۲۵۳/۰۸ <sup>a</sup>	۲۳۷/۷۲ <sup>a</sup>	صفر	منیزیم (درصد)
۲۷۷/۲۷	۲۲۶/۹۶	۲۱۴/۲۵ <sup>b</sup>	۲۰۱/۵۲ <sup>c</sup>	نانو ۰/۵	
۲۷۳/۹۰	۲۵۴/۷۴	۲۳۲/۰۳ <sup>ab</sup>	۲۰۹/۳۳ <sup>c</sup>	نانو ۱	
۲۷۶/۰۳	۲۴۳/۵۲	۲۲۹/۷۴ <sup>ab</sup>	۲۱۵/۹۶ <sup>bc</sup>	معمولی ۰/۵	
۲۹۳/۳۶	۲۶۳/۶۵	۲۴۷/۰۴ <sup>a</sup>	۲۳۰/۴۳ <sup>ab</sup>	معمولی ۱	
۲۰/۳۶	۳۳/۰۰	۲۵/۲۰	۲۰/۹۷		LSD 5 %

وجود حروف مشترک در مقایسه بین میانگین ها در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۳۰- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف (گرم در متر مربع) تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم.

وزن خشک غلاف (گرم در متر مربع)				ترکیب تیماری	
۱۲۸ روز پس از کاشت	۱۱۸	۱۰۸	۹۸	منیزیم (درصد)	روی (۶ گرم در لیتر)
۳۶۰/۷۰	۳۲۲/۲۷	۳۰۳/۶۴	۲۸۵/۰۲	عدم منیزیم	عدم روی
۲۳۹/۱۳	۲۱۰/۹۶	۲۰۳/۱۰	۱۹۵/۲۳	نانو منیزیم ۰/۵	
۱۸۴/۶۲	۱۷۳/۳۷	۱۶۴/۱۹	۱۵۴/۹۷	نانو منیزیم ۱	
۲۹۱/۳۰	۲۴۵/۳۷	۲۳۶/۱۹	۲۲۷/۰۰	منیزیم معمولی ۰/۵	
۲۷۷/۵۷	۲۶۰/۷۸	۲۴۱/۰۸	۲۲۱/۳۹	منیزیم معمولی ۱	
۲۷۶/۰۵	۲۴۴/۸۳	۲۳۱/۰۸	۲۱۷/۳۳	عدم منیزیم	نانو روی
۲۸۶/۰۰	۲۲۰/۹۲	۲۱۰/۴۱	۱۹۹/۹۰	نانو منیزیم ۰/۵	
۳۰۱/۲۳	۳۰۱/۱۸	۲۶۵/۳۲	۲۲۹/۴۵	نانو منیزیم ۱	
۲۸۲/۵۸	۲۵۵/۳۸	۲۳۴/۹۲	۲۱۴/۴۶	منیزیم معمولی ۰/۵	
۲۷۰/۷۸	۲۲۰/۰۷	۱۹۹/۸۷	۱۷۹/۶۷	منیزیم معمولی ۱	
۲۵۷/۹۰	۲۳۸/۲۵	۲۲۴/۵۳	۲۱۰/۸۰	عدم منیزیم	روی معمولی
۳۰۶/۶۹	۲۴۹/۰۲	۲۲۹/۲۳	۲۰۹/۴۳	نانو منیزیم ۰/۵	
۳۳۵/۸۵	۲۸۹/۶۷	۲۶۶/۶۰	۲۴۳/۵۳	نانو منیزیم ۱	
۲۵۴/۲۰	۲۲۹/۸۲	۱۲۲/۱۸	۲۰۶/۴۲	منیزیم معمولی ۰/۵	
۳۳۱/۷۵	۳۱۰/۱۰	۳۰۰/۱۸	۲۹۰/۲۵	منیزیم معمولی ۱	
۳۵/۲۷	۵۷/۱۷	۴۲/۰۳	۲۷/۱۹	LSD 5 %	

جدول پیوست ۳۱- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم.

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد
تکرار	۲	۸/۴۸	۰/۳۳	۲/۴۸	۲۹۶۰۴/۶۴
روی	۲	۳/۵۱	۱/۶۹*	۱/۵۳	۲۱۰۲۳۴۷/۵۷**
منیزیم	۴	۱۲/۴۱**	۲/۰۹**	۵/۱۸**	۱۷۹۸۰۳۱/۲۲**
روی × منیزیم	۸	۲۶/۰۷**	۰/۹	۱۱/۰۹**	۶۷۴۳۰۰/۵۷**
خطا	۲۸	۲/۰۵	۰/۴۸	۱/۱۵	۳۶۱۰۱/۸۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۱۳	۱۰/۸۶	۵/۲۲	۹/۸۴

\*\* و \*\*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۳۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم

تیمارها	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
روی (۶ گرم در لیتر)	۱۱/۱۳	۶/۴۰ <sup>ab</sup>	۲۰/۹۱	۱۸۱۸/۳۲ <sup>b</sup>
نانو	۱۰/۱۸	۶/۰۱ <sup>b</sup>	۲۰/۲۸	۱۶۲۶/۷۹ <sup>c</sup>
معمولی	۱۰/۷۶	۶/۷۴ <sup>a</sup>	۲۰/۴۶	۲۳۴۹/۴۰ <sup>a</sup>
LSD 5%	۱/۰۷	۰/۵۲	۰/۸۱	۱۴۲/۱۲
منیزیم (درصد)	۱۱/۰۳ <sup>b</sup>	۵/۷۳ <sup>c</sup>	۲۱/۱۷ <sup>a</sup>	۱۶۹۳/۶۶ <sup>c</sup>
نانو ۰/۵	۹/۸۵ <sup>b</sup>	۶/۱۷ <sup>bc</sup>	۲۱/۵۶ <sup>a</sup>	۱۶۶۹/۷۴ <sup>c</sup>
نانو ۱	۱۰/۰۶ <sup>b</sup>	۶/۷۸ <sup>ab</sup>	۲۰/۱۲ <sup>b</sup>	۱۸۹۸/۵۶ <sup>b</sup>
معمولی ۰/۵	۹/۹۲ <sup>b</sup>	۶/۳۴ <sup>abc</sup>	۱۹/۸۹ <sup>b</sup>	۱۶۸۲/۴۳ <sup>c</sup>
معمولی ۱	۱۲/۶۱ <sup>a</sup>	۶/۹۲ <sup>a</sup>	۲۰/۰۱ <sup>b</sup>	۲۷۱۳/۱۱ <sup>a</sup>
LSD 5%	۱/۳۸	۰/۶۷	۱/۰۴	۱۸۳/۴۷

وجود حروف مشترک در مقایسه بین میانگین‌ها در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می‌باشد

جدول پیوست ۳۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم

عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	تعداد غلاف در بوته	منیزیم (درصد)	روی (۶ گرم در لیتر)
۱۹۴۱/۳۹	۱۹/۳۹	۱۵/۳۵	عدم منیزیم	عدم روی
۱۵۶۳/۰۷	۲۳/۶۰	۹/۸۳	نانو منیزیم ۰/۵	
۲۲۲۵/۹۷	۲۱/۸۰	۸/۰۰	نانو منیزیم ۱	
۱۵۰۷/۲۹	۲۰/۴۳	۱۰/۳۵	منیزیم معمولی ۰/۵	
۲۳۸۷/۲۹	۱۹/۴۱	۱۱/۳۳	منیزیم معمولی ۱	
۱۷۱۶/۴۶	۲۰/۰۰	۹/۸۳	عدم منیزیم	نانو روی
۱۵۰۲/۰۷	۲۰/۰۵	۸/۳۷	نانو منیزیم ۰/۵	
۱۷۴۵/۶۲	۱۹/۳۷	۱۰/۶۷	نانو منیزیم ۱	
۱۲۸۲/۵۰	۲۰/۹۱	۷/۵۰	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱۸۸۷/۲۹	۲۱/۰۸	۱۴/۵	منیزیم معمولی ۱	
۱۴۲۳/۱۲	۲۴/۲۱	۷/۰۰	عدم منیزیم	روی معمولی
۱۸۱۱/۳۳	۲۱/۰۲	۱۱/۳۳	نانو منیزیم ۰/۵	
۲۳۹۰/۲۸	۱۹/۱۸	۱۱/۵۰	نانو منیزیم ۱	
۲۲۵۷/۵۰	۱۸/۳۴	۱۲/۰۰	منیزیم معمولی ۰/۵	
۳۸۶۴/۷۶	۱۹/۵۵	۱۲/۵۰	منیزیم معمولی ۱	
۳۱۷/۸۰	۱/۷۹	۲/۴۰		LSD 5 %

جدول پیوست ۳۴- میانگین مربعات پایداری غشای پلاسمایی و محتوای آب نسبی برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم.

منابع تغییر	درجه آزادی	پایداری غشای سلولی	محتوای آب نسبی برگ
تکرار	۲	۴۷/۵۴	۴/۹۹
روی	۲	۶۶/۸۷**	۵۴/۹۱**
منیزیم	۴	۱۳/۷۶	۱۳/۱۸
روی × منیزیم	۸	۵۲/۲۷**	۳۵/۶۳**
خطا	۲۸	۱۰/۷۲	۸/۲۴
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۱۴	۳/۴۸

\*\* و \*\*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۳۵- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی و محتوای آب نسبی برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم

تیمارها	پایداری غشای سلولی (درصد)	محتوای آب نسبی برگ (درصد)
روی (۶ گرم در لیتر)	۷۹/۵۱ <sup>a</sup>	۸۲/۵۵ <sup>ab</sup>
نانو	۸۰/۸۸ <sup>a</sup>	۸۴/۳۶ <sup>a</sup>
معمولی	۷۶/۷۴ <sup>b</sup>	۸۰/۵۳ <sup>b</sup>
LSD 5 %		۲/۷۷
منیزیم (درصد)	۷۹/۶۰	۸۲/۵۶
نانو ۰/۵ درصد	۷۷/۵۶	۸۲/۰۳
نانو ۱ درصد	۸۰/۵۱	۸۰/۷۳
معمولی ۰/۵ درصد	۷۹/۵۸	۸۳/۱۲
معمولی ۱ درصد	۷۷/۹۶	۸۳/۹۶
LSD 5 %		۳/۱۲

وجود حروف مشترک در مقایسه بین میانگین‌ها در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می‌باشد.

جدول پیوست ۳۶- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی و محتوای آب نسبی برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم

محتوای آب نسبی (درصد)	پایداری غشای سلولی (درصد)	ترکیب تیماری	
		منیزیم (درصد)	روی (۶ گرم در لیتر)
۸۳/۹۷	۷۸/۶۵	صفر	صفر
۸۱/۰۱	۸۰/۳۸	۰/۵ نانو	
۸۳/۲۸	۷۸/۲۰	۱ نانو	
۸۰/۹۲	۸۰/۴۱	۰/۵ معمولی	
۸۳/۵۶	۷۹/۹۲	۱ معمولی	
۸۶/۹۳	۸۱/۳۲	صفر	نانو روی
۸۱/۳۰	۸۴/۷۲	۰/۵ نانو	
۸۴/۶۸	۸۰/۵۸	۱ نانو	
۸۴/۸۲	۷۹/۴۶	۰/۵ معمولی	
۸۴/۰۶	۷۸/۳۴	۱ معمولی	
۷۶/۷۷	۷۸/۸۴	صفر	روی معمولی
۸۳/۷۶	۶۷/۶۰	۰/۵ نانو	
۷۴/۲۴	۸۲/۷۶	۱ نانو	
۸۳/۶۲	۷۸/۸۸	۰/۵ معمولی	
۸۴/۲۶	۷۵/۶۲	۱ معمولی	
۳/۱۲	۳/۴۰		LSD 5%



جدول پیوست ۳۷- میانگین مربعات میزان کلروفیل برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم.

میزان کلروفیل برگ							منابع تغییر	درجه آزادی
۱۲۰ روز پس از کاشت	۱۱۳	۱۰۶	۹۹	۹۲	۸۵	تکرار		
۳۴/۷۳	۷۳/۷۵	۷۳/۹۴	۴۲/۶۸	۴۵/۶۸	۳۸/۴۴	۲	تکرار	
۱۱۷/۹۳**	۲۸/۷۷*	۱۰/۹۴	۱۴/۵۰	۱۱۴/۹۶**	۷/۸۸	۲	روی	
۱۱۶/۳۷**	۹۶/۲۴**	۳۴/۴۱**	۹۸/۵۹**	۵۵/۸۲**	۸۲/۴۶**	۴	منیزیم	
۷۹/۶۰**	۱۸/۷۱*	۱۷/۶۷	۳۶/۹۵	۵۴/۳۷**	۲۴/۸۱**	۸	روی ×	
۵/۶۴	۷/۰۸	۷/۹۹	۱۸/۶۹	۵/۳۶	۵/۲۹	۲۸	منیزیم	
خطا								
۹/۱۴	۷/۲۵	۶/۵۸	۹/۱۴	۴/۴۰	۴/۵۴	ضریب تغییرات (درصد)		

\*\* و \*\*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۳۸- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم.

میانگین کلروفیل برگ (واحد اسپد)							تیمارها
۱۲۰ (روز پس از کاشت)	۱۱۳	۱۰۶	۹۹	۹۲	۸۵	تیمارها	
۲۳/۲۰ <sup>c</sup>	۳۵/۱۱ <sup>b</sup>	۴۲/۰۱	۴۶/۸۰	۴۹/۶۶ <sup>b</sup>	۵۰/۴۲	صفر	روی (۶ گرم در لیتر)
۲۵/۹۴ <sup>b</sup>	۳۷/۶۲ <sup>a</sup>	۴۳/۱۲	۴۸/۴۴	۵۴/۹۸ <sup>a</sup>	۵۱/۵۵	نانو	نانو
۲۸/۸۰ <sup>a</sup>	۳۷/۳۶ <sup>a</sup>	۴۳/۶۹	۴۶/۶۸	۵۳/۶۴ <sup>a</sup>	۵۰/۲۰	معمولی	معمولی
LSD 5 %							
۲۶/۰۶ <sup>b</sup>	۳۳/۳۰ <sup>c</sup>	۴۱/۴۳ <sup>b</sup>	۴۵/۶۴ <sup>b</sup>	۵۲/۴۳ <sup>b</sup>	۵۰/۲۶ <sup>b</sup>	صفر	منیزیم (درصد)
۲۳/۶۵ <sup>c</sup>	۳۷/۴۱ <sup>b</sup>	۴۴/۶۴ <sup>a</sup>	۵۰/۱۹ <sup>a</sup>	۵۷/۱۴ <sup>a</sup>	۵۴/۵۳ <sup>a</sup>	۰/۵	نانو ۰/۵
۳۰/۱۹ <sup>a</sup>	۴۰/۰۵ <sup>a</sup>	۴۵/۰۸ <sup>a</sup>	۵۲/۵۱ <sup>b</sup>	۵۱/۳۱ <sup>b</sup>	۵۳/۰۷ <sup>a</sup>	۱	نانو ۱
۲۸/۶۵ <sup>a</sup>	۳۹/۴۷ <sup>ab</sup>	۴۲/۹۷ <sup>ab</sup>	۴۴/۱۹ <sup>b</sup>	۵۱/۵۶ <sup>b</sup>	۴۷/۵۲ <sup>c</sup>	۰/۵	معمولی ۰/۵
۲۱/۳۵ <sup>d</sup>	۳۳/۲۶ <sup>c</sup>	۴۰/۵۸ <sup>b</sup>	۴۵/۰۱ <sup>b</sup>	۵۱/۳۶ <sup>b</sup>	۴۸/۲۵ <sup>bc</sup>	۱	معمولی ۱
LSD 5 %							
۲/۲۹	۲/۵۷	۲/۷۳	۴/۱۸	۲/۲۴	۲/۲۲		

وجود حروف مشترک در مقایسه بین میانگین‌ها در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می‌باشد.

جدول پیوست ۳۹ - مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی روی و منیزیم.

روز پس از کاشت	میزان کلروفیل برگ (واحد اسپد)					ترکیب تیماری	
	۱۱۳	۱۰۶	۹۹	۹۲	۸۵	منیزیم (درصد)	روی (۶ گرم در لیتر)
۲۵/۱۴	۲۸/۶۷	۴۴/۱۲	۴۲/۸۷	۴۹/۲۸	۴۷/۸۷	عدم منیزیم	عدم روی
۲۷/۴۸	۳۸/۴۱	۴۵/۳۷	۵۳/۳۹	۶۰/۱۹	۵۷/۱۵	نانو منیزیم ۰/۵	
۲۷/۸۱	۳۸/۳۵	۴۲/۸۶	۵۱/۷۹	۴۱/۰۲	۵۵/۷۴	نانو منیزیم ۱	
۲۴/۸۲	۳۶/۹۲	۳۸/۷۵	۴۲/۱۳	۴۸/۵۷	۴۷/۱۸	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱۰/۷۳	۳۳/۱۸	۳۸/۹۷	۴۳/۸۲	۴۹/۲۳	۴۴/۱۷	منیزیم معمولی ۱	
۲۷/۱۱	۳۷/۹۲	۳۹/۶۰	۴۸/۸۶	۵۳/۴۷	۵۱/۰۲	عدم منیزیم	نانو روی
۱۶/۲۹	۳۷/۳۰	۴۴/۴۹	۴۸/۰۹	۵۷/۲۷	۵۵/۰۰	نانو منیزیم ۰/۵	
۳۰/۲۷	۳۹/۴۹	۴۴/۹۳	۵۰/۸۳	۵۷/۸۶	۵۱/۱۳	نانو منیزیم ۱	
۲۸/۹۶	۳۹/۲۰	۴۵/۶۳	۵۰/۶۲	۵۴/۳۴	۴۹/۷۷	منیزیم معمولی ۰/۵	
۲۷/۰۷	۳۴/۲۰	۴۰/۹۳	۴۳/۸۰	۵۱/۹۷	۵۰/۸۳	منیزیم معمولی ۱	
۲۵/۹۲	۳۳/۳۱	۴۰/۵۸	۴۵/۱۹	۵۴/۵۳	۵۱/۸۹	عدم منیزیم	روی معمولی
۲۷/۱۸	۳۶/۵۲	۴۴/۰۶	۴۹/۰۹	۵۳/۹۷	۵۱/۴۵	نانو منیزیم ۰/۵	
۳۲/۴۸	۴۲/۳۰	۴۷/۴۵	۵۱/۹۲	۵۵/۰۵	۵۲/۳۳	نانو منیزیم ۱	
۳۲/۱۸	۴۲/۲۹	۴۴/۵۳	۳۹/۸۱	۵۱/۷۷	۴۵/۶۰	منیزیم معمولی ۰/۵	
۲۶/۲۵	۳۲/۴۰	۴۱/۸۴	۴۷/۴۰	۵۲/۸۸	۴۹/۷۴	منیزیم معمولی ۱	
۵/۰۶	۴/۵۰	۴/۲۹	۵/۰۶	۳/۵۱	۳/۸۵	LSD 5 %	

جدول پیوست ۴۰- میانگین مربعات مقدار عناصر (روی و منیزیم) در برگ و دانه و پروتئین دانه تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم.

منابع تغییر	درجه آزادی	روی برگ	روی دانه	منیزیم برگ	منیزیم دانه	پروتئین دانه
تکرار	۲	۸۶/۶۷	۵۹/۳۶	۰/۰۴۱	۰/۰۰۲۸	۰/۲۶
روی	۲	۳۷۵۹۴۵/۲۷**	۳۷۸/۷۶**	۰/۰۲۰	۰/۰۰۰۲	۲/۱۱
منیزیم	۴	۴۵۴۵۹/۰۲**	۶۸۶/۳۰**	۰/۰۵۱**	۰/۰۰۰۶*	۱۵/۶۵**
روی × منیزیم	۸	۶۳۴۴۰/۴۱**	۴۹/۶۲	۰/۰۹۴**	۰/۰۰۰۲	۱۹/۰۰**
خطا	۲۸	۲۱۷/۷۱	۳۰/۰۰	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۲	۲/۶۹
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۸۲	۱۰/۶۷	۱۰/۷۹	۸/۴۵	۸/۲۳

\*\* و \*\*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۴۱- مقایسه میانگین عناصر روی (میلی گرم در کیلوگرم) و منیزیم (درصد) در برگ و بذر و پروتئین بذر (درصد) تحت تأثیر محلول پاشی روی و منیزیم

تیمارها	روی برگ (میلی گرم در کیلوگرم)	روی دانه (میلی گرم در کیلوگرم)	منیزیم برگ (درصد)	منیزیم دانه (درصد)	پروتئین دانه (درصد)
روی (۶ گرم در لیتر)	۳۷/۳۳ <sup>c</sup>	۴۶/۰۷ <sup>c</sup>	۰/۸۱	۰/۱۵	۲۰/۱۹
نانو	۲۷۴/۴۷ <sup>b</sup>	۵۶/۰۷ <sup>a</sup>	۰/۸۹	۰/۱۶	۱۹/۵۲
معمولی	۳۳۷/۶۰ <sup>a</sup>	۵۱/۹۳ <sup>b</sup>	۰/۸۴	۰/۱۶	۲۰/۱۴
LSD 5 %	۱۱/۰۴	۴/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۱	۱/۲۳
منیزیم (درصد)	۲۲۶/۶۷ <sup>c</sup>	۴۲/۲۲ <sup>d</sup>	۰/۸۴ <sup>bc</sup>	۰/۱۴۶ <sup>b</sup>	۱۹/۹۴ <sup>b</sup>
نانو ۰/۵	۱۶۲/۲۲ <sup>d</sup>	۴۹/۲۲ <sup>bc</sup>	۰/۹۵ <sup>a</sup>	۰/۱۶۲ <sup>a</sup>	۲۱/۹۵ <sup>a</sup>
نانو ۱	۲۴۶/۰۰ <sup>b</sup>	۴۷/۰۰ <sup>cd</sup>	۰/۸۹ <sup>ab</sup>	۰/۱۵۷ <sup>ab</sup>	۱۸/۲۵ <sup>c</sup>
معمولی ۰/۵	۳۱۳/۶۷ <sup>a</sup>	۵۳/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۷۶ <sup>c</sup>	۰/۱۵۳ <sup>ab</sup>	۱۹/۹۵ <sup>b</sup>
معمولی ۱	۱۳۳/۷۸ <sup>c</sup>	۶۵/۳۳ <sup>a</sup>	۰/۷۸ <sup>c</sup>	۰/۱۶۶ <sup>a</sup>	۱۹/۶۵ <sup>bc</sup>
LSD 5 %	۱۴/۲۵	۵/۲۹	۰/۰۹	۰/۰۱	۱/۵۸

وجود حروف مشترک در مقایسه بین میانگین‌ها در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می‌باشد.

جدول پیوست ۴۲ - مقایسه میانگین عناصر روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) و منیزیم (درصد) در برگ و دانه و پروتئین دانه (درصد)

تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی روی و منیزیم.

پروتئین(درصد)	منیزیم برگ(درصد)	روی برگ(میلی‌گرم در کیلوگرم)	منیزیم (درصد)	روی (۶ گرم در لیتر)
۲۰/۵۰	۰/۶۲۳	۴۶/۰۰	عدم منیزیم	عدم روی
۲۲/۸۰	۰/۹۹۳	۳۱/۳۳	نانو منیزیم ۰/۵	
۱۴/۶۳	۱/۰۹۳	۴۶/۰۰	نانو منیزیم ۱	
۲۱/۶۳	۰/۶۵۰	۲۶/۰۰	منیزیم معمولی ۰/۵	
۲۱/۳۸	۰/۷۰۷	۳۷/۰۰	منیزیم معمولی ۱	
۲۰/۵۰	۱/۰۲۰	۲۱۴/۰۰	عدم منیزیم	نانو روی
۲۲/۶۳	۱/۰۹۳	۱۵۵/۳۳	نانو منیزیم ۰/۵	
۲۰/۵۰	۰/۶۸۰	۲۳۷/۶۷	نانو منیزیم ۱	
۱۷/۸۸	۰/۸۶۰	۶۵۸/۳۳	منیزیم معمولی ۰/۵	
۱۶/۰۶	۰/۷۷۰	۱۰۷/۰۰	منیزیم معمولی ۱	
۱۸/۸۱	۰/۸۷۷	۴۲۰/۰۰	عدم منیزیم	روی معمولی
۲۰/۴۲	۰/۷۵۳	۳۰۰/۰۰	نانو منیزیم ۰/۵	
۱۹/۶۳	۰/۸۹۳	۴۵۴/۳۳	نانو منیزیم ۱	
۲۰/۳۴	۰/۷۸۳	۲۵۶/۳۳	منیزیم معمولی ۰/۵	
۲۱/۵۰	۰/۸۷۳	۲۵۷/۳۳	منیزیم معمولی ۱	
۲/۷۴	۰/۱۵۰	۲۴/۶۸		LSD 5 %

# منابع

احمدی، م. ۱۳۸۹. تأثیر کود سولفات روی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تراکم‌های مختلف کاشت. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، دوم تا چهارم مرداد. صفحه ۲۴۶۴ تا ۲۴۶۶.

احمدی، م.؛ آستارایی، ع.؛ کشاورز، پ. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۸۵. تأثیر شوری آب آبیاری و کود روی بر عملکرد و ترکیب شیمیایی گندم. بیابان. ۱۱ (۱): ۱۲۹-۱۴۱.

اختیاری، ر.؛ محبی، ح. و منصور، م. ۱۳۸۸. تأثیر نانو ذرات نقره بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه دارویی رازیانه در محیط آزمایشگاه. مجله علمی و پژوهشی گیاه و زیست‌بوم. شماره ۲۶. (تابستان ۹۰ در دست چاپ)

اختیاری، ر. و کریمی روزبهانی، ک. ۱۳۹۰. بررسی اثرات ذرات نانو نقره بر رشد اولیه گیاه ماش سبز (*Vigna radiate* L.) رقم پرتو. همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت. باشگاه پژوهشگران جوان واحد شهر قدس. ۲۵ تا ۲۶ آبان.

اسماعیلی، م.ع. و عباسیان، ا. ۱۳۸۵. مطالعه اثر زیرشکن و کودهای ریزمغذی سولفات روی و سولفات منگنز بر رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای رقم ۷۰۴. چکیده مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۵ تا ۷ شهریور. دانشگاه تهران. پردیس ابوریحان. صفحه ۱۳.

اسدی کنگرشاهی، ع. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۲. تأثیر مصرف روی در رشد و عملکرد سویا و تعیین حد بحرانی آن در مزارع سویا. مجموعه مقالات تغذیه بهینه دانه‌های روغنی. انتشارات خانیان. صفحه ۳۷۰-۳۸۰.

افضلی چالی، م. و بابایی، پ. ۱۳۹۰. تأثیر استفاده از گوگرد پودری تلقیح شده با تیوباسیلوس همراه با منیزیم در عملکرد کلزا. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران (حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه). تبریز. ۱۲ الی ۱۴ شهریور. صفحه ۱ تا ۵.

بابائیان، م.؛ حیدری، م. و قنبری، ا. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). مجله علوم زراعی ایران. ۱۲ (۴): ۳۷۷-۳۹۱.

برمکی، س.؛ مدرس ثانوی، س.ع.م. و مهدیزاده، و. ۱۳۸۹. کاربرد فناوری نانو در راستای مصرف بهینه کودهای شیمیایی با تأکید بر نانو کودها. اولین کنگره چالش‌های کود در ایران، تهران. ۱۰ تا ۱۲ اسفند. صفحه ۱۲-۲۱.

برمکی، ی.؛ جلیلی، ف.؛ عیوضی، ع. و رضایی، ا. ۱۳۸۸. اثر محلول‌پاشی روی، آهن و بور بر عملکرد و کیفیت دو رقم آفتابگردان روغنی. مجله پژوهش در علوم زراعی. (۶): ۱۳-۲۶.

بهرامپور، م. ۱۳۸۵. اثر منیزیم و کلسیم روی نهال‌های پسته پایه رقم بادامی زرد با توجه به روابط متقابل موقعیت بین منیزیم و مایکوریزی در گیاه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. بخش زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

بهرامی سیرمندی، س. ۱۳۸۸. ایجاد اکتو میکوریز بین سه رقم پسته و قارچ *Agaricus bisporus* و مطالعه تأثیر مقادیر متفاوت منیزیم بر گیاهان میکوریزی و غیرمیکوریزی. پایان نامه کارشناسی ارشد. بخش زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

بیات، ز.؛ احمدی، ع.؛ سبکدست، م. و جودی، م. ۱۳۹۰. الگوی توزیع مواد فتوسنتزی در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش و عدم تنش خشکی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۲ (۴): ۸۲۱-۸۳۲.

بیک‌نژاد، ص.؛ عزیزی، م.؛ رامنه، و. و افضل، م. ۱۳۸۹. اثر مصرف مقادیر مختلف پتاسیم و منیزیم بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های سویا. ۱۳۸۹. مجموعه خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، دوم تا چهارم مرداد. صفحه ۷۸۹ تا ۷۹۱.

پارسا، م. و باقری، ع. ۱۳۸۷. حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۲۲ صفحه.

پرهام فر، ط. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر کودهای ماکرو، میکرو و زمان برداشت بر عملکرد و کیفیت علوفه ارزن دم روباهی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه زابل. ۱۰۵ صفحه.

تدین، م.س. و رستگار، ح. ۱۳۸۳. تأثیر محلول پاشی سولفات روی، منگنز و منیزیم بر عملکرد کمی و کیفی میوه پرتقال محلی جهرم (*Citrus sinensis* Swing). مجله علوم و فنون باغبانی. ۵(۴): ۲۱۰-۲۱۴.

ثوابی، غ.؛ ملکوتی، م.ج. و معز اردلان، م. ۱۳۸۲. اثر سولفات روی و غلظت روی بذر بر پاسخ‌های گیاه گندم در خاک آهکی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۴ (۲): ۴۷۱-۴۸۲.

ثوابی، غ. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۹. بررسی اثرات روی و کادمیوم بر غلظت عناصر و ترکیب شیمیایی دانه گندم. نشریه علمی پژوهشی خاک و آب. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران. جلد ۱۲. شماره ۴. صفحه ۲۰۵ تا ۲۱۸.

جابرزاده، ا.؛ معاونی، پ.؛ توحیدی مقدم، ح.ر. و مرادی، ا. ۱۳۸۹. بررسی اثر محلول پاشی نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر روی برخی خصوصیات زراعی در گندم تحت شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی- پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. (۴): ۲۹۵-۳۰۱.

چاکرالاحسینی، م.ر.؛ محتشمی، ر. و اولیایی، ح.ر. ۱۳۸۸. بررسی اثرات میزان، منبع و روش مصرف کود بر صفات کمی و کیفی برنج زراعی رقم چرام ۱. مجله پژوهش در علوم کشاورزی. ۵ (۱): ۳۳-۴۳.

حاجی‌بلند، ر.؛ صالحی، ی.؛ آقاجانزاده، ط.؛ ابهری، م. و نظیفی، ا. ۱۳۸۶. مقایسه تعدادی از مهمترین ارقام برنج نسبت به تحمل کمبود روی در شرایط مزرعه‌ای و آبکشت. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۱ (۱): ۲۹۴-۳۱۴.

خاصه سیرجانی، ع.؛ فرح بخش، ح.؛ راوری، ذ.؛ پسندی پور، ن. و کرمی، ع. ۱۳۹۰. بررسی اثر مصرف کود بیولوژیک، سولفات روی و کود نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی گندم. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۵ (۲): ۱۲۵-۱۳۵.

خاوری‌نژاد، ر.؛ نجفی، ف. و فیروزه، ر. ۱۳۹۰. اثرات سولفات روی بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه لوبیا (L. *Phaseolus vulgaris*) فصلنامه پژوهش‌های علوم گیاهی، ۲۱ (۱): ۱-۱۴.

خلیلی محله، ج.؛ رضادوست، س. و رشدی، م. ۱۳۸۳. بررسی اثرات محلول پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای ۷۰۴ در شرایط آب و هوایی خوی. چکیده مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان. رشت. ۳ تا ۵ شهریور. صفحه ۳۷۴.

خلیلی محله، ج.؛ رضادوست، س. و رشدی، م. ۱۳۸۵. اثرات مصرف برگ‌گی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر خصوصیات کمی و کیفی سورگوم اسپیدفید در کشت دوم در خوی. نهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. پردیس ابوریحان. دانشگاه تهران. ۵ تا ۷ شهریور. صفحه ۸۰ تا ۸۵.

خوش‌گفتارمنش، ا.ح. ۱۳۸۶. مبانی تغذیه گیاه. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۶۲ صفحه.

درویش بلوچی، م.؛ پاک‌نژاد، ف.؛ کاشانی، ع.؛ اردکانی، م. ر و درویش بلوچی، م. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر تنش خشکی و تغذیه برگ‌گی برخی از عناصر کم‌مصرف بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل، محتوی کلروفیل، RWC، پایداری غشا و عملکرد دانه ذرت (SC ۷۰۴). مجله علوم گیاهان زراعی ایران. دوره ۴۱. شماره ۳: صفحه ۵۳۱ تا ۵۴۳.

دلفانی، م.؛ برادران فیروزآبادی، م.؛ مکاریان، ح. و فرخی، ن. ۱۳۹۰. تأثیر محلول پاشی آهن و منیزیم بر تجمع ماده خشک و پایداری غشای پلاسمایی در لوبیا چشم‌بلبلی. چکیده مقالات دومین کنفرانس ملی فیزیولوژی گیاهی ایران. دانشگاه یزد. ۸ و ۹ اردیبهشت. ۲۰۶ صفحه.

دیلیمقانی حسنلویی، م.ر. و همتی‌عسگرآبادتپه، س. ۱۳۹۰. بررسی اثر نسبت‌های مختلف پتاسیم به منیزیم (K/Mg) در انگور کشمش‌ی بیدانه جهت کنترل عارضه خشکیدگی خوشه و بهبود خصوصیات کیفی آن. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران (حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه). تبریز، ۱۲ الی ۱۴ شهریور. صفحه ۱ تا ۴.

دیندوست، ص.؛ رشدی، م.؛ یوسف‌زاده، س. و علیزاده، ا. ۱۳۸۶. تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی عناصر ریزمغذی (روی، آهن و منگنز) بر خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان روغنی رقم هایسان ۳۳. چکیده مقالات دومین همایش منطقه‌ای کشاورزی و محیط‌زیست. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی. ۱۵ و ۱۶ اسفند. ۱۴۸ صفحه.



- رحیمی، ع.؛ مشایخی، ک.؛ همتی، خ. و دردی‌پور، ا. ۱۳۸۸. اثر عناصر غذایی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد بذر و اجزای عملکرد گشنیز. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۶ (۴): ۱۴۹-۱۵۶.
- رهام، ر.؛ عزیزی، خ.؛ حیدری، س.؛ یعقوبی، م. و نوروزیان، ع. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر روش‌های مختلف کاربرد کودسولفات منیزیم و رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس در شرایط اقلیمی خرم‌آباد. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، دوم تا چهارم مرداد. صفحه ۲۲۶۶ تا ۲۲۶۹.
- زادصالحی، ف.؛ مظفری، و.؛ تاج‌آبادی‌پور، ا. و حکم‌آبادی، ح. ۱۳۹۰. تأثیر متقابل سدیم و منیزیم بر برخی خصوصیات رشدی و میزان کلروفیل پسته در محیط پرلیت. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۲ (۶): ۲۳-۳۴.
- زارع‌ده‌آبادی، س.؛ اسرار، ز. و مهربانی، م. ۱۳۸۶. اثر فلز روی بر رشد و برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه نعنای خوراکی (*Mentha spicata* L.). مجله زیست‌شناسی ایران. ۲۰ (۳): ۲۳۰ تا ۲۴۱.
- زند، ب.؛ سروش‌زاده، ع.؛ قناتی، ف. و مرادی، ف. ۱۳۸۸. اثر محلول‌پاشی عنصر روی و تنظیم‌کننده رشد اکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت دانه‌ای در شرایط کمبود آب. مجله به‌زراعی نهال و بذر. ۲۵ (۴): ۴۳۱ تا ۴۴۸.
- زند، ب.؛ سروش‌زاده، ع.؛ قناتی، ف. و مرادی، ف. ۱۳۸۹. اثر محلول‌پاشی روی و اکسین بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در ذرت دانه‌ای. مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران. (۱): ۳۵-۴۸.
- ساجدی، ن. ع. ۱۳۸۳. بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن، آهن و روی بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در استان مرکزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد. ۲۲۷ صفحه.
- سیپهر، ا. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۳. تاثیر سطوح مختلف پتاسیم و منیزیم بر کمیت و کیفیت آفتابگردان. مجله علوم خاک و آب. ۱۸(۱): ۲۹ تا ۳۶.
- سعادت، ص. و معلمی، ن. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر محلول‌پاشی عنصر روی بر رشد و عملکرد گیاه توت‌فرنگی در شرایط تنش شوری. مجله علوم باغبانی ایران. ۴۲ (۳): ۲۷۵-۲۶۷.
- شافع، ل.؛ صفاری، م.؛ امام، ی. و محمدی‌نژاد، ق. ۱۳۹۰. اثر مصرف کودهای نیتروژن و روی بر میزان کلروفیل و میزان روی برگ عملکرد و ترکیب عناصر دانه دو هیبرید ذرت (*Zea mays* L.). مجله به‌زراعی نهال و بذر. ۲ (۲): ۲۳۵-۲۴۶.
- شعبان‌زاده، ش.؛ رمودی، م. و گلوی، م. ۱۳۹۰. تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد دانه و ویژگی‌های سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در رژیم‌های مختلف آبیاری. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. (۲): ۷۹-۸۹.

شکاری، ف.؛ پاک‌مهر، آ.؛ راستگو، م.؛ وظایفی، م. و قریشی نسب، م. ۱۳۸۹. اثر پرایمینگ بذر با اسیدسالیسیلیک بر پاره‌ای صفات فیزیولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی تحت تنش کم آبی در زمان غلاف‌بندی. مجله علمی - پژوهشی علوم کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. ۴ (۱۳): ۱۳-۲۹.

صالحی، م. و تمسکنی، ف. ۱۳۸۷. تأثیر نانوسید در تیمار بذری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گندم تحت تنش شوری. خلاصه مقالات اولین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر ایران. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۲۲ و ۲۳ آبان. صفحه ۳۵۸. صداقت‌حور، ش.؛ مسیحا، س. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۲. اثرات مصرف بهینه چند عنصر مهم غذایی بر عملکرد و کیفیت چای. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. (۲): ۸۱-۸۹.

ضیائیان، ع. ح. ۱۳۸۵. اثرات کاربرد پتاسیم و روی در زراعت ذرت علوفه‌ای. مجله علوم خاک و آب. ۲۰ (۱): ۳۵-۴۲. طاهر، م.؛ رشدی، م.؛ خلیلی‌محله، ج.؛ خوارزمی، ک. و حاجی‌حسنی‌اصل، ن. ۱۳۸۷. تأثیر روش‌های مختلف مصرف عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در شهرستان خوی. مجله پژوهش در علوم زراعی. (۱): ۷۲-۸۴. فتح‌الهی، ق. ۱۳۸۴. تأثیر سولفات روی و سولفات پتاسیم بر رشد و عملکرد ذرت دانه‌ای. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران. پردیس ابوریحان. دانشگاه تهران. ۵ تا ۷ شهریور. صفحه ۱۱۰. فرج‌زاده معماری تبریزی، ا.؛ یارنیا، م.؛ احمدزاده، و. و فرج‌زاده معماری تبریزی، ن. ۱۳۸۹. بررسی اثر روش‌های مختلف مصرف کودهای میکرو بر میزان تجمع عناصر میکرو در بذر و برگ و عملکرد ذرت رقم Jeta. فصلنامه دانش نوین کشاورزی پایدار. (۲۱): ۶۷-۷۴.

فعلی، ع.؛ عبادی، م.؛ لاری‌یزدی، ح. و موسوی، م. ۱۳۹۰. اثرات غلظت‌های مختلف سولفات منیزیم بر پارامترهای رشد جدا کشت‌های میخک (*Dianthus caryophyllus* L.) در شرایط کشت بافت. دومین کنفرانس ملی فیزیولوژی گیاهی ایران. ۸-۹ اردیبهشت ماه، دانشگاه یزد. صفحه ۳۸۰ تا ۳۸۱.

قادری، ج.؛ خادمی، ز.؛ خاوازی، ک.؛ حامدی، ف. و حیدری، خ. ۱۳۹۰. تعیین نسبت پتاسیم به منیزیم بر عملکرد کمی و کیفی گندم آبی. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران (حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه). تبریز، ۱۲ الی ۱۴ شهریور. صفحه ۱ تا ۶. قانع‌پور، ص.؛ شکیبای، م.ر.؛ تورچی، م. و اوستان، ش. ۱۳۹۱. وضعیت آبی برگ و برخی پارامترهای فتوسنتزی لوبیا در واکنش به کاربرد Zn تحت تنش کمبود رطوبتی. دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۱۴ تا ۱۶ شهریور.

قربانلی، م. و بابالار، م. ۱۳۸۲. تغذیه معدنی گیاهان. انتشارات دانشگاه تربیت معلم تهران. ۳۵۶ صفحه.

قربانی، س.؛ نصریان خیابانی، ب.؛ اردکانی، ک.ر. و رسائی موخر، س. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر عناصر ریزمغذی آهن و روی بر عملکرد و برخی صفات مورفولوژیکی لاین‌های موتانت گندم طبعی. مجموعه خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، دوم تا چهارم مرداد. صفحه ۳۲۲ تا ۳۲۵.

عارف، ف.؛ ملکوتی، م.ج. و کیانی، ش. ۱۳۸۲. بررسی نقش کودهای پرمصرف و ریزمغذی در افزایش عملکرد کمی و کیفی کنجد در نیریز فارس. مجموعه مقالات تغذیه بهینه دانه‌های روغنی. انتشارات خانیان. صفحه ۳۸۱-۳۹۴.

عبدیلی، ج.؛ رشدی، م.؛ مجیدی، ع.؛ حسن‌زاده قورت تپه، ع. و هناره، م. ۱۳۸۸. تأثیر نحوه مصرف سولفات روی بر سویا رقم ویلیامز. مجله پژوهش در علوم زراعی. سال اول. شماره ۴: ۳۹-۵۰.

عشقی‌زاده، ح. ر.؛ کافی، م.؛ خوش‌گفتارمنش، ا.ح. و عزیزی، خ. ۱۳۹۰. پاسخ چهار ژنوتیپ گندم (*aestivum* *Triticum*) به تغذیه برگی روی در یک خاک آهکی. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). ۹۱: ۳۵-۴۳.

عزیزی، خ. و امینی دهقی، م. ۱۳۸۷. تأثیر محلول‌پاشی عنصر روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام گندم آبی در شرایط اقلیمی خرم‌آباد. مجله دانشور علوم زراعی. ۱ (۱): ۲۳ تا ۳۴.

غلامپور مرزونی، ف.؛ سعادت، م.؛ اردکانی، م. ر.؛ کاشانی، ع.؛ پاک‌نژاد، ف. و نجفی، ا. ۱۳۸۸. تاثیر تراکم بوته و مقادیر مختلف برخی عناصر ریزمغذی بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و برخی صفات مورفولوژیکی ذرت سینگل کراس ۷۰۰. پژوهش‌نامه کشاورزی. ۱ (۲): ۶۷-۷۷.

گنجه‌ای، ب. و گلچین، ا. ۱۳۹۰. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن، پتاسیم و منیزیم بر عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه توت‌فرنگی در محیط کشت هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۲ (۸): ۷۱-۸۰.

مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۷. زراعت و تولید حبوبات. سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. ۲۸۳ صفحه.

مرشدی، ا. ۱۳۷۹. بررسی اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر عملکرد و خواص کیفی و غنی‌سازی دانه‌های کلزا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس. ۸۹ صفحه.

مظاهری‌نیا، س.؛ آستارایی، ع. ر.؛ فتوت، ا. و منشی، ا. ۱۳۸۹. بررسی اثر مصرف اکسیدآهن (نانو و معمولی) همراه با کمپوست گرانوله گوگردی بر غلظت آهن و رشد گیاه گندم رقم آتیلا. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۸ (۵): ۸۵۵-۸۶۱.

مظفری، ک. و قدمگاهی، ف. ۱۳۹۰. منیزیم و اختلالات بیوشیمیایی مرتبط با آن. نشریه خبری انجمن آسیب‌شناسی ایران. ۳۲: ۱۰-۱۳.

- مقدم‌علی‌نخ، ز. ۱۳۹۱. تأثیر زمان و میزان مصرف کود روی بر کمیت و کیفیت باقلا. دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۱۴ تا ۱۶ شهریور.
- ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۷. روش جامع تشخیص و مصرف بهینه کودهای شیمیایی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۶۸ صفحه.
- ملکوتی، م.ج. و ثوابی، غ. ۱۳۷۸. روش‌های کاربردی برای کاهش اسید فیتیک در گندم در راستای بهبود کیفیت نان سبوس دار. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۹۹.
- ملکوتی، م.ج.؛ خوگر، ز. و خادمی، ز. ۱۳۸۳. روش‌های نوین تغذیه گندم. انتشارات سنا. ۸۵۱ صفحه.
- ملکوتی، م.ج. و داوودی، م.ح. ۱۳۸۲. روی در کشاورزی عنصری فراموش شده در چرخه حیات گیاه، انسان و دام (ترجمه). نشر سنا. ۲۲۰ صفحه.
- ملکوتی، م.ج. و ریاضی همدانی، ع. ۱۳۷۱. کود ها و حاصل‌خیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۸۰۸ صفحه.
- ملکوتی، م.ج. و طهرانی، م.م. ۱۳۷۹. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی ((عناصر خرد با تأثیر کلان)). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۲۹۹ صفحه.
- ملکوتی، م.ج.؛ کشاورز، پ. و کریمیان، ن. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۷۱۸ صفحه.
- ملکوتی، م.ج. و مشایخی، ح.ح. ۱۳۷۶. ضرورت ترویج مصرف سولفات منیزیم برای افزایش تولیدات کشاورزی در کشور. نشریه فنی شماره ۲۳. نشر آموزش کشاورزی. سازمان تات. کرج. ایران.
- ملکوتی، م.ج.؛ ملکوتی، ا.؛ بای‌بوردی، ع. و خامسی، ع. ۱۳۸۴. روی عنصری فراموش شده در چرخه حیات گیاه، دام و انسان. نشریه فنی شماره ۴۷۵ شورای عالی سیاست‌گذاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی.
- ملکوتی، م.ج. و همایی، م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی مناطق خشک و نیمه خشک ((مشکلات و راه‌حل‌ها)). انتشارات تربیت مدرس. ۵۰۸ صفحه.
- موحدی دهنوی، م.؛ مدرس ثانوی، ع. م.؛ سروش‌زاده، ع. و جلالی، م. ۱۳۸۳. تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول کل کلروفیل (SPAD) و فلورسانس کلروفیل در ارقام گلرنگ پاییزه تحت تنش خشکی و محلول‌پاشی روی و منگنز. بیابان. ۹ (۱): ۹۳-۱۰۹.
- میرزاپور، م.ه.؛ خوش‌گفتارمنش، ا.ح.؛ میرنیا، خ.؛ بهرامی، ح.ع. و نایینی، م.ر. ۱۳۸۲. اثرهای متقابل منیزیم و پتاسیم بر رشد و عملکرد آفتابگردان در یک خاک شور. مجله علوم خاک و آب. ۱۷ (۲): ۱۳۲-۱۳۹.
- میرزا زاده، ش. ۱۳۹۰. منیزیم؛ از مکمل تا دارو. هفته‌نامه سپید. شماره ۲۶۴. صفحه ۸.

نخزری مقدم، ع؛ طاطاری، م. و ارنیاز قرنجیک، آ. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر زمان و سطوح مختلف کود روی بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۴ (۱): ۱۷-۲۹.

نژادحسینی، ط.؛ آستارایی، ع.؛ خراسانی، ر. و معمولی، ا. ۱۳۹۰. بررسی دو نوع کود آلی همراه با عناصر بور و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و غلظت عناصر غذایی در دانه ارزن معمولی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۹ (۱): ۷۰-۷۷.

نصیری، م.؛ سیدشریفی، ر.؛ امینی، ا. و فرزانه، س. ۱۳۸۵. تأثیر ریزمغذی‌های آهن، منگنز و بور بر عملکرد بذر چغندرقد. نهمین گنجره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه تهران- پردیس ابوریحان. ۷-۵ شهریور. صفحه ۲۴۱.

نوابی، ف. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر تغذیه متعادل عناصر غذایی بر کمیت و کیفیت ذرت دانه‌ای. مجله علوم خاک و آب. ۱۶ (۲): ۱۶۱-۱۶۸.

همتی، ا. ۱۳۸۴. بررسی کاربرد خاکی و محلول‌پاشی آهن، روی و منگنز بر عملکرد و پروتئین لوبیا. چکیده مقالات اولین همایش ملی حبوبات. پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۹ و ۳۰ آبان. صفحه ۳۸۷ تا ۳۹۰.

وفایی، م.ج.، سپهری، ع.، ارادتمنداصل، د. و ورمزیار، ع. ۱۳۹۰. اثر روی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد دو ژنوتیپ لوبیا تحت تنش رطوبتی. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه. ۱۱ آبان.

وفایی، ا.؛ عبادی، ع. و راستگو، ب. ۱۳۸۹. تأثیر پتاسیم و منیزیم بر روی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک گلرنگ. مجموعه خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، دوم تا چهارم مرداد. صفحه ۶۷۰ تا ۶۷۴.

یارنیا، م.؛ فرج‌زاده، ا.؛ رضایی، ف.؛ احمدزاده، و نوبری، ن. ۱۳۸۸. تأثیر روش کاربرد عناصر ریزمغذی بر تولید چغندرقد رقم منوژرم رسول. مجله علمی-پژوهشی علوم کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. ۳ (۱۰): ۲۵-۳۸.

یعقوبی، م. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر سولفات منیزیم و رقم بر عملکرد کمی و کیفی عدس در شرایط اقلیمی خرم‌آباد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه زراعت. دانشگاه شهید بهشتی خرم‌آباد. ۱۱۴ صفحه.

یعقوبی، م.؛ عزیزی، خ.؛ حیدری، س.؛ رهام، ر. و نوروزیان، ع. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر روش‌های مختلف کاربرد سولفات منیزیم بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس (*Lens culinaris Med*) در شرایط اقلیمی خرم‌آباد. مجله دانشور علوم زراعی. ۳: ۱۳-۲۴.

یعقوبی، م.، عزیزی، خ.، حیدری، س.، رهام، ر. و نوروزیان، ع. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر روش‌های مختلف کاربرد سولفات منیزیم و رقم بر میزان منیزیم و پروتئین کل دانه و شاخص‌های رشد عدس در شرایط اقلیمی خرم‌آباد. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، دوم تا چهارم مرداد. صفحه ۲۲۵۵ تا ۲۲۵۸.

- AbdE-Hady, B.A. 2007.** Effect of Zinc Application on Growth and Nutrient of Barley Plant Irrigated with Saline Water. *Appl. Sci. Res.*, 3(6): 431-436.
- Abd El Hadi, E.A.A. 1986.** Effect of foliar fertilization in different crops under Egyptian conditions. *Plant Soil Sci.*, 22: 126-141.
- Abid, M., Haddad, M. and Ferchichi, A. 2008.** Effect of magnesium sulphate on the first stage of development of Lucerne. *Option Mediterraneennes, Series A.*, 79: 405-408.
- Aidid, S. and Okamoto, H. 1993.** Responses of elongation rate, turgor pressure and cell wall extensibility of stem cells of *Impatiens balsamina* to Lead, Copper and Zinc. *Biometals.* 6: 245-249.
- Amnuaylipa, S., Surasak, S. and Terapongtanakorn, S. 1991.** Effects of K and Mg upon growth and nutrient uptake of sunflower grown on an acid soil (abstract). *J. of Agric. (Thailand).*, 7(1): 19-30.
- Andreta, E. 2003.** Nanosciences and Nanotechnologies: what future for research. Conference and Expo, Chiba-shi, Chiba, Tokyo, Japan. 26 February.
- Ashraf, M. and Qaiser, S.M.H. 2004.** Effect of magnesium on growth and development of maize. *Paki. J. of Arid Agric.*, 7(2): 33-38.
- Bahrani, M.J. and Mesgarbashi, M. 1993.** Effects of nitrogen topdressing rates on yields and protein contents of two wheat cultivars in Ahwaz. *Iran. J. of Agric. Sci.* 24: 27-39. (In Persian).
- Balke, N.E. and Hodges, T.K. 1975.** Plasma membrane adenosine triphosphatase of oat roots. Activation and inhibition by  $Mg^{2+}$  and ATP. *Plant Physiol.*, 55: 83-86.
- Baruah, S. and Dutta, J. 2009. Nanotechnology application in sensing and pollution degradation in agriculture *Environ. Chem. Letters.*, 7(3): 191-204.
- Baybordi, A. 2006.** Zinc in soils and crop nutrition. Paivar press. Tabriz, Iran. 180 pp. (In Persian).
- Bergmann, W. 1992.** Nutritional disorders of plants – development, visual and analytical diagnosis. Gustaw Fischer Verlag, Stuttgart. 741 pp.
- Bolland, M., Paynter, B. and Barker, M. 1989.** Increasing phosphorus concentration in lupin seed increased grain yield in phosphorus deficient soil. *Aust.J.Exp. Agric.* 29:797-801.
- Borowski, E. and Michalek, S. 2010.** The effect of foliar nutrition of spinach (*Spinacia oleracea* L.) with magnesium salt and urea on exchange, leaf yield and quality. *Acta Agrobotanica.*, 63(1): 77-85.

- Boskovic-Rakocevic, L. 2004.** Acid soil neutralization and calcium and magnesium mobility. *Acta Aiologica Iugoslavica*. 53(3): 175-184.
- Breytenbach, J.H. 2005.** Savian influenza control. *The Metrics of vaccination international poultry production.*, 13(4): 15-17.
- Broadley, M.R., White, P.J., Hammond, J.P., Zelko, I. and Lux, A. 2007.** Zinc in plants. *New Phytol.*, 173:677-702.
- Cakmak, I. 1994.** Activity of ascorbate-dependent H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhanced in magnesium- and potassium-deficient leaves, but not in phosphorus-deficient leaves. *J. Exp. Bot.*, 45: 1259-1266.
- Cakmak, I. 2000.** Possible role of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytol.*, 146: 185-205.
- Cakmak, I. 2008.** Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification?, *Plant Soil*, **302**: 1–17.
- Cakmak, I., Marschner, H. and Bangerth, F. 1989.** Effect of zinc nutritional status on growth, protein metabolism and levels of indole-3-acetic acid and other phytohormones in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Exp. Bot.*, 40: 405-412.
- Cakmak, I. and Yazici, A.M. 2010.** Magnesium a forgotten element in crop production. *Better Crops.*, 94 (2): 23-25.
- Camberato, J.J. 2004. Foliar application on sugar beet. *J. of Fruit and Ornamental Plant Res.*, 12: 120-126.
- Clark, R.B., Zeto. S.K., Ritchey, K.D. and Baligar, V.C. 1997.** Maize growth and mineral composition on acid soil amended with flue gas desulfurization by-products and magnesium. *Com. Soil Sci. Plant Anal.*, 28 (15/16): 1441-1459.
- Czapla, J., Stasiulewicz, L. and Nogalska, A. 2007.** Effect of growth regulators, applied along or in combination with magnesium economy in spring triticale plants. *Polish J. of Natural Sci.*, 22(3): 357-366.
- Dao, Z. 2006.** Preparation and testing of cementing and coating nano-subnanocomposites of slow/controlled-release fertilizers., 5: 700-706.
- De Olivira, I.P., Colin, J.A., David, G.E. and Dossantos, S.R.M. 2000.** Magnesium sulphate and the development of the common bean cultivated in an ultisol of northeast Australia. *Scientia Agricola*. 57(1): 103-107.
- Derosa, M.R., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R. and Sultan, Y. 2010.** Nanotechnology in fertilizers. *Nature Nanotechnol.*, 5 (2): 91.

- Ding, Y.C. , Chang, C.R., Luo, W., Wu, Y.S., Ren, X.L., Wang, P. and Xu, G.H. 2008.** High potassium aggravates the oxidative stress induced by magnesium deficiency in rice leaves. *Pedosphere* , 18(3): 316-327.
- Ekanayake, J., O'Tool, J.C., Garrity, D.P. and Masajo, T.M., 1985.** Inheritance of root characters and their relations to drought resistance in rice. *Crop Sci.*, 25: 927-933.
- El-Gizawy, N.K.B. and Mehasen, S.A.S. 2009.** Response of faba bean to bio, mineral phosphorus fertilizers and foliar application with zinc. *World App. Sci. J.*, 6: 1359-1365.
- Erdal, I., Kepenek, K. and Kizilgos, I. 2004.** Effect of foliar iron applications at different growth stages on iron and some nutrient concentrations in strawberry cultivars. *Turk. J. Agric. For.*, 28: 421-427.
- Esfandiari, E., Skokrpour, M. and Alavi-Kia, S. 2010.** Effect of Mg deficiency on antioxidant enzymes activities and lipid peroxidation. *J.of Agric.Sci.* 2(3): 131-136.
- Fernands, V., Winkelmann, G. and Elbert, G. 2004.** Iron supply to suger beet plants through foliar application of iron citrate and ferric dimerum acid. *Phvsiol. Planta.*,122 (3): 380-385.
- Fischer, E.S., Lohaus, G., Heineke, D. and Heldt, H.W. 1998.** Magnesium deficiency result in accumulation of carbohydrates and amino acids in source and sink leaves of spinach. *Physiol. Plant.*, 102: 16-20.
- Gao F., Hong, F., Liu, C., Zheng, L., Su, M., Wu, X., Yang, F., Wu, C. and Yang, P. 2006.** Mechanism of nano-anatase TiO<sub>2</sub> on promoting photosynthetic carbon reaction of spinach. *Biol. Trace Element Res.*, 111: 239-253.
- Ghosh, D.C. and Patra, A.K. 1993.** Effect of plant density and fertility levels on growth and yield of sesame in dry seasons of Indian sub tropics. *Indian Agric.*, 37: 83-87.
- Giunta, F., Motzo, R. and Deidda, M. 1995.** Effect of drought on leaf area development, biomass production and nitrogen uptake of durum wheat grown in a Mediterranean environment. *Aust. J. of Agric. Res.*, 96: 99-111.
- Gregeresen, P.L., Holm, P.B. and Krupinska, K. 2008.** Leaf senescence and nutrient remobilization in barley and wheat. *Plant Bio*, 37-49.
- Hassan , M.J., Zhang, G., WU, F., Wei, K. and Chen, Z. 2005.** Zinc alleviates growth inhibition and oxidative stress caused by cadmium in rice. *J. of Plant Nutri. Soil Sci.*, 168: 255-261.
- Hall, J.L. and Williams, L.E. 2003.** Transition metal transporters in plants. *J. Expt. Bot.*, 54: 2601-2613.



**Hong, W. and Ji-yun, J. 2007.** Effects of zinc deficiency and drought on plant growth and metabolism of reactive oxygen species in Maize (*Zea mays* L.). *Agric. Sci. in China*. 6: 988-995.

**Hara, T., Tanaka, T., Sonoda, Y. and Iwai, I. 1977.** An interaction between magnesium and calcium in cabbage nutrition. *Japan. Soc. Hort. Sci.*, 46(2): 189-192.

**Hariadi, Y. and Shabala, S. 2004.** Screening broad beans (*Vicia faba*) for magnesium deficiency. II. Photosynthetic performance and leaf bioelectrical responses. *Func. Plant Boil.*, 31: 539-549.

**Hemantaranjam, A. and Grag, O.K. 1988.** Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of *Triticum aestivum* L. *J. Plant Nut.*, 11: 1439-1450.

**Hermans, C., Johnson, G.N., Strasser, R.J. and Verbruggen, N. 2004.** Physiological characterization of magnesium deficiency in sugar beet: acclimation to low magnesium differentially affects photosystems I and II. *Planta.*, 220: 344–355

**Hermans, C. and Verbruggen, N. 2005.** Physiological characterization of Mg deficiency in *Arabidopsis thaliana*. *J. Exp. Bot.*, 56: 2153-2161.

**Hermans, C., Bourgis, F., Faucher, M., Delrot, S., Strasser, R.J. and Verbuggen, N. 2005.** Magnesium deficiency in sugar beet alters sugar partitioning and phloem loading in young mature leaves. *Planta.*, 220: 541-549.

**Hill, J., Robson, A.D. and Loneragan, J.F. 1979.** The effect of copper supply on the senescence and the retranslocation of nutrients of the oldest leaf of wheat. *Annal of Bot.*, 44: 279-287.

**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.

**Hocking, P.J., Mason, I. 1993.** Accumulation distribution and redistribution, of dry matter and mineral nutrients in fruits of conola (oilseed rape). *Ausr. J. of Agric. Sci.*, 44: 1377-1388.

**Houcheng L., Ximing C., Riyuan C., Shiwei S. and Guangwen S. 2006.** Effects of magnesium deficiency on growth and photosynthesis of flowering chinese cabbage. XXVII Int. Hort. Cong. ISHS Acta Hort., 767.

**Igamberdiev, A.U. and Kleczkowski, L.A. 2003.** Membrane potential, adenylate levels and Mg<sup>2+</sup> are interconnected via adenylate kinase equilibrium in plant cells. *Biochem. Biophys. Acta.*, 1607: 111–119.

**Ingram, J. and Brtels, D. 1996.** The molecular basis of dehydration tolerance in plant. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 47: 377- 403.

- Jaradat, A. 2009.** Modeling biomass allocation and grain yield in bread and durum wheat under a biotic stress. *Aust. J. of Crop Sci.*, 3: 237-248.
- Jha, A.N. and Chandel, A.S. 1987.** Response of soybean to zinc application. *Indian J. of Agron.*, 32: 354 - 358.
- Jinghua, G. 2004.** Synchrotron radiation, soft X-ray spectroscopy and nano-materials. *J. Nanotechnol.* 1:193-225.
- Kafee, M., Lahootee, M., Zand, E., Shafeefee, H. R. and Goldanee, M. 2002.** Plant physiology. *Jahad-e-Daneshgahi Mashhad.* 7th edition., 464 pp.
- Kazemiposhtmasari, H., Bahmanyar, M.A., Pirdasht, H. and Ahmadishad, M.A. 2008.** Effects of Zn rates and application forms on protein and some micronutrients accumulation in common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Asian J. of Biol. Sci.*, 11: 1042-1046.
- Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D. and Saltali, K. 2002.** Supplementary calcium enhances plant growth at fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Scientia Horticulturae.*, 93: 65-74.
- Kaya, A. and Higgs, D. 2002.** Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) cultivars to foliar application of zinc when grown in sand culture at low zinc, *Sci. Hortic.*, **93**: 53–64.
- Kayama, M., Quoreshi, A.M., Uemura, S. and Koike, T. 2005.** Difference in growth characteristics and dynamics of elements absorbed in seedlings of three Spruce species raised on serpentine soil in northern Japan. *Annals of Bot.* 95: 661-672.
- Khan, M.G., Silberbush, M. and Lips, S.H. 1994.** Physiological study on salinity and nitrogen interaction in alfalfa. II- photosystem and transpiration. *J. of Plant Nutr.*, 17: 669-684.
- Koocheki, A.R. and Khajeh Hosseini, M. 2008.** *Modern Agronomy.* Jihad-e- Daneshgahi of Mashhad Press. 704 P. (In Persian).
- Kupper, H., Kupper, F. and Spiller, M. 1996.** Environmental relevance of heavy metal substituted chlorophyllus using the example of water plants. *Exp. Bot.*, 47: 259-266.
- Lebaschy, M.H. and Sharifi Ashour Abadi, E. 2004.** Application of physiological growth indices for suitable harvesting of *Hypericum perforatum*. *Pajouhesh & Sazandegi J.*, 65:65-75. (In Persian).
- Leblance, P.V., Gupta, U.C. and Christic, B.R. 1997.** Zinc nutrition of silage corn grown on acid podzols. *J. of plant Nutr.*, 20 (213): 345-353.
- Lee, J. 2002.** Overview of Nanotechnology in Korea–10 years blueprint. *JNR*, 4(6): 473-476.

- Lee, W.M., An, Y.J., Yoon, H. and Kwbon, H.S. 2008.** Toxicity and bioavailability of copper nanoparticles to the terrestrial plants mung bean (*Phaseolus radiatus*) and wheat (*Triticum aestivum*): plant agar test for waterinsoluble nanoparticles. *Environ. Toxic. Chem.*, 27: 1915-1921.
- Lin, C.H. 1996.** Method and sources of applied manganese on converted low-manganese paddy field for soybean. *Bulletin of Hualien District Improvement Station*. No3: 30-35.
- Lin, D. and Xing, B. 2007.** Phytotoxicity of nanoparticles: Inhibition of seed germination and root growth, *Environ. Pollut.*, 150: 243-250.
- Liu, X., Feng, Z., Zhang, S., Zhang, J., Xiao, Q. and Wang, Y. 2006.** Preparation and testing of cementing nano-subnano composites of slow controlled release of fertilizers. *Scientia Agric. Sinica*. 39:1598-1604.
- Lopez-Bucio, J., Cruz-Ramirez, A. and Herrera-Estrella, L. 2003.** The role of nutrient availability in regulating root architecture. *Curr. Opin.*, 6: 280-287.
- Lu, C.M., Zhang, C.Y., Wu, J.Q. and Tao, M.X. 2002.** Research of the effect of nanometer on germination and growth enhancement of *Glycine max* and its mechanism. *Soybean Sci.*, 21: 168-172.
- Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J. 1996.** NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annal of Bot.*, 78: 389-398.
- Maathuis, F.J.M. 2009.** Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Bio.*, 12: 250–258.
- Madani, H., Bakhshkelarestaghi, K., Yarnia, M. and Bazoobani, M. 2007.** The agronomical aspects of zinc sulfate application on soybean in Gonbad region, Iran. *Proceeding of Zinc Crops Conference*, Istanbul, Turkey.
- Malea, P., Kevrekidis, T. and Haritonidis, S. 1995.** The short term uptake of zinc and cell mortality of the sea grass *Halophylla stipulecea*. *Plant Sci.*, 43: 21-30.
- Marita, T., Muldoon, D. 1995.** Effect of irrigation schedules and new spacing on the yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *J. of Oilseed Res.*, 7: 307-308.
- Marschner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press Inc. New York., 881 pp.
- Masonic, A., Evacoli, A. and Mavoti, M. 1996.** Spectral of leaves deficient in iron, sulphur, magnesium and manganese. *Agron. J.*, 88: 937- 943.

- Mortvet, G.G. 1986.** Iron sources and management practices for correcting iron chlorosis problems. *J. Plant Nutri.*, 9: 691-974.
- Movahedi-dehnavi, M., Modares-sanavi, A. and Mokhtassi-bidgoli, A. 2009.** Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower. *Indust. Crops and Products.*, 30 (1): 82-92.
- Ouzuni Douji, A.A., Esfahani, M., Samizadeh Lahiji, H.A. and Rabiei, M. 2008.** Effect of planting pattern and plant density on growth indices and radiation use efficiency of apetalous flowers and petalled flowers rapeseed (*Brassica Bapus* L.) cultivars. *Iranian J. Crop Sci.* 9: 400–328. (In Persian).
- Pandey, N., Pathak, C.G. and Sharma, C.P. 2006.** Zinc is critically required for pollen function and fertilisation in lentil, *J. Trace Elem. Med. Biol.*, 20: 89–96.
- Parker, D.R., Aguilera, J.J. and Thomason, D.N. 1992.** Zinc- phosphorus Interactions in two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum*) grown in chelator-buffered nutrient solutions. *Plant and Soil.*, 143: 163-177.
- Rani, B. and Jose, A.I. 2009.** Studies on the dynamics of potassium and magnesium in okra (*Abelmoschus esculentus* Moench.). *Proc. of the International Plant Nutrition Colloquium XVI*, University of California, Davis.
- Reinboot, T.M. and Blevins, D.G. 1995.** Response of soybean to foliar-applied boron and magnesium and soil-applied boron. *J. of Plant Nutr.*, 18 (1): 179-200.
- Rengel, Z. and Graham, R.D. 1995.** Importance of Zn content for wheat growth on Zn deficient soil. *J. of Plant and Soil.*, 173: 267- 274.
- Ridolfi, M. and Garrec, J.P. 2000.** Consequences of an excess Al and a deficiency in Ca and Mg for stomatal functioning and net carbon assimilation of beech leaves. *Ann. for Sci.*, 57: 209-218.
- Riga, P. and Anaz, M. 2003.** Effect of magnesium deficiency on pepper growth parameters. Implications for the determination of Mg- critical value. *J. Plant Nutr.*, 26: 1581-1593.
- Rion, B. and Alloway, J. 2004.** Fundamental aspects of Zinc in soils and plants. *International Zinc Association.*, 1-128.
- Romig, A. 2004.** Nanotechnology: Scientific challenges and societal benefits and risks. *MMTA* 35(12): 3641-3648.
- Rose, I.A., Felton, W.L. and Banks, L.W. 2005.** Responses of four soybean varieties to foliar zinc fertilizer . *Austr. J. of Exp. Agric. and animal Husbandry.*, 21 (109): 236- 240.

**Rout, D. and Das, P. 2003.** Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism. *Agron. and Soil Sci.*, 23: 10-32.

**Relyea, R. and Hoverman J. 2006.** Assessing the ecology in ecotoxicology: A review and synthesis in freshwater systems. *Ecol Lett J.*, 9: 1157–1171.

**Rout, G.R. and Das, P. 2003.** Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism; Zinc, *Agron. and Soil Sci.*, 23: 3-11.

**Saeedi, G.H. 2008.** The effect of some macro and microelements on grain yield and other agronomic characters on (*Sesamum indicum* L.) in Isfahan. *J. of Sci. and Technol. of Agric. and Natural Res.*, 45: 379-402.

**Sairam, R.K. and Srivastava, G.C. 2001.** Water stress tolerance of wheat *Triticum aestivum* L.: variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotype. *J. Agron and Crop Sci.*, 186:63-700.

**Salardini, A. and Mojtahedi, M. 1978.** Principles of plant nutrition; nitrogen, zinc, iron. Tehran University Press. 2nd edition., 309 pp. (In Persian).

**Sastry, R., Rashmi, H. and Ilyas, S. 2010.** Integrating nanotechnology into agri-food systems research in india: A conceptual framework. *Technol. Forecast. Soc. Change.*, 77 (4): 639-648.

**Sepehr, A. 1998.** Study effect of potassium, magnesium and micronutrients on yield increasing and improving quality of sunflower. Msc thesis of soil science, Faculty of Agronomy, University of Tarbiat Modares., 108 pp.

**Scott, N.R. 2005.** Nanotechnology and animal health. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 24: 42-432.

**Shabala, S. and Hariadi, Y. 2005.** Effect of magnesium availability on the activity of plasma membrane ion transporters and light-induced responses from broad bean leaf mesophyll. *Planta.*, 221: 56-65.

**Sharma, P.N., Chatterjee, C., Agrawala., S.C. and Sharma, C.P. 1990.** Zinc deficiency and pollen fertility in maize (*Zea mays*). *Plant and Soil.*, 124: 221- 225.

**Sharma, C.P., Mehrorta, S.C., Sharma, P.N. and Bisht, S.S. 1984.** Water stress induced by zinc deficiency in cabbage. *Curr. Sci.*, 53: 44-45.

**Shaviv, A. 2000.** Advances in controlled release of fertilizers. *Adv. in Agron.*, 71:1-49.

**Shaul, O. 2002.** Magnesium transport and function in plants: the tip of the iceberg. *BioMetals.*, 15: 309–323.

- Sinharoy, A., Samul, R.C., Ahasan, A.K.M.N. and Roy, B. 1990.** Effect of different sources and level of nitrogen on yield attributes and seed yield of sesame varieties. *Environ. Ecol.*, 8: 211-215.
- Stampoulis, D., Sinha, S.K. and White, J.C. 2009.** Assay-dependent phytotoxicity of nanoparticles to plant. *Environ. Sci. Technol.*, 43: 9473-9479.
- Stoyanova, Z. and Doncheva, S. 2002.** The effect of zinc supply and succinate treatment on plant growth and mineral uptake in pea plant, *Plant physiol.*, 14 (2): 111-116.
- Takacs-Hajus, M. and Kiss, A.S. 2004.** The effect of mg-sulphate foliar fertilization on economic qualities of different garden pea varieties. *Acta Agronomica.*, 363: 44-50.
- Tavallayi, V., Rahemi, M., Maftoon, M., Panahi, B., Karimi, S., Ramezani, A. and Vaezpoor, M. 2009.** Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. *Sci. Hort.*, 123: 272-279.
- Teixeira, I.R., Borem, A., Andrade Araujo, G.A., Lucio, R. and Fontes, F. 2004.** Manganese and zinc leaf application on common bean on a cerrado soil. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 61 (1): 77-81.
- Tewari, R.K., Kumar, P., Tewari, N., Srivastava, S. and Sharma, P.N. 2004.** Macronutrient deficiencies and differential antioxidant responses- influence on the activity and expression of superoxide dismutase in maize. *Plant Sci.*, 166: 687-694.
- Tewari, R.K., Kumar, P. and Sharma, P.N. 2006.** Magnesium deficiency induced oxidative stress and antioxidant responses in mulberry plant. *Sci.Hort.*, 108: 7-14.
- Thalooth, A.T., Tawfik, M.M. and Magda Mohamed, H. 2006.** A Comparative study on the effect of Foliar Application of Zinc, Potassium and Magnesium on Growth, Yield and Some Chemical Constituents of Mungbean Plants Grown under Water Stress Conditions, *World J. of Agric. Scie.*, 2 (1): 37-46
- Thomas, H., Ougham, H.J., Wagstaff, C. and Stead, A.D. 2003.** Defining senescence and death. *J. Exp. Bot.* 54, 1127–1132.
- Togay, N., Togay, Y., Mesuil-Cimrin, K. and Turan, M. 2008.** Effects of *rhizobium inoculation*, sulfur and phosphorus application on yield, yield components and nutrient uptake in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Afric. J. of Biotech.*, 776-782.
- Toolenaar, M. and Bruulsema, T.W. 1998.** Efficiency of maize dry matter production during periods of complete area. Expansion. *Agron. J.*, 80: 802- 807.
- Torun, A., Gultekin, I. and Kalayci, M. 2001.** Effects of zinc fertilization on grain yield and shoot concentration of zinc, boron and phosphorus of 25 wheat cultivars grown on a zinc- deficient and boron- toxic soil. *Plant Nutrit.*, 1817-1829

**Tripathi, B.N., Mehta, S.K., Amar, A. and Gaur, J.P. 2006.** Oxidative stress in *Scenedemus* sp. During short and long-term exposure to Cu and Zn. *Chemosphere.*, 62: 538-544.

**Turner T.L., Bourne, E.C., Von Wettberg, E.J., Hu, T.T. and Nuzhdin, S.V. 2010.** Population resequencing reveals local adaptation of *Arabidopsis lyrata* to serpentine soils. *Nature Genetics.*, 42: 260–263.

**Vankhadeh, S. 1999.** Response of sunflower to applied Zn, Fe, P, N. *Nes. s. zz.*, (1): 143–144.

**Verma, D. P. 1997.** Balanced fertilization for sustainable productivity of tea. *Fertilizer News.* 42 (4): 113-125.

**Wahab, A.E. and Mohamed, A. 2007.** Effect of nitrogen and magnesium fertilization on the production of *Trachyspermum ammi* L. (Ajowan) plants under Sinai conditions. *J. of Appl. Sci. Res.*, 3: 8. 781-786.

Warad, H. and Dutta, J. 2005. Nanotechnology for agriculture and food systems: A view: *Microelectronics, School of advanced technilgyies, Asian Institute of Technol.* 23: 27-30.

**Wissuwa, M., Ismail, A.M. and Graham, R.D. 2008.** Rice grain zinc concentrations as affected by genotype native soil-zinc availability, and zinc fertilization. *Plant Soil*, 306: 37-48.

**Zeidan, M.S., Hozayn, M. and AbdEl-Salam, M.E.E. 2006.** Yield and quality of lentil as affected by micronutrient deficiencies in sandy soils. *J. of Appl. Sci. Res.*, 2 (12): 1342-1345.

**Zhang, L., Hong, F., Lu, S. and Liu, C. 2005.** Effect of nano-TiO<sub>2</sub> on strength of naturally aged seeds and growth of Spinach. *Biol. Trace Element Res.*, 105:83-91.

**Zhi-xin, Y., Shu-qing, L., Da-wei, Zh. and Sheng-dong, F. 2006.** Effect of cadmium, zinc and lead on soil enzyme activities. *J. of Environ. Sci.*, 6: 1135-1141.

**Ziolek, E., Ziolek, W., Deson, B.B. and Kulig, B. 1992.** Effect of microelement fertilization on the yields of bean as related to magnesium fertilization and soil liming. *Acta agrica et silvestria.*, 30: 70-81.

## Abstract

Providing the nutrient elements for the plants in order to produce plant product and also make human population security is one of the most important issue now a days. Among different elements, zinc (Zn) and magnesium (Mg) are vital for the plant nutrition any play a basic role for activating many enzymes. Moreover, they are involved in protein and RNA synthesis and also they have a key role in chlorophyll production. Regarding to the importance of these elements in the plant photosynthesis process, an experiment was performed for the evaluation of the efficacy of spraying on the morphological and physiological characterizes of black eye bean at the faculty of agriculture in Shahrood university of technology. Experimental treatment were: 1. Zinc oxide at the three following level: zero, 6 gram per liter from nano Zn and the same concentration from common Zn. 2. Magnesium oxide at the five following level: zero, half and one percent from nano Mg and the same amount of common Mg. The experimental design was factorial on the basis of randomized complete blocks with three replications. The treatment was conducted in two stages on 65 and 70 days after planting. The result showed that application of nano Mg alone in the most cases had a negative effect on the dry weight of the leaves, petioles and stems, comparing to the control. Spraying of common Zn + common Mg (at both concentrations) increased stem length compared to control. The highest stem diameter resulted from the application of common Zn + 1 percent nano Mg with mean 12.24 mm, which was not significantly different from control. Maximum number of lateral branches (5.88 branches) resulted with spraying nano Zn alone that was equal with result of combination regular Zn + 0.5 percent regular Mg. Application regular Zn in order Mg levels was the negative effect on this trait. Maximum yield was obtained from the application of Zn and Mg at the maximum concentration, Which was about 3864.76 kg/h. The relative water content was increased at the different levels of Mg with nano Zn spraying. The maximum amount of protein in the bean (22.78 percent) was observed in the application of 1 percent nano Mg alone, that increase 2.28 percent compared with control. The leaves chlorophyll content was maximum at the some treatment in the early stage of growth while at the end of growth season, the chlorophyll content was maximum in the application of regular Zn + 1 percent nano Mg, comparing to others. In\_general, foliar application of nano Zn and nano Mg had the negative effect at the most morphological characterizes. That could be due to the toxicity of these particles.

Key word: black eye bean, spraying, nano zinc, nano magnesium.





**Shahrood University Of Technology**  
**Faculty Of Agronomy Science**

Thesis M.Sc

**The effect of foliar application of zinc and magnesium nano particles  
on some morphological and physiological traits in *vigna sinensis* L.**

**Mobarakeh Talezadeh**

Supervisors

**Dr. Mehdi Baradaran Firouzabadi**

**Dr. Mojtaba Mamarabadi**

Advisors

**Dr. Naser Farokhi**

**Dr. Manuchehr Gholipoor**

January 2013