بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی زراعت

اثر محلول‌پاشی پیریدوکسین، پانتوتنیک اسید و عنصر روی بر خصوصیات کمی و کیفی لوبیا سبز

نگارنده: نسترن حیدری خوشکاروندانی

اساتید راهنما

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

دکتر حسن مکاریان

بهمن ۱۳۹۶

شماره: ۳۰۴/ک
تاریخ: ۱۳۹۶/۱۱/۱۶

باسمه‌تعالی

دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

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

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای نسترن حیدری خوشکاروندانی با شماره دانشجویی ۹۴۰۶۴۱۴ رشته مهندسی کشاورزی/زراعت گرایش زراعت تحت عنوان اثر محلول‌پاشی پیریدوکسین، پانتوتنیک اسید و عنصر روی برخصوصیات کمی و کیفی لوبیا سبز که در تاریخ ۱۳۹۶/۱۱/۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

قبول (با درجه: عالی) ☑ **مردود** ☐

نوع تحقیق: **نظری** ☐ **عملی** ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	دکتر مهدی برادران فیروزآبادی	دانشیار	
۲- استادراهنمای دوم	دکتر حسن مکاریان	دانشیار	
۳- استاد مشاور	ـــــ	ـــــ	ـــــ
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر مهدیه پارسائیان	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر احمد غلامی	دانشیار	
۶ـ استاد ممتحن دوم	دکتر محمدرضا عامریان	دانشیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر محمدرضا عامریان

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

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

پروردگارا

نه می توانم موهایشان را که در راه عزت من سفید شد، سیاه کنم و نه برای دستهای پینه بسته شان که ثمره تلاش برای افتخار من

است، مرهمی دارم. پس توفیقم ده که هر لحظه شکرگزارشان باشم و ثانیه های عمرم را در عصای دست بودنشان بگذرانم.

در کمال افتخار و امتنان تقدیم می نمایم به

پدر و مادرم

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند.

از استاد اندیشمند و فرهیخته جناب آقای دکتر مهدی برادران فیروزآبادی که همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داده اند و در تمامی این مدت با بردباری مرا راهنمایی فرمودند و بی شک انجام مراحل مختلف این پایان نامه بدون حمایت و پشتیبانی ایشان امکان پذیر نبود کمال تشکر و قدردانی را دارم. از استاد گرامی جناب آقای دکتر حسن نگاریان به دلیل همیاری ها و راهنمایی های ارزشمندشان سپاسگزارم.

از همدلی و مساعدت های، همکلاسی ها و دوستان عزیزم بی نهایت قدردانی می نمایم و برای تمامی این عزیزان سلامتی و توفیق در مسیر زندگی از خداوند بلندمرتبه مسئلت دارم.

نسترن حیدری

بهمن ۱۳۹۶

تعهد نامه

اینجانب **نسترن حیدری خوشکاروندانی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **زراعت دانشکده‌ی کشاورزی بسطام دانشگاه صنعتی شاهرود** نویسنده پایان‌نامه **اثر محلول‌پاشی پیریدوکسین، پانتوتنیک اسید و عنصر روی بر خصوصیات کمی و کیفی لوبیاسبز** تحت راهنمائی **دکتر مهدی برادران فیروزآبادی و دکتر حسن مکاریان** متعهد می شوم.

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

.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

اکثر فرآیندهای ضروری مانند فتوسنتز، بیوسنتز مواد آلی، شکل‌گیری آنزیم‌ها، تقسیم سلولی و همچنین جذب آب و مواد غذایی تا حد زیادی وابسته به ویتامین‌های گروه B می‌باشند. این ویتامین‌ها دارای نقش آنتی اکسیدانی در برابر تنش‌های اکسیداتیو می‌باشند. امروزه پژوهش‌هایی در خصوص محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به‌ویژه روی و ویتامین‌های گروه B برای تخفیف و کاهش اثرات نامطلوب محیطی بر گیاهان و بهبود رشد و نمو آن‌ها صورت گرفته است و امید است که این روش‌ها در افزایش محصول تأثیر داشته باشد. به همین منظور آزمایشی در جهت مطالعه تأثیر محلول-پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی بر خصوصیات کمی و کیفی لوبیا سبز در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی پیریدوکسین در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام)، اسید پانتوتنیک در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام) و عنصر روی در دو سطح (صفر و ۶ گرم در لیتر) بودند. که به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. محلول‌پاشی با غلظت‌های مورد نظر قبل از گلدهی انجام شد. نتایج نشان داد محلول‌پاشی پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام افزایش معنی-داری را نسبت به سایر تیمارها در تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، مقدار نسبی آب برگ، قند محلول و عملکرد پروتئین ایجاد کرد. اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام سبب افزایش وزن خشک غلاف، تعداد دانه در غلاف، عملکرد سبز، عملکرد دانه، رنگدانه‌های برگ، فلاونوئید و عملکرد پروتئین شد. عنصر روی نیز موجب افزایش برخی از صفات فیزیولوژیک نظیر کلروفیل a، کلروفیل کل و فلاونوئید گردید. اثر متقابل پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام موجب بهبود صفات طول ساقه، کلروفیل b، عملکرد سبز و عملکرد دانه گردید. اثر متقابل پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام در عنصر روی سبب افزایش صفات تعداد دانه در غلاف، عملکرد، فلاونوئید و عملکرد پروتئین گردید. همچنین اثر توأم اسیدپانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و عنصر روی موجب بهبود قطر ساقه، عملکرد سبز، عملکرد دانه، رنگدانه-های برگ، مقدار نسبی آب برگ و عملکرد پروتئین گردید. به‌طور کلی در محدوده آزمایش انجام شده پیریدوکسین با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک با غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام تأثیر بیشتری بر صفات مورد بررسی داشت و محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی موجب بهبود اکثر صفات زراعی، فیزیولوژیکی و کیفی لوبیا سبز شد.

کلمات کلیدی: اجزای عملکرد، حبوبات، صفات فیزیولوژیک، ویتامین B

مقالات مستخرج از پایان‌نامه

تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، پانتوتنیک اسید و عنصر روی بر صفات فیزیولوژیک لوبیا سبز. پنجمین کنفرانس ملی فیزیولوژی گیاهی ایران- زنجان. ۹-۸ شهریور ۱۳۹۶.

تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، پانتوتنیک اسید و عنصر روی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا سبز. پنجمین کنفرانس ملی فیزیولوژی گیاهی ایران- زنجان. ۹-۸ شهریور ۱۳۹۶.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه ۱

فصل دوم: بررسی منابع ۵

۲-۱- حبوبات ۶

۲-۲- لوبیا سبز ۷

۲-۲-۱- گیاه‌شناسی ۷

۲-۲-۲- خصوصیات اکولوژیکی ۷

۲-۲-۳- نیاز غذایی ۸

۲-۲-۴- ارزش غذایی ۸

۲-۳- نقش ویتامین‌ها در تغذیه انسان ۹

۲-۴- نقش ویتامین‌ها در رشد و نمو گیاهان ۱۰

۲-۵- نقش ویتامین‌های گروه B در رشد و نمو گیاهان ۱۱

۲-۷- پیریدوکسین ۱۲

۲-۸- اسید پانتوتنیک ۱۴

۲-۶- محلول‌پاشی ۱۴

۲-۶-۱- ضرورت‌های محلول‌پاشی ۱۶

۲-۶-۲- نکات کلیدی در فرآیند محلول‌پاشی ۱۷

۲-۹- روی ۱۸

۲-۹-۱- نقش روی در سلامتی انسان ۱۸

۲-۹-۲- نقش عنصر روی در رشد و نمو گیاهان ۱۹

فصل سوم: مواد و روش‌ها ۲۱

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش ۲۲

۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش ۲۲

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی ۲۳

۳-۴- عملیات اجرایی ۲۴

۳-۴-۱- آماده سازی بستر و کاشت ۲۴

۳-۴-۲- داشت ۲۵

۳-۴-۳- محلول‌پاشی ۲۵

۳-۴-۴- برداشت ۲۵

۳-۵- نمونه‌برداری ۲۶

۳-۶- اندازه‌گیری صفات زراعی ۲۶

۳-۶-۱- طول و قطر ساقه ۲۶

۲-۶-۳- وزن خشک برگ، ساقه و غلاف ۲۶
۳-۶-۳- شاخص سطح برگ ۲۷
۴-۶-۳- عملکرد سبز، اجزای عملکرد و عملکرد نهایی ۲۷
۷-۳- اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک ۲۷
۱-۷-۳- میزان کلروفیل و کاروتنوئید ۲۷
۲-۷-۳- مقدار نسبی آب برگ ۲۸
۳-۷-۳- قند محلول برگ ۲۹
۴-۷-۳- فلاونوئید برگ ۳۰
۸-۳- اندازه‌گیری صفات کیفی ۳۰
۱-۸-۳- غلظت عنصر روی ۳۰
۲-۸-۳- درصد و عملکرد پروتئین دانه ۳۱
۹-۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها ۳۲
فصل چهارم: نتایج وبحث ۳۳
۱-۴- تجمع ماده خشک برگ، ساقه و غلاف ۳۴
۱-۱-۴- وزن خشک برگ ۳۴
۲-۱-۴- وزن خشک ساقه ۳۵
۳-۱-۴- وزن خشک غلاف ۳۵
۲-۴- شاخص سطح برگ ۳۶
۳-۴- قطر ساقه ۳۷
۴-۴- طول ساقه ۳۸
۵-۴- عملکرد و اجزای عملکرد ۳۹
۱-۵-۴- عملکرد سبز (وزن غلاف تازه) ۳۹
۲-۵-۴- تعداد غلاف در بوته ۴۱
۳-۵-۴- تعداد دانه در غلاف ۴۳
۴-۵-۴- وزن صد دانه ۴۴
۵-۵-۴- عملکرد نهایی ۴۶
۶-۴- صفات فیزیولوژیک ۵۰
۱-۶-۴- رنگدانه‌های برگ ۵۰
۱-۱-۶-۴- کلروفیل a ۵۰
۲-۱-۶-۴- کلروفیل b ۵۲
۳-۱-۶-۴- کلروفیل کل ۵۴
۴-۱-۶-۴- کاروتنوئید ۵۶
۲-۶-۴- مقدار نسبی آب برگ ۵۷
۳-۶-۴- قند محلول برگ ۵۹
۴-۶-۴- میزان فلاونوئید ۶۰
۷-۴- صفات کیفی ۶۲

۱-۷-۴- میزان روی موجود در غلاف ۶۲
۲-۷-۴- درصد پروتئین دانه ۶۴
۳-۷-۴- عملکرد پروتئین ۶۵
۸-۴- نتیجه‌گیری ۶۹
۹-۴- پیشنهادات ۷۰
پیوست ۷۱
منابع ۸۵

فهرست شکل‌ها

شکل **صفحه**

شکل ۳-۱- نقشه کشت طرح آزمایشی پیریدوکسین ۲۴

شکل ۳-۲- منحنی استاندارد قند محلول در طول موج ۴۸۳ نانومتر ۲۹

شکل ۳- ۳- منحنی استاندارد غلظت عنصر روی ۳۱

شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی ۳۵

شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک ۳۶

شکل ۴-۳- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی ۳۸

شکل ۴-۴- مقایسه میانگین طول ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۳۹

شکل ۴-۵- مقایسه میانگین عملکرد سبز تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۴۱

شکل ۴-۶- مقایسه میانگین عملکرد سبز تحت تأثیر ترکیب تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی ۴۱

شکل ۴-۷- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر ترکیب تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۴۲

شکل ۴-۸- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک ۴۴

شکل ۴-۹- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی ۴۴

شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۴۶

شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی ۴۶

شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۴۸

شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی ۴۹

شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی ۴۹

شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۵۱

شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی ۵۱

شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۵۳

شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی ۵۳

شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی ۵۴

شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۵۵

شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی ۵۵

شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۵۷

شکل۴-۲۳- مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی ۵۷

شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین مقدار نسبی آب برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین ۵۸

شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین مقدار نسبی آب برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی..... ۵۹
شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین قند محلول برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین ۶۰
شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین فلاونوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۶۱
شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین فلاونوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی ۶۲
شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین میزان روی در غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۶۳
شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین میزان روی در غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی..... ۶۴
شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی..... ۶۵
شکل ۴-۳۲- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۶۷
شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی ۶۷
شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی ۶۸

فهرست جداول

جدول | صفحه

جدول ۲-۱- مواد غذایی موجود در لوبیا سبز (گرم در ۱۰۰ گرم دانه) ---------- ۹

جدول ۲-۲- املاح معدنی و ویتامین‌های موجود در لوبیا سبز (میلی گرم در ۱۰۰ گرم دانه) ---------- ۹

جدول ۳-۱- خصوصیات خاک محل آزمایش---------- ۲۲

جدول ۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش ---------- ۲۳

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات تجمع ماده خشک در برگ، ساقه و غلاف طول و قطر ساقه و شاخص سطح برگ لوبیا سبز تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی ---------- ۷۲

جدول پیوست ۲– مقایسه میانگین وزن خشک غلاف و طول ساقه تحت تأثیر برهم‌کنش سه جانبه محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی ---------- ۷۳

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا سبز تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسیدپانتوتنیک و عنصر روی- ۷۴

جدول پیوست ۴– مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی ------- ۷۵

جدول پیوست ۵– مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و عملکرد دانه تحت تأثیر برهم‌کنش سه جانبه محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی---------- ۷۶

جدول پیوست ۶- میانگین مربعات رنگدانه‌های برگ لوبیا سبز تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسیدپانتوتنیک و عنصر روی ------- ۷۷

جدول پیوست ۷– مقایسه میانگین رنگدانه‌های برگ لوبیا تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی---------- ۷۸

جدول پیوست ۸– مقایسه میانگین رنگدانه‌های برگ تحت تأثیر برهم‌کنش محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی ----- ۷۹

جدول پیوست ۹- میانگین مربعات مقدار نسبی آب برگ، قند محلول و فلاونوئید تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسیدپانتوتنیک و عنصر روی ---------- ۸۰

جدول پیوست ۱۰– مقایسه میانگین مقدار آب نسبی برگ، قند محلول و فلاونوئید تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی ---------- ۸۱

جدول پیوست ۱۱- میانگین مربعات میزان روی در غلاف، پروتئین دانه و عملکرد پروتئین تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی ---------- ۸۲

جدول پیوست ۱۲– مقایسه میانگین میزان روی در غلاف، پروتئین دانه و عملکرد پروتئین تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی ---------- ۸۳

جدول پیوست ۱۳– مقایسه میانگین مقدار نسبی آب برگ، میزان روی در غلاف و عملکرد پروتئین تحت تأثیر برهم‌کنش سه‌جانبه محلول-پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی ---------- ۸۴

فصل اول

مقدمه

حبوبات بعد از غلات به عنوان مهم‌ترین منبع غذایی بشر به خصوص از نظر پروتئین به شمار می‌آیند و در شرایط مختلف آب و هوایی از معتدل تا گرم کشت می شوند (توماس و همکاران، ۲۰۰۳) لوبیا یکی از گیاهان زراعی مهم خانواده حبوبات است که دانه آن دارای ۲۵-۲۰ درصد پروتئین و ۵۶-۵۰ درصد هیدرات کربن می‌باشد و در مقایسه با غلات ۲ تا ۳ برابر و نسبت به گیاهان نشاسته‌ای ۱۰ تا ۲۰ برابر دانه آن دارای پروتئین است (کاستریلو و تروجیلو، ۱۹۹۴). طبق مطالعات انجام شده استفاده از پروتئین‌های گیاهی می‌تواند اثرات سوء ناشی از کمبود پروتئین را تا حدی از بین ببرد.

با توجه به این‌که بخش وسیعی از خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران به‌دلیل آهکی بودن و pH قلیایی دچار کمبود عناصر ریز مغذی هستند. لذا تأمین کردن این عناصر برای گیاهان ضرورت دارد. محلول‌پاشی یا تغذیه برگی یکی از راه‌های مؤثر در تأمین عناصر کم‌مصرف مورد نیاز گیاهان است (بایبوردی و ملکوتی، ۱۳۸۲). محلول‌پاشی عناصر غذایی از مؤثرترین روش‌های تأمین مواد غذایی گیاهان است و تأثیر بیشتری نسبت به روش‌های کاربرد خاکی به‌ویژه در شرایط نامطلوب خاک دارد (اردال و همکاران، ۲۰۰۴). تغذیه برگی، روشی جهت کاهش تثبیت کودهای شیمیایی در خاک و در نتیجه کاهش خطرات زیست محیطی از جمله کاهش آلودگی خاک و آب است (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۷۹).

امروزه پژوهش‌هایی در خصوص استفاده از ویتامین‌ها برای تخفیف اثرات نامطلوب محیطی بر گیاهان و بهبود رشد و نمو آن‌ها صورت گرفته است. آخرین مطالعات حاکی از آن است که تیمار گیاهان با برخی از ویتامین‌ها در بهبود رشد مؤثر بوده است. ویتامین‌ها می‌توانند به‌عنوان تنظیم-کننده‌های زیستی در غلظت‌های کم تأثیر به‌سزایی در رشد گیاه داشته باشند. این عوامل تنظیم‌کننده بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند سنتز آنزیم‌ها (عبدل همیم، ۱۹۹۵ و هاتوت، ۱۹۹۵) را تحت تأثیر قرار می‌دهند. ویتامین‌ها به‌عنوان یک آنتی اکسیدان می‌توانند یک نیروی محرکه قوی برای مقاومت به تنش‌ها از جمله شوری باشند (جاکم و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین در حفاظت سلول‌های

گیاهی در مقابل پیری و اختلالات مؤثرند (رابینسون، ۱۹۷۳). ویتامین‌های گروه B، ویتامین‌های محلول در آب هستند که برخی از این ویتامین‌ها (مانند تیامین، اسید فولیک، ریبوفلاوین و پیریدوکسین) به طور بالقوه می‌توانند به‌عنوان یک تحریک کننده غیر مستقیم برای ساخت پرولین می‌باشند (بارگرز و همکاران، ۲۰۰۷؛ چن و ژیانگ، ۲۰۰۵). کمپلکس ویتامین B می‌تواند به‌عنوان کوآنزیم در واکنش‌های آنزیمی نقش ایفا کند که توسط کربوهیدرات‌ها، لیپیدها و پروتئین‌ها متابولیز می‌شود و در فتوسنتز و تنفس درگیر می‌شود (هندوی و عزالدین، ۲۰۱۰). یکی از ویتامین‌های محلول در آب ویتامین B_6 است. پیریدوکسین، پیریدوکسال و پیریدوکسامین در مجموع ویتامین B_6 نامیده می‌شوند. این ویتامین به‌عنوان کوفاکتور در بسیاری از واکنش‌های آنزیمی و در متابولیسم اسیدهای آمینه نیاز است (تروتل عزیز و همکاران، ۲۰۰۳). تیمار کردن بذور برخی از غلات با پیریدوکسین، افزایش رشد ریشه و عملکرد محصول را به همراه داشته است (سمیع الله و همکاران، ۱۹۹۱؛ لون و همکاران، ۱۹۹۹). گزارش شده است که مصرف پیریدوکسین سبب افزایش جذب مواد غذایی از خاک و در نتیجه افزایش عملکرد در گیاه زراعی می‌گردد (لون و همکاران، ۱۹۹۹؛ ایوب و همکاران، ۱۹۹۹). ویتامین B_5 یا اسید پانتوتنیک یکی دیگر از ویتامین‌های محلول در آب می‌باشد. که از کلمه پانتوتن به معنای از همه جا ریشه می‌گیرد. منابع این ویتامین در حبوبات و غلات می-باشد. ویتامین B_5 یک روغن زرد غلیظ است که طعم تلخی دارد. بیشتر به همراه کلسیم به صورت بلور سفید رنگی یافت می‌شود. این ویتامین در محیط‌های اسیدی و قلیایی نسبتاً پایدار است. این ویتامین یک آنتی اکسیدان محلول در آب است. به نام‌های پانتول و کلسیم پانتوتنات نیز نامیده می-شود. ویتامین B_5 را ویتامین ضد استرس نیز می‌گویند. اسید پانتوتنیک در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها ضروری است و در سنتز هورمون‌ها نقش دارد.

عنصر روی یکی از عناصر ضروری در تغذیه گیاه می‌باشد (زند و همکاران، ۱۳۸۸). اگرچه روی به مقادیر کم مورد نیاز است اما کلید حیاتی در عملکردهای فیزیولوژیکی گیاه است و موجب تنظیم رشد، فتوسنتز، تشکیل قند، تولید بذر و مکانیسم‌های دفاعی در برابر تنش‌های مختلف می‌شود و

کمبود آن موجب عملکرد و کیفیت پایین‌تر محصولات کشاورزی می‌گردد (طاهر و همکاران، ۲۰۰۹). این عنصر در ساختمان ۲۰۰ نوع آنزیم و پروتئین مشارکت می‌کند و به‌طور غیرمستقیم سبب افزایش رشد گیاه و اسیمیلاسیون می‌شود (سعید و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین روی برای تولید کلروفیل، عمل گرده‌افشانی، لقاح و جوانه‌زنی مورد نیاز است (پاندی و همکاران، ۲۰۰۶ و کاکماک، ۲۰۰۸). این عنصر نقش مهمی در تولید بیوماس بازی می‌کند (کایا و هیگز، ۲۰۰۲ و کاکماک، ۲۰۰۸) و علاوه بر این‌که عملکرد محصولات کشاورزی را افزایش می‌دهد، کیفیت محصولات تولیدی را بالا می‌برد به عنوان مثال کاربرد روی سبب افزایش عملکرد و کیفیت لوبیا سبز شده است (وفایی و همکاران، ۱۳۹۰).

از آن‌جایی که اکثر گیاهان بهاره بخشی از دوره رشد خود را در تابستان طی می‌کنند و شرایط گرم و خشک و تنش‌زای این فصل را تجربه می‌کنند. حتماً فعال شدن مکانیسم‌های دفاعی مختلف در راستای مقابله با صدمات ناشی از تنش‌ها به‌ویژه گونه‌های فعال اکسیژن ضروری خواهد بود که البته هزینه‌هایی را به گیاه تحمیل خواهد نمود. لذا با عنایت به مزایای متعددی که برای ویتامین‌های گروه B و نیز عنصر روی به‌ویژه نقش دفاعی و آنتی اکسیدانی آنها ذکر شد این احتمال وجود دارد که کاربرد خارجی این مواد روی گیاه بتواند به تقویت سیستم دفاعی گیاه کمک نماید و هزینه‌های آن را کاهش دهد. بنابراین بررسی این موضوع در این پژوهش مورد توجه قرار گرفت و کاربرد برگی پیریدوکسین، اسیدپانتوتنیک و روی جهت نیل به اهداف زیر انجام خواهد گردید:

۱- مقایسه اثر تیمار پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی بر رشد، عملکرد و کیفیت لوبیا سبز

۲- یافتن مناسب‌ترین غلظت پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک از لحاظ تأثیرگذاری بر لوبیا سبز

۳- بررسی ترکیبات تیماری حاصل از سطوح مختلف پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی از لحاظ تأثیرگذاری بر خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک لوبیا سبز

فصل دوم

بررسی منابع

۱-۲- حبوبات

حبوبات دانه‌های خشک خوراکی هستند که به خانواده بقولات تعلق دارند. بذر رسیده و خشک این گیاهان دارای ارزش غذایی زیاد بوده و به لحاظ قابلیت نگه‌داری از جمله مهم‌ترین منابع غذایی سرشار از پروتئین به‌شمار می‌روند. حبوبات بعد از غلات به عنوان مهم ترین منبع غذایی بشر به خصوص از نظر پروتئین به شمار می‌آیند و در شرایط مختلف آب و هوایی از معتدل تا گرم کشت می-شوند (توماس و همکاران، ۲۰۰۳). حبوبات از جمله گیاهانی هستند که مقدار زیادی پروتئین، کربوهیدارت، مواد معدنی، آهن، کلسیم، پتاسیم، منیزیم و ویتامین‌ها خصوصاً ویتامین‌های گروه B دارند. در هرم راهنمای غذایی، حبوبات جزو گروه گوشت محسوب می‌شوند، چرا که از نظر پروتئین غنی هستند ولی ارزش پروتئین آن نسبت به گوشت کمتر است که به دلیل کمبود اسیدآمینه‌های گوگرددار در این گیاهان است. حبوبات پروتئین بیشتری نسبت به غلات دارند و از نظر لیزین غنی هستند. محتوای بالای لیزین موجود در حبوبات، کمبود میزان لیزین غلات را جبران می‌کند (وادیوال و جنرهانان، ۲۰۰۱).

کشورهای شبه قاره هند و در رأس آن‌ها هند با ۲۷ درصد مصرف جهانی از جمله بزرگترین مصرف کنندگان حبوبات در جهان می‌باشند. ۶۵ الی ۷۰ درصد کل تولید حبوبات در جهان به مصرف انسان می‌رسد و حدود ۲۵ درصد مورد مصرف دامی است؛ که عمدتاً مربوط به کشورهای توسعه یافته در آمریکا، اروپا و استرالیاست. کشورهای کانادا، میانمار، استرالیا، چین، آمریکا، آرژانتین و فرانسه از بزرگ‌ترین صادرکنندگان حبوبات در جهان می‌باشند. سطح زیر کشت حبوبات در ایران، یک میلیون و دویست هزار هکتار است و با تولید ۷۰۰ هزار تن، پس از غلات از نظر سطح زیر کشت رتبه دوم را به خود اختصاص داده‌اند و نقش مهمی در تأمین پروتئین مورد نیاز مردم ایفا می‌کنند.

۲-۲- لوبیا سبز

۲-۲-۱- گیاهشناسی

لوبیا سبز با نام علمی *Phaseolus vulgaris* L. دارای ۲n=۲۲ کروموزوم و گیاهی خودگشن است. این گیاه دارای پنج گونه زراعی و حدود ۵۰ گونه وحشی است. لوبیا گیاهی یکساله، بالارونده یا بوته‌ای، کمی کرک‌دار، با ریشه عمودی و جانبی توسعه یافته و گاهی دارای گره‌های کروی است. ساقه آن گوشه‌دار یا شبه استوانه‌ای است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). برگ‌های لوبیا متناوب و سه قسمتی است. دمبرگ معمولاً تا ۱۵ سانتی‌متر طول دارد و روی برگ شیاردار است. برگچه‌های پائینی غیرمتقارن، معمولاً بیضوی هستند. گل آذین محوری یا انتهایی و دارای چند گل به رنگ سفید، صورتی، سوسنی یا ارغوانی است. کاسه گل استکانی و جام گل پروانه‌ای شکل می‌باشد. پرچم‌ها به‌صورت دیادلفوس و تخمدان از جوانب فشرده و دارای ۱۲-۴ تخمک است. خامه برگشته به سمت بالا و پیچیده شده با یقه‌ای از کرک‌های ظریف زیر کلاله می‌باشد. کلاله بیضوی و غده‌ای است. شکل غلاف خطی حداکثر به طول ۲۰ سانتی‌متر، راست، گاهی کمی منحنی و یا منقار برجسته است. دانه‌ها تخم‌مرغی شکل و به رنگ سیاه و قهوه‌ای است. جوانه‌زنی بذر به‌صورت برون خاکی است. دو برگ ابتدایی ساده و متقابل و برگ‌های بعدی متناوب و سه برگچه‌ای می‌باشند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۲-۲- خصوصیات اکولوژیکی

لوبیا سبز گیاهی گرمادوست و دمای مطلوب رشد آن ۲۰ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد است. دمای بیشتر از ۴۵ درجه سانتی‌گراد منجر به عدم تشکیل بذر در آن می‌شود و دمای کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد برای رشد آن مناسب نیست. لوبیا سبز گیاهی روز کوتاه است، به‌خوبی سایه‌اندازی را تحمل می‌کند و در کشت‌های درهم به‌خوبی عمل می‌کند. برای رشد کامل آن۱۲۰ تا ۱۳۰ روز وقت لازم است به‌شرط آن که دما هرگز به صفر یا زیر صفر نرسد. درحدود ۲۶ تا ۳۹ روز پس از کاشت

چنانچه طول روز بین۱۰ تا ۱۸ ساعت باشد به گل می‌نشیند. برخلاف سویا کمبود رطوبت را بهتر تحمل می‌کند، البته در شرایط خشک تولید آن به‌شدت کاهش می‌یابد. مخصوصاً در طی گلدهی و پرشدن غلاف‌ها به هوای خشک حساس است. بهترین منطقه کشت آن محلی است که در آخر فصل رشد آن، بارندگی صورت نگیرد. در شرایط گرمسیری و نیمه‌گرمسیری آن را در انواع خاک‌ها کشت می‌کنند ولی قادر به رشد در خاک‌های رسی بافت سنگین با سطح سفره آب زیرزیرمینی بالا نیست. شوری زیاد خاک، به طور قابل توجهی سبب کاهش رشد لوبیا سبز می‌شود. pH مناسب خاک برای این گیاه حدود ۶ الی ۷ است (کوچکی بنایان اول، ۱۳۷۳).

۳-۲-۲- نیاز غذایی

لوبیا سبز در انواع خاک‌ها کاشته می‌شود و در اکثر مناطق عکس العمل خوبی به افزایش نیتروژن نشان می‌دهد. همچنین همانند دیگر حبوبات به فسفر و پتاسیم واکنش نشان می‌دهد و کمبود فسفر سبب کاهش تولید گل در گیاه می‌گردد. پتاسیم محصول لوبیا سبز را افزایش داده و از سخت شدن پوشش بذر آن جلوگیری می‌کند. برای تولید لوبیا پا کوتاه با توجه به مواد غذایی زمین معمولاً حدود ۴۰ گیلوگرم نیتروژن، ۶۰ کیلوگرم فسفات و ۱۲۰ کیلوگرم کودهای پتاسه در هکتار نیاز است. برای لوبیای پابلند مقدار کود نیتروژن بیشتر و حدود ۱۶۰ کیلوگرم کود پتاسه بسته به نوع زمین و مواد موجود درآن در هر هکتار در نظر می‌گیرند. باید توجه داشت که زمین مورد نیاز باید از نظر منیزیم غنی باشد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۴-۲-۲- ارزش غذایی

لوبیا را به‌صورت سبز و یا خشک تهیه می‌نمایند. نوع سبز آن را ممکن است به‌صورت تازه و یا کنسرو شده مصرف نمایند. از نظر مواد غذایی و ویتامین‌ها شبیه نخود فرنگی است. لوبیای خشک

مملو از پروتئین (۲۰ تا ۳۰ درصد)، ویتامین‌ها، فسفر و آهن است (جدول‌های ۲-۱ و ۲-۲). باید توجه داشت که لوبیا را به‌صورت خام نباید مورد مصرف قرار داد. زیرا به دلیل داشتن ماده سمی فاسین می‌تواند اختلالاتی در دستگاه گوارش و سایر اعضای بدن ایجاد کند. این ماده سمی در اثر پخته شدن لوبیا و نیز در اثر تخمیر اسیدهای معده از بین می‌رود (پیوست، ۱۳۸۸).

جدول ۲-۱- مواد غذایی موجود در لوبیا سبز (گرم در ۱۰۰ گرم دانه)

آب	پروتئین	چربی	کربوهیدرات	مواد سلولزی
۹۰/۳	۲/۴	۰/۲	۵/۱	۱/۹

جدول ۲-۲- املاح معدنی و ویتامین‌های موجود در لوبیا سبز (میلی گرم در ۱۰۰ گرم دانه)

کلسیم	فسفر	آهن	منیزیم	پتاسیم	ویتامین A	ویتامین C	ویتامین B_1	ویتامین B_2	ویتامین B_6
۵۵	۴۰	۰/۸	۲۵	۲۵۰	۰/۳۳	۲۰	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۵۷

۲-۳- نقش ویتامین‌ها در تغذیه انسان

ویتامین‌ها مواد مخصوصی هستند که وجود آن‌ها در جیره غذایی کاملاً ضروری است و کمبود آن‌ها منجر به امراض مختلفی می‌شود. ویتامین‌ها ترکیبات آلی هستند که به مقدار خیلی جزئی برای سوخت و ساز مواد غذایی و اعمال حیاتی بدن و رشد و نمو و تندرستی ضرورت دارند. تغذیه ناقص و رژیم غذایی نامناسب سبب کمبود یا فقدان یک یا چند ویتامین می‌شود و به بیماری‌های مختلف مانند بری بری و پلاگر می‌انجامد. ویتامین‌ها سبب تسهیل سوخت‌وساز بدن، اسیدهای آمینه، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها می‌شوند و رشد و نمو و ترمیم سلول‌های بدن را میسر می‌سازند. برخی از ویتامین‌ها سبب جذب مواد غذایی در روده می‌شوند و بعضی نیز به‌عنوان کاتالیزور عمل می‌کنند. عمل آنها روی

بافت‌های اپی تلیال و همچنین استخوان بوده و در مجموع هر کدام از آنها از بروز یک عارضه جلوگیری می‌کند. کلمه ویتامین از واژه یونانی ویتا به معنی زندگی است. ویتامین‌ها را به دو دسته مهم، شامل ویتامین‌های محلول در آب و ویتامین‌های محلول در چربی، تقسیم کرده‌اند. ویتامین E، K، D و A را محلول در چربی و ویتامین C و ویتامین‌های گروه B را محلول در آب دانسته‌اند. علاوه بر مواد معدنی، ویتامین‌ها نیز مورد نیاز بدن هستند؛ زیرا بدون حضور آنها در غذا، سلامتی و تعادل اعضای بدن ناپایدار می‌شود و در اعمال حیاتی اختلالاتی ایجاد می‌گردد و عوارضی بروز می‌کند که گاه منجر به مرگ می‌شود. ویتامین‌ها سوخت و ساز بدن را تنظیم می‌کنند و تنها کمبود یک ویتامین می‌تواند تمام بدن انسان را به مخاطره اندازد.

۴-۲- نقش ویتامین‌ها در رشد و نمو گیاهان

آخرین مطالعات نشان داده‌اند که تیمار گیاهان با برخی از ویتامین‌ها در بهبود رشد مؤثر بوده است. ویتامین‌ها می‌توانند به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های زیستی در غلظت‌های کم تأثیر به‌سزایی در رشد گیاه داشته باشند. این عوامل تنظیم‌کننده بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند سنتز آنزیم‌ها (عبدل همیم، ۱۹۹۵ و هاتوت، ۱۹۹۵) را تحت تأثیر قرار می‌دهند. ویتامین‌ها به‌عنوان یک آنتی اکسیدان می‌توانند یک نیروی محرکه قوی برای مقاومت به تنش‌ها از جمله شوری باشند (جاکم و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین در حفاظت سلول‌های گیاهی در مقابل پیری و اختلالات مؤثرند (رابینسون، ۱۹۷۳). به‌عنوان مثال اسید آسکوربیک (ویتامین C) می‌تواند مقاومت گیاهان را نسبت به تنش‌های شوری و اکسیداتیو افزایش دهد (سالاتا و نیومن، ۲۰۰۱). همچنین نقش مهمی در سیستم انتقال الکترون در گیاهان ایفا می‌کند (بلوخینا و همکاران، ۲۰۰۳). محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و تیامین موجب بالارفتن ارتفاع گیاه، تعداد برگ‌ها، سطح برگ، وزن تر و خشک و ترکیبات شیمیایی در گیاه پنجه غازی گردید (ناهد و همکاران، ۲۰۰۷). در اثر مصرف اسیدآسکوربیک طول ساقه، ریشه

و وزن خشک کل در آفتابگردان به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است (دولت آبادی و ثانوی، ۲۰۰۸). افزایش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی با کاربرد ویتامین‌ها در گیاه برگ انجیری و رازیانه گزارش شده است (حسنین، ۲۰۰۳). تیامین (ویتامین B_1) برای بیوسنتز کوآنزیم تیامین پیرو فسفات لازم است که نقش مهمی در سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها دارد (هنداوی و عز الدین، ۲۰۱۰). این ویتامین بر خصوصیات فیزیولوژیکی و رشدی گیاه اثر دارد (ناهد و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین در اثر محلول‌پاشی تیامین رشد رویشی و ترکیبات شیمیایی رزماری افزایش یافته است (یوسف و طلعت، ۲۰۰۳). آلفا توکروفول (ویتامین E) یک آنتی اکسیدان قوی است که به انتقال الکترون‌ها در کمپلکس فتوسیستم II کمک می‌کند. ال- باسیونی و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که محلول‌پاشی آلفا توکروفول روی گیاه باقلا موجب افزایش پارامترهای رشد، اجزای عملکرد، کلروفیل a، b و کاروتنوئید گردید. همچنین استفاده از آلفا توکروفول باعث افزایش رشد در دو رقم آفتابگردان گردید (سداک و همکاران، ۲۰۱۰). ویتامین E موجب بالا بردن تحمل گیاهان نسبت به عوارض جانبی تنش‌های زنده و غیرزنده مانند رطوبت و شوری در عملکرد و رشد گیاهان می‌شود (دمیرل و تورکان، ۲۰۰۵). محلول‌پاشی آلفا توکروفول موجب بهبود خصوصیات رشدی گیاه باقلا نیز گردیده است (بوش، ۱۹۹۵).

۵-۲- نقش ویتامین‌های گروه B در رشد و نمو گیاهان

اکثر فرآیندهای فیزیولوژیکی ضروری مانند فتوسنتز، بیوسنتز مواد آلی، شکل‌گیری آنزیم‌ها، تقسیم سلولی و همچنین جذب آب و مواد غذایی تا حد زیادی وابسته به ویتامین‌های گروه B می‌باشند. این ویتامین‌ها دارای نقش آنتی اکسیدانی در برابر تنش‌های اکسیداتیو می‌باشند و همچنین مسئول ترشح و بیوسنتز هورمون‌های طبیعی و افزایش تحمل به تنش‌ها می‌باشند (رابینسون، ۱۹۷۳ و سمیع الله و همکاران، ۱۹۸۸). هنداوی و عزالدین (۲۰۱۰) گزارش کردند که ویتامین‌های گروه B به‌عنوان کوآنزیم در متابولیز کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها نقش دارند. ویتامین‌های گروه B

یک فاکتور ضروری برای متابولیسم اسیدهای آمینه و سنتز آنتی بیوتیک می‌باشند و یک نیاز برای رشد و تمایز برخی از گونه‌های گیاهی است (دولت آبادیان و ثانوی، ۲۰۰۸). گزارش شده است که کاربرد خارجی ویتامین C (دولت‌آبادیان و همکاران، ۲۰۰۸)، ویتامین E (جون و مونه بوچ، ۲۰۱۰) و ویتامین B (تیتز و همکاران، ۲۰۰۶؛ چن و یانگ، ۲۰۰۵) موجب افزایش ظرفیت مقابله برابر تنش‌های غیرزنده و کاهش استرس‌های اکسیداتیو در گیاهان می‌شوند. اثرات مفید استفاده از ویتامین‌های گروه B روی محصولات باغی به اثبات رسیده است (هیل، ۱۹۵۱؛ اریتیلی، ۱۹۸۷؛ اپستاین، ۱۹۹۹) و همچنین موجب افزایش کیفیت و عملکرد میوه محصولات باغی نیز گردیده است (گوبارا، ۲۰۰۴؛ رجب، ۲۰۰۴؛ جمال، ۲۰۰۶).

۷-۲- پیریدوکسین

ویتامین B_6 از ویتامین‌های محلول درآب است که به حرارت و اسید مقاوم می‌باشد، البته اکسیداسیون، قلیا و نور ماورای بنفش به ویتامین B_6 آسیب می‌رساند. حالت کوآنزیمی این ویتامین پیریدوکسال فسفات (PLP) است که در حضور فسفات و به کمک آنزیم پیریدوکسال کیناز از پیروکسیدین، پیریدوکسال و پیریدوکسامین (اشکال مختلف B_6) به‌دست می‌آید و نقش بسیار مهمی در واکنش‌های بیوشیمیایی از جمله متابولیسم پروتئین، انتقال دهنده‌های عصبی، گلیکوژن فسفریلاز و غیره دارد. پیریدوکسین به مقدار فراوان در جگر، گوشت، زرده‌ی تخم‌مرغ، گیاهک گندم، میوه‌های آجیلی، ملاس، مخمر و برگ گیاهان یافت می‌شود. این ویتامین در واکنش‌های آنزیمی دخیل است و مصرف پروتئین را در بدن تسهیل می‌کند. در هنگام پخت غذاها، این ویتامین به مقدار قابل توجه وارد بخش مایع غذا می‌شود.

پیریدوکسین به‌عنوان کوفاکتور در بسیاری از واکنش‌های آنزیمی و در متابولیسم اسیدهای آمینه نیاز است (تروتل عزیز و همکاران، ۲۰۰۳). تیمار کردن بذور برخی از غلات با پیریدوکسین،

افزایش رشد ریشه و عملکرد محصول را به‌همراه داشته است (سمیع الله و همکاران، ۱۹۹۱ و لون و همکاران، ۱۹۹۹). همچنین گزارش شده است که مصرف پیریدوکسین سبب افزایش جذب مواد غذایی از خاک و در نتیجه افزایش عملکرد در گیاهان زراعی می‌گردد (لون و همکاران، ۱۹۹۹ و ایوب و همکاران، ۱۹۹۹). طبق تحقیقات انجام شده توسط خان و همکاران (۱۹۹۵) نقش افزایش دهنده‌ی پیریدوکسین در میزان جذب ریشه، موجب افزایش سرعت ظهور برگ می‌شود که این امر به نوبه خود سبب افزایش توان فتوسنتزی و سرعت جذب خالص (NAR) می‌شود. همچنین تیمار پیریدوکسین سبب افزایش میزان سرعت جذب مواد غذایی در ذرت گردیده است (خان و همکاران، ۲۰۰۱). پیریدوکسین بر مقاومت تنش اسمزی و اکسیداسیون مؤثر بوده و مسئول آن ژنی به نام PDXI می-باشد. این ژن در سلول‌های ریشه گیاه مستقر است (دنسلو و همکاران، ۲۰۰۵ و هائو و لیمینگ، ۲۰۰۵). ویتامین B_6 برای رشد و تحمل گیاه به تنش‌های غیرزنده مورد نیاز است (چن و ژیانگ، ۲۰۰۵). این ویتامین به‌مدت طولانی به‌عنوان افزایش دهنده‌ی رشد در گونه‌های مختلف گیاهی شناخته شده است (فرخی، ۲۰۰۵). مطالعات نشان می‌دهد که پیریدوکسین همواره موجب افزایش رشد ریشه گیاهان گردیده است (فانگ و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین به جذب مواد غذایی و بالارفتن عملکرد اقتصادی نیز کمک می‌کند (لون و همکاران، ۱۹۹۹). پیریدوکسین یک متابولیت ضروری در تمام موجودات است. این ویتامین یک کوفاکتور ضروری برای آنزیم‌های مختلف از جمله متابولیسم اسیدآمینه و سنتز آنتی بیوتیک است و به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی مطرح می‌باشد (دولت آبادیان و ثانوی، ۲۰۰۸). پیریدوکسین سبب افزایش درصد جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه، طول ساقه و ریشه ذرت گردید و همچنین تأثیر معنی‌داری بر مقدار کاتالاز و فعالیت آنزیم پراکسیداز نشان داد (ارادتمند و هوشمندفر، ۲۰۰۱). پیریدوکسین موجب بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد در ذرت گردیده است (فرخی و پیکارستان، ۲۰۱۰). تحت تأثیر پیریدوکسین و کود نیتروژن شاخص‌های رشد و میزان کلروفیل برگ‌ها تغییر می‌یابد (خان و همکاران، ۱۹۹۶). برکات (۲۰۰۳) گزارش کرد که تیمار گندم با پیریدوکسین موجب افزایش قابل توجهی در تقسیم سلولی شده است. کاربرد پیش تیمار یا محلول-

پاشی پیریدوکسین سبب افزایش نیترات ریداکتاز برگ و عملکرد دانه گردید (سمیع الله، ۱۹۸۴). طی تحقیقات مختلف انجام شده تیماردهی بذر با پیریدوکسین، افزایش جذب نیتروژن و فسفر در گیاهان گلرنگ، ماش (سمیع الله و همکاران، ۱۹۹۲)، گندم و کلزا (خان و همکاران، ۲۰۰۱) را به همراه داشته است.

۸-۲- اسید پانتوتنیک

ویتامین B_5 یا اسید پانتوتنیک یکی دیگر از ویتامین‌های محلول در آب می باشد. که از کلمه پانتوتن به معنای از همه جا ریشه می گیرد. منابع این ویتامین در حبوبات و غلات می‌باشد. ویتامین B_5 یک روغن زرد غلیظ است که طعم تلخی دارد و بیشتر به همراه کلسیم به‌صورت بلور سفید رنگی یافت می‌شود. این ویتامین در محیط‌های اسیدی و قلیایی نسبتاً پایدار است. این ویتامین یک آنتی اکسیدان محلول در آب است. و به نام‌های پانتول و کلسیم پانتوتنات نیز نامیده می‌شود. به ویتامین B_5 ویتامین ضد استرس هم می‌گویند. اسید پانتوتنیک در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها ضروری است و در سنتز هورمون‌ها نقش دارد.

۶-۲- محلول‌پاشی

تغذیه برگی یا محلول‌پاشی در واقع اسپری کردن عناصر غذایی بر برگ و ساقه‌های گیاه و جذب آن‌ها از این مکان‌هاست (کوپر، ۲۰۰۳) و 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 غیرقابل استفاده برای گیاه می‌گردد. وضعیت خاک‌های کشاورزی ایران بیانگر آن است که مصرف ناآگاهانه کودهای شیمیایی، سطح بسیار پایین موادآلی خاک، قلیائیت و سطح بالای بی‌کربنات محلول در

خاک، تراکم بالا و فشردگی خاک، آهکی بودن خاک، رطوبت محدود در ناحیه رایزوسفری ریشه منجر به عدم قابلیت جذب و جابجایی عناصر غذایی در خاک‌ها شده و سطح عملکرد کوددهی به روش کود آبیاری را به شدت کاهش داده است. مصرف کودها به روش محلول‌پاشی ضمن حفظ جنبه‌های اقتصادی و اثر بخشی سریع، موجب حفظ محیط زیست، ممانعت از تخریب ساختمان فیزیکوشیمیایی خاک و ممانعت از برهم خوردن تعادل مواد غذایی خاک می‌گردد که تمامی آن‌ها در راستای نیل به کشاورزی پایدار بسیار سودمند و مفید می‌باشند. تغذیه از طریق برگ یکی از عملیات متداول برای رساندن موادغذایی از طریق محلول‌پاشی کودهای قابل حل در آب به تمام شاخ و برگ گیاه می باشد. تغذیه برگی شامل استفاده از کود محلول روی شاخ و برگ گیاهان در قالب یک ترکیب غذایی رقیق شده با آب می‌باشد. با محلول‌پاشی، گیاه مواد مغذی را به فرم یونی، از طریق برگ و سایر اندام‌های هوایی جذب می‌کند. تغذیه گیاهان با مواد غذایی مناسب از جنبه‌های مهم حفظ سلامت و عملکرد گیاه محسوب می‌شود. محلول‌پاشی برگی به عنوان یک منبع تأمین کننده مواد مغذی لازم برای گیاه استفاده می‌شود. محلول‌پاشی برگی می‌تواند با تغذیه بهتر، افزایش محصول با کیفیت بالاتر، افزایش مقاومت به حمله بیماری‌ها و آفات و افزایش تحمل به خشکی را موجب گردد. تغذیه برگی بهره‌وری از عناصر غذایی را سریع تر و رفع کمبودهای مشاهده شده را در مدتی کمتر از آن‌چه با تیمارهای خاکی لازم است، امکان پذیر می‌کند. برای کارایی بیشتر، دو یا سه برگ‌پاشی در فواصل کوتاه زمانی لازم است. به‌ویژه وقتی که کمبود موجب توقف شدید رشد گیاه شده باشد (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۱). مشکل اصلی در محلول‌پاشی، 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). محلول‌پاشی عنصر روی به دلیل اینکه این عنصر را زودتر در اختیار گیاه قرار می‌دهد اهمیت زیادی دارد (آلووی، ۲۰۰۳). 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 به‌صورت محلول‌پاشی به‌ترتیب منجر به افزایش ۱۸ و ۳۲ درصدی وزن خشک در مقایسه با شاهد گردید. 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). محلول‌پاشی عنصر روی بیشترین تأثیر را در افزایش میزان روی در برگ‌های ذرت داشت (فرجزاده و همکاران، ۱۳۸۹).

۱-۶-۲- ضرورت‌های محلول‌پاشی

محلول‌پاشی بهترین حالت تغذیه گیاه در مورد خاک‌هایی است که محلول بودن مواد غذایی به دلایل زیر در آن‌ها محدود کننده است: ۱- pH نامطلوب یا ترکیب شیمیایی نامطلوب مواد غذایی ۲- رقابت حاصل شده در خاک در نتیجه تمرکز اضافی مواد ۳- شرایط نامطلوب برای رشد ریشه و جذب مواد غذایی (گودینگ و داویس، ۱۹۹۲). اسیدیته (pH) خاک از عوامل محدود کننده جذب عناصر غذایی است، چرا که عناصر تنها در دامنه pH معینی قابلیت جذب توسط گیاه را دارا می‌باشند. از آنجایی‌که بخش اعظم خاک‌های کشاورزی ایران قلیایی می‌باشند همواره در جذب و جابجایی عناصر در خاک مشکلات متعددی همچون تثبیت عناصر وجود دارد که به‌کارگیری محلول‌پاشی به‌منظور جبران کمبود عناصرغذایی روش مؤثری می‌باشد. در شرایط بروز تنش‌ها و استرس‌های محیطی و برون محیطی همچون سرمازدگی، دمای بالا، شوری، خشکی و غیره به دلیل کاهش فعالیت ریشه، گیاه قابلیت جذب عناصر غذایی را از طریق ریشه از دست می‌دهد و مؤثرترین شیوه تغذیه برگی می‌باشد. محلول‌پاشی باعث می‌گردد که مواد غذایی، جذب گیاه شده و به همه بخش‌های گیاه در زمان کوتاه انتقال یابد، در حالی که مواد غذایی که در خاک به‌کار برده می‌شوند به رطوبت خاک به‌منظور

حل کردن کود نیازمند می‌باشند و در شرایط کمبود رطوبت اکثر این عناصر غذایی در خاک محدود می‌گردند. این در حالی است که تعادل عناصر غذایی در محلول‌پاشی حفظ می‌گردد که این امر در جذب از خاک امکان‌پذیر نمی‌باشد. در اثر محلول‌پاشی، عناصر غذایی در مراحل بحرانی رشد و زمانی که گیاه نیاز بیشتری دارد در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (شوروکس، ۱۹۹۷). تغذیه گیاهی از طریق ریشه یک مسیر طولانی را در گیاه طی می‌کند تا به برگ‌ها و اندام‌های زایشی برسد. در حالی‌که در محلول‌پاشی، عناصر غذایی سریعاً وارد آوند آبکش گیاه شده و به نقاط هدف می‌رسند. در حقیقت محلول‌پاشی یک راه میان‌بر برای تغذیه گیاهی می‌باشد. در دوره‌های بحرانی رشد گیاه همچون زمان رشد سریع گیاه، گل‌دهی و رشد اندام زایشی، در اثر رقابت در جذب کربوهیدرات‌ها بین اندام‌های زایشی و ریشه، از فعالیت ریشه کاسته می‌شود و در نهایت جذب عناصر غذایی کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی تنها راه حل برای تأمین عناصر غذایی گیاه محلول‌پاشی می‌باشد. همچنین محلول-پاشی در مورد عناصری که قابلیت تحرک کمی دارند، کارایی بالایی دارد. زیرا همواره کمبود این عناصر در گیاه مشاهده می‌شود.

۲-۶-۲- نکات کلیدی در فرآیند محلول‌پاشی

در زمان محلول‌پاشی کیفیت آب مصرفی بسیار حائز اهمیت است زیرا شوری و pH بالا موجب رسوب املاح و کاهش کارایی محلول‌پاشی می‌گردد. پس توصیه می‌شود که در هنگام محلول‌پاشی از اصلاح کننده‌ها استفاده گردد و از منابع آب شیرین با درجه سختی کم جهت محلول‌پاشی استفاده گردد. اسیدیته محلول نیز باید کنترل شود معمولاً مناسب‌ترین اسیدیته محلول بین ۶ تا ۸ می‌باشد (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۹ و خوش‌گفتارمنش، ۱۳۸۶). استفاده از مویان‌ها موجب کاهش نیروی کشش سطحی آب شده و در نتیجه قطرات آب حالت پخشیدگی به خود می‌گیرند لذا و سطح تماس برگ با قطرات محلول‌پاشی شده و میزان جذب برگی افزایش می‌یابد. غلظت محلول‌پاشی‌ها بسیار

حائز اهمیت می‌باشد چون که افزایش غلظت علاوه بر احتمال گرفتگی نازل‌ها، موجب سوزش برگ‌ها نیز می‌گردد. در طول روز به‌خصوص زمانی‌که آفتاب به‌صورت عمود بر سطح برگ می‌تابد. روزنه‌ها جهت جلوگیری از تبخیر آب بسته خواهند شد. بر همین اساس بهتر است که محلول‌پاشی‌ها در صبح زود یا عصر که اشعه آفتاب مایل است انجام گیرد. همچنین در دماهای بالا روزنه‌ها بسته شده و کارایی محلول‌پاشی تقلیل می‌یابد. بر این اساس توصیه می‌شود که محلول‌پاشی در دماهای پایین‌تر از ۲۹ درجه سانتی‌گراد صورت گیرد. هنگام محلول‌پاشی باید سرعت وزش باد حداقل باشد و محلول-پاشی باید چند روز پس از آبیاری صورت پذیرد.

۹-۲- روی

۱-۹-۲- نقش روی در سلامتی انسان

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). روی در سنتز DNA، RNA، متابولیزه کردن کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها، دفع دی اکسید کربن و استفاده بهینه از ویتامین A مورد نیاز است. روی فعالیت آنتی اکسیدانی بدن را افزایش داده و مانع از خستگی زودرس در انجام کارهای روزانه می‌شود. همچنین در درمان آسم، بیماری‌های قند، کم‌کاری غدد به‌خصوص غده تیروئید، استرس‌های عصبی و غیره نقش دارد. 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. منابع روی در مواد غذایی دریایی به‌ویژه صدف، میگو و ماهی، جگر، گوشت قرمز و تخم مرغ به مقدار فراوان یافت می-شود. 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 داوودی، ۱۳۸۲).

۲-۹-۲- نقش عنصر روی در رشد و نمو گیاهان

عنصر روی یکی از هفت عنصر کم‌مصرف ضروری برای رشد و نمو گیاهان است که در غلظت‌های زیاد برای گیاهان سمی می‌باشد (آن، ۲۰۰۴). اگرچه روی به مقادیر کم مورد نیاز است اما کلید حیاتی در عملکردهای فیزیولوژیکی گیاه است و موجب تنظیم رشد، فتوسنتز، تشکیل قند، تولید بذر و مکانیسم‌های دفاعی در برابر تنش‌های مختلف می‌شود و کمبود آن موجب عملکرد و کیفیت پایین-تر محصولات کشاورزی می‌گردد (طاهر و همکاران، ۲۰۰۹). نقش اساسی آن مشارکت در ساخت ۲۰۰ نوع آنزیم و پروتئین بوده و کمبود آن فعالیت چندین آنزیم مهم از جمله فسفاتاز، الکل دی هیدروژناز، دیمیدین کیناز، کربوکسی پپتیداز DNA و RNA را کاهش می‌دهد (پراساد، ۱۹۸۴). روی در سنتز تریپتوفان که پیش ماده اکسین است، دخالت دارد (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۷۹). گزارش شده است که در اثر تیمار روی مقدار تریپتوفان در گیاه برنج افزایش یافته است (سینگ، ۱۹۹۱). روی و منگنز از عناصر مهم در واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه هستند که می‌توانند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم سبب افزایش عملکرد محصولات شوند (ملکوتی و همائی، ۱۳۸۳). این عناصر برای رشد طبیعی و تولید مثل گیاهان زراعی ضروری هستند (آلووی، ۲۰۰۴). خامپاریوا (۱۹۹۶) در آزمایشی بیان کرد که استفاده از روی در سویا موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد نیام در هر بوته، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و در نهایت عملکرد دانه می‌گردد. روی در ساخته شدن برخی اسیدهای آمینه، فرآیند فتوسنتز، همانندسازی و بیان ژن‌ها شرکت دارد (باگسی و همکاران، ۲۰۰۷ و گروال و ویلیامز، ۲۰۰۰). این عنصر نقش مهمی در فعال کردن آنزیم‌های آنتی اکسیدان و استفاده از کربن در بیوسنتز مواد مؤثره گیاهان داشته (میسرا و همکاران، ۲۰۰۶) و از این طریق می‌تواند روی خواص آنتی‌اکسیدانی آن‌ها تاثیرگذار باشد. وجود عناصر کم‌مصرف به‌ویژه روی و منگنز در طی مراحل زایشی موجب به‌وجود آمدن بذرهایی با قوه نامیه و ویگور بالا می‌شود (ولچ و گراهام، ۱۹۹۹ و ازتارک و همکاران، ۲۰۰۶). در یونجه گزارش شده است که تغذیه کافی روی، هم در تحمل به خشکی و هم در تنش غرقابی نقشی

اساسی دارد (گروال و ویلیامز، ۲۰۰۰). علی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که محلول‌پاشی و پرایمینگ بذور گندم و ذرت با عنصر ریزمغذی روی، سبب افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و وزن هزاردانه دو گیاه گندم و ذرت گردید.

عنصر روی در بسیاری از فرایندهای متابولیکی گیاه نقش دارد و تنها عنصری است که به‌عنوان فعال کننده و کوفاکتور در ۶ گروه آنزیمی اکسیدردکتاز، ترانسفراز، هیدرولاز، لیاز، ایزومراز و لیگاز نقش دارد (آلود، ۲۰۰۱). روی همچنین عنصری ضروری جهت تولید کلروفیل، فتوسنتز، انجام عمل گرده‌افشانی، لقاح و جوانه‌زنی است. روی در بیوسنتز اکسین به‌عنوان یک هورمون محرک رشد نیز ایفای نقش می‌کند (کایا و هیگس، ۲۰۰۲). مصرف عنصر روی میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهد و سبب توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخه، برگ و عملکرد می‌شود (پیرزاد و همکاران، ۲۰۱۳). عنصر روی در فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تولید هورمون‌های رشد و تشکیل کلروفیل گیاهی دخالت دارد و کمبود آن می‌تواند باعث عدم توازن عناصر غذایی شده و کاهش راندمان مصرف آب و در نهایت، کاهش کیفیت و کمیت محصول را در پی داشته باشد (گوهری و همکاران، ۱۳۸۹). این عنصر نقش اساسی در سنتز پروتئین‌ها، DNA و RNA ایفا می‌کند. کمبود روی فعالیت چندین آنزیم از جمله فسفاتاز، الکل دی هیدروژناز، دیمیدین کیناز، کربوکسی پپتیداز، DNA و RNA را کاهش می‌دهد. این عنصر نقش مهمی در حفاظت از سلول‌های گیاه، در برابر گونه-های واکنش دهنده با اکسیژن (ROS) ایفا می‌کند (شیخ بگلو و همکاران، ۱۳۸۸).

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود- آزادشهر) اجرا شد. شهر بسطام در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ۵۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک است و میانگین بارندگی سالانه در این منطقه حدود ۱۵۴ میلی‌متر است و بارندگی‌ها عمدتاً در فصل پاییز و بهار رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به‌ترتیب ۹/۶- و ۴۰ درجه سانتی‌گراد است.

۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

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

جدول ۳-۱- خصوصیات خاک محل آزمایش

پارامترهای اندازه‌گیری شده	مقدار	واحد
شن	۲۰/۱	درصد
لای	۴۹/۲	درصد
رس	۳۰/۷	درصد
کربن آلی	۰/۴	درصد
نیتروژن کل	۰/۱۰	درصد
پتاسیم قابل جذب	۲۸۰	پی‌پی‌ام
فسفر قابل جذب	۱۰	پی‌پی‌ام
روی	۱/۱	پی‌پی‌ام
هدایت الکتریکی	۱/۵	دسی زیمنس بر متر
اسیدیته اشباع	۷/۸	-

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. فاکتورها شامل محلول‌پاشی پیریدوکسین در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام)، محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام) و محلول‌پاشی عنصر روی به فرم اکسید روی در دو سطح (صفر و ۶ گرم در لیتر) بودند. در مجموع در هر تکرار ۱۸ ترکیب تیماری (جدول۳-۲) وجود داشت و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۵۴ کرت بود (شکل۳-۱).

جدول ۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش

شاهد	$a_1b_1c_1$
پیریدوکسین صفر و اسید پانتوتنیک صفر و روی ۶ گرم در لیتر	$a_1b_1c_2$
پیریدوکسین صفر و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و روی صفر	$a_1b_2c_1$
پیریدوکسین صفر و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر	$a_1b_2c_2$
پیریدوکسین صفر و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام و روی صفر	$a_1b_3c_1$
پیریدوکسین صفر و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر	$a_1b_3c_2$
پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک صفر و روی صفر	$a_2b_1c_1$
پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک صفر و روی ۶ گرم در لیتر	$a_2b_1c_2$
پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و روی صفر	$a_2b_2c_1$
پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر	$a_2b_2c_2$
پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی ام و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام و روی صفر	$a_2b_3c_1$
پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر	$a_2b_3c_2$
پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک صفر و روی صفر	$a_3b_1c_1$
پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک صفر و روی ۶ گرم در لیتر	$a_3b_1c_2$
پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و روی صفر	$a_3b_2c_1$
پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر	$a_3b_2c_2$
پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام و روی صفر	$a_3b_3c_1$
پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر	$a_3b_3c_2$

a_1 b_1 c_1	a_2 b_1 c_2	a_2 b_3 c_2	a_1 b_3 c_1	a_3 b_1 c_2	a_2 b_2 c_2	a_1 b_1 c_2	a_3 b_2 c_2	a_2 b_1 c_1	a_2 b_3 c_1	a_3 b_3 c_1	a_1 b_2 c_2	a_3 b_3 c_2	a_2 b_2 c_1	a_3 b_1 c_1	a_1 b_3 c_2	a_3 b_2 c_1	a_1 b_2 c_1
a_1 b_1 c_2	a_3 b_1 c_1	a_2 b_2 c_1	a_3 b_2 c_1	a_1 b_2 c_2	a_2 b_3 c_1	a_2 b_1 c_2	a_3 b_3 c_2	a_3 b_3 c_1	a_1 b_2 c_1	a_1 b_3 c_2	a_2 b_3 c_2	a_1 b_3 c_1	a_3 b_1 c_2	a_2 b_2 c_2	a_2 b_2 c_2	a_3 b_2 c_2	a_1 b_1 c_1
a_1 b_2 c_1	a_2 b_1 c_1	a_3 b_2 c_2	a_1 b_3 c_2	a_3 b_3 c_1	a_3 b_3 c_2	a_3 b_1 c_2	a_2 b_2 c_2	a_2 b_2 c_1	a_1 b_1 c_1	a_3 b_1 c_1	a_1 b_2 c_2	a_3 b_2 c_1	a_2 b_3 c_1	a_1 b_3 c_1	a_2 b_1 c_2	a_2 b_3 c_2	a_1 b_1 c_2

شکل ۳-۱- نقشه کشت طرح آزمایشی پیریدوکسین: a_1 (صفر)، a_2 (۵۰ پی‌پی‌ام)، a_3 (۱۰۰ پی‌پی‌ام)، پانتوتنیک اسید: b_1 (صفر)، b_2 (۵۰ پی‌پی‌ام)، b_3 (۱۰۰ پی‌پی‌ام) و عنصر روی: c_1 (صفر)، c_2 (۶ گرم در لیتر)

۴-۳- عملیات اجرایی

۱-۴-۳- آماده سازی بستر و کاشت

به‌منظور آماده‌سازی زمین به‌وسیله فاروئر پشته‌هایی به فواصل ۵۰ سانتی‌متر ایجاد گردید. سپس اندازه کرت‌ها در آن مشخص شد و پس از آن جوی‌های آبیاری تعبیه گردید. بذر لوبیا سبز مورد استفاده رقم سانری (رقم هلندی) بود. عملیات کاشت در تاریخ ۲۲ خردادماه ۱۳۹۵ با دست انجام شد. عمق کاشت بذر ۳ تا ۵ سانتی‌متر بود. در هر کرت آزمایشی ۴ خط کاشت به طول ۵ متر با فاصله‌ی ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف و ۱۰ سانتی متر روی ردیف قرار داشت. دو خط کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و صفات مورد نظر از دو خط وسط اندازه‌گیری گردیدند. در محل کاشت ۳ بذر لوبیا سبز قرار داده شد.

۲-۴-۳- داشت

آبیاری به‌صورت جوی و پشته‌ای هر ۷ روز یک بار انجام شد. مقادیر آب مصرفی برای تمام تیمارها تقریباً یکسان بود. دو هفته پس از کاشت وجین علف‌های هرز آغاز گردید. وجین علف‌های هرز با دست انجام گرفت. همچنین علف‌کش سوپر گالانت به میزان توصیه شده برای از بین بردن علف‌های هرز باریک برگ مورد استفاده قرار گرفت. پس از استقرار بوته‌ها تنک کردن بوته‌های اضافی نیز انجام گرفت.

۳-۴-۳- محلول‌پاشی

محلول‌پاشی‌ها ۴۰ روز پس از کاشت، قبل از گلدهی انجام شد. تیمارهای محلول‌پاشی در غلظت‌های مورد نظر که شامل پیریدوکسین در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام)، اسید پانتوتنیک در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام) و عنصر روی در دو سطح (صفر و ۶ گرم در لیتر) طی یک مرحله، در هوای ملایم انجام شد به‌طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند. به‌منظور بهبود جذب برگی از تریتون x100 با غلظت ۰/۰۱ درصد به‌عنوان روکنشگر استفاده شد.

۴-۴-۳- برداشت

برداشت در دو مرحله، یکبار ۷۰ روز پس از کاشت زمانی که غلاف‌ها مصرف تازه خوری داشتند جهت تعیین عملکرد سبز انجام شد و برداشت دوم زمانی که بوته‌ها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بودند، جهت تعیین عملکرد نهایی و اجزای عملکرد، در تاریخ ۱۰ مهر ۱۳۹۵ یعنی ۱۱۳ روز پس از کشت انجام شد.

۳-۵- نمونه‌برداری

دو هفته پس از محلول‌پاشی نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری صفات آغاز گردید. در نمونه‌برداری از هر کرت آزمایشی، تعداد ۴ بوته به‌طور تصادفی برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. قطع بوته‌ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه صورت گرفت. نمونه‌ها پس از برداشت در پاکت قرار داده شدند و جهت تعیین برخی صفات به آزمایشگاه انتقال داده شد. جهت اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک نیز در زمان-های موردنظر و متناسب با هرصفت اقدام به نمونه‌گیری شد.

۳-۶- اندازه‌گیری صفات زراعی

۳-۶-۱- طول و قطر ساقه

طول ساقه اصلی در ۴ بوته از هر کرت بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و پس از میانگین گیری ثبت گردید. قطر ساقه با استفاده از کولیس دیجیتالی روی ۴ بوته اندازه‌گیری و سپس میانگین آن محاسبه شد.

۳-۶-۲- وزن خشک برگ، ساقه و غلاف

نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به بخش‌های برگ، ساقه و غلاف تفکیک شدند و به‌طور جداگانه در پاکت قرار داده شدند و به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند سپس با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. مقادیر به‌دست آمده بر حسب گرم در مترمربع محاسبه گردید.

۳-۶-۳- شاخص سطح برگ

پس از نمونه‌برداری از کرت‌ها، برگ‌ها از بوته‌ها جدا و سطح آن‌ها با استفاده از دستگاه سنجش، سطح برگ‌ها اندازه‌گیری شد. شاخص سطح برگ بر حسب مترمربع سطح برگ به مترمربع سطح زمین محاسبه گردید.

۴-۶-۳- عملکرد سبز، اجزای عملکرد و عملکرد نهایی

وقتی که لوبیاها مصرف تازه خوری داشتند ۷۰ روز پس ازکاشت از هر کرت آزمایش ۴ بوته به منظور تعیین عملکرد سبز برداشت شد. ۱۱۳ روز پس از کشت زمانی‌که بوته‌ها به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رسیدند عملکرد نهایی و اجزای عملکرد شامل تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه محاسبه گردیدند.

۳-۷- اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک

۱-۷-۳- میزان کلروفیل و کاروتنوئید

به منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ، دو هفته پس از محلول‌پاشی به‌طور تصادفی از چند گیاه در هر کرت، از برگ‌های همسن نمونه‌برداری انجام شد. جهت ارزیابی غلظت کلروفیل برگ از روش بدون لهیدگی استفاده شد. بدین ترتیب ۰/۰۱گرم از بافت تازه برگ توزین و به قطعات کوچکی خرد شد. به نمونه‌ها ۶ میلی‌لیتر دی متیل سولفوکسید اضافه شد و محلول حاصل به مدت ۴ ساعت درون حمام آب گرم با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. نمونه‌ها از حمام آب گرم خارج شدند و پس از سرد شدن با قرار گرفتن در اسپکتروفتومتر مدل ۶۳۰۵ Jenway ساخت کشور آلمان، میزان جذب نمونه-های حاوی کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. سپس با استفاده از روابط موجود میزان کلروفیل a، b وکاروتنوئید محاسبه گردید (هیسوکس و ایسریلستام، ۱۹۷۹).

$$Chl\ a\ (\mu g/ml) = (12.25\ A\ 663) - (2.55\ A\ 645)$$ (رابطه ۳-۱)

$$Chl\ b\ (\mu g/ml) = (20.31\ A\ 645) - (4.91\ A\ 663)$$ (رابطه ۳-۲)

$$Chl\ T = chl\ a + chl\ b$$ (رابطه ۳-۳)

$$Car\ (\mu g/ml) = (1000\ A\ 470 - 1.90\ chla - 63.14\ chlb)/214$$ (رابطه ۳-۴)

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

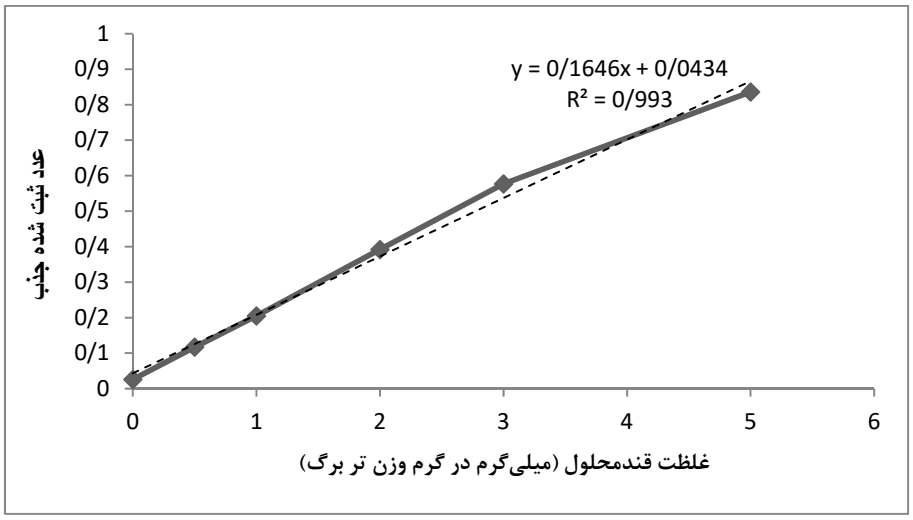
۲-۷-۳- مقدار نسبی آب برگ

به منظور تعیین مقدار آب نسبی برگ، از هر کرت دو بوته به‌طور تصادفی انتخاب شد و از هر بوته یک برگ جوان و کاملاً رشد یافته قطع گردید. برگ‌ها بلافاصله درون پوشش‌های پلاستیکی داخل یخدان قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از توزین با ترازو با دقت ۰/۰۰۱گرم (وزن تر)، به مدت ۲۴ ساعت درون آب مقطر و در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (روش کرامر، ۱۹۸۳). سپس برگ‌ها از آب مقطر خارج و آب روی آن‌ها را با دستمال گرفته و خشک گردیدند و دوباره توزین شدند (وزن اشباع)، در نهایت نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید (وزن خشک). مقدار نسبی آب برگ با استفاده از رابطه ۳-۵ محاسبه شد.

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

۳-۷-۳- قند محلول برگ

از نمونه برگ‌های تهیه شده به اندازه ۰/۱ گرم به‌صورت قطعات کوچک و هم اندازه جدا گردید، سپس این قطعات به فالکن‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر اتانول اضافه شد. فالکن‌ها در یخچال نگه‌داری شدند تا محلول سبز رنگی حاصل شود. سپس نمونه‌ها در بن ماری به مدت ۳۰ دقیقه و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. به‌منظور جدا کردن فاز جامد از مایع، پس از سرد شدن فالکون‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. برای اندازه‌گیری کربوهیدرات محلول با توجه به روش اشلیگل (۱۹۸۶)، ۱ میلی‌لیتر از عصاره حاصل را برداشته و در لوله آزمایش ریخته شد و سپس ۱ میلی‌لیتر فنل (۱ گرم فنل + ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به لوله آزمایش اضافه شد. بعد از خنک شدن نمونه‌ها میزان جذب در طول موج ۴۸۳ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. مقدار قند محلول نمونه با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز ارزیابی شد (شکل۳-۲).



شکل ۳-۲- منحنی استاندارد قند محلول در طول موج ۴۸۳ نانومتر

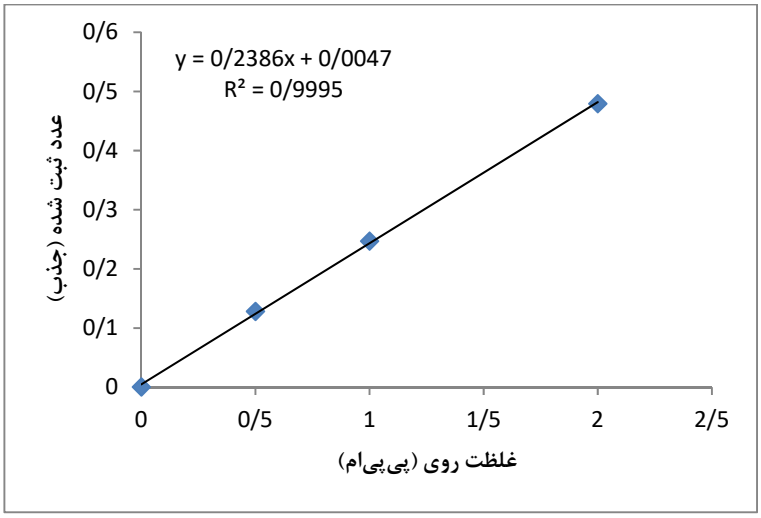
۴-۷-۳- فلاونوئید برگ

برای سنجش فلاونوئید، میزان ۰/۲ گرم از برگ در ۳ میلی‌لیتر اتانول اسیدی (شامل اتانول و اسید کلریدریک به نسبت ۹۹ به ۱) به‌طور کامل سائیده و به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. محلول رویی به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از سرد شدن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۳۰۰ نانومتر خوانده شد (کرزک و همکاران، ۱۹۹۸).

۸-۳- اندازه‌گیری صفات کیفی

۱-۸-۳- غلظت عنصر روی

نمونه‌های خشک شده گیاهی با استفاده از آسیاب پودر گردیدند. مقدار یک گرم از نمونه وزن گردید و درون کروزه (بوته چینی) ریخته شد و درون کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت قرار گرفت. در مرحله بعد به هر یک از نمونه‌ها ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه شد و نمونه‌ها در بن ماری به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن صاف و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. از نمونه‌های صاف شده به مقدار لازم برداشته و میزان عنصر روی با استفاده از دستگاه جذب اتمی (PERKIN ELMER) ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری شد. میزان روی در غلاف با استفاده از منحنی استاندارد غلظت عنصر روی ارزیابی شد (شکل ۳-۳).



شکل ۳- ۳- منحنی استاندارد غلظت عنصر روی

۲-۸-۳- درصد و عملکرد پروتئین دانه

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

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

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

(رابطه ۳-۶) درصد نیتروژن نمونه = (۰/۱۴× A)/وزن نمونه (گرم)

(رابطه ۳-۷) درصد پروتئین نمونه = درصد نیتروژن × ضریب تبدیل پروتئین

A = حجم اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرفی بر حسب میلی لیتر

۹-۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزارهای SAS 9.1 و MSTATC و رسم شکل‌ها توسط نرم افزار EXCEL انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد صورت پذیرفت.

فصل چهارم

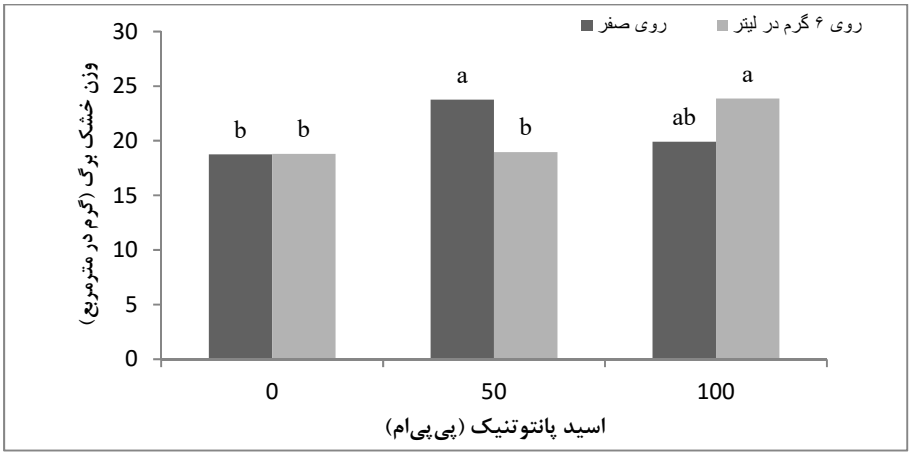
نتایج و بحث

۱-۴- تجمع ماده خشک برگ، ساقه و غلاف

از بین خصوصیات وابسته به رشد، میزان ماده خشک به دلیل اهمیت بیشتر به‌عنوان عاملی تعیین کننده محسوب می‌شود (کوچکی و خواجه‌حسینی، ۱۳۸۷).

۱-۱-۴- وزن خشک برگ

نتیجه حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱) نشان داد که تنها اثر متقابل اسید پانتوتنیک و عنصر روی بر وزن خشک برگ معنی‌دار ($p <$ ۰/۰۵) شد. ترکیبات تیماری از لحاظ تأثیرگذاری بر وزن خشک برگ در شکل ۴-۱ مقایسه شده‌اند. ملاحظه می‌گردد که محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام بدون حضور روی و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام در حضور و عدم حضور روی، در یک سطح آماری قرار گرفتند و موجب افزایش معنی‌داری در این صفت گردیدند. بیشترین افزایش مشاهده شده نسبت به شاهد مربوط به اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر معادل ۲۷/۲۳ درصد بود (شکل ۴-۱). تجمع ماده خشک به‌عنوان یک صفت مهم برای حصول عملکرد بالا در گیاهان مورد توجه است (ساکسنا و همکاران، ۱۹۹۰). طبق گزارش موحدی دهنوی و همکاران (۲۰۰۹) استفاده از روی سبب افزایش ماده خشک در گیاه می گردد. تیمار روی با توجه به اثری که در افزایش کلروفیل و در نتیجه فتوسنتز بیشتر دارد، بر تجمع ماده خشک گیاه در طول فصل رشد مؤثر است (صفیان و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی

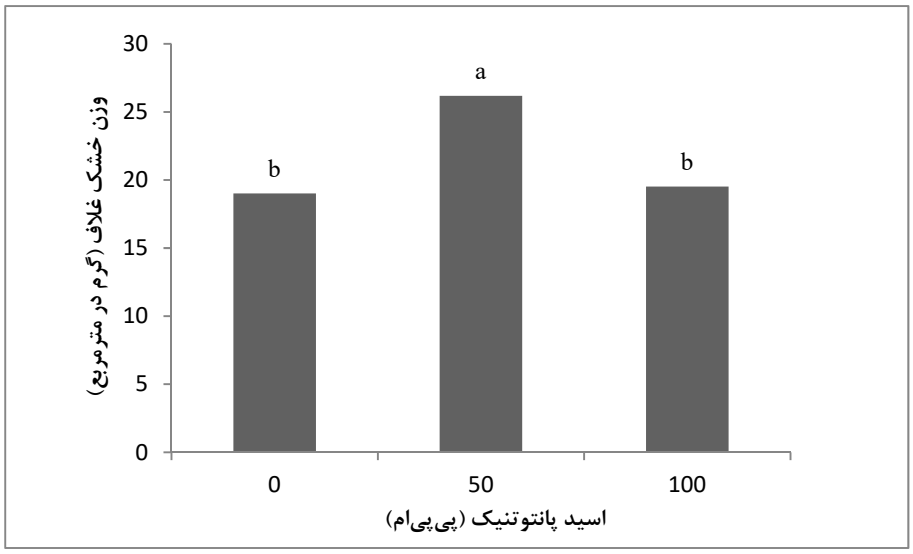
۴-۱-۲- وزن خشک ساقه

نتیجه حاصل از تجزیه واریانس جدول پیوست ۱ نشان داد که اثر هیچ‌کدام از منابع تغییر بر وزن خشک ساقه معنی‌دار نشد.

۴-۱-۳- وزن خشک غلاف

اثر اصلی اسید پانتوتنیک در سطح احتمال ۵ درصد و اثر سه جانبه در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱). همان‌طور که در شکل ۴-۲ مشاهده می‌شود، اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک غلاف گردید و این صفت را ۳۷/۶۴ درصد نسبت به شاهد بهبود بخشید. در حالی‌که افزایش غلظت اسید پانتوتنیک بر وزن خشک غلاف تأثیر معنی‌داری نداشت (شکل ۴-۲). در ترکیب‌های تیماری سه‌جانبه پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر و ترکیب تیماری پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر مقادیر بالاتری از وزن خشک غلاف نسبت به سایر تیمار-ها مشاهده شد و کمترین میزان وزن خشک غلاف در ترکیب تیماری پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر بدون حضور اسید پانتوتنیک حاصل گردید (جدول پیوست ۲). ویتامین‌ها از جمله

ویتامین C و B_1 سبب افزایش وزن خشک اندام گیاهان می‌شوند (ناهد و همکاران، ۲۰۰۷). به‌عنوان مثال محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی‌مولار در شرایط تنش کم آبی موجب افزایش معنی‌دار ۲۵/۰۸ درصدی وزن خشک طبق بارور در گیاه گلرنگ نسبت به عدم استفاده از اسید آسکوربیک در همین شرایط گردید (عرب و همکاران، ۱۳۹۵).



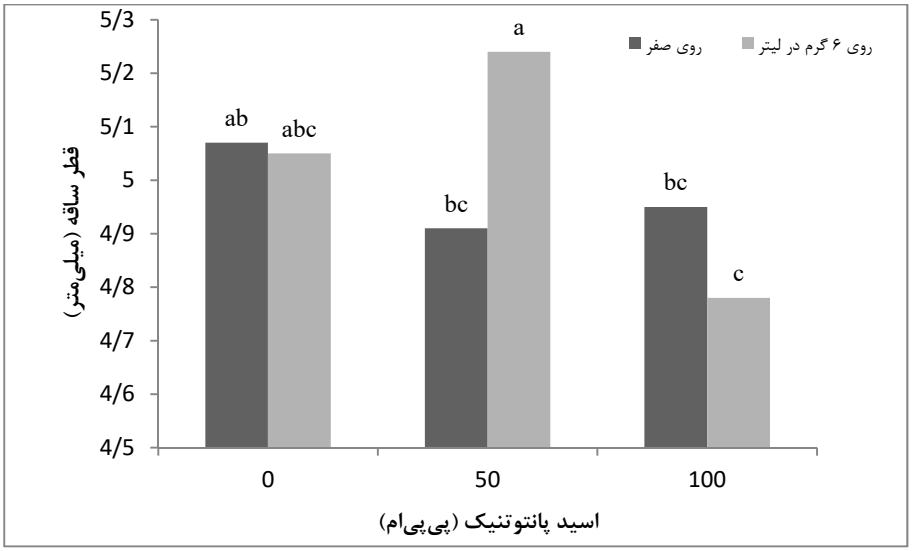
شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک

۲-۴- شاخص سطح برگ

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

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. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر متقابل اسید پانتوتنیک در روی در سطح احتمال ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۱). در بین ترکیبات تیماری مورد مطالعه میزان قطر ساقه بین ۴/۷۸ تا ۵/۲۴ میلی‌متر متغیر بود. گیاهانی که با اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر محلول‌پاشی شده بودند از قطر ساقه بالاتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بودند. قطر ساقه در ترکیب تیماری اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام و عنصر روی ۶ گرم در لیتر کاهش قابل توجهی یافت به‌طوری که این کاهش نسبت به شاهد معنی‌دار بود (شکل ۴-۳). از آنجایی که ویتامین‌ها به‌عنوان افزایش‌دهنده‌ی رشد در گونه‌های مختلف گیاهی شناخته شده‌اند و یک نیاز برای رشد و تمایز گیاهان هستند (دولت‌آبادیان و همکاران، ۲۰۰۸) احتمال می‌رود یکی از دلایل افزایش قطر ساقه، محلول‌پاشی ویتامین‌ها باشد. بهبود شرایط تغذیه‌ای و نقش مثبت آهن و روی می‌تواند در فتوسنتز و عملکرد فتوسیستم‌های نوری در افزایش شاخص‌های رشد از قبیل قطر ساقه مؤثر باشد (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۹). در آفتابگردان بیشترین قطر ساقه در ترکیب تیماری آهن صفر و ۴۰ کیلوگرم روی به‌دست آمد (پیروی، ۱۳۸۰).

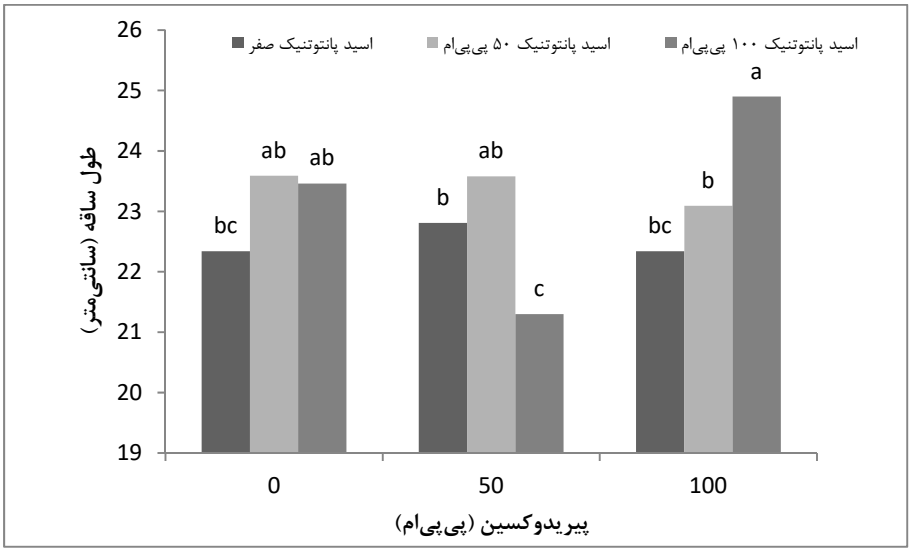


شکل ۴-۳- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی

۴-۴- طول ساقه

از بین منابع تغییر اثر برهم‌کنش پیریدوکسین در اسید پانتوتنیک ($p<۰/۰۱$) و اثر سه جانبه ($p<۰/۰۵$) بر طول ساقه معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱). در بین ۹ ترکیب تیماری مورد مطالعه حاصل از پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک به جز ترکیب تیماری پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام طول ساقه در سایر تیمارها نسبت به شاهد به صورت معنی‌دار و غیرمعنی‌دار بهبود یافت. به‌طوری که در ترکیب تیماری پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی-ام نسبت به تیمار شاهد افزایش ۱۱/۴۵ درصدی مشاهده شد (شکل ۴-۴). در بین ۱۸ ترکیب تیماری مورد مطالعه طول ساقه در ترکیب تیماری پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام و بدون حضور روی بالاترین طول ساقه حاصل گردید. در ترکیب تیماری پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۱۰۰پی‌پی‌ام و در حضور روی ۶ گرم در لیتر کمترین طول ساقه حاصل گردید که با شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول پیوست ۲). از آنجایی که کاربرد ویتامین‌ها موجب بهبود شاخص‌های رشد و افزایش قابل توجهی در تقسیم سلولی می‌گردد (برکات، ۲۰۰۳). می‌تواند یکی از دلایل افزایش طول ساقه کاربرد ویتامین‌ها باشد. همچنین محلول‌پاشی پیریدوکسین در دو غلظت ۵۰

پی‌پی‌ام و ۱۰۰ پی‌پی‌ام در گیاه همیشه بهار نیز موجب افزایش طول ساقه گردید که نسبت به تیمار شاهد افزایش حدود ۱۸ درصدی نشان داد (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۲). در اثر مصرف اسید-آسکوربیک طول ساقه در آفتابگردان به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است (دولت آبادی و ثانوی، ۲۰۰۸).



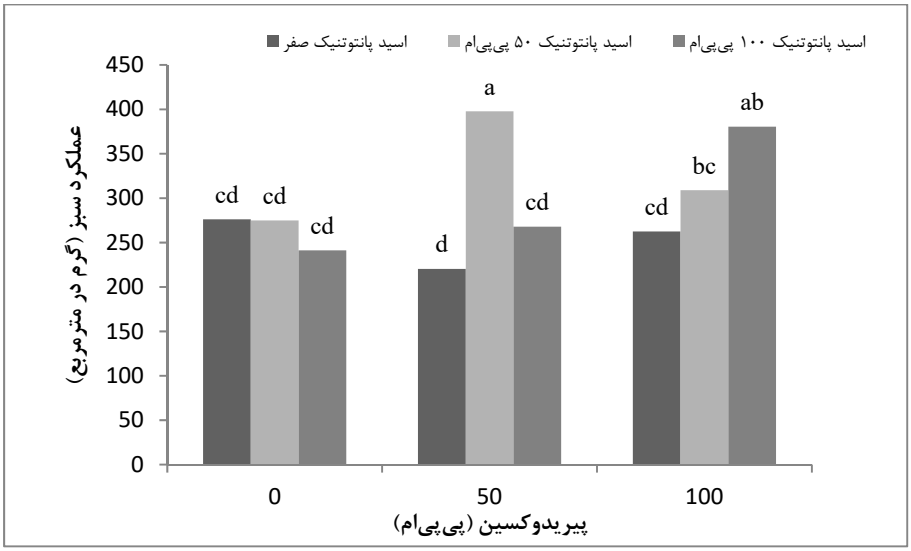
شکل ۴-۴- مقایسه میانگین طول ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک

۴-۵- عملکرد و اجزای عملکرد

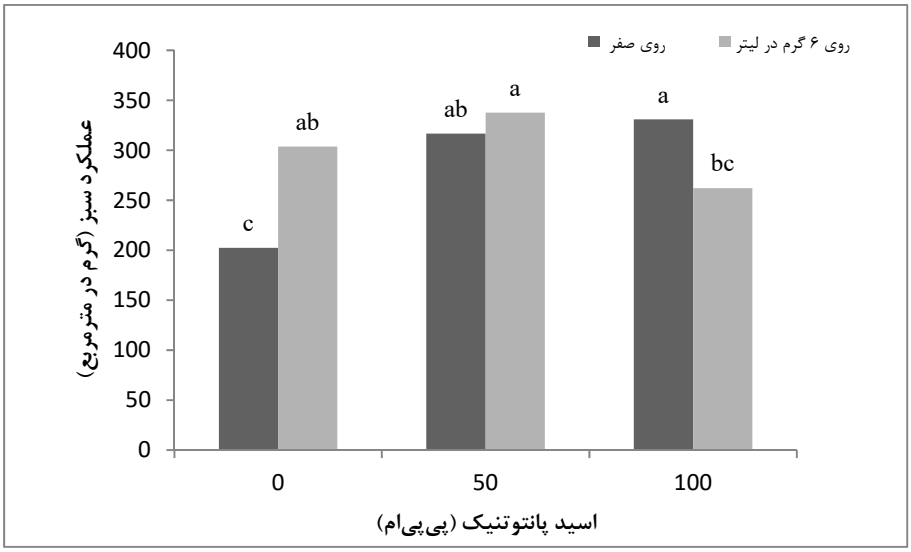
۴-۵-۱- عملکرد سبز (وزن غلاف تازه)

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر اصلی اسید پانتوتنیک و اثر متقابل پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک، اثر متقابل اسید پانتوتنیک و عنصر روی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). در اثر محلول‌پاشی توأم پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام عملکرد سبز معادل ۳۹۷/۷۱ گرم در مترمربع بود. که نسبت به تیمار شاهد که دارای عملکرد ۲۷۶/۲

گرم در مترمربع بود، ۴۳/۹۹ درصد افزایش نشان داد. محلول‌پاشی ترکیب تیماری پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۱۰۰پی‌پی‌ام نیز عملکرد را تقریباً به همین اندازه افزایش داد و با هم درگروه آماری برتر قرار گرفتند. اختلاف سایر تیمارها با شاهد معنی‌دار نبود (شکل ۴-۵). با توجه به شکل ۴-۶ می‌توان دریافت که گیاهانی که اسید پانتوتنیک و عنصر روی را دریافت کرده بودند عملکرد سبز بالایی از خود نشان دادند به‌عنوان مثال مقدار این صفت در ترکیب تیماری اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام در حضور روی و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام در عدم حضور روی به‌ترتیب ۳۳۷/۷۱ و ۳۳۰/۹۴ گرم در مترمربع بود که نسبت به شاهد ۶۶/۸۳ و ۶۳/۴۹ درصد افزایش نشان داد. تغذیه گیاه با روی بدون استفاده از اسید پانتوتنیک نیز اثر قابل توجهی در عملکرد سبز داشت گزارش شده است که پیریدوکسین موجب افزایش رشد ریشه می‌شود (لون و همکاران، ۱۹۹۹؛ سمیع‌الله و همکاران، ۱۹۸۸) و این موضوع می‌تواند دلیلی دیگر برای افزایش میانگین عملکرد دانه باشد، که در این مورد نتایج مشابهی توسط لون و همکاران (۱۹۹۹)، ایوب و همکاران (۱۹۹۹) و خان و همکاران (۲۰۰۱) گزارش شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده توسط میرطالبی (۱۳۹۱) بیشترین عملکرد نهایی دانه توسط سطح کودی ۶۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار و کمترین مقدار آن توسط سطح کودی صفر کیلوگرم در هکتار تولید گردید.



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین عملکرد سبز تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک

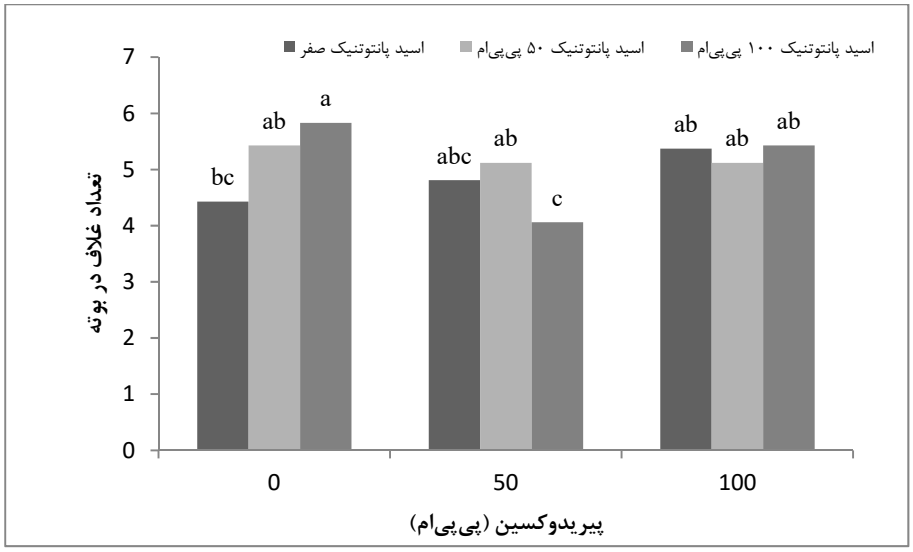


شکل ۴-۶- مقایسه میانگین عملکرد سبز تحت تأثیر ترکیب تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی

۴-۵-۲- تعداد غلاف در بوته

بسیاری از پژوهشگران در بین اجزای عملکرد، تعداد غلاف در بوته را مهم‌ترین صفت در تعیین عملکرد لوبیا می دانند که بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه دارد (بیات و همکاران، ۲۰۱۰).

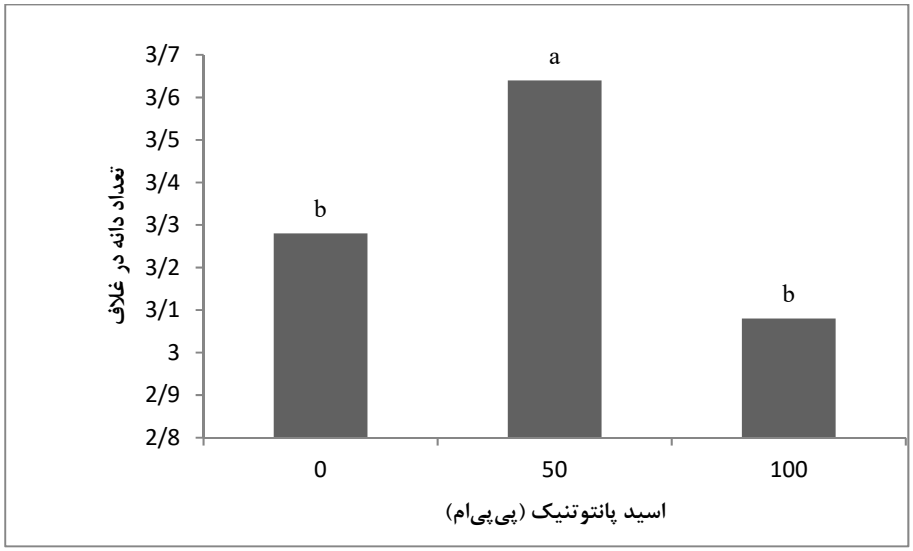
از بین منابع تغییر تنها اثر برهم‌کنش پیریدوکسین در اسید پانتوتنیک بر تعداد غلاف در بوته ($p<۰/۰۵$) معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). در مقایسه ترکیبات تیماری مورد مطالعه تأثیر مثبت محلول‌پاشی توأم پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک به جز ترکیب تیماری پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام بر تعداد غلاف در بوته مشهود است. افزایش مشاهده شده در ۷ ترکیب تیماری نسبت به شاهد به لحاظ آماری یکسان بود (شکل ۴-۷). مصرف عناصر غذایی به‌صورت محلول‌پاشی، امکان جریان مستقیم مواد غذایی را به نقاطی که تقاضای متابولیکی بیشتری دارند را فراهم می‌سازد که این عامل باعث افزایش تعداد غلاف در بوته در اثر محلول‌پاشی می‌شود (عباسدخت و مروی، ۲۰۰۵). پیریدوکسین موجب افزایش سرعت جذب مواد غذایی در بوته ذرت نیز گردیده است و به دلیل افزایش توانایی جذب، عملکرد گیاه از طریق تغییر مثبت اجزای عملکرد افزایش می‌یابد (خان و همکاران، ۲۰۰۱).



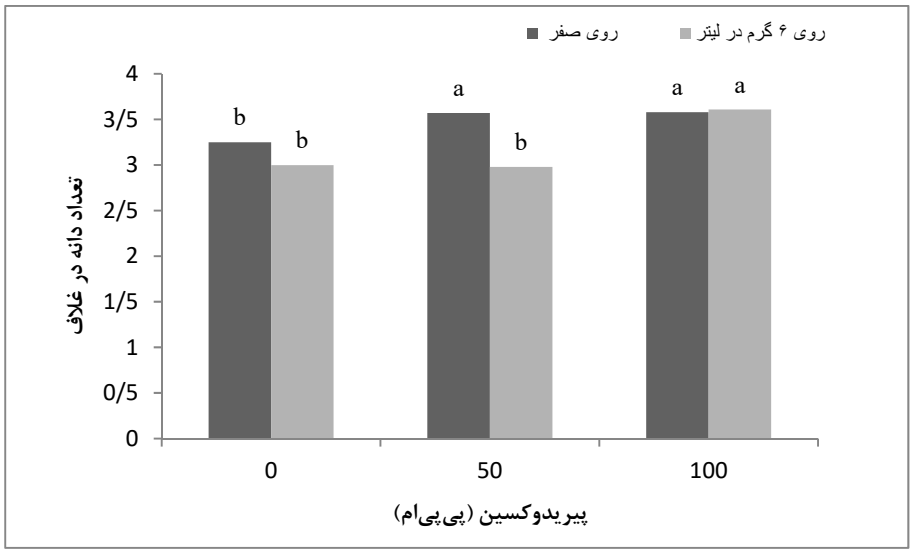
شکل ۴-۷- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر ترکیب تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک

۳-۵-۴- تعداد دانه در غلاف

محلول‌پاشی اثر پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل پیریدوکسین و عنصر روی و اثر سه جانبه در سطح احتمال ۵ درصد بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). مقایسه سطوح اسید پانتوتنیک نشان داد که تیمار اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام بالاترین تعداد دانه در غلاف را به خود اختصاص داد که نسبت به شاهد حدود ۱۱ درصد افزایش نشان داد (شکل ۴-۸). در ترکیب تیماری پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام بدون حضور روی و پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام در حضور و عدم حضور روی مقادیر بالاتری از تعداد دانه در غلاف مشاهده شد (شکل ۴-۹). در ۱۸ ترکیب تیماری مورد مطالعه پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام بدون حضور روی بالاترین تعداد دانه در غلاف مشاهده شد (جدول پیوست ۵). مطالعات نشان می‌دهد که پیریدوکسین موجب افزایش رشد ریشه گیاهان گردیده و به جذب مواد غذایی و بالارفتن عملکرد اقتصادی نیز کمک می‌کند (لون و همکاران، ۱۹۹۹) می‌توان نتیجه گرفت که به دلیل افزایش توانایی جذب، اجزای عملکرد نیز افزایش می یابد. گزارش شده است که عنصر روی در ساخت پروتئین لوله گرده شرکت کرده و سبب ذخیره آن در این اندام می‌شود که این امر منجر به افزایش گرده‌افشانی و تشکیل میوه و دانه می‌شود (مارچنر، ۱۹۹۵). از آن جا که تعداد دانه‌های لوبیا از اجزای مهم عملکرد دانه محسوب می‌شود با افزایش تعداد دانه در غلاف، مخازن بزرگتری برای جذب مواد به‌وجود خواهد آمد و هر عاملی که سبب افزایش آن شود منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد. با افزایش میزان پیریدوکسین تعداد دانه در بلال نسبت به شاهد ۱۰ درصد افزایش نشان داده است. که نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت پیریدوکسین بر یکی از اجزاء عملکرد می‌باشد (فرخی و ارادتمند اصلی، ۱۳۸۷).



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک

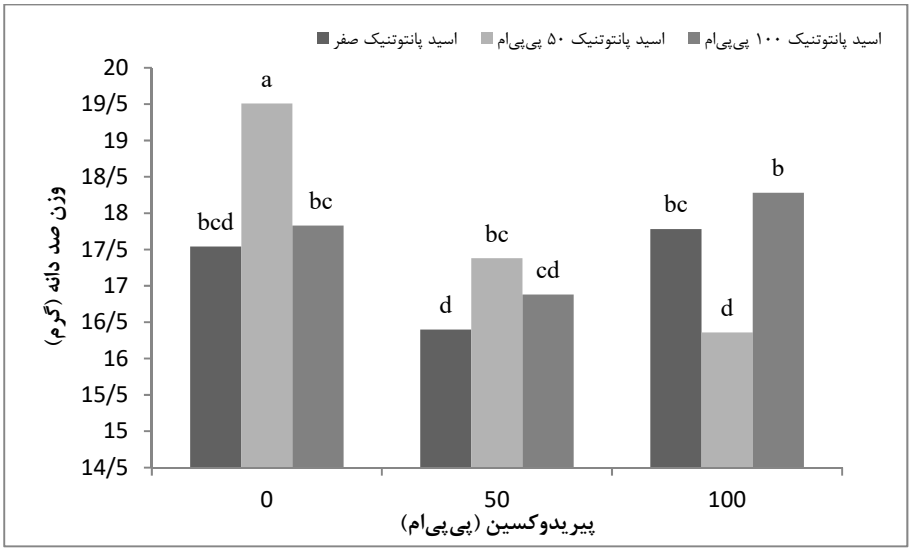


شکل ۴-۹- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی

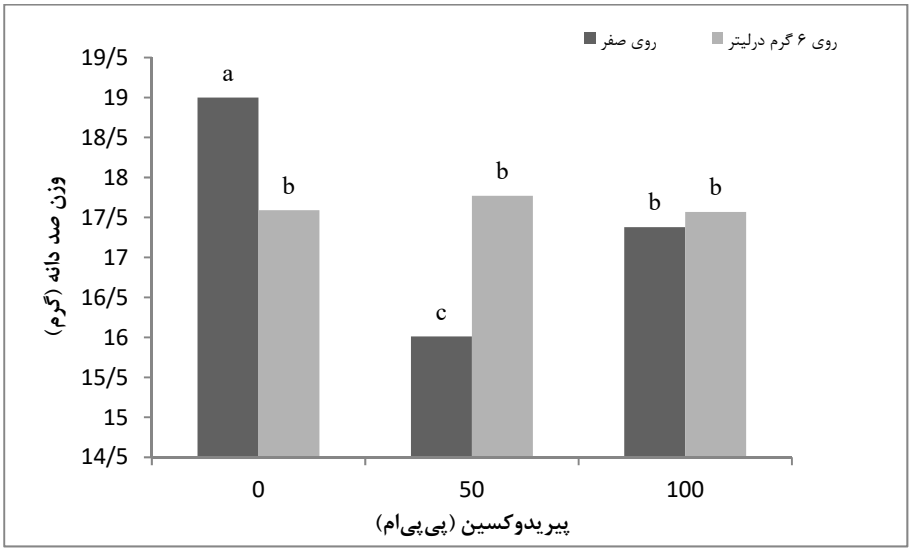
۴-۵-۴- وزن صد دانه

همان‌طورکه در نتایج حاصل از تجزیه واریانس در جدول پیوست ۳ مشاهده می‌گردد وزن صد دانه از اثر اصلی پیریدوکسین و اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه آن با اسید پانتوتنیک و عنصر روی در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر پذیرفت. مشاهده می‌شود که بیشترین وزن صد دانه در بوته‌هایی ثبت گردید که به تنهایی توسط اسید پانتوتنیک با غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام محلول‌پاشی شده بودند. که مقدار

آن ۱۹/۵۱ گرم بود و سایر ترکیبات تیماری با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۴-۱۰). وزن صد دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی بین ۱۶/۰۱ تا ۱۹ گرم متغیر بود. در این شرایط بیشترین وزن صد دانه مربوط به گیاهان شاهد بود که با کاربرد پیریدوکسین و عنصر روی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت دلیل آن می‌تواند پایین بودن تعداد غلاف در بوته‌های شاهد (شکل ۴-۷) باشد که سهم اسیمیلات دریافت شده توسط دانه‌ها را در این تیمارها افزایش داده است (شکل ۴-۱۱). بیشترین وزن صد دانه در ترکیب تیماری اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام بدون حضور پیریدوکسین و عنصر روی حاصل گردید (جدول پیوست ۵). همچنین طبق گزارش رحیمی (۱۳۹۴) اثر پیریدوکسین بر وزن هزار دانه سویا نیز معنی‌دار نشد. امانی (۲۰۰۷) گزارش کرد که محلول‌پاشی سولفات روی و منگنز اثر معنی‌داری بر وزن صد دانه گیاه نخود ندارد. تکسرا و همکاران (۲۰۰۴) نیز نشان دادند محلول‌پاشی روی در گیاه لوبیا بر وزن صد دانه اثر معنی‌داری نداشت. در حالی‌که فرخی و ارادتمند اصلی (۱۳۸۷) گزارش کردند که تیمار توأم پیریدوکسین و نیتروژن سبب افزایش وزن هزار دانه ذرت گردید. ضیائیان و ملکوتی (۱۳۷۹) گزارش کردند که در اثر مصرف روی و آهن، عملکرد دانه و اجزای آن به‌طور معنی‌داری در گندم افزایش یافت.



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک



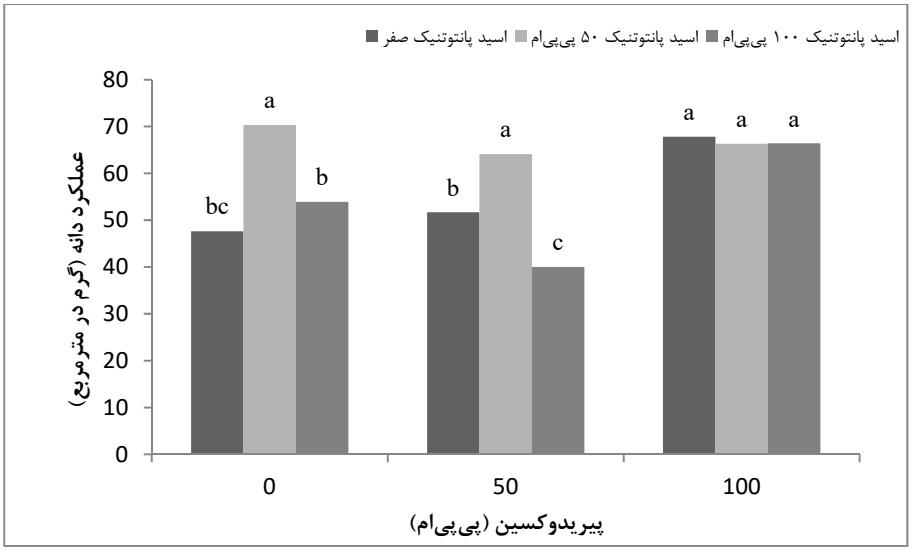
شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی

۴-۵-۵- عملکرد نهایی

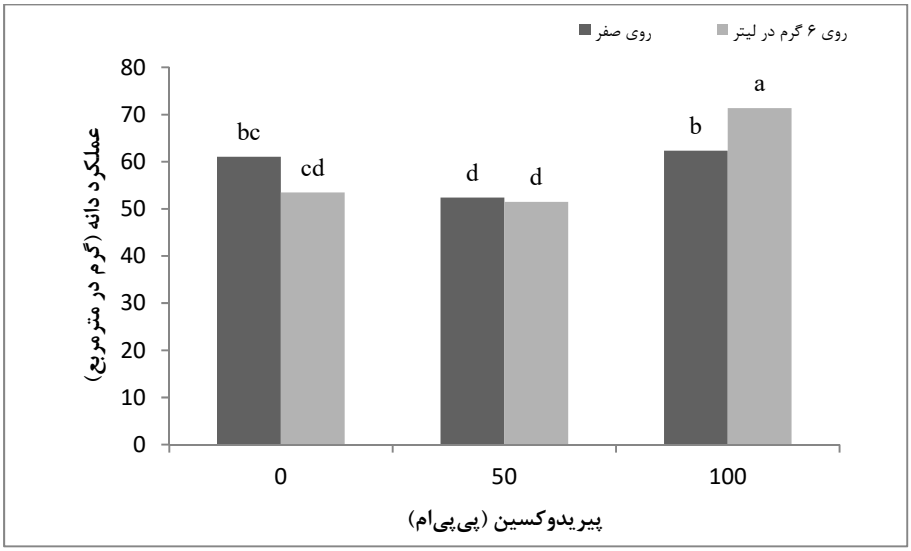
دانه‌ها آخرین مقصد مواد فتوسنتزی هستند و کارآیی یک رقم یا یک کشت یا تیمار نهایتاً تولید اقتصادی را در زراعت‌هایی که دانه هدف تولید است، تعیین می‌کند و ممکن است کاهش یک جزء و افزایش اجزای دیگر تغییرات چندانی در عملکرد ایجاد نکند ولی مقدار مناسب اجزاء عملکرد در حد آستانه اقتصادی می‌تواند سبب تولید عملکرد مناسبی گردد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۱).

عملکرد دانه لوبیا سبز از تمام منابع تغییر به جز عنصر روی تأثیر پذیرفت که اثر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و اثر متقابل این دو در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک با عنصر روی و اثر سه جانبه‌شان در سطح احتمال ۵ درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). بررسی اثر پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک نشان داد که به دلیل وجود وزن صد دانه و تعداد دانه در غلاف بالا در ترکیب تیماری پیریدوکسین صفر و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام عملکرد دانه، نسبت به شاهد افزایش ۴۷/۵۳ درصدی نشان داد. البته تأثیر پیریدوکسین نیز قابل توجه بود به‌طوری که در بالاترین سطح پیریدوکسین (۱۰۰ پی‌پی‌ام) در تمام سطوح اسید پانتوتنیک عملکرد دانه قابل توجه و بالا بود. همچنین کاربرد توأم پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک با غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد و در گروه آماری برتر قرار گرفتند (شکل ۴-۱۲). محلول‌پاشی توأم پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و عنصر روی ۶ گرم در لیتر افزایش معنی‌داری را نسبت به سایر تیمارها در عملکرد دانه ایجاد نمود که افزایش مشاهده شده نسبت به شاهد ۱۶/۸۴ درصد بود شایان ذکر است که محلول‌پاشی پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام در هر دو شرایط حضور و عدم حضور عنصر روی تأثیر منفی و معنی‌دار بر این صفت داشت (شکل ۴-۱۳). در شکل ۴-۱۴ دیده می‌شود که عملکرد دانه در گیاهانی که اسید پانتوتنیک را با غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام دریافت کردند در هر دو سطح تیمار روی به‌ویژه سطح مصرف عنصر روی بیشتر از سایر تیمارها بود. در این شرایط افزایشی ۳۰ درصدی در عملکرد دانه نسبت به شاهد ثبت گردید. گیاهانی‌که با پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و عنصر روی ۶ گرم در لیتر بدون حضور اسید پانتوتنیک محلول‌پاشی شده بودند موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گردید (جدول پیوست ۵). نقش افزایش‌دهنده پیریدوکسین در میزان جذب ریشه باعث سرعت ظهور برگ می‌شود که این به نوبه خود باعث افزایش توان فتوسنتزی و در نتیجه افزایش میزان ماده خشک تولیدی از طریق تأثیر مثبت بر روی سرعت جذب خالص (NAR) می‌شود (خان و همکاران، ۱۹۹۵). طی آزمایشی روی گیاه ذرت با افزایش مقدار پیریدوکسین تغییر محسوسی در عملکرد دانه حاصل شد و تیمار ۰/۰۲ درصد پیریدوکسین بیشترین و تیمار شاهد

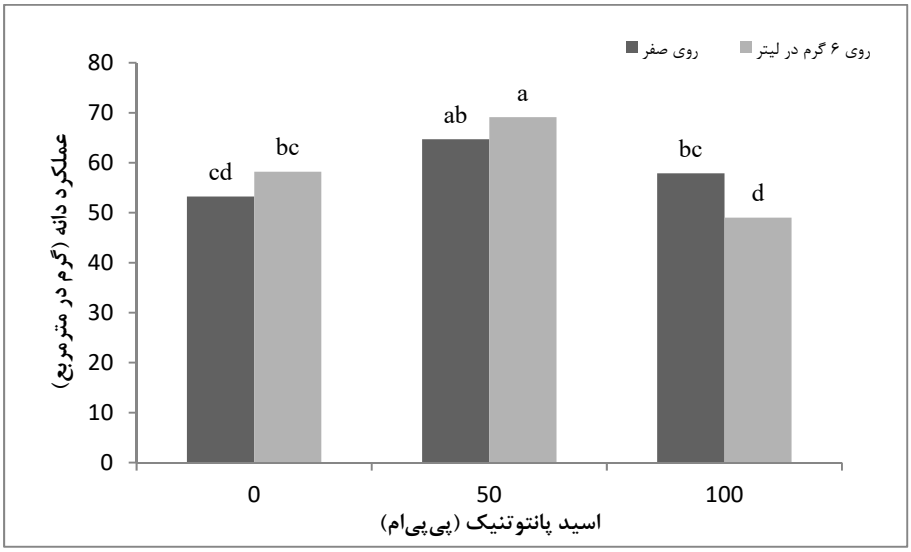
کمترین عملکرد دانه را داشت (فرخی و ارادتمند اصلی، ۱۳۸۷). همچنین گزارش شده است که در گیاهان تیمار شده با پیریدوکسین به دلیل افزایش توانایی جذب، عملکرد از طریق تغییر مثبت اجزای عملکرد افزایش می‌یابد (خان و همکاران، ۲۰۰۱). تغذیه گیاه با عنصر روی سبب ذخیره کربوهیدرات-های دانه گرده و افزایش طول عمر آن و در نتیجه، موجب افزایش گرده افشانی و در نهایت عملکرد دانه می‌شود. محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی منجر به افزایش عملکرد دانه همیشه بهار گردید که نشان‌دهنده تأثیر سودمند محلول‌پاشی می‌باشد (رضایی چیانه و همکاران، ۱۳۹۴).



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی



شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی

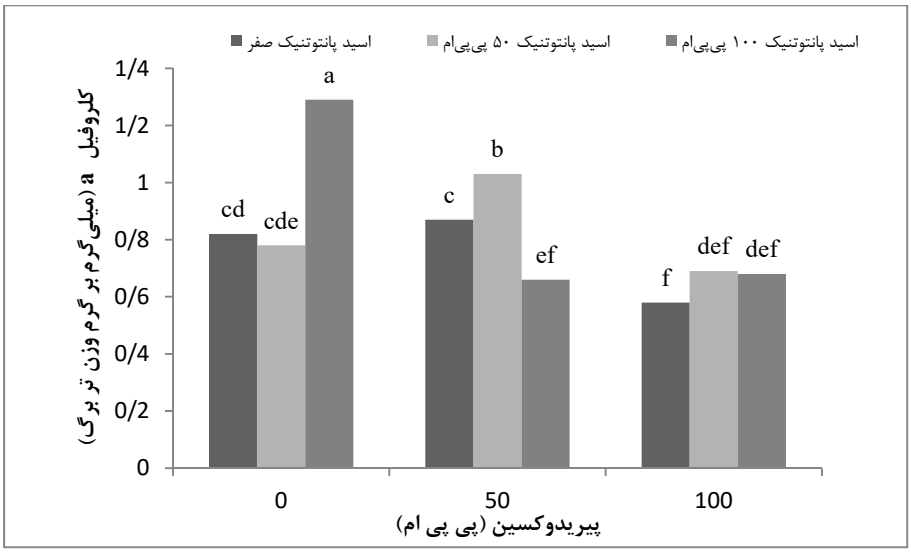
۴-۶- صفات فیزیولوژیک

۴-۶-۱- رنگدانه‌های برگ

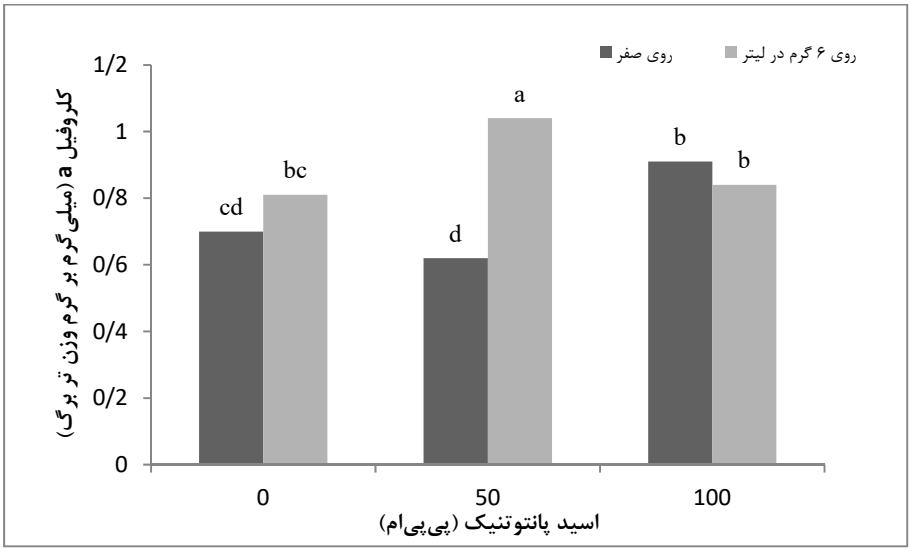
۴-۶-۱-۱- کلروفیل a

آنالیز داده‌ها حاکی از آن بود که کلروفیل a از تمام منابع تغییر به جز اثر متقابل پیریدوکسین در عنصر روی تأثیر پذیرفت (جدول پیوست ۶). در مجموع با افزایش غلظت پیریدوکسین مقدار کلروفیل a کاهش یافت و بیشترین مقدار کلروفیل a در غلظت پیریدوکسین صفر و بالاترین غلظت اسید پانتوتنیک به‌دست آمد (شکل ۴-۱۵). در بررسی اثر متقابل اسید پانتوتنیک و عنصر روی مشاهده می‌شود که مقادیر کلروفیل a بین ۰/۶۲ تا ۱/۰۴ متغیر بوده است. در این بین محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر بیشترین مقدار این صفت را رقم زد که نسبت به شاهد ۴۹ درصد افزایش نشان داد کاربرد روی و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام به‌تنهایی نتوانست اختلاف معنی‌داری در مقدار کلروفیل a برگ ایجاد نماید. در حالی‌که اسید پاتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام در هر دو سطح روی اثر مثبت داشت (شکل ۴-۱۶). بالاترین میزان کلروفیل a در ترکیب تیماری اسید پانتوتنیک ۱۰۰پی‌پی‌ام بدون حضور پیریدوکسین و روی مشاهده شد که البته با ترکیب تیماری اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر بدون حضور پیریدوکسین و ترکیب تیماری پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و عنصر روی در یک گروه آماری قرار داشت (جدول پیوست ۸). یکی از مهمترین دلایل کاهش کلروفیل‌ها، تخریب آن‌ها به‌وسیله گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد (گیبن و همکاران، ۲۰۰۰ و خان و همکاران، ۲۰۰۹). گزارش شده است که کاربرد خارجی ویتامین C (دولت‌آبادیان و همکاران، ۲۰۰۸)، ویتامین E (جون و مونه بوچ، ۲۰۱۰) و ویتامین B (تیتز و همکاران، ۲۰۰۶ و چن و یانگ، ۲۰۰۵) موجب افزایش ظرفیت مقابله برابر تنش-های غیرزنده و کاهش استرس‌های اکسیداتیو در گیاهان می‌شوند. می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً یکی از دلایل افزایش در مقدار کلروفیل برگ کاهش فعالیت‌های گونه‌های فعال اکسیژن بوده است. عنصر روی در بیوسنتز کلروفیل مورد نیاز است و با تولید هورمون ایندول استیک اسید ضمن

جلوگیری از تخریب کلروفیل، به افزایش کلروفیل b و a منجر شده و از این طریق به افزایش فتوسنتز و عملکرد دانه کمک می‌کند (همارنتارجان و گرای، ۱۹۸۸).



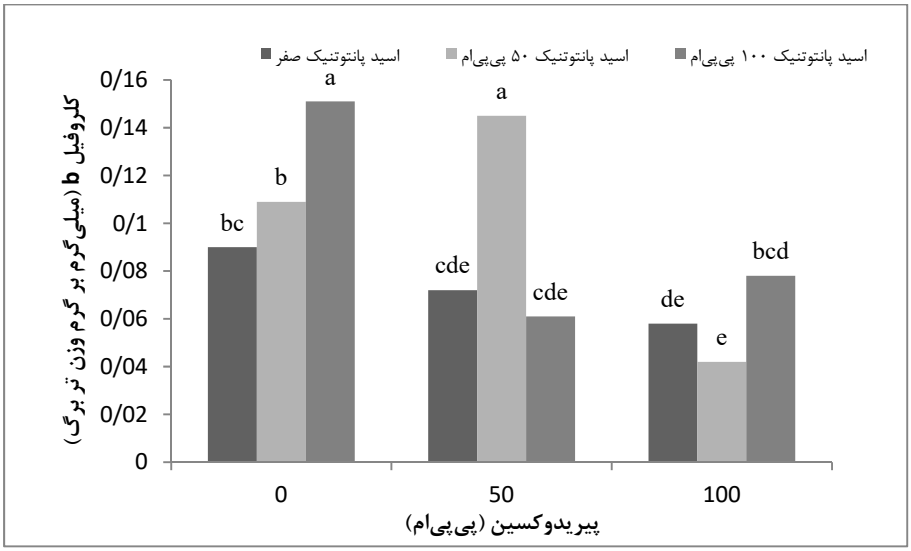
شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک



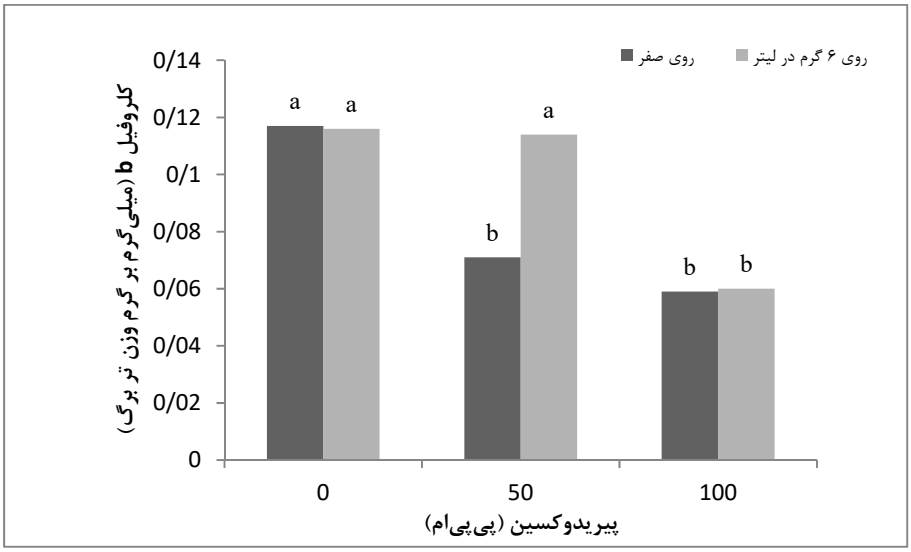
شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی

۲-۱-۶-۴- کلروفیل b

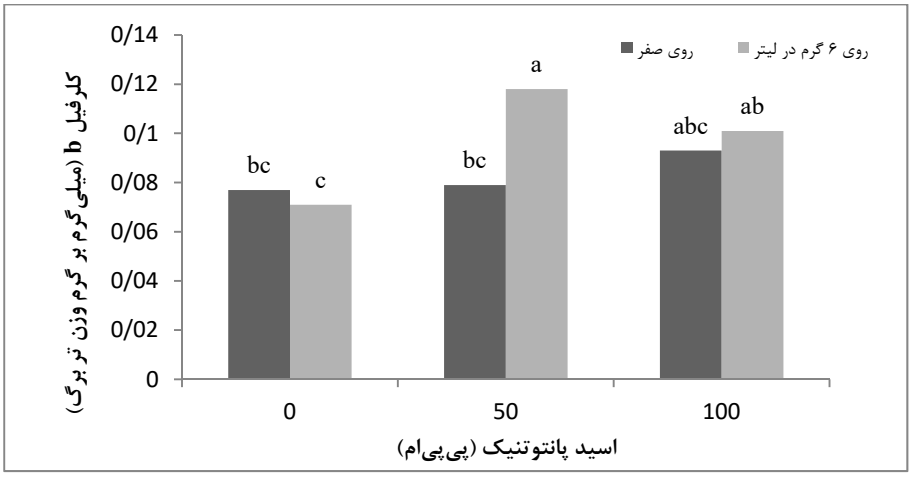
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که کلروفیل b از تمام منابع تغییر به جز عنصر روی تأثیر پذیرفت که اثر پیریدوکسین، اثر متقابل پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک و اثر سه جانبه در سطح احتمال ۱ درصد و اثر اسید پانتوتنیک، اثرات متقابل پیریدوکسین در روی و اسید پانتوتنیک در روی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شدند (جدول پیوست ۶). بررسی اثر برهم‌کنش پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک نشان داد که مقدار کلروفیل b نیز مانند کلروفیل a تحت تأثیر محلول‌پاشی با پیریدوکسین و افزایش غلظت آن کاهش و تحت تأثیر اسید پانتوتنیک بهبود یافت. به‌طور مشخص محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام بدون حضور پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام به‌طور معنی‌داری کلروفیل b را افزایش دادند. این افزایش نسبت به شاهد حدود ۶۷ تا ۶۸ درصد بود (شکل ۴- ۱۷). در شکل ۴-۱۸ دیده می‌شود که کلروفیل b در گیاهانی که پیریدوکسین صفر و روی ۶ گرم در لیتر و پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر را دریافت کردند در یک سطح آماری قرار گرفتند که البته اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند. در بررسی اثر متقابل اسید پانتوتنیک در عنصر روی، کلروفیل b بین ۰/۰۷۱ تا ۰/۱۱۸ متغیر بود. در این بین اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام و روی ۶ گرم در لیتر موجب بهبود معنی‌دار و ۵۳ درصدی در این صفت گردید (شکل ۴-۱۹). بالاترین میزان کلروفیل b در گیاهانی‌که با ترکیب تیماری پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک۵۰ پی‌پی‌ام و روی محلول‌پاشی شده بودند مشاهده شد (جدول پیوست ۸). ویتامین‌ها از جمله اسید آسکوربیک به دلیل خواص آنتی اکسیدانی خود از تخریب کلروفیل جلوگیری کرده و به‌طور غیرمستقیم سبب افزایش آن می‌شوند (دولت آبادیان و همکاران، ۲۰۰۸). تغذیه برگی ۰/۷۵ گرم در لیتر نانو اکسید روی نیز سبب افزایش محتوای کلروفیل گیاه جو شده است (سید شریفی و همکاران، ۱۳۹۴).



شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی

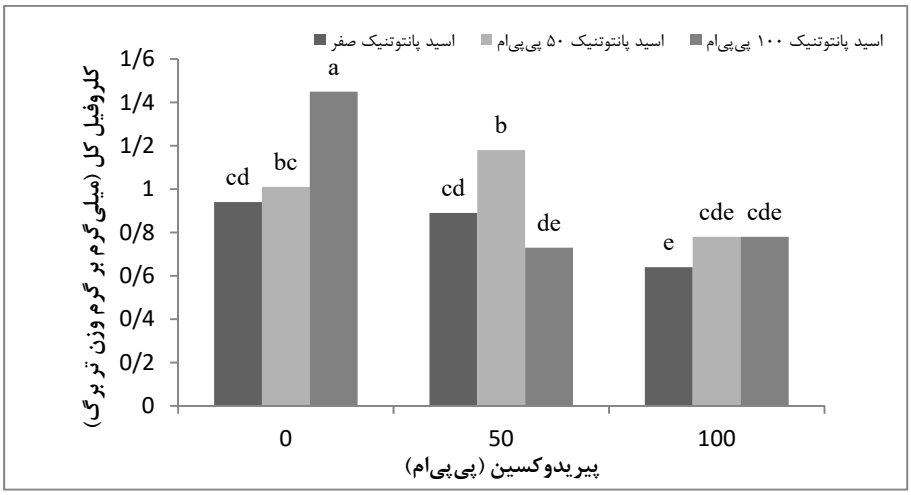


شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی

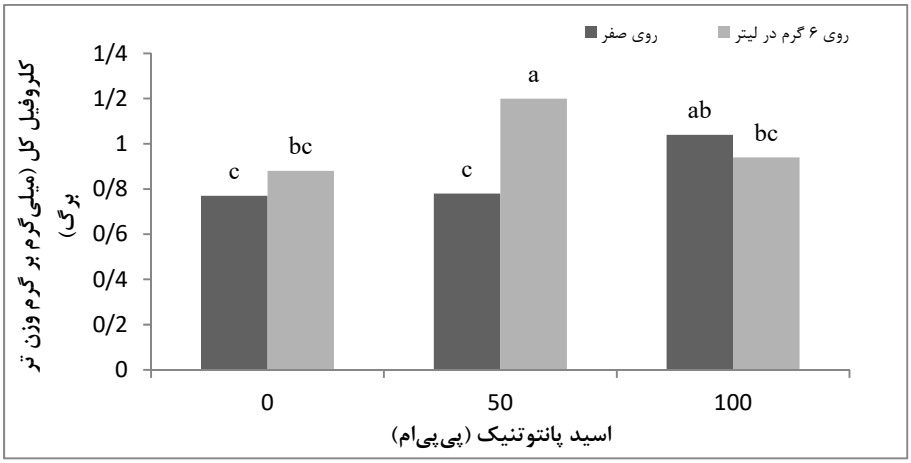
۳-۱-۶-۴- کلروفیل کل

کلروفیل کل برگ از تمام منابع تغییر به جز اثر متقابل پیریدوکسین در روی تأثیر پذیرفت اثر پیریدوکسین، اثرات دو جانبه و سه جانبه در سطح احتمال ۱ درصد، اثر اسید پانتوتنیک و اثر عنصر روی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شدند (جدول پیوست ۶). برآیند مقادیر کلروفیل a و b در کلروفیل کل نمایان گردید طوری که استفاده از اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام بدون حضور پیریدوکسین موجب افزایش معنی‌دار و قابل توجه کلروفیل کل برگ نسبت به شاهد و سایر تیمارها گردید به‌طوری که کلروفیل کل به‌دست آمده در این ترکیب تیماری (۱/۴۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) معادل ۵۴/۲۵ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود در بین سایر تیمارها افزایش حاصل از کاربرد توأم پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام نیز نسبت به شاهد معنی‌دار بود (شکل ۴-۲۰). طبق نتایج مقایسه میانگین محلول‌پاشی ترکیب تیماری اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام در حضور روی و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام بدون حضور روی به‌ترتیب سبب افزایش ۵۵/۸۴ و ۳۵/۰۶ درصدی میزان کلروفیل کل شد و به‌عنوان بالاترین مقادیر ثبت شده، در مقایسه با شاهد بودند (شکل ۴-۲۱). کلروفیل کل در ترکیب تیماری سه جانبه اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام بدون حضور پیریدوکسین و عنصر روی ۱۱۶ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد (جدول پیوست ۸). ویتامین‌های گروه B (تیتز و همکاران، ۲۰۰۶ و چن و یانگ، ۲۰۰۵) موجب افزایش ظرفیت مقابله برابر تنش‌های غیرزنده و

کاهش استرس‌های اکسیداتیو در گیاهان می‌شوند. می‌توان نتیجه گرفت که یکی از دلایل افزایش در مقدار کلروفیل برگ، کاهش فعالیت‌های گونه‌های فعال اکسیژن به‌وسیله ویتامین‌های گروه B بوده است. تحت تأثیر پیریدوکسین و کودهای نیتروژن شاخص‌های رشد و میزان کلروفیل برگ‌ها تغییر می‌یابد (خان و همکاران، ۱۹۹۶). اثر مثبت عنصر روی در افزایش محتوای کلروفیل در برگ ذرت گزارش شده است (ایاد و همکاران، ۲۰۱۰). افزایش میزان رنگدانه‌ها در برگ موجب بالا رفتن فتوسنتز می‌شود لذا می‌توان عملکرد لوبیا را با این روش افزایش داد (شافع و همکاران، ۱۳۹۰).



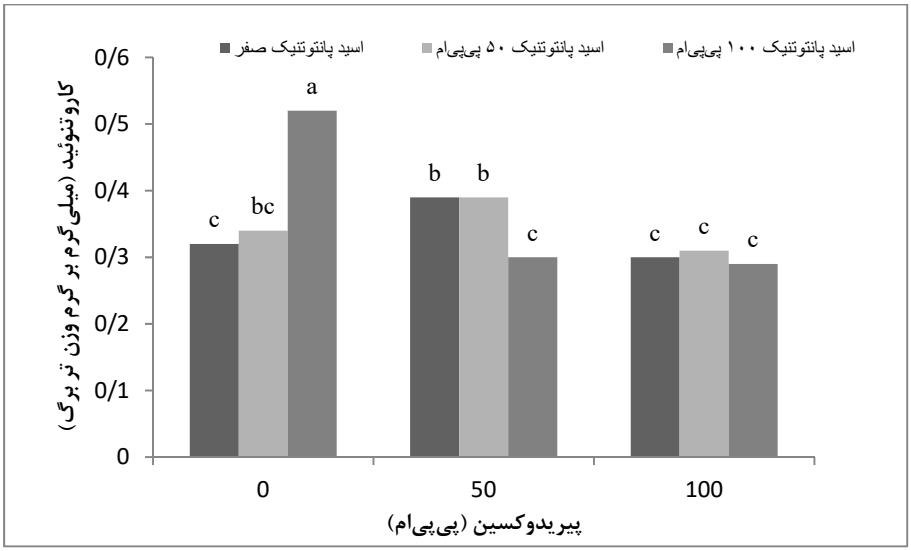
شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک



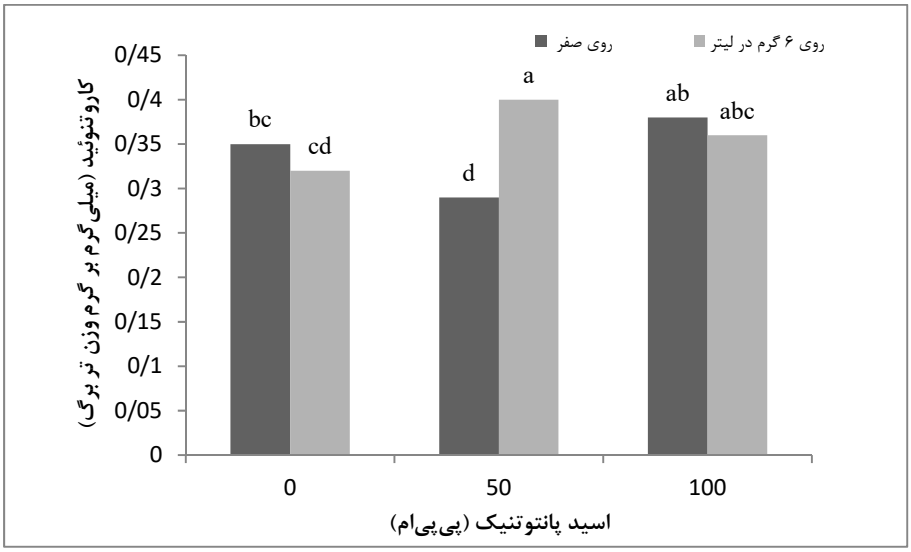
شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی

۴-۱-۶-۴- کاروتنوئید

کاروتنوئیدها دسته‌ای از رنگدانه‌ها هستند که در جذب نور در گیاهان نقش مهمی دارند و به‌عنوان ترکیبات آنتی اکسیدان و ترکیبات ضروری دستگاه فتوسنتزی ایفای نقش می کنند. این ترکیبات در از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژن در کمپلکس فتوسنتزی دخالت دارند (هولت و پوگسون، ۲۰۰۶). تجزیه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان کاروتنوئید موجود در برگ نشان داد که اثر پیریدوکسین و اثر متقابل آن با اسید پانتوتنیک، اثر متقابل اسید پانتوتنیک در عنصر روی و اثر سه جانبه بر این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۶). مقایسه ترکیبات تیماری حاصل از اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین نشان داد که به طور کلی با افزایش غلظت پیریدوکسین مقدار کاروتنوئید کاهش یافت البته این کاهش نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. محلول-پاشی اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام در عدم حضور پیریدوکسین بالاترین مقدار کاروتنوئید را رقم زد که نسبت به شاهد ۶۲/۵ درصد افزایش بیشتر بود (شکل ۴-۲۲). مقادیر بالایی از کاروتنوئید در کاربرد برگی اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام در حضور روی و اسید پانتوتنیک ۱۰۰پی‌پی‌ام در عدم حضور روی ثبت گردید (شکل ۴-۲۳). در ۱۸ ترکیب تیماری مورد مطالعه بالاترین مقدار کاروتنوئید در اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام بدون حضور پیریدوکسین و عنصر روی مشاهده شد که نسبت به شاهد ۸۰ درصد افزایش نشان داد. کاکماک (۲۰۰۰) گزارش کرد که کمبود روی موجب کاهش کلروفیل و کاروتنوئید برگ شد. شارما و همکاران (۲۰۰۴) نیز کاهش غلظت کاروتنوئید گیاه گندم را در شرایط کمبود روی گزارش کردند. محلول‌پاشی پیریدوکسین با غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام در گیاه همیشه بهار موجب بهبود این صفت گردید (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۲).



شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک

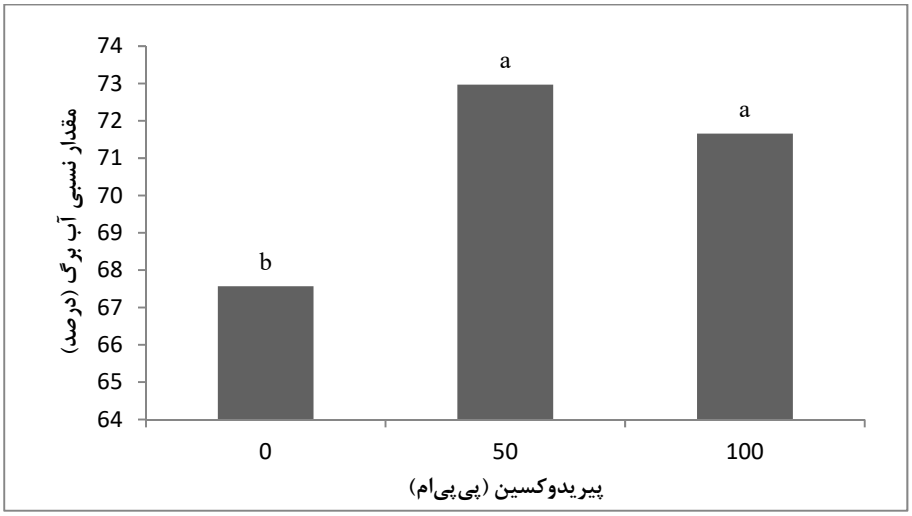


شکل۴-۲۳- مقایسه میانگین کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی

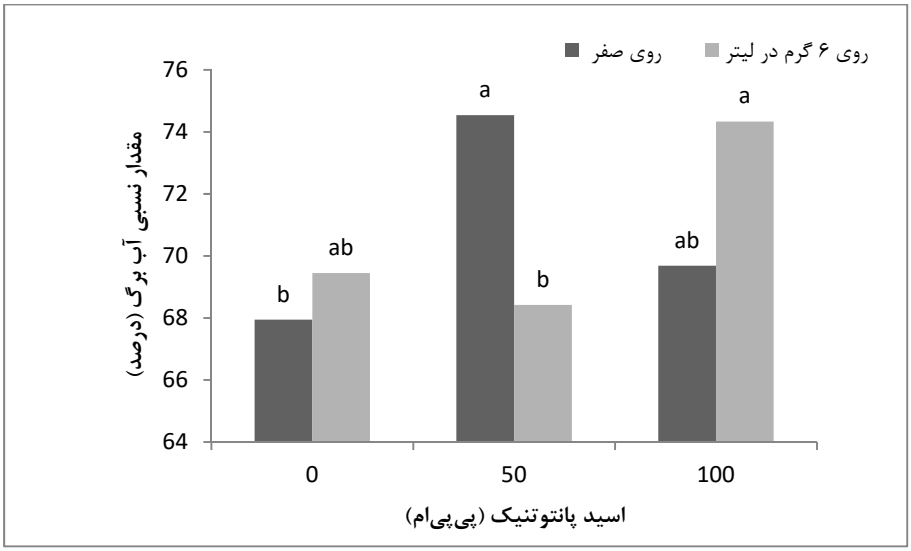
۲-۶-۴- مقدار نسبی آب برگ

مقدار نسبی آب (RWC) برگ معرف بسیار خوبی از وضعیت آبی گیاه است که به‌عنوان یک شاخص جهت تحمل به خشکی پیشنهاد شده است (تئولیت و همکاران، ۱۹۹۷). اثر محلول‌پاشی پیریدوکسین و اثر متقابل اسید پانتوتنیک در عنصر روی ($p<۰/۰۵$) و نیز اثر متقابل سه‌گانه

($p<۰/۰۱$) بر مقدار نسبی آب برگ معنی‌دار شد (جدول پیوست ۹). مقدار نسبی آب برگ در اثر محلول‌پاشی با هر دو غلظت پیریدوکسین به‌طور معنی‌داری و حدود ۴ تا ۵ درصد افزایش یافت (شکل ۲۴-۴). بررسی اثر برهم‌کنش اسید پانتوتنیک در عنصر روی بر مقدار نسبی آب برگ بین ۶۷ تا ۷۴ درصد متغیر بود. در این بین اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام بدون حضور روی و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام در حضور روی این صفت را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری بهبود بخشیدند (شکل ۴-۲۵). بالاترین مقدار نسبی آب برگ در ترکیب تیماری پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی-پی‌ام بدون حضور روی مشاهده شد که نسبت به شاهد افزایشی ۳۵/۴۳ درصدی نشان داد (جدول پیوست ۱۳). سعیدی ابواسحاقی و همکاران (۱۳۹۳) به این نتیجه رسیدند که تیمار محلول‌پاشی با سولفات روی، ۵/۲۱ درصد مقدار آب نسبی برگ لوبیا قرمز را نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین در گیاه آفتابگردان تیمارهایی که سولفات روی بیشتری دریافت کرده بودند از مقدار آب نسبی برگ بالاتری برخوردار بودند (بنی‌عباس و همکاران، ۲۰۱۲).



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین مقدار نسبی آب برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین

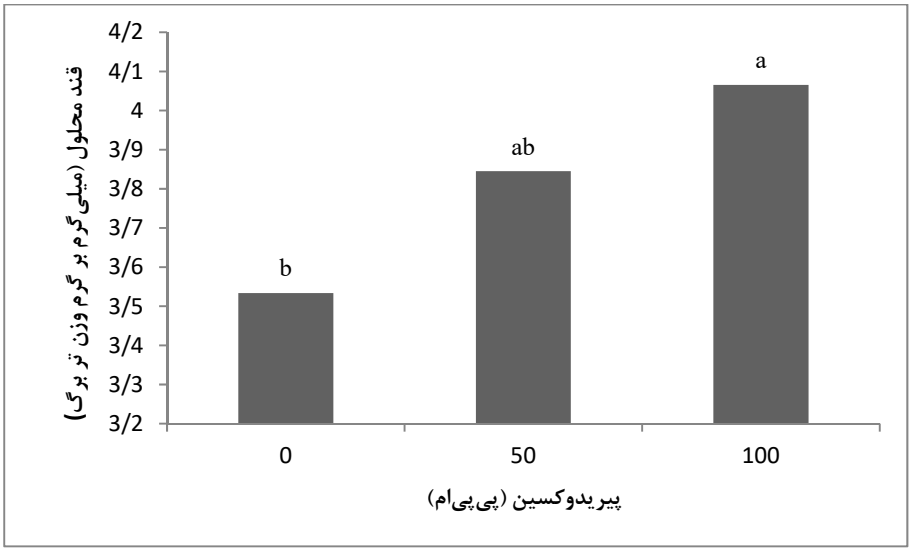


شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین مقدار نسبی آب برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی

۳-۶-۴- قند محلول برگ

قندهای محلول و پرولین می‌توانند در تنظیم اسمزی و به‌عنوان مواد محلول سازگار استفاده شوند (اینگرام و بارتلز، ۱۹۹۶) همچنین قندهای محلول به‌عنوان حفاظت کننده‌های اسمزی موجب پایداری پروتئین‌ها و غشاها می‌شوند (سانچز و همکاران، ۱۹۹۸).

قند محلول برگ تحت تأثیر پیریدوکسین ($p <$ ۰/۰۵) قرار گرفت (جدول پیوست ۹). همان‌طور که در شکل ۴-۲۶ مشاهده می‌شود محلول‌پاشی پیریدوکسین سبب افزایش معنی‌دار غلظت قند محلول گردید. بیشترین میزان قند محلول در برگ گیاهانی ثبت گردید که با پیریدوکسین ۱۰۰ پی-پی‌ام محلول‌پاشی شدند. این مقدار معادل ۴/۰۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود که نسبت به شاهد حدود ۱۵ درصد بیشتر بود. محلول‌پاشی پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام نیز اثر مثبت ولی غیرمعنی‌داری را بر این صفت داشت. سلطانی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند بالاترین میزان قند احیا (۹۸/۳۱ میلی‌گرم در لیتر) در گیاه همیشه بهار تحت تیمار پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام حاصل گردید که نسبت به تیمار شاهد حدود ۳۵ درصد افزایش داشت.



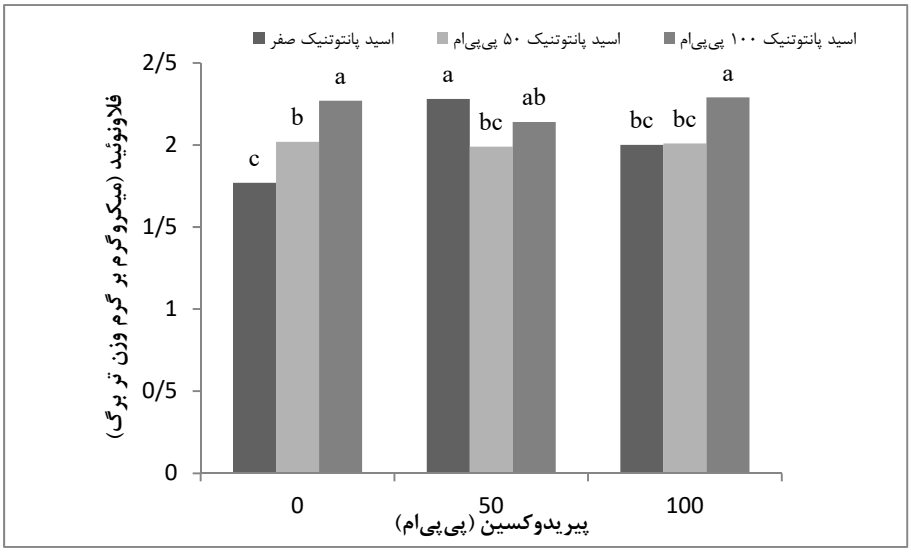
شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین قند محلول برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین

۴-۶-۴- میزان فلاونوئید

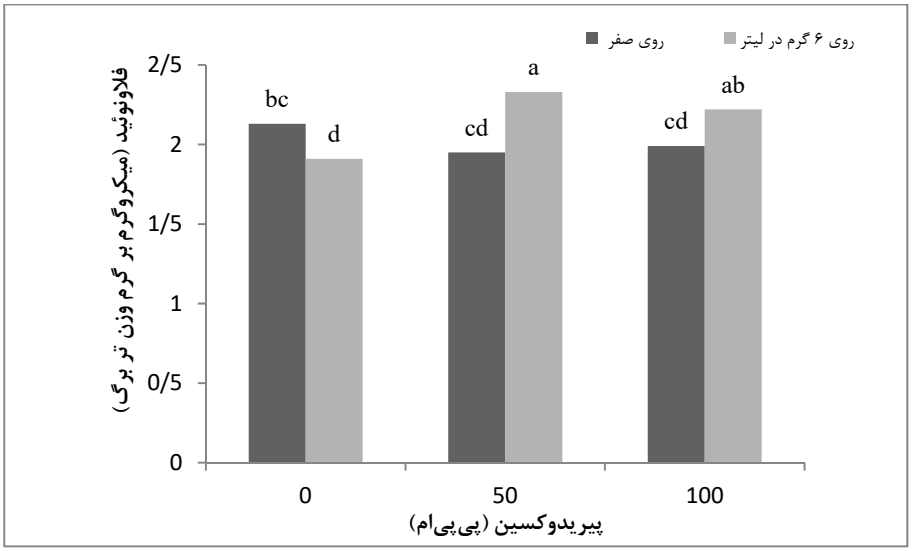
یکی از مهم‌ترین سیستم‌های دفاعی گیاهان برای کنترل و خنثی کردن رادیکال‌های آزاد القای سنتز برخی ترکیب‌های آنتی اکسیدان و ترکیب‌های فنلی مانند فلاونوئیدها می‌باشد (پاندی و همکاران، ۲۰۰۲).

نتایج نشان داد که اثر اصلی اسید پانتوتنیک، اثر متقابل پیریدوکسین در اسید پانتوتنیک و اثر متقابل پیریدوکسین در روی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر اصلی عنصر روی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل در جدول پیوست ۹ آورده شده است. میزان فلاونوئید در تیمار شاهد ۱/۷۷ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ بود. محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک در غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام، پیریدوکسین در غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام و اثر توأم اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام و پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام سبب شد که میزان فلاونوئید موجود در برگ گیاهان حاصل حدود ۲۹ درصد از شاهد بیشتر باشد البته ترکیبات تیماری پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام و پیریدوکسین صفر و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام نیز افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشتند (شکل ۴-۲۷). همان‌طور که در شکل ۴-۲۸ مشاهده می‌شود محلول‌پاشی پیریدوکسین در

غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام توأم با عنصر روی سبب افزایش معنی‌دار میزان فلاونوئید نسبت به شاهد گردید. محلول‌پاشی پیریدوکسین زمانی مؤثر واقع شد که با عنصر روی توأم گردید. فلاونوئیدها از مهم‌ترین ترکیبات آنتی اکسیدانی هستند. این ترکیبات نه تنها رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند بلکه از تولید بیشتر آن‌ها در گیاه نیز جلوگیری می‌کنند (تریپاتیو و همکاران، ۲۰۰۶). افزایش محتوای ترکیبات فنلی (مانند فلاونوئید) در گیاهان تیمار شده با غلظت ۴۰ میکرومولار روی در گیاه نعناع سبز گزارش شد (زارع‌ده آبادی و اسرا، ۱۳۸۸).



شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین فلاونوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک



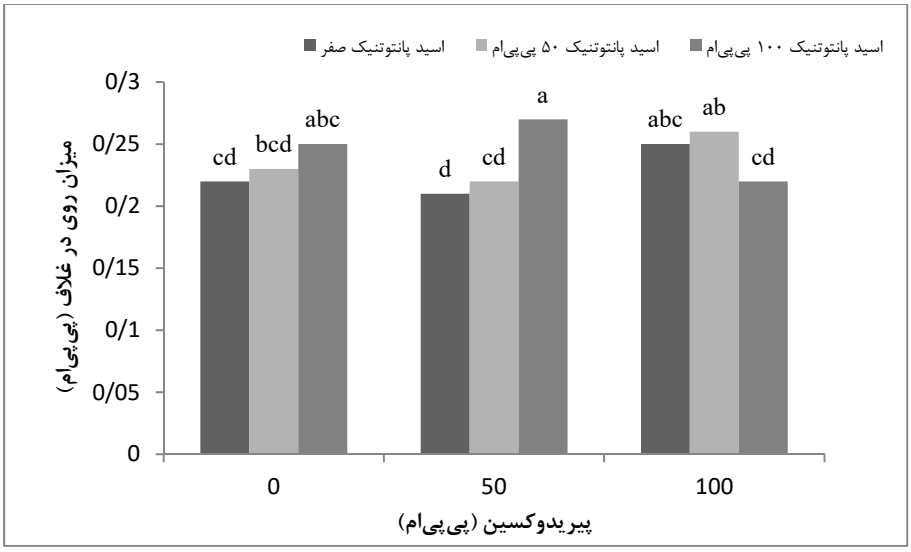
شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین فلاونوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی

۴-۷- صفات کیفی

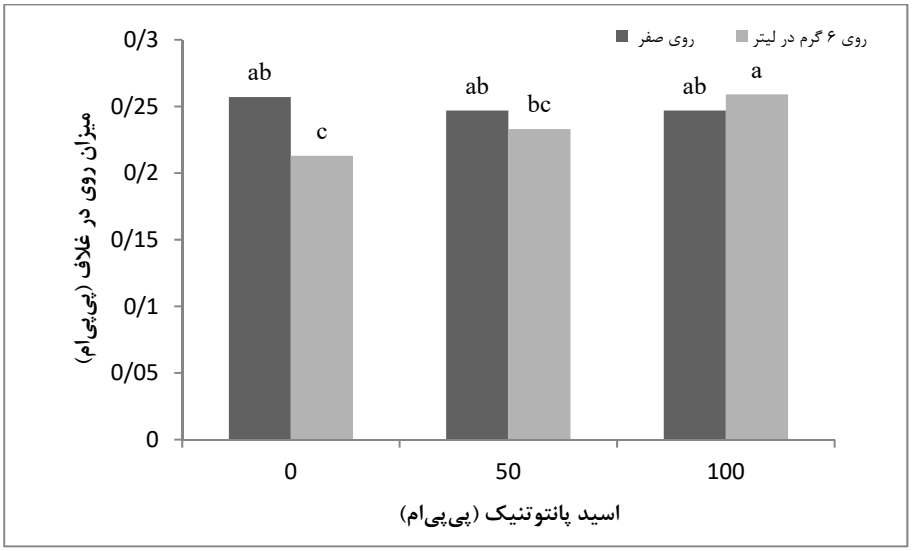
۴-۷-۱- میزان روی موجود در غلاف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱۱) نشان داد اثر اصلی عنصر روی و اثر متقابل اسید پانتوتنیک و عنصر روی در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل پیریدوکسین در اسید پانتوتنیک و اثر متقابل سه جانبه در سطح احتمال ۱ درصد بر صفت میزان روی در غلاف معنی‌دار شد. ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک از لحاظ تأثیرگذاری بر میزان روی غلاف در شکل ۴-۲۹ مقایسه شده‌اند. کاربرد محلول‌پاشی توأم پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام، همچنین پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام در حضور اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام میزان روی موجود در غلاف را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. اگرچه با مصرف تنهای اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام در یک گروه آماری قرار داشتند. در این بین افزایش ثبت شده در اثر محلول‌پاشی توأم پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام نسبت به شاهد حدود ۲۳ درصد بود. بررسی برهم‌کنش اسید پانتوتنیک و روی در شکل ۴-۳۰ نشان داد که هیچ کدام از این ترکیبات تیماری نتوانستند مقدار روی در غلاف را بهبود بخشند. در ترکیب تیماری سه جانبه

پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی‌پی‌ام و روی بالاترین میزان روی در در غلاف ثبت گردید (جدول پیوست ۱۳). کاربرد روی علاوه بر افزایش عملکرد، موجب بالارفتن غلظت روی و پروتئین دانه می‌گردد و کیفیت بهتر محصول را سبب می‌شود (بایبوردی، ۱۳۸۹). در تحقیقی روی لوبیا محلول‌پاشی آهن و روی سبب افزایش میزان این عناصر در بذر گردید (کاظمی‌پشت‌مساری و همکاران، ۲۰۰۸).



شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین میزان روی در غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک

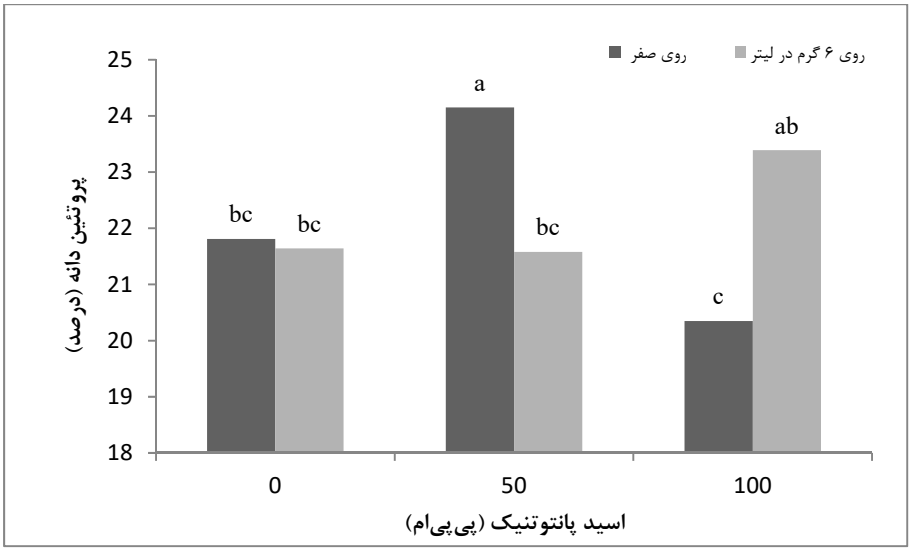


شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین میزان روی در غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی

۲-۷-۴- درصد پروتئین دانه

تنها اثر متقابل پیریدوکسین در روی ($p < ۰/۰۱$) بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۱). مقادیر بالایی از پروتئین دانه در محلول‌پاشی پیریدوکسین ۵۰ پی‌پی‌ام در عدم حضور عنصر روی و پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام در حضور عنصر روی مشاهده شد. سایر ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری نسبت به یکدیگر و شاهد نداشتند (شکل ۴-۳۱). پیریدوکسین به‌عنوان کوفاکتور در بسیاری از واکنش‌های آنزیمی و در متابولیسم اسیدهای آمینه مورد نیاز است (تروتل عزیز و همکاران، ۲۰۰۳). طی تحقیقات مختلف انجام شده تیماردهی بذر با پیریدوکسین، افزایش جذب نیتروژن و فسفر در گیاهان گلرنگ، ماش و عدس(سمیع الله و همکاران، ۱۹۹۱)، گندم (خان و همکاران، ۱۹۹۶)، کلزا (خان و همکاران، ۱۹۹۵) و ذرت (ارادتمند اصلی و همکاران، ۲۰۰۹) را به همراه داشته است. از آنجا که نیتروژن جزء عناصر مهمی می‌باشد که در ساختار اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و غیره شرکت دارد، احتمال می‌رود یکی از دلایل افزایش نیتروژن دانه، محلول‌پاشی پیریدوکسین باشد. در گیاهانی که کمبود روی دارند، ساخته شدن پروتئین کاهش می‌یابد. روی از طریق اتصال به گروه سولفیدریل سبب استحکام آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و ساختمان لیپید-

های غشای سلول می‌شود (بهتاش و همکاران، ۱۳۸۹). نخزری مقدم (۱۳۹۱) افزایش پروتئین را با مصرف روی در باقلا گزارش کرد. طبق مطالعات فرجزاده و همکاران (۲۰۰۹) استفاده مطلوب آهن و روی در گندم نیز سبب افزایش میزان پروتئین دانه می‌گردد. در مطالعات متعددی نقش مثبت روی در فرآیندهای فیزیولوژیکی سنتز پروتئین دانه اثبات شده است (برودلی و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش مقدار پروتئین‌ها باعث افزایش درصد جذب روی مواد غذایی می‌گردد. احتمالاً آمینواسیدهای آزاد شده هنگام تجزیه پروتئین‌ها از طریق باقی نگه داشتن روی در محلول، میزان جذب روی را افزایش می‌دهند (پیک، ۲۰۰۸). البته در تحقیق حاضر عنصر روی وقتی مفید واقع شد که با مصرف پیریدوکسین در بالاترین غلظت همراه گردید (شکل ۴-۳۱).

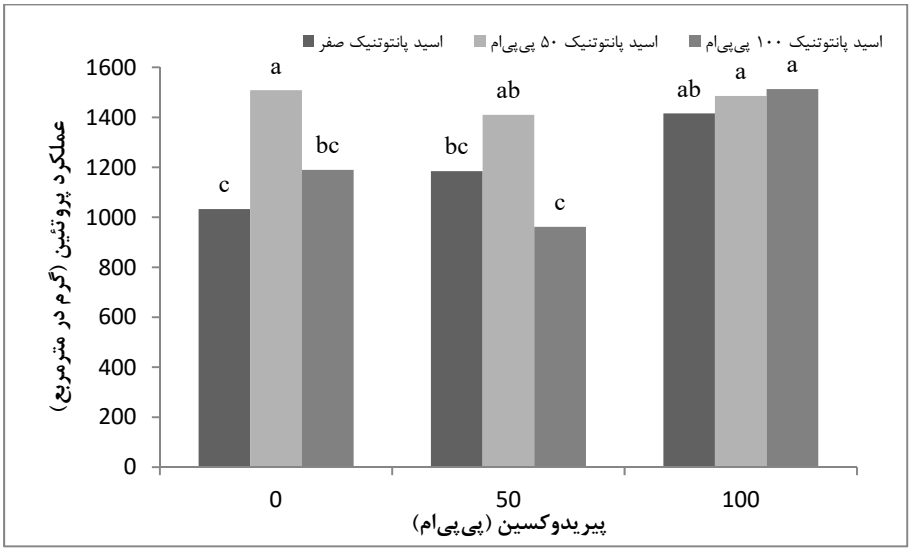


شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی

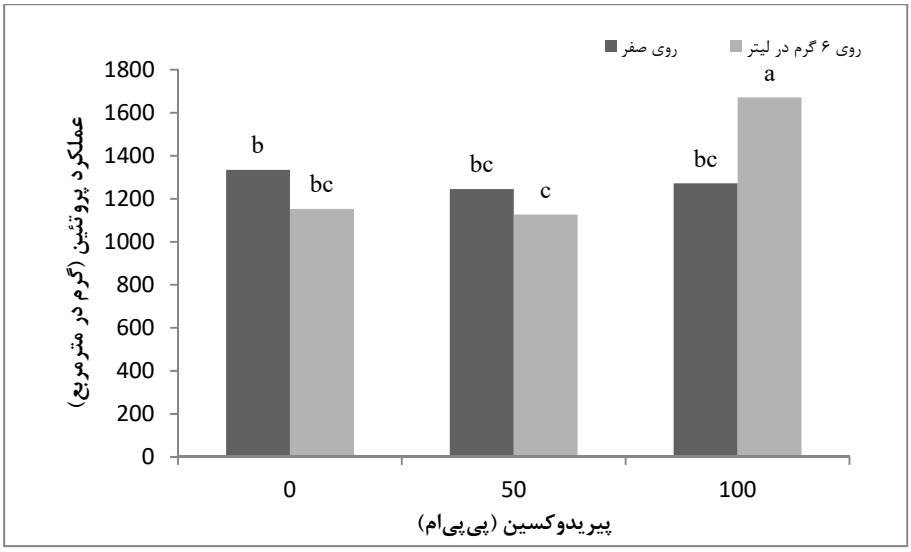
۳-۷-۴- عملکرد پروتئین

عملکرد پروتئین از تمام منابع تغییر به جز عنصر روی تأثیر پذیرفت (جدول پیوست ۱۱). با توجه به شکل ۴-۳۲ می‌توان دریافت که در همه سطوح پیریدوکسین میزان عملکرد پروتئین در

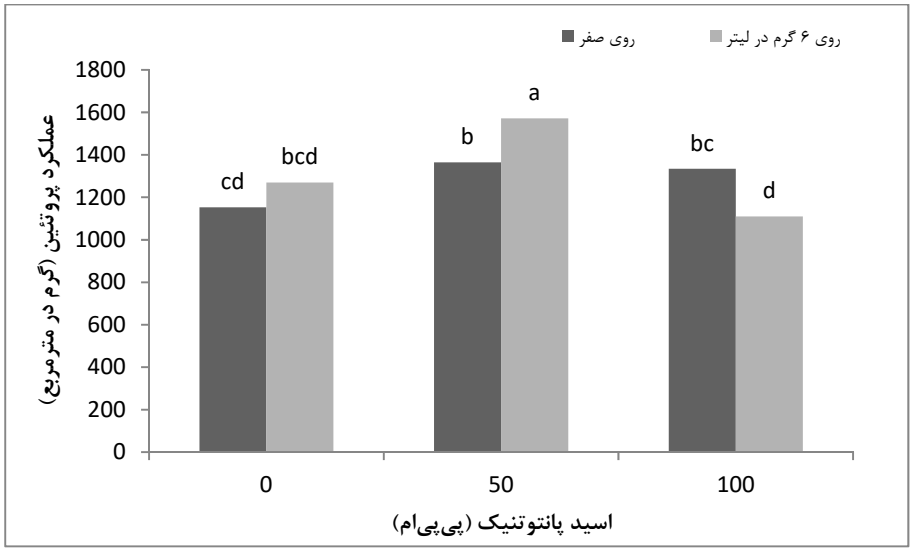
گیاهانی که توسط اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام محلول‌پاشی شدند در گروه برتر آماری قرار داشت. کاربرد برگی پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام به‌صورت تنها یا توأم با اسید پانتوتنیک نیز مقادیر بالایی از عملکرد پروتئین را نشان داد و در گروه برتر آماری قرار داشت. عملکرد پروتئین در تیمار شاهد ۱۰۳۳ گرم در مترمربع بود که در اثر ترکیب تیماری پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۱۰۰ پی-پی‌ام نسبت به شاهد ۴۶/۴۶ درصد افزایش نشان داد. در مقایسه برهم‌کنش پیریدوکسین و عنصر روی، بالاترین مقدار عملکرد پروتئین در ترکیب تیماری پیریدوکسین ۱۰۰پی‌پی‌ام با عنصر روی ثبت گردید که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۴-۳۳). محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام در حضور روی نیز عملکرد پروتئین را به‌صورت معنی‌دار و معادل ۳۶/۲۸ درصد نسبت به شاهد بهبود بخشید (شکل ۴-۳۴). ترکیب تیماری سه جانبه پیریدوکسین ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک ۵۰ پی‌پی‌ام در حضور روی بالاترین مقدار عملکرد پروتئین را رقم زد (جدول پیوست ۱۳). پیش از این نیز عملکرد پروتئین سویا در اثر پیش‌تیمار بذر با پیریدوکسین معادل ۹/۲۵ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داده است (رحیمی، ۱۳۹۴). گزارش شده است که بیشترین عملکرد پروتئین کلزای پائیزه با میانگین ۸۶۹/۱۲ کیلوگرم در هکتار از محلول‌پاشی روی و کمترین مقدار با ۳۷۷/۶۶ کیلوگرم در هکتار از تیمار شاهد حاصل گردید (افشانی و همکاران، ۱۳۹۴).



شکل ۴-۳۲- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک



شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی پیریدوکسین و عنصر روی



شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی اسید پانتوتنیک و عنصر روی

۸-۴- نتیجه‌گیری

با توجه به‌مصرف بیش از اندازه کودهای شیمیایی و قلیایی‌شدن اکثر خاک‌های کشورمان و افزایش اثرات نامطلوب محیطی شاهد کاهش عملکرد محصولات کشاورزی هستیم. از ویتامین‌ها به‌عنوان یک تنظیم کننده رشد که می‌تواند عملکرد محصولات را افزایش دهد و هم کیفیت را بهبود دهد نام برد. از این رو با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، پیریدوکسین موجب افزایش برخی از صفات از قبیل تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، مقدار نسبی آب برگ، قند محلول و عملکرد پروتئین گردید. اسید پانتوتنیک سبب افزایش وزن خشک غلاف، تعداد دانه در غلاف، عملکرد سبز، عملکرد دانه، رنگدانه‌های برگ، فلاونوئید و عملکرد پروتئین شد. عنصر روی موجب افزایش برخی از صفات فیزیولوژیک نظیر کلروفیل a، کلروفیل کل و فلاونوئید گردید.

نتایج حاصل از اثر متقابل پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک بهبود صفات طول ساقه، تعداد غلاف در بوته، عملکرد سبز، عملکرد دانه، فلاونوئید، میزان روی در غلاف و عملکرد پروتئین را نشان داد.

اثر متقابل پیریدوکسین در روی سبب افزایش تعداد دانه در غلاف، عملکرد، فلاونوئید، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین گردید.

همچنین اثر توأم اسیدپانتوتنیک و عنصر روی موجب بهبود وزن خشک برگ، قطر ساقه، عملکرد سبز، عملکرد دانه، رنگدانه‌های برگ، مقدار نسبی آب برگ، میزان روی در غلاف و عملکرد پروتئین گردید.

در نهایت با توجه به بررسی‌های انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که پیریدوکسین در غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام و اسید پانتوتنیک در غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام تأثیر بیشتری بر صفات مورد بررسی داشت و محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی موجب بهبود اکثر صفات زراعی، فیزیولوژیکی و کیفی لوبیا سبز شد.

۹-۴- پیشنهادات

۱- انجام مطالعات گسترده‌تر در به‌کارگیری ویتامین‌های گروه B به خصوص اسید پانتوتنیک، قابل توصیه است زیرا تحقیقات اندکی در مورد آنها صورت گرفته است.

۲- پیشنهاد می‌شود این آزمایش روی سایر گیاهان انجام شود زیرا احتمال پاسخ مثبت سایر گیاهان به محلول‌پاشی ویتامین‌های گروه B به‌ویژه پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک وجود دارد.

۳- با توجه به نتایج آزمایش توصیه می‌گردد که غلظت‌های بالاتر از ۱۰۰ پی‌پی‌ام برای پیریدوکسین و غلظت‌های اطراف ۵۰ پی‌پی‌ام برای اسید پانتوتنیک مورد بررسی قرار گیرد تا ارزیابی دامنه وسیع‌تری از غلظت‌های سبب توصیه بهتر گردد.

پیوست

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات تجمع ماده خشک در برگ، ساقه و غلاف طول و قطر ساقه و شاخص سطح برگ لوبیا سبز تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک غلاف	قطر ساقه	طول ساقه	شاخص سطح برگ
تکرار	۲	۳/۲۱	۱۲/۷۵	۱۱۹	۰/۱۴۸	۸/۳۴	۰/۰۰۵۵
پیریدوکسین (a)	۲	۷/۹۱	۸/۵۶	۱۲۵/۹	۰/۰۴۸	۳/۵۶	۰/۰۰۶۶
اسید پانتوتنیک (b)	۲	۴۹/۷۴	۳۶/۳۳	۱۲۸/۸۵*	۰/۲۴	۴/۲۶	۰/۰۱۱
روی (c)	۱	۰/۹۸	۱/۰۲	۰/۲۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱
a×b	۴	۴۶/۰۷	۲۳/۳۱	۳۰/۳۱	۰/۱۵	۸/۵**	۰/۰۱۳
a×c	۲	۴/۵۴	۱۶/۹۴	۱۰/۱۵	۰/۱	۰/۵۵	۰/۰۰۰۳
b×c	۲	۸۶/۷۸*	۰/۸۴	۵۶/۵۷	۰/۲۹*	۰/۵۹	۰/۰۰۵
a×b×c	۴	۱۶/۲۳	۳۱/۶۸	۳۹۸/۲۵**	۰/۰۶	۴/۵۳*	۰/۰۱۲
خطا	۳۴	۱۹/۳۶	۳۳/۰۴	۵۵/۴۳	۰/۰۸	۱/۵۴	۰/۰۰۶
ضریب تغییرات (درصد)		۲۱/۲۸	۲۶/۶۵	۳۴/۵	۵/۷۷	۵/۳۹	۵/۸۹

* و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۲– مقایسه میانگین وزن خشک غلاف و طول ساقه تحت تأثیر برهم‌کنش سه جانبه محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی

تیمارها			وزن خشک غلاف	طول ساقه
پیریدوکسین (پی‌پی‌ام)	اسید پانتوتنیک (پی‌پی‌ام)	روی (گرم در لیتر)	(گرم در مترمربع)	(سانتی‌متر)
	صفر	صفر	۱۳/۵۲^{de}	۲۲/۵^{cd}
		۶	۲۲/۸۷^{abcd}	۲۲/۱۸^{cd}
صفر	۵۰	صفر	۲۶/۵۵^{abc}	۲۴^{abc}
		۶	۱۶/۰۲^{cde}	۲۳/۱۸^{bc}
	۱۰۰	صفر	۱۸^{bcde}	۲۲/۳۱^{cd}
		۶	۱۶/۸۷^{cde}	۲۴/۶۲^{ab}
	صفر	صفر	۲۹/۳۵^{ab}	۲۲/۷۵^{bc}
		۶	۹/۷۹^{e}	۲۲/۸۷^{bc}
۵۰	۵۰	صفر	۱۹/۶^{bcde}	۲۳/۲۹^{bc}
		۶	۳۳/۸۳^{a}	۲۳/۸۷^{abc}
	۱۰۰	صفر	۱۶/۵۵^{cde}	۲۲/۱۲^{cd}
		۶	۱۹/۸۱^{bcde}	۲۰/۴۹^{d}
	صفر	صفر	۱۳/۳^{de}	۲۲/۳۷^{cd}
		۶	۲۵/۳^{abcd}	۲۲/۳۱^{cd}
۱۰۰	۵۰	صفر	۲۷/۲۵^{abc}	۲۲/۳۱^{cd}
		۶	۳۳/۸۵^{a}	۲۳/۸۷^{abc}
	۱۰۰	صفر	۲۹/۴۲^{ab}	۲۵/۶۲^{a}
		۶	۱۶/۴۵^{cde}	۲۴/۱۸^{abc}
Lsd 5%			۱۲/۳۵	۲/۰۶

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا سبز تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسیدپانتوتنیک و عنصر روی

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد سبز	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۸۴	۰/۰۱	۰/۵۶	۸۲۱۶/۵۵	۸۳/۵۹
پیریدوکسین (a)	۲	۲/۲۴	۱/۰۳**	۸/۹۸**	۱۲۸۴۶/۱۷	۱۰۲۶/۳۸**
اسید پانتوتنیک (b)	۲	۰/۵۸	۱/۴۲**	۱/۳۵	۲۴۹۸۶/۰۵**	۹۳۴/۲۳**
روی (c)	۱	۲/۳۸	۰/۹۶**	۰/۴۲	۴۳۰۱/۵۸	۰/۳۸
a×b	۴	۲/۲۳*	۰/۰۸	۶/۴۰**	۲۴۵۵۴/۶۹**	۳۷۹/۶۹**
a×c	۲	۰/۱۰	۰/۴۴*	۱۱/۳۰**	۸۲۸۶/۷۸	۳۱۳/۵۵*
b×c	۲	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۴۹	۳۲۵۵۶/۳۷**	۲۷۶/۴۴*
a×b×c	۴	۰/۶۱	۰/۳۷*	۶/۰۰**	۲۳۹۵/۰۴	۲۷۶/۹۱*
خطا	۳۴	۰/۷۶	۰/۱۰	۱/۰۴	۴۴۱۲/۷۴	۷۰/۵۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۷/۲۸	۹/۸۱	۵/۸۳	۲۲/۷۲	۱۴/۳۱

* و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۴– مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی

تیمارها	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد سبز (گرم در مترمربع)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
پیریدوکسین (پی‌پی‌ام)					
صفر	۵/۲۳	۳/۱۳b	۱۸/۳a	۲۶۴/۱۶	۵۷/۲۹b
۵۰	۴/۶۶	۳/۲۷b	۱۶/۸۹b	۲۹۵/۳۷	۵۱/۹۵b
۱۰۰	۵/۳۱	۳/۶a	۱۷/۴۷b	۳۱۷/۳۲	۶۶/۸۵a
اسید پانتوتنیک (پی‌پی‌ام)					
صفر	۴/۸۷	۳/۲۸b	۱۷/۲۴	۲۵۳/۰۷b	۵۵/۷۲b
۵۰	۵/۲۲	۳/۶۴a	۱۷/۷۵	۳۲۷/۲۱a	۶۶/۹۱a
۱۰۰	۵/۱۱	۳/۰۸b	۱۷/۶۷	۲۹۶/۵۷ab	۵۳/۴۶b
Lsd 5%	۰/۵۹	۰/۲۲	۰/۶۹	۴۵	۵/۶۹
روی (گرم در لیتر)					
صفر	۴/۸۶	۳/۴۷a	۱۷/۴۶	۲۸۳/۳۶	۵۸/۶۱
۶	۵/۲۸	۳/۲۰b	۱۷/۶۴	۳۰۱/۲۱	۵۸/۷۸
Lsd 5%	۰/۴۸	۰/۱۸	۰/۵۶	۳۶/۷۴	۴/۶۴

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۵– مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و عملکرد دانه تحت تأثیر برهم‌کنش سه جانبه محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی

تیمارها			تعداد دانه	وزن صد دانه	عملکرد دانه
پیریدوکسین (پی‌پی‌ام)	اسید پانتوتنیک (پی‌پی‌ام)	روی (گرم در لیتر)	در غلاف	(گرم)	(گرم در مترمربع)
صفر	صفر	صفر	۳/۳۵^{bcde}	۱۷/۰۲^{cdefg}	۴۸/۰۵^{f}
		۶	۲/۷۶^{fg}	۱۸/۰۷^{bcd}	۴۷/۲۵^{fg}
	۵۰	صفر	۳/۱۷^{def}	۲۱/۳۳^{a}	۷۱/۱^{ab}
		۶	۳/۴۸^{bcde}	۱۷/۷^{bcde}	۶۹/۵^{abcd}
	۱۰۰	صفر	۳/۲۵^{cdef}	۱۸/۶۷^{bc}	۶۴/۰۷^{bcde}
		۶	۲/۷۸^{fg}	۱۷^{cdefg}	۴۳/۷۷^{fg}
۵۰	صفر	صفر	۳/۵۴^{bcde}	۱۶/۳۶^{efg}	۵۵/۱۵^{ef}
		۶	۳/۰۵^{ef}	۱۶/۴۵^{defg}	۴۸/۲۵^{f}
	۵۰	صفر	۳/۷۱^{abc}	۱۵/۹۹^{fg}	۵۵/۶۵^{def}
		۶	۳/۴۸^{bcde}	۱۸/۷۸^{b}	۷۲/۵۷^{ab}
	۱۰۰	صفر	۳/۴۶^{bcde}	۱۵/۶۹^{g}	۴۶/۴۷^{fg}
		۶	۲/۴۱^{g}	۱۸/۰۸^{bcd}	۳۳/۶۲^{g}
۱۰۰	صفر	صفر	۳/۳۵^{bcde}	۱۷/۵۱^{bcdef}	۵۶/۵۲^{cdef}
		۶	۳/۶۴^{bcd}	۱۸/۰۵^{bcde}	۷۹/۱۲^{a}
	۵۰	صفر	۴/۲۱^{a}	۱۵/۹۷^{fg}	۶۷/۳۷^{abcde}
		۶	۳/۷۸^{ab}	۱۶/۷۶^{defg}	۶۵/۳^{abcde}
	۱۰۰	صفر	۳/۱۸^{def}	۱۸/۶۶^{bc}	۶۳/۱۵^{bcde}
		۶	۳/۴۳^{bcde}	۱۷/۹۱^{bcde}	۶۹/۶۷^{abc}
Lsd 5%			۰/۵۲	۱/۶۹	۱۳/۹۴

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۶- میانگین مربعات رنگدانه‌های برگ لوبیا سبز تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسیدپانتوتنیک و عنصر روی

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
تکرار	۲	۰/۱۲۶۳*	۰/۰۰۰۴	۰/۱۴	۰/۰۰۷
پیریدوکسین (a)	۲	۰/۹۱۹۴**	۰/۰۱۴**	۰/۷۱**	۰/۰۳۹**
اسیدپانتوتنیک (b)	۲	۰/۱۳۱۰*	۰/۰۰۳*	۰/۱۵*	۰/۰۰۵
روی (c)	۱	۰/۳۰۶۱**	۰/۰۰۲	۰/۲۶*	۰/۰۰۵
a×b	۴	۱/۲۷۹۵**	۰/۰۰۸**	۰/۳۲**	۰/۰۴۱**
a×c	۲	۰/۰۵۰۷	۰/۰۰۲۷*	۰/۰۶	۰/۰۰۳
b×c	۲	۰/۵۵۳۱**	۰/۰۰۲۴*	۰/۲۹**	۰/۰۲۶**
a×b×c	۴	۰/۶۶۵۶**	۰/۰۱۵**	۰/۱۸**	۰/۰۱۴**
خطا	۳۴	۰/۰۱۷۲	۰/۰۰۰۷	۰/۰۳	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۸۶	۲۹/۶۸	۲۱/۰۶	۱۳/۳۱

* و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۷– مقایسه میانگین رنگدانه‌های برگ لوبیا تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی

تیمارها	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)			
پیریدوکسین (پی‌پی‌ام)				
صفر	۰/۹۶^{a}	۰/۱۱۷^{a}	۱/۱۳^{a}	۰/۳۹^{a}
۵۰	۰/۸۶^{b}	۰/۰۹^{b}	۰/۹۳^{b}	۰/۳۶^{a}
۱۰۰	۰/۶۵^{c}	۰/۰۵^{c}	۰/۷۴^{c}	۰/۳^{b}
اسید پانتوتنیک (پی‌پی‌ام)				
صفر	۰/۷۶^{a}	۰/۰۷^{b}	۰/۸۳^{b}	۰/۳۳
۵۰	۰/۸۳^{ab}	۰/۰۹^{a}	۰/۹۹^{a}	۰/۳۵
۱۰۰	۰/۸۸^{a}	۰/۰۹^{a}	۰/۹۹^{a}	۰/۳۷
Lsd 5%	۰/۰۸	۰/۰۱۸	۰/۱۳	۰/۰۳۲
روی (گرم در لیتر)				
صفر	۰/۷۵^{b}	۰/۰۸	۰/۸۶^{b}	۰/۳۴
۶	۰/۹^{a}	۰/۰۹	۱/۰۱^{a}	۰/۳۶
Lsd 5%	۰/۰۷	۰/۰۱۴	۰/۱	۰/۰۲۶

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۸– مقایسه میانگین رنگانه‌های برگ تحت تأثیر برهم‌کنش محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی

تیمارها			کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
پیریدوکسین (پی‌پی‌ام)	اسید پانتوتنیک(پی‌پی‌ام)	روی (گرم در لیتر)	(میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)			
صفر	صفر	صفر	۰/۶۳^{defg}	۰/۰۵^{efg}	۰/۷۵^{efghi}	۰/۳۳۲^{ef}
		۶	۱/۰۱^{b}	۰/۱۲^{bcd}	۱/۱۳^{cd}	۰/۳۱^{efg}
	۵۰	صفر	۰/۵۵^{fg}	۰/۱۳^{bc}	۰/۹۱^{defg}	۰/۲۵^{g}
		۶	۱/۰۲^{b}	۰/۰۸^{def}	۱/۱۱^{cd}	۰/۴۳^{bc}
	۱۰۰	صفر	۱/۴۵^{a}	۰/۱۶^{b}	۱/۶۲^{a}	۰/۶^{a}
		۶	۱/۳۱^{a}	۰/۱۳^{bc}	۱/۲۸^{bc}	۰/۴۴^{b}
۵۰	صفر	صفر	۰/۹۸^{bc}	۰/۰۹^{cde}	۰/۹۹^{de}	۰/۴۱^{bcd}
		۶	۰/۷۶^{def}	۰/۰۴^{fg}	۰/۸^{efghi}	۰/۳۶^{cde}
	۵۰	صفر	۰/۷۷^{cde}	۰/۰۵^{efg}	۰/۸۲^{efghi}	۰/۳۴^{def}
		۶	۱/۲۹^{a}	۰/۲۳^{a}	۱/۵۳^{ab}	۰/۴۵^{b}
	۱۰۰	صفر	۰/۵^{g}	۰/۰۶^{efg}	۰/۵۶^{i}	۰/۲۵^{g}
		۶	۰/۸۳^{bcd}	۰/۰۵^{efg}	۰/۸۹^{defgh}	۰/۳۵^{def}
۱۰۰	صفر	صفر	۰/۵^{g}	۰/۰۸^{def}	۰/۵۸^{i}	۰/۳۰۲^{efg}
		۶	۰/۶۷^{defg}	۰/۰۳^{g}	۰/۷^{fghi}	۰/۳۰۶^{efg}
	۵۰	صفر	۰/۵۶^{efg}	۰/۰۵^{efg}	۰/۶۱^{hi}	۰/۲۹^{efg}
		۶	۰/۸۲^{bcd}	۰/۰۳^{g}	۰/۹۶^{def}	۰/۳۳۹^{def}
	۱۰۰	صفر	۰/۷۹^{cd}	۰/۰۴^{fg}	۰/۹۳^{def}	۰/۳۰۱^{efg}
		۶	۰/۵۶^{efg}	۰/۱۱^{cd}	۰/۶۴^{ghi}	۰/۲۸^{fg}
Lsd 5%			۰/۲۱۷	۰/۰۴۳	۰/۲۸۷	۰/۰۷۴

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۹- میانگین مربعات مقدار نسبی آب برگ، قند محلول و فلاونوئید تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسیدپانتوتنیک و عنصر روی

منابع تغییر	درجه آزادی	مقدار نسبی آب برگ	قند محلول	فلاونوئید
تکرار	۲	۳۹/۷۸	۴/۵	۰/۲۶
پیریدوکسین(a)	۲	۱۴۳/۲۸*	۱/۲۸*	۰/۰۶
اسید پانتوتنیک (b)	۲	۵۷/۱۲	۰/۲۵	۰/۲۸**
روی (c)	۱	۰/۰۰۱	۰/۷۷	۰/۲۲*
a×b	۴	۳۵/۴۱	۰/۱۲	۰/۱۸**
a×c	۲	۴۴/۷۹	۰/۵	۰/۴۴**
b×c	۲	۱۳۸/۰۹*	۰/۵۷	۰/۰۰۸
a×b×c	۴	۱۳۴/۹۱**	۰/۵	۰/۰۴
خطا	۳۴	۳۱/۱۲	۰/۲۸	۰/۰۴۳
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۸۸	۱۳/۹۱	۱۰

* و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد

جدول پیوست ۱۰– مقایسه میانگین مقدار آب نسبی برگ، قند محلول و فلاونوئید تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی

تیمارها	مقدار نسبی آب برگ (درصد)	قند محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	فلاونوئید (میکروگرم بر گرم وزن تر برگ)
پیریدوکسین (پی‌پی‌ام)			
صفر	۶۷/۵۷^{b}	۳/۵۳^{b}	۲/۰۲
۵۰	۷۲/۹۷^{a}	۳/۸۴^{ab}	۲/۱۴۰
۱۰۰	۷۱/۶۶^{a}	۴/۰۶^{a}	۲/۱۰۶
Lsd 5%	۳/۷۷	۰/۳۵	۰/۱۴
اسید پانتوتنیک (پی‌پی‌ام)			
صفر	۶۸/۷	۳/۹۵	۲/۰۲^{b}
۵۰	۷۱/۴۸	۳/۷۷	۲/۰۱^{b}
۱۰۰	۷۲/۰۲	۳/۷۲	۲/۲۳^{a}
Lsd 5%	۳/۷۷	۰/۳۵	۰/۱۴
روی (گرم در لیتر)			
صفر	۷۰/۷۳	۳/۶۹	۲/۰۲^{b}
۶	۷۰/۷۴	۳/۹۳	۲/۱۵^{a}
Lsd 5%	۳/۰۸	۰/۲۹	۰/۱۱

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۱۱- میانگین مربعات میزان روی در غلاف، پروتئین دانه و عملکرد پروتئین تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی

منابع تغییر	درجه آزادی	میزان روی در غلاف	پروتئین دانه	عملکرد پروتئین
تکرار	۲	۰/۰۰۰۵	۸/۳۵	۹۷۴۹۹/۲
پیریدوکسین (a)	۲	۰/۰۰۰۶	۶/۸۹	۴۱۱۳۴۸/۴**
اسید پانتوتنیک (b)	۲	۰/۰۰۱۵	۸/۷۱	۳۸۰۵۵۶/۲**
روی (c)	۱	۰/۰۰۳۲*	۰/۱۲	۱۵۰۳۰/۷
a×b	۴	۰/۰۰۴۲**	۳/۴۱	۱۴۴۰۲۸/۷*
a×c	۲	۰/۰۰۰۸	۳۵/۵۳**	۴۵۵۲۸۵/۲**
b×c	۲	۰/۰۰۳۴*	۱۰/۳۷	۲۳۱۸۷۹/۴*
a×b×c	۴	۰/۰۰۸**	۹/۳۹	۱۸۳۸۵۱/۵**
خطا	۳۴	۰/۰۰۰۷	۳/۸۷	۴۶۱۰۹/۰۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۸۹	۸/۸۷	۱۶/۵۱

* و ** به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۱۲– مقایسه میانگین میزان روی در غلاف، پروتئین دانه و عملکرد پروتئین تحت تأثیر محلول‌پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی

تیمارها	میزان روی در غلاف (پی‌پی‌ام)	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد پروتئین (گرم بر مترمربع)
پیریدوکسین (پی‌پی‌ام)			
صفر	۰/۲۳۷	۲۱/۷۲	۱۲۴۳/۹^{b}
۵۰	۰/۲۴۱	۲۲/۸۶	۱۱۸۵/۹^{b}
۱۰۰	۰/۲۴۹	۲۱/۸۷	۱۴۷۱/۸^{a}
Lsd 5%	۰/۰۱۷	۱/۳۳	۱۴۵/۴۶
اسید پانتوتنیک (پی‌پی‌ام)			
صفر	۰/۲۳۵	۲۱/۶۷	۱۲۱۱/۵^{b}
۵۰	۰/۲۴	۲۱/۸۴	۱۴۶۸/۳^{a}
۱۰۰	۰/۲۵۳	۲۲/۹۵	۱۲۲۱/۷^{b}
Lsd 5%	۰/۰۱۷	۱/۳۳	۱۴۵/۴۶
روی (گرم در لیتر)			
صفر	۰/۲۵^{a}	۲۲/۱	۱۲۸۳/۸
۶	۰/۲۳^{b}	۲۲/۲	۱۳۱۷/۲
Lsd 5%	۰/۰۱۴	۱/۰۸	۱۱۸/۷۷

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۱۳– مقایسه میانگین مقدار نسبی آب برگ، میزان روی در غلاف و عملکرد پروتئین تحت تأثیر برهم‌کنش سه‌جانبه محلول-پاشی پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی

تیمارها			مقدار نسبی آب برگ	میزان روی در غلاف	عملکرد پروتئین
پیریدوکسین (پی‌پی‌ام)	اسید پانتوتنیک (پی‌پی‌ام)	روی (گرم در لیتر)	(درصد)	(پی‌پی‌ام)	(گرم در مترمربع)
صفر	صفر	صفر	۵۹/۹۷^{f}	۰/۲۳۶^{cd}	۱۰۱۵/۷۱^{efg}
		۶	۶۵/۶۷^{def}	۰/۲۱^{de}	۱۰۵۰/۹^{efg}
	۵۰	صفر	۷۴/۴۴^{abcd}	۰/۱۹^{e}	۱۵۵۸/۲^{abc}
		۶	۶۵/۷۴^{def}	۰/۲۶^{bc}	۱۴۵۹/۵^{abcd}
	۱۰۰	صفر	۶۳/۴۶^{ef}	۰/۲۸^{ab}	۱۴۲۹/۱^{abcd}
		۶	۷۶/۱۲^{abc}	۰/۲۲^{cde}	۹۴۹/۸۸^{fg}
۵۰	صفر	صفر	۷۳/۰۶^{abcd}	۰/۲۵^{bcd}	۱۳۳۹/۰۱^{bcde}
		۶	۶۹/۶۶^{bcde}	۰/۱۸^{e}	۱۰۳۱/۲^{efg}
	۵۰	صفر	۸۱/۲۲^{a}	۰/۲۶^{bc}	۱۱۶۶/۱^{def}
		۶	۶۷/۳۶^{cdef}	۰/۱۹^{e}	۱۶۵۴/۳^{ab}
	۱۰۰	صفر	۶۹/۲۷^{bcde}	۰/۲۴^{bcd}	۱۲۲۹/۲^{cdef}
		۶	۷۷/۲۷^{ab}	۰/۳۱^{a}	۶۹۵/۳^{g}
۱۰۰	صفر	صفر	۷۰/۸۱^{bcde}	۰/۲۸^{ab}	۱۱۰۵/۵^{def}
		۶	۷۳/۰۳^{abcd}	۰/۲۳۸^{bcd}	۱۷۲۶/۹^{a}
	۵۰	صفر	۶۷/۹۸^{cdef}	۰/۲۸^{ab}	۱۳۶۹/۷^{bcde}
		۶	۷۲/۱۷^{abcde}	۰/۲۳۴^{cd}	۱۶۰۲/۰۲^{ab}
	۱۰۰	صفر	۷۶/۳۵^{abc}	۰/۲۱^{de}	۱۳۴۲/۰۴^{bcde}
		۶	۶۹/۶۴^{bcde}	۰/۲۳۵^{cd}	۱۶۸۴/۹^{ab}
Lsd 5%			۹/۲۵	۰/۰۴۳	۳۵۶/۳

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

منابع

افشانی، س.، امیرنیا، ر. و هادی، ه. ۱۳۹۴. بررسی اثر محلول پاشی آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزای پائیزه در شرایط کم آبیاری. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۳ (۱): ۵۲-۴۳.

بایبوردی، ا. ۱۳۸۹. روی در خاک و عناصرغذایی گیاه. نشر پریور. ۱۷۹ صفحه.

بایبوردی، ت.ا. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۲. اثر محلول‌پاشی نیتروژن، بر و روی میوه و خصوصیات کیفی بادام. مجله پژوهش و سازندگی. ۶۷: ۳۲-۴۰

بهتاش، ف.، طباطبایی، س.ج.، ملکوتی، م.ج.، سرورالدین، م.ح. و اوستان، ش. ۱۳۸۹. اثر روی و کادمیم بر رشد، مقدار کلروفیل ، فتوسنتز و غلظت کادمیم در چغندر لبویی. مجله پژوهش‌های خاک علوم خاک و آب. ۲۴ (۱): ۴۱-۳۱.

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

پیرزاد، ا.ر.، طوسی، پ. و درویش‌زاده، ر. ۱۳۹۲. تأثیر محلول‌پاشی آهن و روی بر صفات زراعی و محتوای روغن رازیانه. مجله گیاهان زراعی. ۱۵(۱): ۲۳-۱۲.

پیروی، م.ه. ۱۳۸۰. بررسی اثر ریز مغذی آهن و روی بر عملکرد دو رقم آفتابگردان. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی ارسنجان. ۵۸ صفحه.

پیوست، غ. ۱۳۸۸. سبزیکاری. انتشارات دانش‌پذیر تهران. ۵۷۷ صفحه.

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

رحیمی، گلاله. ۱۳۹۴. پایان نامه ارشد: تأثیر پیری بذر و پیش تیمار با پیریدوکسین بر رشد و عملکرد سویا در رقابت با علف‌های هرز. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی شاهرود.

زارع ده‌آبادی، س. و اسرار، ز. ۱۳۸۸. بررسی اثر مقدار اضافی عنصر روی (Zinc) بر القای تنش اکسیداتیو و تجمع برخی عناصر در گیاه نعناع سبز (*Mentha spicata* L.). مجله زیست شناسی ایران. ۲۲ (۲): ۲۲۸-۲۱۸.

زند، ب.، سروش زاده، ع.، قناتی، ف. و مرادی، ف. ۱۳۸۹. اثر محلول‌پاشی عنصر روی و تنظیم‌کننده رشد اکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت دانه‌ای. مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران. ۲(۱):۴۸-۳۵.

سعیدی ابواسحاقی، ر.ا.، یدوی، ع.ر.، موحدی دهنوی، م. و بلوچی، ح.م. ۱۳۹۳. اثر دور آبیاری و محلول‌پاشی آهن و روی بر برخی صفات فیزیولوژیک و مرفولوژیک لوبیا قرمز . فرآیند و کارکرد گیاهی. ۳(۷): ۴۱-۲۷.

سید شریفی، ر.، کمری، ح.، و نجفی، ق. ۱۳۹۴. تأثیر تنش شوری و تغذیه برگی با نانواکسید روی بر عملکرد و برخی خصوصیات مورفولوژیکی جو (*Hordeum vulgare* L.) دانشگاه فردوسی مشهد. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۳(۲): ۴۱۰-۳۹۹.

شافع، ل.، صفاری، م.، امام، ی. و محمدی نژاد. ق. ۱۳۹۰. اثر مصرف کودهای نیتروژن و روی بر میزان کلروفیل و میزان روی برگ بر عملکرد و ترکیب عناصر دانه دو هیبرید ذرت (*Zea mays* L.) مجله به‌زراعی نهال و بذر. ۲ (۲): ۲۳۵-۲۶۵.

شیخ بگلو، ن.، قورت تپه، ع.، باغستانی، م. و زند، ب. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر محلول‌پاشی عنصر روی بر عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش آب. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۲(۲): ۷۳-۵۹.

صالحی، ر.، ملکی، ع. و دهقان‌زاده، ح. ۱۳۹۱. تأثیر پتاس و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ تحت تنش قطع آبیاری. فصلنامه تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی. ۳(۴): ۷۰-۵۹.

صفیان، ن.، نادری، م.ر.، شمس، م. و دارخال، ه. ۱۳۹۰. بررسی تغذیه برگی عناصرمیکرو بر رشد و عملکرد ذرت دانه ای رقم سینگل کراس ۳۰۲ در منطقه اصفهان. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه. ۱۱ آبان.

ضیائیان، ع. ا. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۹. بررسی گلخانه‌ای اثرات مصرف آهن، منگنز، روی و مس بر تولید گندم در خاک‌های شدیداً آهکی استان فارس. نشر آموزش کشاورزی. ۵۴۴ صفحه.

عرب، ص.، برادران فیروزآبادی، م.، اصغری، ح.ر.، غلامی، ا. و رحیمی، م. ۱۳۹۵. اثر محلول‌پاشی اسیدآسکوربیک و سدیم نیتروپرساید بر محتوای پروتئین، عملکرد دانه و برخی از صفات زراعی گلرنگ تحت تنش کم آبیاری. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۹(۱): ۸۷-۶۹.

فرج زاده معماری تبریزی، ا.، یارنیا، م.، احمدزاده، و. و فرجزاده معماری تبریزی، ن. ۱۳۸۹. بررسی اثر روش-های مختلف مصرف کوددهای میکرو بر میزان تجمع عناصر میکرو در بذر و برگ و عملکرد ذرت رقم Jeta فصلنامه دانش نوین کشاورزی پایدار. ۲۱: ۶۷-۷۴.

فرخی، غ.ر. و ارادتمند اصلی، د. ۱۳۸۷. تأثیر پیریدوکسین و سطوح مختلف نیتروژن یر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴. مجله زراعت اصلاح نباتات ایران. ۴(۱): ۱۶-۵.

کوچکی، ع. و بنایان اول، م. ۱۳۷۳. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۸۰ صفحه.

کوچکی، ع. و خواجه حسینی، م. ۱۳۸۷. زراعت نوین. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۵۰ صفحه.

کیانی، ک. ۱۳۸۸. فواید و خسارات گیاهان‌دارویی، میوه‌ها و سبزی‌ها و غیره. ۵۲۰ صفحه

گوهری، ف.، بحرانی، ع. و باقری، ع. ۱۳۸۹. تأثیر کودهای ماکرو و میکرو بر راندمان مصرف آب در کلزا. همایش ملی مدیریت کمبود مصرف آب و تنش خشکی در زراعت، ارسنجان، ۵-۴ اسفند، ۱۴ صفحه.

مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۷. زراعت وتولید حبوبات. سازمان انتشارت جهاد دانشگاهی تهران. ۲۸۳ صفحه.

ملکوتی، م.ج. و ریاضی همدانی، ع. ۱۳۷۱. کودها و حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۸۰۸ صفحه.

ملکوتی، م.ج. و طهرانی، م.م. ۱۳۷۹. نقش ریز مغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی ((عناصر خرد با تآثیر کلان)). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۲۹۹ 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 همایی، م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی مناطق خشک و نیمه خشک ((مشکلات و راه حل‌ها)). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۵۰۸ صفحه.

میرطالبی، س.ح.، حسینی، س.م.، خواجه‌پور، م.ر. و سلیمانی، ع. ۱۳۹۱. اثر سولفات روی بر عملکرد، اجزا عملکرد و میزان روی و پروتئین دانه سه رقم گندم پاییزه در منطقه اقلید فارس، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۹(۳): ۲۰۰-۱۸۵.

نخزری مقدم، ع. ۱۳۹۱. تأثیر زمان ومیزان مصرف کود روی بر کمیت وکیفیت باقلا. دوازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ۱۴تا ۱۶ شهریور.

وفایی، م.ح.، 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.

Abasdokht, H. and Marvi, H. 2005. The effect of nitrogen foliar application on yield and yield components of wheat. Irani. J.of Agri. Sci. 336(6): 1331-1325.

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

Ali, S., Khan, R., Mairaj, G., Arif, M., Fida, M. and Bibi, S. 2008. Assessment of different crop nutrient management practices for yield improvement. Australian J. of Crop Sci. 2(3): 150-157.

Alloway B.J. 2003. Zinc in soil and crop nutrition. International Zinc Assocation, 114 p.

Alloway, B.J. 2004. Zinc in soils and crop nutrition. Int. Zinc Assoc. (IZA), Belgium, 128p.

Amany, A. 2007. Effect of plant density and urea foliar application on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum*). J. of Agric. and Biolo. Sci. 3(4): 220-223.

An, Y.J. 2004. Soil ecotoxicity assessment using cadmium sensitive plants. Environ. Pollut. 127: 21-26.

Auld D.S. **2001.** Zinc coordination sphere in biochemical zinc sites, Biometals, 14: 271–313.

Ayad, H.S., Reda, F. and Abdalla, M.S.A. 2010. Effect of putrescine and zinc on vegetative growth, photosynthetic pigments, lipid peroxidation and essential oil content of geranium (*Pelargonium graveolens* L.).World J. of Agri. Sci. 6:601-608.

Ayub, M.A., Tanveer, K., Mahmud, A., Liand, M. and Azam, M. 1999. Effects of nitrogen and phosphorus on fodder yield and quality of two sorghum cultivars. Pak. J. Biol. Sci. 2: 247-252.

Bagci, S.A. Ekiz, H., Yilmaz, A. and Cakmak, I. 2007. Effects of zinc deficiency and water stress on grain yield of field-grown Wheat cultivars in central Anatolia. Agron. and Crop Sci. 193: 198-206.

Baniabbass, Z., Zamani, G. and Sayyari, M. 2012. Effect of drought stress and zinc sulfate on the yield and some physiological characteristics of sunflower (*Helianthus Annuus* L.). Environ. Biol. 6: 518-525.

Barakat H. **2003.** Interactive effects of salinity and certain vitamins on gene expression and cell division. Int. J. Agric. Biol., 5(3): 219-225.

Bayat, A.A., Sephri, A., Ahmad, G. and Dorri, H.R. 2010. Effect of water deficit stress on yield component of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iran. J. crop sci., 12(1):42-54.

Bosch, S.M. 1995. The role of a-tocopherol in plant stress tolerance. J. of Plant Physiol. 162:743–748.

Blokhina, O., Virolainen, E. and Fagerstedt, K.V. 2003. Antioxidant, oxidative damage and oxygen deprivations stress: A Review. Ann. Bot. 91:179-194.

Bradley, M.R., Philips, J.W., Hammon, J.P., Zelko, I. and Alexander, L. 2007. Zinc in plants. new phytol. 173: 677-702.

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

Calvo-Polanco, M., Sánchez-Romera, B. and Aroca, R. 2014. Mild salt stress conditions induce different responses in root hydraulic conductivity of *Phaseolus vulgaris* L. Over-Time. 9(3): 320-326.

Camberato, J.J. 2004. Foliar application on suger beet. J. of fruit and Oranamental Plant Res., 12: 120-126.

Cakmak, I. 2008. Ennrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification, Plant soil, 302: 1-17.

Castrillo, M. and Trujillo, I. 1994. Ribulose-1-5, bishosphate carboxylase activity, chlorophyll and protein content in two cultivars of French bean plants under water stress and rewatering. Photosynthetic. 30: 175-181.

Chen, H. and Xiong, L. 2005. Pyridoxine is required for post-embryonic root development and tolerance to osmotic and oxidative stresses. The Plant J. 44: 396–408.

Demirel, T. and Turkan, I. 2005. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. Environ. Exp. Bot., 53: 247-257.

Denslow, S., Walls, A. and Daub, M. 2005. Regulation of biosynthetic genes and antioxidant properties of vitamin B6 vitamers during plant defense reponses. Physiol. and molecul. plant pathol. 66: 244-255.

Dolatabadian, A. and Sanavy, S.A.M. 2008. Effect of the ascorbic acid, pyridoxine and hydrogen peroxide treatments on germination, catalase activity, protein and malondialdehyde content of three oil seeds. Not. Bot. Hort. Agric. 36(2):61-66.

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

El-Bassiouny, H.M.S., Gobarah, M.E. and Ramadan, A.A. 2005. Effect of antioxidants on growth, yield, savism causative agents in seeds of *Vicia faba* L. plants grown under reclaimed sandy soils. J. Agr. Pak., 7(4): 653-659.

Epstein, E. 1999. Silicon. Annual Rev. of Plant Physiol. and Plant molecul. Biolo. 50: 641-664.

Eradatmand Asli, D. and Houshmandfar, A. 2001. Seed germination and early seedling growth of corn (*Zea mays* L.) as affected by different seed pyridoxine priming duration. Adv. in Environ. Biol. 5(5): 1014-1018.

Eradatmand Asli, D., Farrokhi, G.H.R. and Yosefi Rad, M. 2009. Effect of pyridoxine on yield and yield components of corn (*Zea mays* L. Var. SC. 704). Journal of Plant Science Reserarches. 14: 35-38.

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

Falk, J. and Bosch, S.M. 2010. Tocochromanol functions in plants: antioxidation and beyond. J. of Exp. Bot. 61(6): 1549–1566.

Farajzadeh, E., Yarnia, M., Khorshidi, M.B. and Ahmadzade, V. 2009. Effects of micronutrients and their application method on yield, crop growth rate (CGR) and net assimilation rate (NAR) of corn cv. Jetlag. J. of food , Agric. and Environ., 7(2): 611-615.

Faruki, S.I. 2005. Effect of pyridoxine on the reproduction of the mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). Inv. Surv. J. 2: 28-31.

Farrokhi, G. and Paykarestan, B. **2010.** The effect of pyridoxine and different levels of nitrogen on physiological indices of corn (*Zea Mays* L.var.sc704). World Acad. Sci. Eng. Tech., 66: 511-513.

Fung, W.Y., Zulkurnain, M., Wan Nadiah, W.A., Rosma, A., Easa, A.M. and Liong, M.T. 2008. Evaluation of vitamin-B profiles from candida utilis grown in pineapple waste medium. International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT 2008) Food Technology Division, School of Industrial Technology, Universiti Sains Malaysia, 11800 Minden, Penang, Malaysia.

Gamal, A.F.O. 2006. Response of Washington Navel orange trees to some antioxidants and biofertilization treatments. M. Sc. Thesis Fac. of Agric. Minia Univ. Egypt.

Gibon, Y., Sulpice, R. and Larher, F. 2000. Proline accumulation in canola leaf disc subjected to osmotic related to stress is the loss of chlorophylls and to the decrease of mitochondrial activity. Plant Physiol. 110: 469-476.

Gobara, A.A. 2004. Growth and fruiting of Washington Navel oranges in relation to foliar application of some antioxidants. Minia J. of Agric. Res. & Develop.24(4): 580 – 600.

Gooding, M.J. and Davies, W.P. 1992. Foliar urea fertilization of cereals, Royal Agricultural College, GL 76JS Cirencester, Gloucestershire, England. 32(2).

Grewal, H.S. and Wiliams, R. 2000. Zinc nutrition affects alfalfa response to water stress and excessive moisture. Plant Nutr. 23: 942-962.

Hao, C. and Liming, X. 2005. Pyridoxin is required for pos-emebryonic root development and tolerance to osmotic and oxidative stress. The plant J. 44: 396-408.

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

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

Hemantaranjan, A. and Gray, O.K. 1988. Iron and Zinc fertilization with reference to the grain quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). J. of Plant Nutr. 11: 1439-1450.

Hendawy, S.F. and Ezz El-Din, A.A. 2010. Growth and yield of *Foeniculum vulgare* var. azoricum as influenced by some vitamins and amino acids. Ozean J. App. Sci., 3(1): 113-123.

Heyl, H.L. 1951. An observation suggesting the presence of gonadotrofic hormone in royal jelly. Sci. 89: 590 – 591.

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.

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

Ingram, J. and Bartels, D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. and Molecu. Bio. 47: 377-403.

Jochum, G.M., Mudge, K.W. and Thomas, R.B. 2007. Elevated temperatures increase leaf senescence and root secondary metabolite concentrations in the understory herb *Panax quinquefolius* (Araliaceae). Amer. J. Bot. 94: 819–826.

Kannan, S. 2010. Foliar fertilization for sustainable crop production, sustainable agriculture reviews, 1, Genetic engineering, biofertilization. Soil quality and Organic Farming. 4 (5): 371 - 402.

Kaya, C. and Higgs, D. 2002. Response of Tomato (*Lycopersicon esculentum* L) culture at low zinc, Scientia Hortic. 93: 53–64.

Kazemiposhtmasari, H., Bahmanyar, M.A., Pirdast, H. and Ahmadishad, M.A. 2008. Effects of Zn rates and application forms on protein and some micronutrients accumulation in commen bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Asian J. of Biol. Sci., 11: 1042-1046.

Khampariva, N.K. 1996. Yield and yield attributing characters of soybean as affected by levels of phosphorous and zinc and their interactions on Vertisoil. Crop Res. 12: 275-282.

Khan, N.A., Khan, F.A., Aziz, O. and Samiullah, N. 1995. Pyridoxine enhances root growth and leaf NPK content of lentil grown with phosphoruslevels. In: I.A. Khan (Ed.), Frontiers in plant Sci. PP: 807- 808.

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

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

Khan, M.S., Zaidi, A. and Wani, P.A. **2009.** Role of phosphate-solubilizing microorganism in sustainable agriculture: rsview. Biomedical and Life Sci. 5: 551-570.

Krizek, D.T., Britz, S.J. and Mirecki, R.M. 1998. Inhibitory effect of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New RED FIRE lettuce. Physiol. Plant, 103:1-7.

Kuepper, G. 2003. Foliar fertilization. ATTRA. available online: www.attra.ncat.org. Kuznetsov, V., and Shevyakova, N.I. 1999. Proline under stress: Biological role, metabolism and regulation. Rus. J. Plant Physiol. 46: 274-287.

Lone, N.A., Khan, N.A., Hayat, S., Azam, Z.M., and Samiullah. N. 1999. Evaluation of effect of some B-vitamins on root development of mustard. Ann. Appl. Biol. 134(Supplement): 30-37.

McClean, P., Kami, J. and Gepts, P. 2004. Genomics and genetic diversity in common bean. Legume Crop Genomics. 60-82.

Misra, A., Dwivedi, S., Srivastava, A.K., Tewari, D.K., Khan, A. and Kumar, R. 2006. Low iron stress nutrition for evaluation of Fe-efficient genotype phyiology, photosynthesis, and essential monoterpene oil(s) yield of *Ocimum sanctum*. Photosynthtica, 44(3): 474-477.

Mita, R. 1997. Oxidative stress. Antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sci., 7:405-410.

Movahedi dehnavi, M., Modares sanavi, A. and Mokhtassi bidgoli, A. 2009. Foliar application of zinc and manganese imprives seed yield and quality of safflower. Indust. Crops and Products., 30(1): 82-92.

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

Oretili, J.J. 1987. Exogenous application of vitamins as regulators for growth and development of plants. Pflanzenernahr Bodenk, 150: 375 – 391.

Ozturk, L., Yazici, M.A., Yucel, C., Torun, A., Cekic, C., Bagci, A., Ozkan, H Braun, H.J., Sayers, Z., and Cakmak, I. 2006. Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat. Physiol. Planta. ١٢٨: ١٤٤-١٥٢.

Pandy, N., Singh, A.K., Pathak, G.C. and Sharma, C.P. 2002. Effect of zinc on antioxidant response in maize (*Zea mays* L.) leaves. Indian J. Exp. Biol. 40:954-956.

Pandy, N., Pathak, G.C. and Sharma, C.P. 2006. Zinc is critically required for pollen function and fertilization in lentil. J. of trace elements in medicine and Biol., 20: 89-96

Peck, A.W., McDonald, G.K. and Graham, R.D. 2008. Zinc nutrition influences the protein composition of flour in bread wheat(*T iticum aestivum* L.). J. Cereal Sci., 47:266-274.

Prasad, A.S. 1984. Discovery and importance of zinc in human nutrition. Feed Processing 43: 2829-2834.

Ragab, M.M. 2004. Behaviour of zaghloul date palm to foliar application of some antioxidants. Minia J. of Agric. Res. & Develop. 24(4): 501-520.

Robinson, F.A. 1973. Vitamins Phytochemistry.In lawrence P. Miller (Ed.) Van Nostrand Rinhold Comp. NewYork. 3: 195-198.

Sadak, M.S.H, Rady, M.M. Badr, N.M. and Gaballah, M.S. 2010. Increasing sunflower salt toleramce using nicotinamide and α-tocopherol. Int. J. Acad. Res., 2(4): 263-270.

Said, A.L., Ahl, H.A.H. and Mahmoud, A. 2010. Effect of zinc and iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilium* L.) under salt stress. Ozean J. of Appl. Sci.,

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

Samiullah, S.A., Ansari, M.M. and Afridi, R.K. 1988. B-vitamin s in relation to crop productivity. Ind. Re. Life. Sci.

Samiullah, S.A., Ansari, M.M., Afridi, R.K. and Akbar, M. **1984.** Pyridoxine application enhances nitrate reductase activity and productivity of *Vigna radiata*. Experientia, 41: 1412-1414.

Samiullah, N., Khan, N.A., Ansari, S.A. and Afridi, M.M.R.K. 1991. Pyridoxine augments growth yield and quality of mustard through efficient relation between apical development and plant.Aase. Morphology J. Agric. Sci.101: 324 335-3.

Samiullah, N., Khan, F.A. and Ansari, S.A. 1992. Improvement of productivity and quality of lens culinaris by pyridoxine and phosphorus application. Acta Agronomy. Hung. 41:93-100.

Sanchez, F.J., Manzanares, M., De Andres, E.F., Tenorio, J.L. and Ayerbe, L. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crop Res. 59: 225-235.

Shalata, A. and Neumann, P.M. 2001. Exogenous ascorbic acid (vitamin C) increases resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation. J. Exp. Bot. 52: 2207-2211.

Sharma, P.N., Kumar, P. and Tewari, R.K. 2004. Early signs of oxidative stress in wheat plants subjected to zinc deficiency. Plant Nutr. 27: 451-463.

Sheligl, H.Q. 1986. Die verwettung orgngischer souren durch chlorella lincht. Planta Journal, 11:47-51.

Shorrocks, V.M. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency micronutrient Bureau, Wigginton, Tring, Hertfordshire, HP 23 6ED, UK. Plant and Soil. 193: 127-148.

Singh, M. 1991. Effects of zinc, phosphorous and nitrogen on tryptophan concentration in rice grains grown on limed and unlimed soils. Plant and Soil. 62: 305 – 308.

Soltani, Y., Saffari, V.R., Maghsoudi moud, A.A. and Mehrabani, M. 2012. Effect of foliar application of α-tocopherol and pyridoxine on vegetative growth, flowering,and some biochemical constituents of *(Calendula officinalis* L.) plants, Afri. J. of Biotech. 11(56): 11931-11935.

Tahir, M., Fiaz, N., Nadeem, M.A., Khalid, F. and Ali, M. 2009. Effect of different chelated Zn sources on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.). Soil and Environ. 28: 179 – 183.

Teixeira, I.R., Borem, A., Andrada Araujo, G.A., Lucio, R. and Fontes, F. 2004. Managanese and zinc leaf appication on common bean on a cerrdo soil. Sci. Agri. 61(1): 77-81.

Teulate, B., Rakika, D., Nachit, M.M. and Monneveux, P. 1997. Comparative osmotic a adjustments in barley and tetraploid wheays. Plant Breed. 116: 519-523.

Thomas, R., Robertson, M. J., Fukai, S. and Peoples. M. B. 2003. The effect of timing and severity of water deficit on growth development , yield accumulation and nitrogen fixation of Mung bean. Field Crop Res. 86: 67-80.

Titiz, O., Tambasco-Studart, M., Warzych, E., Apel K.l., Amrhein, N., Laloi, C. and Fitzpatrick, T.B. 2006. PDX1 is essential for vitamin B6 biosynthesis, development and stress tolerance in Arabidopsis. The Plant J. 48: 933–946.

Tripathi, B.N., Mehta, S.K., Amer, 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.

Trotel-Aziz, P., Niogret, M.F., Deleu, C., Bouchereau, A., Aziz, A. and Larher, F.R. 2003. The control of proline consumption by absiscic acid during osmotic stress recovery of canola leaf discs. Physiol. Plant, 117:213-221.

Vadivel, V. and Janardhanan, K. 2001. Nutritional and anti-nutritional attributes of the under-utilized legume, Cassia floribunda Cav. Food Chemistry, 73: 209-215.

Welch, R.M. and Graham, R.D. 1999. A new paradigm for world agriculture: meeting human needs: productive, sustainable, nutritious. Field Crop, Res. 60: 1-10.

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

Youssef, A.A. and Talaat, I.M. 2003. Physiological response of rosemary plants to some vitamins. Egypt Pharm. J. 1: 81-93.

Abstract

Most of the essential processes as photosynthsis, biosynthesis of organic materials, enzymes formation, cell division and water and nutrients absorption are dependent on vitamins B complex. These vitamins are considered as an antioxsidants against oxsidative stresses. Nowadays some studies have performed about foliar application of micronutrients specially zinc and vitamin B complex in order to decrease undesivable enviromental effects on plants and improve their growth. Hope that these ways be effective in increasing the product growth. For this purpose, an experiment has been designed to study effect of pyridoxine, pantothenic acid and zinc foliar application on quantitative and qualitative traits of green beans in research field of Shahrood University of Technology in 1395. Research treatments included foliar application pyridoxine in 3 levels (zero, 50 ppm and 100 ppm), pantothenic acid in 3 levels (zero, 50 and 100 ppm) and zinc in 2 concentrations (zero and 6 g/lit) as a factorial based on randomized complete block with 3 replications. Foliar application was performed before flowering. The results represent foliar application of 100 ppm pyridoxine inducted significant increase in number of seeds per pod, seed yield, rwc, leaf soluble suger and protein yield compare to other treatments. Pantothenic acid of 50 ppm led to increase dry weight of pod, number of seeds per pod, green yield, seed yield, leaf pigments, flavonoids and protein yield. As well as zinc caused to increase some of the physiological traits as chlorophyll a, total chlorophyll and flavonoids. Interaction between pyridoxine of 50 ppm and pantothenic acid of 50 ppm caused to improve stem length, chlorophyll b, green yield and seed yield. Interaction between pyridoxine of 100 ppm and zinc led to increase number of seeds per pod, seed yield, flavonoids and protein yield. As well as interaction between pantothenic acid of 50 ppm and zinc led to improve stem diameter, green yield, seed yield, leaf pigments, rwc and protein yield. Generally, in performed experiment, pyridoxine of 100 ppm and pantothenic acid of 50 ppm were more effective on studied traits and foliar application of pyridoxine, pantothenic acid and zinc led to improve the most of agricultural, physiological and qualitative traits of green bean.

Key words: Yield components, Bean, Physiological traits, Vitamin B

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agronomy

The effect of pyridoxine, pantothenic acid and zinc foliar application on quantitative and qualitative traits of green beans

By: Nastaran Heydari khoshkarvandani

Supervisors:

Dr. M. Baradaran Firouz Abadi

Dr. H. Makariyan

January 2018