بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی زراعت

تأثیر پیش‌تیمار بذر با پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و روی بر رشد، عملکرد و کیفیت لوبیا سبز

نگارنده: جواهر حلفی

اساتید راهنما

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

دکتر حسن مکاریان

استاد مشاور

دکتر مهدیه پارسائیان

تیر ۱۳۹۷

آنان که زیباترین واژه‌ها را به من آموختند

والاترین فداکاری‌ها را بی‌منت به من ارزانی داشتند

به‌پاس مهربانی بی دریغشان این مجموعه را ضمن تشکر و سپاس بیکران و در کمال افتخار و امتنان

تقدیم می‌نمایم به محضر ارزشمند

پدر و مادرم

و

خانواده عزیزم

تشکر و قدردانی

«منَ لَم یَشکُرِالمَخلوق لَم یَشکُرِالخالِق»

با تشکر و سپاس بی‌حد به درگاه باریتعالی که نخستین و بزرگترین یاریگر بندگان در آغاز و پایان هر کاریست.

با تقدیر و تشکر از استاد محترم جناب آقای دکتر مهدی برادران فیروزآبادی که همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داده‌اند و در تمامی این مدت با بردباری مرا راهنمایی فرمودند و بی‌شک انجام مراحل مختلف این پایان‌نامه بدون حمایت و پشتیبانی ایشان امکان‌پذیر نبود کمال تشکر و قدردانی را دارم. از استاد گرامی جناب آقای دکتر حسن مکاریان به‌دلیل همیاری‌ها و راهنمایی‌های ارزشمندشان سپاسگزارم. از استاد صبور و باتقوا سرکار خانم دکتر مهدیه پارسائیان که زحمت مشاوره این رساله را متقبل شدند تشکر می‌کنم. همچنین از اساتید محترم داور جناب آقای دکتر محمدرضا عامریان و جناب آقای دکتر منوچهر قلی‌پور که زحمت بازخوانی و داوری این پایان‌نامه را بر عهده داشتند بی‌نهایت سپاسگزارم.

از همدلی و مساعدت‌های همکلاسی‌ها و دوستان عزیزم خانم ها زینب جولانژادیان، رقیه وزیری، مژگان خاکیان، نرگس رشیدی و نسترن حیدری بی‌نهایت قدردانی می نمایم و برای تمامی این عزیزان سلامتی و توفیق در مسیر زندگی از خداوند بلند مرتبه مسئلت دارم.

«و من الله التوفیق»

جواهر حلفی

تیر ۱۳۹۷

تعهدنامه

اینجانب **جواهر حلفی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **زراعت دانشکده کشاورزی بسطام دانشگاه صنعتی شاهرود** نویسنده پایان نامه" **تأثیر پیش‌تیمار بذر با پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و روی بر رشد، عملکرد و کیفیت لوبیا سبز** " تحت راهنمائی **دکتر مهدی برادران فیروزآبادی** و **دکتر حسن مکاریان** متعهد می‌شوم :

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- 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 ، برنامه‌های رایانه‌ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد

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 پیش-تیمار عناصر ریزمغذی به ویژه روی و ویتامین‌های گروه B برای تخفیف و کاهش اثرات نامطلوب محیطی بر گیاهان و بهبود رشد و نمو آن‌ها صورت گرفته است که این روش‌ها در افزایش محصول تأثیر داشته است. به همین منظور آزمایشی در جهت بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذر با پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی بر رشد، عملکرد و کیفیت لوبیا سبز در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل پیش‌تیمار بذری پیریدوکسین در سه سطح (صفر، ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد)، اسید پانتوتنیک در سه سطح (صفر، ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد) و روی در دو سطح (صفر و ۱۰ میلی مولار) بودند. که به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. برای این منظور بذور به مدت ۱۲ ساعت در محلول تیمارها خیسانده و سپس در سایه خشک شدند. نتایج نشان داد کاربرد اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ همراه با پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد تأثیر مثبت بر تجمع ماده خشک، ارتفاع ساقه، وزن صد دانه و عملکرد سبز بر جای گذاشت. اثر متقابل ترکیب تیماری اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ و پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها در صفات آنتوسیانین، شاخه فرعی و عملکرد نهایی ایجاد کرد. همچنین کاربرد روی ۱۰ میلی‌مولار با دو غلظت اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد به ترتیب بر صفات تعداد دانه در غلاف و پایداری غشاء تأثیر مثبتی بر جای گذاشت. در این میان پیش‌تیمار بذور به‌تنهایی با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد افزایش قابل توجهی در قطر ساقه، رطوبت نسبی، کلروفیل a، کلروفیل b، سطح برگ و صفات کیفی را به دنبال داشت. همچنین استفاده از پیش‌تیمار پیریدوکسین ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد به‌تنهایی بر برخی از صفات فیزیولوژیک نظیر کلروفیل b، کلروفیل کل و رطوبت نسبی تأثیر معنی‌داری داشت. فلاونوئید تحت تأثیر اثر کاربرد تیماری روی ۱۰ میلی‌مولار، اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ و پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد قرار گرفت. به-طور کلی در محدوده آزمایش انجام شده پیریدوکسین با غلظت ۰/۰۴ درصد و اسید پانتوتنیک با غلظت ۰/۰۲ درصد تأثیر بیشتری بر صفات مورد بررسی داشت و پیش‌تیمار عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین موجب بهبود اکثر صفات زراعی، فیزیولوژیکی و کیفی لوبیا سبز شد.

کلمات کلیدی: ویتامین‌ها، حبوبات، اجزای عملکرد، آنتی اکسیدان

مقالات مستخرج از پایان نامه

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

بررسی تجمع ماده خشک و عملکرد سبز گیاه لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک. اولین همایش ملی فرصت‌های نوین تولید و اشتغال بخش کشاورزی در شرق کشور- بیرجند. ۲۵ بهمن ۱۳۹۶.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول ۱

فصل دوم ۷

۲-۱- حبوبات ۸

۲-۲- لوبیا سبز ۱۰

۲-۲-۱- گیاه‌شناسی ۱۰

۲-۲-۲- خصوصیات اکولوژیکی ۱۱

۲-۲-۳- نیاز غذایی ۱۲

۲-۲-۴- ارزش غذایی دانه ۱۲

۲-۳- پیش‌تیمار بذر ۱۳

۲-۴- اهمیت ویتامین‌های ب ۱۵

۲-۵- پیریدوکسین ۱۹

۲-۵-۱- نقش پیریدوکسین در سلامت انسان ۱۹

۲-۵-۲- نقش پیریدوکسین در رشد و نمو گیاهان ۲۰

۲-۶- اسید پانتوتنیک ۲۱

۲-۶-۱- نقش اسید پانتوتنیک در سلامت انسان ۲۱

۲-۶-۲- نقش اسید پانتوتنیک در رشد و نمو گیاهان ۲۲

۲-۷- اهمیت عناصر ریز مغذی ۲۳

۲-۸- روی ۲۴

۲-۸-۱- نقش روی در سلامت انسان ۲۴

۲-۸-۲- نقش روی در گیاهان ۲۶

۲-۸-۳- کمبود و بیش بود روی در گیاهان ۲۸

فصل سوم ۳۱

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش ۳۲

۳-۲- مشخصات طرح آزمایشی ۳۲

۳-۳- عملیات اجرایی ۳۳

۳-۳-۱- پیش‌تیمار بذر..... ۳۳

۳-۳-۲- آماده سازی بستر و کاشت..... ۳۴

۳-۳-۳- داشت..... ۳۴

۳-۳-۴- برداشت..... ۳۵

۳-۴- نمونه برداری جهت صفات زراعی و مورفولوژیک..... ۳۵

۳-۵- اندازه‌گیری صفات زراعی و مورفولوژیک ۳۵

۳-۵-۱- وزن خشک برگ، ساقه و غلاف..... ۳۶

۳-۵-۲- شاخص سطح برگ..... ۳۶

۳-۵-۳- عملکرد سبز، اجزای عملکرد و عملکرد نهایی..... ۳۶

۳-۶- اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک ۳۷

۳-۶-۱- میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ..... ۳۷

۳-۶-۲- مقدار آب نسبی برگ..... ۳۸

۳-۶-۳- پایداری غشای پلاسمایی برگ..... ۳۸

۳-۶-۴- محتوای قندهای محلول برگ..... ۳۹

۳-۶-۵- میزان آنتوسیانین..... ۴۰

۳-۶-۶- اندازه‌گیری فلاونوئید..... ۴۰

۳-۷- اندازه‌گیری صفات کیفی ۴۱

۳-۷-۱- درصد و عملکرد پروتئین..... ۴۱

۳-۸- تجزیه و تحلیل داده‌ها..... ۴۲

فصل چهارم ۴۳

۴-۱- تجمع ماده خشک در برگ، ساقه و غلاف ۴۴

۴-۱-۱- وزن خشک برگ..... ۴۴

۴-۱-۲- وزن خشک ساقه..... ۴۶

۴-۱-۳- وزن خشک غلاف ۴۸

۴-۲- شاخص سطح برگ ۵۰
۴-۳- ارتفاع ساقه ۵۲
۴-۴- قطر ساقه ۵۳
۴-۵- شاخه فرعی ۵۴
۴-۶- عملکرد و اجزای عملکرد ۵۶
۴-۶-۱- عملکرد سبز (وزن غلاف تازه) ۵۶
۴-۶-۲- تعداد غلاف در بوته ۵۹
۴-۶-۳- تعداد دانه در غلاف ۵۹
۴-۶-۴- وزن صد دانه ۶۰
۴-۶-۵- عملکرد نهایی ۶۲
۴-۷- صفات فیزیولوژیک ۶۵
۴-۷-۱- رنگدانه‌های برگ ۶۵
۴-۷-۱-۱- کلروفیل A ۶۵
۴-۷-۱-۲- کلروفیل B ۶۶
۴-۷-۱-۳- کلروفیل کل ۶۸
۴-۷-۱-۴- کاروتنوئید ۷۰
۴-۷-۲- محتوای نسبی آب برگ ۷۰
۴-۷-۳- پایداری غشاء پلاسمایی ۷۲
۴-۷-۴- محتوای قندهای محلول ۷۳
۴-۷-۵- آنتوسیانین ۷۴
۴-۷-۶- فلاونوئید ۷۵
۴-۸- صفات کیفی ۷۶
۴-۸-۱- درصد پروتئین دانه ۷۶
۴-۸-۲- عملکرد پروتئین ۷۷
۴-۹-نتیجه‌گیری ۷۹
پیوست ۸۱
منابع ۹۳

فهرست اشکال

شکل صفحه

۳-۱- نقشه کشت طرح آزمایشی مورد استفاده ۳۲

۳-۲- منحنی استاندارد قند محلول در طول موج ۴۸۳ نانومتر..... ۴۰

۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار عنصر روی و اسید پانتوتنیک ۴۵

۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذری با پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ۴۶

۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر پیش‌تیمار عنصر روی × اسید پانتوتنیک ۴۷

۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک × پیریدوکسین..... ۴۸

۴-۵- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر پیش‌تیمار عنصر روی و اسید پانتوتنیک..... ۴۹

۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین ۵۰

۴-۷- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین..... ۵۱

۴-۸- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین ۵۳

۴-۹- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین ۵۴

۴-۱۰- مقایسه میانگین شاخه فرعی تحت تأثیر پیش‌تیمار عنصر روی و اسید پانتوتنیک ۵۵

۴-۱۱- مقایسه میانگین شاخه فرعی تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین..... ۵۶

۴-۱۲- مقایسه میانگین عملکرد سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار عنصر روی× اسید پانتوتنیک ۵۷

۴-۱۳- مقایسه میانگین عملکرد سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار عنصر روی× پیریدوکسین..... ۵۸

۴-۱۴- مقایسه میانگین عملکرد سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک × پیریدوکسین ۵۸

۴-۱۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر پیش‌تیمار عنصر روی× اسید پانتوتنیک..... ۶۰

۴-۱۶- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر پیش‌تیمار عنصر روی و اسید پانتوتنیک ۶۱

۴-۱۷- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین..... ۶۲

۴-۱۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر پیش‌تیمار عنصر روی و اسید پانتوتنیک ۶۳

۴-۱۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر پیش‌تیمار عنصر روی و پیریدوکسین ۶۴

۴-۲۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین ۶۵
۴-۲۱- مقایسه میانگین کلروفیل A تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک ۶۶
۴-۲۲- مقایسه میانگین کلروفیل B تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک ۶۷
۴-۲۳ مقایسه میانگین کلروفیل B تحت تأثیر پیش‌تیمار پیریدوکسین ۶۸
۴-۲۴- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک ۶۹
۴-۲۵- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تاثیر پیش‌تیمار عنصر روی و پیریدوکسین ۶۹
۴-۲۶- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر پیش‌تیمار عنصر روی × اسید پانتوتنیک ۷۱
۴-۲۷- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر پیش‌تیمار عنصر روی × پیریدوکسین ۷۱
۴-۲۸- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی تحت تأثیر پیش‌تیمار عنصر روی × اسید پانتوتنیک ۷۲
۴-۲۹- مقایسه میانگین محلول قند تحت تأثیر پیش‌تیمار عنصر روی × اسید پانتوتنیک ۷۳
۴-۳۰ مقایسه میانگین آنتوسیانین تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک ۷۵
۴-۳۱- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک ۷۶
۴-۳۲- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک..... ۷۸

فهرست جداول

جدول | صفحه

جدول ۲-۱- مواد غذایی موجود در لوبیا سبز (گرم در ۱۰۰ گرم دانه) ۱۳

جدول۲-۲- املاح معدنی و ویتامین‌های موجود در لوبیا سبز (میلی گرم در ۱۰۰ گرم دانه)..... ۱۳

جدول۳-۱- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش..... ۳۳

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین..... ۸۲

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین..... ۸۲

جدول پیوست ۳- مقایسه میانگین تجمع ماده خشک تحت تأثیر برهمکنش سه جانبه پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین..... ۸۳

جدول پیوست ۴- میانگین مربعات صفات مورفولوژیک لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین..... ۸۴

جدول پیوست ۵- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین..... ۸۴

جدول پیوست ۶- مقایسه میانگین صفت تعداد شاخه فرعی لوبیا سبز تحت تأثیر برهمکنش سه جانبه پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین ۸۵

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین..... ۸۶

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین..... ۸۶

جدول پیوست ۹- مقایسه میانگین عملکرد سبز لوبیا سبز تحت تأثیر برهمکنش سه جانبه پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین ۸۷

جدول پیوست ۱۰- میانگین مربعات کلروفیل و کاروتنوئید برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین..... ۸۸

جدول پیوست ۱۱- مقایسه میانگین کلروفیل و کاروتنوئید برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین..... ۸۸

جدول پیوست ۱۲- میانگین مربعات آب نسبی برگ، پایداری غشاء و قند محلول برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین ۸۹

جدول پیوست ۱۳- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ، پایداری غشاء و قند محلول برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش-تیمار بذر با عنصر روی، اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین ۸۹

جدول پیوست ۱۴- میانگین مربعات آنتوسیانین و فلاونوئید برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین ۹۰

جدول پیوست ۱۵- مقایسه میانگین آنتوسیانین و فلاونوئید برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین ۹۰

جدول پیوست ۱۶- مقایسه میانگین آنتوسیانین و فلاونوئید برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین ۹۱

جدول پیوست ۱۷- میانگین مربعات درصد و عملکرد پروتئین دانه لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین ۹۲

جدول پیوست ۱۸- مقایسه میانگین صفات کیفی لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین ۹۲

فصل اول

مقدمه

طبق مطالعات انجام شده استفاده از پروتئین‌های گیاهی می‌تواند اثرات سوء ناشی از کمبود پروتئین را تا حدی از بین ببرد. حبوبات و به‌خصوص لوبیا دارای مقادیر زیادی پروتئین هستند و گونه‌های مختلف آن از ۲۰ تا ۵۰ درصد پروتئین دارند. علاوه بر این حبوبات دارای کربوهیدرات‌ها، برخی ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری در جیره غذایی انسان هستند و در تناوب زراعی نیز برای حاصلخیزی زمین به‌عنوان کود مورد استفاده قرار می‌گیرند (خاقانی و همکاران، ۱۳۸۸). علاوه بر پروتئین، حبوبات از نظر کلسیم و آهن نیز غنی هستند و حاوی مقدار کمی کاروتنین، اسید آسکوربیک و مقدار متوسطی از ویتامین‌های ب می-باشند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷) یکی از مشکلات اساسی در مناطق نیمه خشک کمی بارندگی می‌باشد. با توجه به این امر، گیاهان مورد استفاده در این مناطق باید سازگار به شرایط نامساعد محیطی باشند (مهدوی دامغانی و مینودینی، ۲۰۱۱). پیش‌تیمار بذر روشی است که در آن به بذر اجازه جذب آب به-صورت کنترل شده داده می‌شود تا فعالیت‌های اولیه جوانه‌زنی شروع گردد، اما از خروج ریشه‌چه جلوگیری می‌گردد، سپس رطوبت بذر به مقدار اولیه کاهش داده می‌شود (مک دونالد، ۱۹۹۹). پیش‌تیمار بذر روشی کارآمد برای افزایش درصد جوانه‌زنی و استقرار هرچه بهتر بذور در مزرعه است (اکبر و همکاران، ۲۰۰۹). هدف اصلی فناوری پیش‌تیمار بذر، بهبود کارآیی بذر در شرایط محیطی خاص است. پیش‌تیمار سبب افزایش سرعت سبز شدن در مزرعه خصوصاً در شرایط نامساعد از جمله پایین بودن دما و کمبود رطوبت می‌شود (ستیل و برادفورد، ۱۹۹۷). بذر در هنگام کاشت زمان قابل توجهی را صرف جذب آب می‌کند، با کاهش این زمان می‌توان سرعت جوانه‌زنی و خروج جوانه از خاک را تسریع نمود (توسی و کیسنو، ۲۰۰۲). پرایمینگ با اسید آسکوربیک سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی نهایی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه،کاهش زمان جوانه‌زنی و زمان پنجاه درصدجوانه‌زنی در بذرهای برنج شده است (فاروق و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین استفاده خارجی از اسید فولیک و اسید آسکوربیک به‌صورت محلول در آب سبب افزایش درصد جوانه‌زنی، وزن ساقه‌چه و ریشه‌چه، افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه

بذرهای تیمار شده در برابر بذرهای شاهد در بذر نخود فرنگی گردید (بوگیرس و همکاران، ۲۰۰۷). پیش-تیمار بذر با ویتامین‌ها یک روشی مناسب برای افزایش رشد گیاهچه و بهره‌وری در شرایط استرس‌زا است. ویتامین‌های گروه ب یک گروه از ویتامین‌های محلول در آب هستند که نقش مهمی در متابولیسم سلولی دارند. از جمله ویتامین‌های گروه ب می‌توان به تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین، اسید پانتوتنیک، پیریدوکسین، بیوتین و اسید فولیک اشاره کرد.

یکی از ویتامین‌های محلول در آب پیریدوکسین (B_6) است. مصرف پیریدوکسین باعث افزایش جذب مواد غذایی از خاک و در نتیجه افزایش عملکرد در گیاه زراعی می‌گردد (لون و همکاران، ۱۹۹۹؛ ایوب و همکاران، ۱۹۹۹). ساده بودن تیماردهی بذرها با پیریدوکسین و اقتصادی بودن آن و تأثیر مثبت این ماده بر شاخص برداشت و افزایش ظرفیت مخزن، این ماده را مورد توجه قرار داده است و بر طبق تحقیقات صورت گرفته اخیر در دنیا می‌تواند راهی در جهت توسعه عملکرد در گیاهان زراعی باشد (خان و همکاران، ۱۹۹۵). تیماردهی با پیریدوکسین موجب افزایش سرعت جذب مواد غذایی در بوته ذرت (خان و همکاران، ۲۰۰۱) و نیز افزایش درصد جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه، طول ساقه و ریشه در این گیاه گردید و همچنین تأثیرات معنی‌داری بر مقدار کاتالاز و فعالیت آنزیم پراکسیداز نشان داد (ارادتمند و هوشمندفر، ۲۰۰۱).

اسید پانتوتنیک (B_5) ویتامینی محلول در آب است که توسط روجر جان ویلیامز در سال ۱۹۴۱ کشف شد. علت نام گذاری این ویتامین این است که مقدار کمی از این ویتامین تقریباً در همه غذاها یافت می شود. این ویتامین به سه شکل در می‌آید و به نام‌های B_5، پانتنول و کلسیم پانتوتنات نیز نامیده می‌شود. منابع این ویتامین در حبوبات و غلات می‌باشد. ویتامین B_5 یک روغن زرد غلیظ است که طعم تلخی دارد. 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. ویتامین B_5 را ضد استرس نیز می‌گویند. اسید پانتوتنیک در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها ضروری است و در سنتز هورمون‌ها نقش دارد (ریچاردز، ۱۹۳۸).

عموماً ریزمغذی‌ها را می‌توان از سه طریق از کاربرد عناصر در خاک، محلول‌پاشی اندام‌های هوایی و پیش‌تیمار بذر بسته به نوع ریزمغذی، شرایط گیاهی و شرایط اقلیمی در اختیار گیاه قرار داد (فروسارد و همکاران، ۲۰۰۰). کمبود عناصر معدنی در جیره غذایی، به‌ویژه ریزمغذی‌ها یکی از مهم‌ترین موارد مطرح در سوء تغذیه می‌باشد و بشر در دهه‌های گذشته در راستای غنی‌سازی این کمبودها در گیاهان زراعی تلاش نموده است. عناصر کم‌مصرف با وجود نیاز اندک گیاهان به آن‌ها نقش اساسی در تغذیه، واکنش‌های آنزیمی، فرآیندهای متابولیکی و مقاومت گیاهان در برابر بیماری‌ها و شرایط نامساعد محیطی ایفا می-کنند. این عناصر شرایط عمومی گیاه را بهبود می‌بخشند و به‌عنوان کاتالیزور در واکنش‌های بیوشیمیایی گیاهان شرکت می‌کنند (محمودی و حکیمیان، ۱۳۷۹ و پاتیل و همکاران، ۲۰۰۸). در این زمینه عنصر روی مثالی قابل توجه است.

عنصر روی یکی از هفت عنصر کم‌مصرف و ضروری در تغذیه گیاهی است. این عنصر نقش مهمی در تولید بیوماس دارد (زند و همکاران، ۱۳۸۸ و کایا و هیگز، ۲۰۰۲). در ساختمان ۲۰۰ نوع آنزیم و پروتئین مشارکت می‌کند و به‌طور غیرمستقیم سبب افزایش رشد گیاه و اسیمیلاسیون می‌شود (سعید و محمود، ۲۰۰۲). عنصر روی علاوه بر اینکه عملکرد محصولات کشاورزی را افزایش می‌دهد، کیفیت محصولات تولیدی را بالا می‌برد. عنصر روی برای ساخت DNA، RNA، متابولیسم کربوهیدرات‌ها، روغن‌ها و پروتئین‌ها (ساختمان ریبوزوم) استفاده می‌شود. همچنین در فتوسنتز، تقسیم سلولی و طویل شدن سلول، حفظ ساختمان، عملکرد غشای سلولی و در ساخت پیش‌ماده هورمون اکسین که تحریک کننده رشد و باروری (گلدهی و میوه‌دهی) است، شرکت دارد (اوشدی و همکاران، ۱۹۹۳). هاریس (۲۰۰۴)

گزارش کرد که تیمار بذر با سولفات روی در گیاهان نخود و گندم موجب افزایش کمی و کیفی محصول شده است و برای کشاورزان نیز امکان‌پذیر است که بذرها را با کودهای سولفات روی به منظور رسیدن به رشد بهتر محصول تیمار کنند. در آزمایشی که توسط عبدالرحمنی و همکاران (۲۰۰۹) روی جو انجام شد، پیش‌تیمار بذر با فسفر و روی موجب افزایش معنی‌دار در سرعت جوانه‌زنی، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه گردید. همچنین پیش‌تیمار بذر سویا با عنصر روی، اثرات منفی تأخیر در کاشت را جبران کرد (راهچمنی، ۲۰۱۰).

مزایای متعددی که برای کاربرد خارجی ویتامین‌های گروه B، عنصر روی و نیز پیش‌تیمار کردن بذور با ترکیبات مختلف بیان گردید، سبب شد که بررسی اثرات پیش‌تیمار بذر لوبیا سبز با پیریدوکسین، اسید پانتوتنیک و عنصر روی به‌عنوان موضوع این پژوهش انتخاب شود، بنابراین تیمارهای آزمایش در راستای بررسی اهداف زیر مطرح و دنبال گردید:

۱- بررسی تأثیر ویتامین‌های B_5 و B_6 و عنصر روی بر قدرت گیاهچه حاصل از بذور پیش‌تیمار شده لوبیا سبز

۲- یافتن مناسب‌ترین غلظت ویتامین‌های B_5 و B_6 جهت پیش‌تیمار بذر

۳- مطالعه تأثیر حضور عنصر روی در کنار ویتامین‌های B_5 و B_6 به‌عنوان پیش‌تیمار بذر بر رشد، عملکرد و کیفیت لوبیا سبز

فصل دوم

بررسی منابع

در این فصل به ذکر اهمیت حبوبات، معرفی گیاه‌شناختی و زراعی لوبیا سبز، اهمیت عنصر روی و ویتامین‌های گروه ب در کشاورزی به‌صورت پیش‌تیمار پرداخته می‌شود.

۲-۱- حبوبات

پس از غلات، دومین منبع مهم غذایی بشر، حبوبات است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۶). حبوبات یکی از مهمترین گروه‌ها در هرم غذایی انسان می‌باشد که ترکیب و مصرف آن به همراه غلات عمده نیاز بدن را برای ایجاد انرژی و دریافت پروتئین و ویتامین‌ها تامین می‌نماید. در سرتاسر این کره خاکی انواع و اقسام گوناگون حبوبات می‌روید که هر یک از مناطق با توجه به شرایط اقلیمی و خاک پذیرای گونه‌های مخصوص به‌خود می‌باشند. کشورهایی هم‌چون کانادا، میانمار، استرالیا، چین، آمریکا، آرژانتین، فرانسه، انگلستان، هند، ترکیه، برزیل و پاکستان از مهمترین تولید و صادرکنندگان حبوبات در دنیا می‌باشند. ایران هم با داشتن سهم یک درصدی تولید و صادرات این ماده غذایی به‌عنوان یکی از خواستگاه‌های کشت حبوبات در جهان به‌شمار می‌آید. ارقام گوناگون لوبیا از جمله چیتی، سفید، قرمز، سیاه، چشم بلبلی و کشاورزی و همچنین انواع عدس، نخود و لپه در ایران مورد کشت قرار می‌گیرد. حبوبات مانند نخود، عدس، لوبیا و باقلا از جمله گیاهان خوراکی هستند که از گذشته‌های بسیار دور در کشورهای شرق مدیترانه کاشته شده و بشر از دانه‌های خشک آن‌ها در رژیم‌های غذایی استفاده می‌کرده است. چرا که مقادیر قابل توجه پروتئین مرغوب موجود در دانه این محصولات در ترکیب با غلات می‌تواند یک ترکیب زیستی ارزشمند غذایی را فراهم نماید. پروتئین موجود در بذور حبوبات ۲ تا ۳ برابر بیشتر از پروتئین موجود در دانه‌های غلات و ۱۰ تا ۲۰ برابر بیشتر از پروتئین موجود در گیاهان غده‌ای می‌باشد. حبوبات با دارا بودن ۱۸ تا ۳۲ درصد پروتئین در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی در رژیم غذایی انسان اهمیت بسیار دارند. ارزش بیولوژیکی حبوبات به سبب دارا بودن بسیاری از اسیدهای آمینه ضروری بالاست، گرچه اسیدهای آمینه سولفوردار از قبیل تریپتوفان، سیستین، متیونین و ایزولوسین در ترکیب حبوبات کم می-

باشند، ولی اسید آمینه لیسین در آن‌ها زیاد است. دانه حبوبات از لحاظ عناصر معدنی مانند آهن و کلسیم غنی هستند و مقادیر کمی از ویتامین‌های کاروتئین، ریبوفلاوین، اسید آسکوربیک و مقادیر متوسطی نیاسین و تیامین دارند. از دیگر ویژگی‌های مهم این گیاهان، می‌توان به نقش آن‌ها در ثبات تولید اکوسیستم‌های کشاورزی جهان از طریق تناوب با سایر گیاهان زراعی و تثبیت نیتروژن جوی اشاره کرد. حبوبات با داشتن ریشه عمیق به شخم بیولوژیکی خاک کمک می‌کنند و قابلیت دستیابی به منابع با ارزش رطوبت خاک را نسبت به سایر گیاهان زراعی دارا هستند. همچنین می‌توانند به‌عنوان کود سبز برای تقویت و بهبود وضع فیزیکی زمین نیز مورد استفاده قرار گیرند. در حقیقت هر بوته‌ای از حبوبات را می‌توان به‌تنهایی کارخانه کوچکی از تولید کود شمیایی نیتروژن در نظر گرفت که علاوه بر تأمین نیاز خود به نیتروژن، برای محصول بعد از آن نیز مفید است و نیز گذشته از ارزش غذایی و تثبیت نیتروژن حبوبات به دلیل بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، نقش مهمی در پایداری نظام‌های کشاورزی ایفا می‌نمایند و برای تنوع بخشیدن به نظام‌های مبتنی بر غلات که تأمین غذای جهان بر آن استوار است، به‌عنوان محصولات ممتاز در نظر گرفته می‌شوند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). کشورهای فقیر و پر جمعیت جهان، نظیر هندوستان، با مصرف سرانه ۱۱/۷ کیلوگرم حبوبات، سهم آن در رژیم غذایی مردم نسبت به سایر کشورها بیشتر است. در کشور ما نیز حبوبات با مصرف سرانه ۴/۸ کیلوگرم، اگر چه مصرف آن از متوسط جهانی (۶/۱ کیلوگرم) پائین‌تر است، ولی در عین حال نقش مهمی در تغذیه مردم کم در آمد ایفا می‌نماید (مجنون‌حسینی، ۱۳۸۷). یکی از مهم‌ترین حبوبات در جهان، لوبیا است. و در بین آن‌ها لوبیا سبز بیشترین توجه جهانی را به خود اختصاص داده است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۶).

۲-۲- لوبیا سبز

۲-۲-۱- گیاه‌شناسی

لوبیا سبز با نام علمی *Phaseolus vulgaris* L. دارای 2n=22 کروموزوم و گیاهی خودگشن است. این گیاه دارای پنج گونه زراعی و حدود ۵۰ گونه وحشی است. لوبیا گیاهی یک ساله، بالارونده یا بوته‌ای، کمی کرک‌دار، با ریشه‌ی عمودی و جانبی توسعه یافته و گاهی دارای گره‌های کروی است. ساقه آن گوشه‌دار یا شبه استوانه‌ای است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). در لوبیای پاکوتاه فاصله میان‌گره‌ها کوتاه باقی می‌ماند و رشد طولی ساقه پس از تشکیل ۶ تا ۸ گره با تولید گل آذین در رأس ساقه متوقف می‌شود. در این حالت بوته لوبیا به ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر می‌رسد. در لوبیای پابلند گل آذین در امتداد ساقه تشکیل می‌شود و بدین ترتیب ساقه اصلی می‌تواند تا ارتفاع بیش از ۲ متر نیز رشد کند (پیوست، ۱۳۸۸). برگ-های لوبیا متناوب و سه قسمتی است. دمبرگ معمولاً تا ۱۵ سانتی‌متر طول دارد و روی برگ شیاردار است. برگچه‌های پائینی غیر متقارن، 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[1] (۱+۹) و تخمدان از جوانب فشرده و دارای ۱۲-۴ (معمولاً ۷ عدد) 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 تخم مرغی شکل و به رنگ سیاه و قهوه‌ای است. جوانه‌زنی بذر به‌صورت برون

[1] Diadelphous

خاکی[1] 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 گرما دوست 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 سایه اندازی را تحمل می‌کند و در کشت‌های درهم به‌خوبی عمل می‌کند. برای رشد کامل آن ۱۲۰ الی ۱۳۰ روز وقت لازم است به شرط آن که دما هرگز به صفر یا زیر صفر نرسد. در حدود ۲۶ تا ۳۹ روز پس از کاشت چنانچه طول روز بین ۱۰ تا ۱۸ ساعت باشد به گل می‌نشیند. برخلاف سویا کمبود رطوبت را بهتر تحمل می‌کند، البته در شرایط خشک تولید آن به شدت 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. پوست بذرهای اکثر انواع لوبیا به آب غیر قابل نفوذ می‌شوند و چنانچه لوبیا سبز را در موقع وزش باد گرم برداشت کنند یا در انبارهای گرم نگهداری کنند، این سخت پوستی تشدید می‌شود. باران بیش از اندازه نیز موجب ریزش گل و افزایش بروز بیماری در آن می‌شود. در شرایط گرمسیری و نیمه گرمسیری آن را در انواع خاک‌ها کشت می‌کنند، اما قادر به رشد در خاک‌های رسی بافت سنگین با سطح سفره آب زیرزمینی بالا نیست. شوری زیاد خاک، به‌طور قابل توجهی باعث کاهش رشد لوبیا سبز می‌شود. pH مناسب خاک برای این گیاه حدود ۶ الی ۷ است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳).

---

[1] Epigil

۲-۲-۳- نیاز غذایی

مصرف عناصر ریزمغذی علاوه بر نقشی که در افزایش عملکرد کیفی و کمی محصولات کشاورزی دارند، در سلامتی انسان و دام که از مواد اولیه گیاهی استفاده می‌کنند نیز تأثیر به‌سزایی دارند و این به دلیل وارد شدن این عناصر به قسمت‌های خوراکی این گیاهان مانند گندم، جو، حبوبات و قسمت‌های سبزی و غیره است که به عنوان غذای روزمره مصرف می‌شود. با توجه به این که عناصر ریزمغذی علاوه بر افزایش تولید، در سلامتی و تندرستی انسان نیز مؤثر می‌باشند، لذا یکی از راه‌های ساده و اقتصادی برای نیل به خودکفایی و جامعه‌ای سالم و تندرست، اضافه کردن عناصر ریزمغذی به خاک و یا مصرف آن به‌صورت پیش‌تیمار و محلول‌پاشی می‌باشد تا بدین ترتیب علاوه بر افزایش تولید، غلظت عناصر ریزمغذی در محصولات کشاورزی افزایش یابد (قادری و ملکوتی، ۱۳۸۷).

اگرچه لوبیا در خاک‌های حاصل‌خیز به‌خوبی به‌عمل می‌آید ولی می‌توان آن‌ها را در گروهی از سبزی‌ها قرار داد که نسبت به کاربرد کودهای شیمیایی کم‌تر واکنش نشان می‌دهند. کاربرد کودهای شیمیایی باید بر اساس نیازهای شناخته شده در خاک باشد (مبلی و پیراسته، ۱۳۷۳). برای تولید لوبیا پاکوتاه با توجه به مواد غذایی زمین معمولاً حدود ۴۰ کیلوگرم 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 در آن در هر هکتار در نظر می‌گیرند. باید توجه داشت که زمین مورد نیاز باید از نظر منیزیم نیز غنی باشد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۲-۴- ارزش غذایی دانه

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 نخودفرنگی است. لوبیای خشک مملو از پروتئین (۲۰ تا ۳۰ درصد)، ویتامین‌ها، فسفر و آهن است (جدول ۲-۱ و۲-۲). باید توجه داشت که لوبیا را به-

صورت خام نباید مورد مصرف قرار داد. زیرا به‌علت داشتن ماده سمی فاسین[1] 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

جدول۲-۲- 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- پیش‌تیمار بذر

جوانه‌زنی بذر، مرحله پیچیده و پویایی از رشد گیاه می‌باشد و از طریق اثراتی که روی استقرار گیاهچه دارد، می‌تواند عملکرد را بهبود بخشد (اشرف و فولاد، ۲۰۰۵). پیش‌تیمار بذر تکنیکی است که به‌واسطه آن بذور پیش از قرار گرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط اکولوژیکی محیط، به لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورند. این امر می‌تواند سبب بروز خصوصیات زیستی و فیزیولوژیکی متعددی در بذر پرایم شده و گیاه حاصل از آن گردد، به‌طوری که این موارد را می‌توان در چگونگی جوانه‌زنی، استقرار اولیه گیاه، بهره‌برداری از نهاده‌های محیطی، زودرسی، افزایش

[1] Fassin

کمی و کیفی محصول مشاهده کرد (پیل و نکرت، ۲۰۰۱). یکی از عوامل دستیابی به عملکرد بالا در واحد سطح، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها و استقرار گیاهچه‌های حاصل از بذور کشت شده است. به‌طور طبیعی هرچه درصد بذرهای جوانه‌زده در مزرعه بیشتر باشد، استفاده از منابع رشد نظیر نور، آب و عناصر غذایی نیز بهتر خواهد بود (فوتی و همکاران، ۲۰۰۲). پیش‌تیمار بذر به تعدادی از روش‌های مختلف بهبود دهنده‌ی بذور اطلاق می‌شود که در تمامی آن‌ها آب‌دهی کنترل شده بذر اعمال می‌شود (فاروق و همکاران، ۲۰۰۶). در پرایمینگ اجازه داده می‌شود که بذرها مقداری آب جذب کنند به‌طوری که مراحل اولیه‌ی جوانه‌زنی انجام شود ولی ریشه‌چه خارج نشود. به عبارت دیگر، بذرها تا مرحله‌ی دوم جذب آب پیش می‌روند ولی وارد مرحله سوم نمی‌شوند، پس از آن بذرها خشک می‌شوند و همانند بذرهای تیمار نشده ذخیره و کشت می‌شوند (مکدونالد، ۲۰۰۰). پیش‌تیمار بذر سبب کوتاه کردن زمان کاشت تا سبز شدن و حفاظت بذرها از عوامل زنده و غیرزنده در مرحله‌ی بحرانی استقرار گیاهچه می‌شود. همچنین این تیمارها یکنواختی سبز شدن را موجب می‌شوند که منجر به استقرار یکنواخت و بهبود عملکرد در محصول می‌شوند (باسرا و همکاران، ۲۰۰۳). مسرت و همکاران (۱۳۹۲) گزارش دادند پرایمینگ بذر سبب افزایش میزان اسیدنوکلئیک، پروتئین و افزایش تحرک مواد ذخیره‌ای در بذر می‌گردد، در نتیجه بذر سریعتر جوانه زده و رشد می‌کند. تیمار پرایمینگ بذر به شکل‌های مختلفی مثل هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ، ماتریک پرایمینگ و پرایمینگ مزرعه‌ای (پرایمینگ بذر) انجام می‌گیرد (هریس، ۲۰۰۶). رایج‌ترین روش‌های پرایمینگ شامل هیدروپرایمینگ و اسموپرایمینگ می‌باشند. اسموپرایمینگ نوع خاصی از آماده‌سازی پیش از کاشت بذرها می‌باشد که از طریق خواباندن بذرها در محلول‌هایی با مواد شیمیایی مختلف و با غلظت‌های متفاوت نظیر انواع اسیدهای آلی، کودهای شیمیایی، مواد فنولی، مانیتول و .. صورت می‌گیرد (اشرف و همکاران، ۲۰۰۵). در روش هیدروپرایمینگ بذرها با آب خالص و بدون استفاده از هیچ ماده شیمیایی تیمار می‌شوند که این نوع پیش‌تیمار بسیار ساده و ارزان است و مقدار

جذب آب از طریق مدت زمانی که بذرها در تماس با آب هستند کنترل می‌شود (جودی و شریف‌زاده، ۱۳۸۵). در پیش‌تیمار بذر عواملی از جمله مدت زمان اعمال پیش‌تیمار، گونه و ژنوتیپ گیاهی می‌تواند حائز اهمیت باشد (عبدالرحمانی، ۱۳۹۰). در آزمایشی به‌منظور بررسی زمان پیش‌تیمار آبی بر سرعت جوانه‌زنی بذر گندم مشاهده شد که افزایش در مدت زمان خیس خوردگی بذر، سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد و در مورد بذر گندم بالاترین سرعت جوانه‌زنی در پیش‌تیمار آبی ۱۲ ساعت حاصل شد (هوشمندفر، ۱۳۸۵). پرایمینگ مزرعه‌ای با سولفات روی ۰/۰۳ درصد به مدت ۱۶ ساعت در مقایسه با پرایم با آب معمولی در افزایش سرعت سبز شدن، ارتفاع بوته، قطر و طول بلال، کارایی مصرف آب گیاه و درصد پروتئین دانه مؤثرتر بود (دادرسی و ابوطالبیان، ۱۳۹۴). پرایمینگ موجب تقویت سیستم آنتی اکسیدانی از قبیل گلوتاتیون و آسکوربات در بذر می‌گردد که این‌ها فعالیت پراکسیداسیون لیپید را در طی جوانه‌زنی کاهش می‌دهند و در نتیجه سبب افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شوند (انصاری و شریف‌زاده، ۲۰۱۲).

۲-۴- اهمیت ویتامین‌های ب در سلامت انسان

ویتامین‌ها مواد آلی با ترکیبات پیچیده‌ای هستند که به مقدار کم در مواد غذایی گیاهی و حیوانی وجود دارند و موجب رشد و نمو می‌شوند و بافت‌ها را در مقابل عفونت‌ها مقاوم می‌کنند. ویتامین‌ها در بدن انرژی تولید نمی‌کنند، یعنی درون خودشان انرژی ندارند ولی در واکنش‌های تولید انرژی و واکنش-های شیمیایی پیچیده بدن، به‌عنوان کوآنزیم عمل می‌کنند و سبب تسهیل این واکنش‌ها می‌شوند. ویتامین‌ها به دو دسته: محلول در چربی مانند ویتامین‌های A، D، E و k و ویتامین‌های محلول در آب مانند B و C تقسیم می‌شوند. از مهم‌ترین این ویتامین‌ها می‌توان به ویتامین‌های گروه"B" اشاره کرد که نقش عمده آن‌ها در متابولیسم انرژی، کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها است. ویتامین‌های گروه ب از گروه

ویتامین‌های محلول در آب هستند که باید برای تأمین نیاز بدن به‌صورت روزانه مصرف شوند، زیرا بدن قادر به ذخیره‌سازی آنها نیست. معمولاً در حبوبات، مغزها و مغز جو وجود دارند که کار اصلی آنان سوخت و ساز بدن، انتقال پیام‌های عصبی و نیز عملکرد صحیح قلب می‌باشد. مهم‌ترین عارضه‌ای که در اثر کمبود این ویتامین‌ها حاصل می‌شود بیماری بربری، بی‌اشتهایی فرد و اختلال در سیستم گوارشی و قلب است. گروه ویتامین‌های ب شامل ویتامین ب۱ (تیامین)، ویتامین ب۲ (ریبوفلاوین)، ویتامین ب۳ (نیاسین)، ویتامین ب۵ (اسید پانتوتنیک)، ویتامین ب۶ (پیریدوکسین)، ویتامین H یا ب۷ (بیوتین)، ویتامین ب۹ (اسید فولیک) و ویتامین ب۱۲ (کوبالامین) را ویتامین ب کمپلکس می‌نامند. اهمیت ویتامین ب کمپلکس از این واقعیت نشأت می‌گیرد که هر یک از این ویتامین‌ها کارکرد منحصر به فردی در بدن دارد. برای مثال، ویتامین ب۱، ب۲، ب۳ به همراه ویتامین ب۷ مسئول تولید انرژی مورد نیاز بدن است. کار ویتامین ب۶ متابولیسم اسیدهای آمینه است که برای بدن ضروری هستند. تقسیم سلولی فرآیند دیگر بدن انسان است، که به ویتامین ب۱۲ و ب۹ نیاز دارد. جدا از این کارکردهای پایه، همه‌ی این ویتامین‌ها وظایف دیگری نیز در بدن بر عهده دارد.

۲-۴-۱- 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 (عبد الحلیم، 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، ۲۰۱۰). همچنین نقش مهمی در سیستم انتقال 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 گیاه 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). 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 و b و کاروتنوئید گردید. همچنین استفاده از آلفا توکروفول موجب 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 غیر زنده 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).

۲-۴-۲- نقش ویتامین‌های ب در رشد و نمو گیاهان

ویتامین‌ها یک گروه از ترکیبات شیمیایی بی‌خطر برای محیط زیست هستند که کاربرد آن‌ها منجر به القای مقاومت در گیاه می‌گردد (اون و لی، ۲۰۰۵؛ اون و همکاران، ۲۰۰۷؛ پوشپالتا و همکاران، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۱). هفت ویتامین B همراه با کوفاکتورهایی که به آن‌ها تبدیل می‌شوند در گیاه یافت می‌شود، به-

عنوان مثال تیامین (B_1) به تیامین دی فسفات، ریبوفلاوین (B_2) به FAD و FMN، نیاسین (B_3) به (P) NAD^+، پانتونات (B_5) به کوآنزیم A و گروه پروتز پروتئین حامل آسیل، پیریدوکسین (B_6) به پیریدوکسال ۵۹- فسفات، بیوتین (B_8) به زنجیره جانبی بیوتینیل آنزیم و B_9 اسیدفولیک به فولات‌های یک کربن و جایگزین مشتقات آن‌ها تبدیل می‌شوند. ویتامین‌ها در مقادیر کم برای رشد و نمو عادی بافت‌ها در گیاه لازم هستند (آنتونوپولو و همکاران، ۲۰۰۵). ضرورت وجود این دسته از مواد برای رشد گیاه در محیط‌های کشت بافت ثابت شده است و به‌عنوان کوآنزیم یا آنزیم عمل می‌کنند (آنتونوپولو و همکاران، ۲۰۰۵). گروه ویتامین‌های ب شامل کوفاکتورهای آنزیمی قابل حل در آب دخیل در فرآیندهای متابولیکی می‌باشد (گوییر، ۲۰۱۱). تاکنون آزمایشاتی جهت القای مقاومت توسط ویتامین‌ها در گیاهان تک لپه و دو لپه مختلف علیه انواعی از بیمارگرها صورت گرفته است (اون و لی، ۲۰۰۵؛ اون و همکاران، ۲۰۰۷؛ طاهری و تاریگی، ۲۰۱۰ و طاهری و تاریگی؛ ۲۰۱۱). از ویتامین‌ها برای القای مقاومت در پاتوسیستم‌های مختلف استفاده شده است. تیامین (B_1) از بیماری‌هایی که توسط بیوتروف، همی بیوتروف و نکروتروف ایجاد می‌شود، جلوگیری می‌کند (اون و لی، ۲۰۰۵ و بهجونا و همکاران، ۲۰۱۲). تیامین در برگ گیاهان تولید و به ریشه منتقل می‌شود و رشد را کنترل می‌کند (عبدالعزیز و همکاران، ۲۰۰۹). گزارش شده است در گل داوودی، تیامین سبب افزایش تعداد گل می‌شود (الفوحری و الطیب، ۲۰۰۳). همچنین برای بیوسنتز کوآنزیم تیامین پیرو فسفات لازم است که نقش مهمی در سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها دارد (هنداوی و عز الدین، ۲۰۱۰). این ویتامین در 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). ملکی و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند کاربرد اسید فولیک موجب بهبود خصوصیات رشدی در گیاه لوبیا شد. یافته‌های تحقیقاتی نشان می‌دهد که تیمار ترکیبی اسید آسکوربیک و تیامین، بر رشد و بهبود کیفیت گل گلایول اثر می‌گذارد (بوردور و عید،

۲۰۱۱). یافته‌های حاصل از پژوهش دیگر روی گل کوکب نیز نشان می‌دهد که تیامین سبب افزایش وزن تر گیاه، تعداد گل و رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شود (مهگاب و همکاران، ۲۰۱۱).

۲-۵- پیریدوکسین

۲-۵-۱- نقش پیریدوکسین در سلامت انسان

ویتامین B_6 از ویتامین‌های محلول در آب است و به حرارت و اسید مقاوم می‌باشد، البته اکسیداسیون، قلیا و نور ماورای بنفش به ویتامین B_6 آسیب می‌رساند. تقریباً ۵۰ درصد ویتامین در روند پختن و فرآوری از بین می‌رود. 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 (اسیدهای آمینه)، انتقال دهنده‌های عصبی (اسید گاما_آمینوبوتیریک، سروتونین و غیره)، گلیکوژن فسفریلاز و غیره دارد. ویتامین B_6 عملکردهای متفاوتی در بدن دارد که عبارت است از: شکستن کربوهیدرات‌ها برای ایجاد انرژی، تشکیل هموگلوبین و دیگر موادی که بدن به آن نیاز دارد. ویتامین B_6 برای تولید نیاسین (ویتامین B_3) ضروری است. هر یک گرم از این ویتامین در ۵ میلی‌لیتر آب حل می-شود. عارضه کمبود B_6، اختلالات عصبی است. همچنین احساس ضعف و ناتوانی به دلیل تحلیل عضلات، احساس خواب آلودگی و عوارض دیگر، قرمز و متورم شدن زبان، ایجاد زخم در دهان و تغییر حالت در پوست بدن ایجاد می‌شود. همچنین کمبود این ویتامین سبب تورم بدن، ریختن موها و خونریزی، دشواری در راه رفتن و درد شکم می‌شود و پوست بدن شوره می‌زند. اگر این کمبود ادامه پیدا کند باعث کم‌خونی و از بین رفتن بافت‌های بدن می‌گردد. پیریدوکسین به مقدار فراوان در مخمر آبجو، ذرت، جگر،

شیر، تخم مرغ، سبزی‌ها، مرغ، قلوه، ماهی، موز، سویا، گردو، فندوق، گل کلم، کلم بروکلی، سیب زمینی و جوانه گندم 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.

۲-۵-۲- نقش پیریدوکسین در رشد و نمو گیاهان

تحقیقات صورت پذیرفته توسط خان و همکاران (۱۹۹۵) نقش افزایش دهنده پیریدوکسین درمیزان جذب ریشه را نشان می‌دهد. این ویتامین موجب افزایش سرعت ظهور برگ می‌شود که این امر به نوبه خود موجب تغییر افزایش توان فتوسنتزی و در نتیجه افزایش میزان ماده خشک تولیدی از طریق تأثیر مثبت بر سرعت جذب خالص (NAR) می‌شود. طی تحقیقات مختلف انجام شده تیماردهی بذر با پیریدوکسین افزایش جذب نیتروژن و فسفر در گیاه گلرنگ و گندم (خان و همکاران، ۱۹۹۵) و کلزا (خان و همکاران، ۱۹۹۶) را به‌همراه داشته است. تیماردهی با پیریدوکسین سبب افزایش سرعت جذب مواد غذایی در بوته ذرت گردیده است (خان و سمیع الله، ۲۰۰۱). تحت تأثیر پیریدوکسین و کود نیتروژن شاخص‌های رشد و میزان کلروفیل برگ‌ها تغییر می‌یابد (خان و همکاران، ۱۹۹۶). همچنین پیریدوکسین بر مقاومت تنش اسمزی و اکسیداسیون مؤثر بوده است که مسئول آن ژنی به نام PDXI می‌باشد. این ژن در سلول‌های ریشه‌ی گیاه مستقر است (دنسلو و همکاران، ۲۰۰۵؛ هاو و لیمینگ، ۲۰۰۵). تیمار کردن بذور برخی از غلات با پیریدوکسین هیدروکلراید ۱ افزایش رشد ریشه و عملکرد را به‌همراه داشته است (سمیع الله و همکاران، ۱۹۹۱و لون و همکاران، ۱۹۹۹). لذا به‌دلیل افزایش توانایی جذب، عملکرد از طریق تغییر مثبت اجزای عملکرد افزایش می‌یابد (ادوارد آرنولد و همکاران، ۲۰۰۱). افزایش عملکرد محصول تعدادی از غلات دانه‌ای با بکارگیری ماده شیمیایی پیریدوکسین به‌صورت تیماردهی بذر از طریق افزایش رشد سیستم ریشه ای به اثبات رسیده است (خان و همکاران، ۲۰۰۱).

۲-۶- اسید پانتوتنیک

۲-۶-۱- نقش اسید پانتوتنیک در سلامت انسان

یکی از ویتامین‌های گروه ب است. نام این ویتامین از کلمه یونانی پانتوتن به معنای از همه جا ریشه می‌گیرد. علت این نام‌گذاری این است که مقدار کمی از این ویتامین تقریباً در همه غذاها یافت می‌شود. این ویتامین محلول در آب است و در ترکیب با سیستیمین و ATP، کوآنزیم آ را به‌وجود می‌آورد. تبدیل اسید پانتوتنیک (ویتامین ب۵) به فسفوپنتتین توسط آنزیم پنتوتنات کیناز اولین مرحله در تولید کوآنزیم آ در جانداران است. ویتامین نامبرده یک روغن زرد غلیظ است که طعم تلخی را دارا می‌باشد و بیشتر به‌همراه کلسیم به‌صورت بلور سفیدرنگی یافت می‌شود. ویتامین ب۵ برای متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها ضروری است و در سنتز هورمون‌ها نقش دارد. این ویتامین همانند سایر ویتامین‌های گروه B، در رهاسازی انرژی از مواد غذایی خصوصاً کربوهیدرات‌ها نقش دارد. در ضمن این ویتامین برای ساخته شدن چربی در بدن لازم است. در اعمال خونسازی، ایمنی و به‌عنوان بخشی از ساختمان هورمون‌های بدن نیز مورد نیاز می‌باشد. این ویتامین سبب سهولت جذب قند (گلوکز) از طریق دیواره روده می‌شود. بیشترین غلظت آن در کبد و کلیه یافت می‌شود. به‌علاوه، این ویتامین موجب رشد و مقاومت پوست و غشاهای مخاطی می‌شود. ویتامین ب۵ توسط گرما از بین می‌رود. بدن انسان به‌طور متوسط به ۵ میلی‌گرم ویتامین ب۵ در روز نیاز دارد. چون این ویتامین به وفور در طبیعت یافت می‌شود، کمبود آن به ندرت در انسان مشاهده می‌شود. البته ویتامین‌های گروه B معمولاً در صورت کمبود، به‌طور همزمان دچار نقصان می‌شوند. کمبود این ویتامین در افرادی که مبتلا به سوء تغذیه شدید هستند دیده می‌شود و علایم آن همان علایم عمومی کمبود ویتامین‌های گروه B است. برای مثال گاهی در افرادی که به الکلیسم مزمن مبتلا هستند، التهاب اعصاب ناشی از کمبود اسید پانتوتنیک دیده شده است. اگرچه هیچ

اثر مسمومیت جدی نیز از مصرف زیاد این ویتامین دیده نشده است ولی با این وجود، مصرف مقادیر زیاد این ویتامین ممکن است ایجاد اسهال نماید. ویتامین ب۵ تقریباً در همه غذاها به مقدار گوناگون یافت می‌شود؛ منابع غذایی غنی شامل زرده تخم‌مرغ، قلوه، جگر و مخمر (پودر خشک جهت نانوایی) هستند. این ویتامین گستردگی وسیعی در مواد غذایی به‌خصوص گوشت‌ها، غلات و حبوبات دارد. در اکثر مراحل پخت مقدار کمی از اسید پانتوتنیک از بین می‌رود، ولی در مرحله جوش مقدار قابل ملاحظه‌ای از آن هدر می‌رود و در مرحله انجماد مواد غذایی نیز مقداری از آن از بین می‌رود. غذاهایی که در حرارت خشک تهیه می‌شوند، منابع فقیری از اسید پانتوتنیک هستند. غذاهای قوطی شده حیوانی بین ۲۰ تا ۳۵ درصد و گیاهی بین ۴۶ تا ۷۸ درصد اسید پانتوتنیک را از دست می‌دهند.

۲-۶-۲- نقش اسید پانتوتنیک 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). مطالعات کمی در مورد سنتز و نقش پانتوتنات متمرکز در گیاهان انجام شده است (آتنهاف و همکاران، ۲۰۰۴). این در حالی است که گیاهان یکی از منابع غذایی اصلی پانتوتنات برای حیوانات و انسان هستند (رامان و راتینا ساباراپاتی، ۲۰۰۴)، پانتوتنات برای رشد سلول‌های گیاهی حیاتی است (سویج و همکاران، ۱۹۷۹). کودندرماین و رائو (۱۹۸۴) گزارش کردند که خیس کردن سترون بذرهای ماش با غلظت‌های متنوع از ویتامین‌های B (تیامین، ریبوفلاوین، اسید پانتوتنیک، پیریدوکسین، نیاسین و اسید فولیک) و آنتی‌بیوتیک‌ها (پنی‌سیلین و تتراسایکلین) به‌صورت جداگانه و ترکیبی از ویتامین‌ها و آنتی بیوتیک‌ها برای ۲۴ساعت در تاریکی و در ۲±۲۸ درجه سانتی‌گراد، به‌طور قابل توجهی

موجب افزایش میزان فتوسنتز، واکنش فتوشیمیایی، پروتئین، کلروفیل و وزن خشک نهال شدند. در این آزمایش کاربرد توأم پنی سیلین با ویتامین‌ها دارای هم افزایی بود.

۲-۷- اهمیت عناصر ریز مغذی

تمامی موجودات زنده از جمله گیاهان برای رشد و نمو نیاز به غذا دارند. خاک تأمین کننده اکثریت قریب به اتفاق عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌باشد. به جز کربن، اکسیژن و هیدروژن که عمدتاً از طریق آب و هوا تأمین می‌گردند، منبع اصلی بقیه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه محلول خاک می‌باشد. در خاک تقریباً تمام عناصر غذایی که در جدول تناوبی وجود دارد، موجود می‌باشد. بخش اعظم این عناصر نیز در گیاه قابل اندازه‌گیری هستند ولی گیاه برای جذب این عناصر حالت انتخاب ندارد و بدون در نظر گرفتن مفید یا مضر بودن، آنها را جذب می‌کند. تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کیفی و کمی محصول به‌شمار می‌آید. در تغذیه صحیح گیاه نه تنها باید هر عنصر به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار گیرد، بلکه ایجاد تعادل و رعایت نسبت میان میزان عناصر مصرفی از اهمیت ویژه برخوردار است، زیرا در حالت عدم تعادل تغذیه‌ای با افزودن تعدادی از عناصر غذایی نه‌تنها افزایش عملکرد رخ نمی‌دهد، بلکه اختلالاتی نیز در رشد گیاه ایجاد می‌شود و در نهایت افت محصول حادث خواهد شد. از آنجایی که این فاکتور به‌راحتی تحت کنترل زارع یا باغدار می‌باشد، شناخت این عناصر نقش به‌سزایی در مدیریت مزرعه یا باغ دارد. تاکنون ۱۶ عنصر برای رشد و نمو گیاهان ضروری تشخیص داده شده است. کربن، اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، منگنز، روی، مس، بر، مولیبدن و کلر شانزده عنصر ضروری مورد نیاز گیاهان هستند. سه عنصر اول یعنی کربن، اکسیژن و هیدروژن قسمت اعظم ماده خشک گیاهی (۶۰ تا ۹۰ درصد) را تشکیل می‌دهند و کمبود آن‌ها به‌جز در مورد کمبود آب

دیده نمی‌شود. این سه عنصر عمدتاً از طریق آب و هوا تأمین می‌شوند. سه عنصر فوق همراه با شش عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم (عناصر کودی)، کلسیم و منیزیم (عناصر آهکی) و گوگرد عناصر غذایی پر مصرف یا پر نیاز برای گیاهان هستند. و هفت عنصر دیگر یعنی آهن، منگنز، روی، مس، بر، مولیبدن و کلر عناصر غذایی کم‌مصرف یا کم نیاز یا ریزمغذی هستند (البته بعضی از منابع نیکل و کبالت را نیز جزء عناصر کم‌مصرف قلمداد می‌کنند). گیاهان همان‌گونه که بدون عناصر پرمصرف قادر به ادامه حیات نیستند، بدون استفاده از عناصر غذایی کم‌مصرف نیز قادر به ادامه حیات نخواهند بود. تفاوت عمده‌ای که این عناصر با عناصر پرنیاز دارند این است که این عناصر در مقایسه با عناصر پرنیاز به مقدار کمتری مورد نیاز گیاهان هستند. به‌عبارت دیگر تفاوت این دو دسته در مقدار نیاز گیاهان به آن‌ها است. اما ریزمغذی‌ها علی‌رغم نیاز کم، جایگاه ویژه‌ای در تولیدات کشاورزی دارند. مطالعات زیادی نشان داده است که در مورد عناصری مثل بر، مس، منیزیم، منگنز و روی محلول‌پاشی به‌دلیل 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).

۲-۸- روی

۲-۸-۱- نقش روی در سلامت انسان

عنصر روی یکی از عناصر مهم و ضروری در فرآیند رشد و نمو در گیاهان و جانوران می باشد، چرا که این عنصر در بسیاری از واکنش‌های آنزیمی، فرایندهای متابولیکی و همچنین واکنش‌های اکسایش-کاهش نقش اساسی ایفا می‌کند؛ علاوه براین، عنصر روی (Zn) در ساختار بسیاری از آنزیم‌های دخیل در فرآیندهای متابولیسم نیتروژن، انتقال انرژی و سنتز پروتئین نقش اساسی دارد. کمبود روی در گیاهان فرآیندهای رشد و نمو را تحت تأثیر قرارمی‌دهد و به تعویق می‌اندازد و باعث کاهش شدید محصول می-

گردد. کمبود این عنصر در انسان، اثرات خود را در فرآیندهای رشدی به وضوح نشان خواهد داد. براساس گزارش‌های موجود، بیش از سه میلیارد نفر در سراسر جهان از کمبود آهن و روی رنج می‌برند و این وضعیت خصوصاً در مناطقی به چشم می‌آید که مردم عمدتاً از برنامه‌های غذایی کاملاً یک نواخت بر پایه غلات بدون سبوس استفاده می‌کنند، عمده عنصر آهن و روی در سبوس غلات ذخیره می‌شود که این جزء با ارزش عمدتاً طی فرآیند آسیاب کردن از غلات جدا می‌شود. روی یکی از دو عنصر ضروری شرکت کننده در مجموعه مکانیزم‌های حفاظتی بدن و ترمیم سریع‌تر زخم‌ها و یکی از مواد معدنی کمیاب است که پس از آهن بیشترین میزان را در بدن داراست (۳ گرم). در خصوص اهمیت روی می‌توان اظهار داشت که بدن بدون این عنصر نمی‌تواند به حیات خود ادامه دهد. زیرا برای سنتز DNA، RNA، متابولیزه کردن کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها، دفع دی اکسیدکربن و استفاده بهینه از ویتامین آ مورد نیاز است. روی فعالیت آنتی‌اکسیدان بدن را افزایش می‌دهد و مانع از خستگی زودرس در انجام کارهای روزانه می‌شود. همچنین در درمان آسم، بیماری‌های قند، کم‌کاری غدد به خصوص غده تیروئید، استرس‌های عصبی و غیره نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند و در جریان اعمال حیاتی بدن نظیر نگهداری، کارکرد سیستم آنزیم‌ها و سلول‌های مغزی مؤثر است. روی حس چشایی را تقویت می‌کند و در جلوگیری از ریزش مو و شکنندگی ناخن‌ها و لطافت پوست بدن تأثیرگذار است. این عنصر برای ثبات حالت خون و برقراری تعادل اسیدی-قلیایی بدن لازم است. بر اساس تحقیقات به‌عمل آمده، اضافه کردن مکمل روی در جیره غذایی، میزان بروز بی‌اشتهایی، سرفه، تب و استفراغ را در کودکان کاهش می‌دهد. منابع روی در مواد غذایی گوشتی دریایی به‌ویژه صدف، میگو و ماهی، جگر، گوشت قرمز و تخم‌مرغ به مقدار فراوان یافت می‌شود. حداکثر روی در مواد غذایی گیاهی در تخمه کدو است. بهترین روش برای حل مشکل کمبود روی در بدن، غنی سازی محصولات کشاورزی در مزرعه بیان شده است (ملکوتی و داوودی، ۱۳۸۲).

۲-۸-۲- نقش روی در گیاهان

روی یکی از عناصر ضروری در تغذیه گیاه می‌باشد (زند و همکاران، ۱۳۸۸). این عنصر نقش مهمی در تولید بیوماس بازی می‌کند (کایا و هیگز، ۲۰۰۲ و کاکماک، ۲۰۰۸) و علاوه بر این که عملکرد محصولات کشاورزی را افزایش می‌دهد، کیفیت محصولات تولیدی را بالا می برد و غنی‌سازی و ارتقاء سلامت جامعه نیز تحقق می‌یابد. از جمله نقش‌های اساسی این عنصر مشارکت در ساختمان ۳۰۰ نوع آنزیم و پروتئین است و کمبود آن فعالیت چندین آنزیم مهم از جمله فسفاتازها، الکل دهیدروژناز، دیمیدین کیناز، کربوکسی پپتیداز، DNA و RNA پلیمراز را کاهش می‌دهد (مارچنر، ۱۹۹۵). عنصر روی با فعال کردن آنزیم الکل دهیدروژناز سبب تبدیل استالدئید به اتانول می‌شود و از سیاه شدن میوه جلوگیری می‌کند. همچنین می‌توان به نقش این عنصر در بیوسنتز اکسین به‌عنوان یک هورمون محرک رشد اشاره کرد. زیرا روی به احتمال زیاد به‌عنوان کوفاکتور بسیاری از آنزیم‌ها در بیوسنتز اسیدآمینه تریپتوفان به‌عنوان پیش‌ماده سنتز اکسین و یا در تبدیل اسیدآمینه تریپتوفان به ایندول استیک اسید نقش دارد (قربانلی و همکاران، ۱۳۸۲). از دیگر نقش‌های روی ایجاد سیستم دفاعی سلولی در برابر گونه-های فعال اکسیژن[1] می‌باشد. روی با اتصال به فسفولپیدها و گروه‌های سولفیدریل غشای سلولی سبب پایداری این غشاها می‌شود و آن‌ها را در برابر خسارات ناشی از اکسایش محافظت می‌کند. به نحوی که در شرایط کمبود روی بروز خسارات ناشی از اکسایش محافظت می‌کند. در شرایط کمبود روی بروز خسارت های اکسیداتیو ناشی از تهاجم رادیکال‌های آزاد از طریق ایجاد اختلال در عملکردهای غشاهای سلولی و تولید رادیکال‌های هیدروکسیل و سوپر اکسیداز مشاهده می‌شود (ریون و آلووی، ۲۰۰۴). این عنصر به واسطه شرکت در ساختمان ریبوزوم‌ها، دارای نقش اساسی در پروتئین‌سازی است و در غیاب آن ریبوزوم ها متلاشی می‌شوند (خوش گفتارمنش، ۱۳۸۶). به‌علاوه روی برای تولید کلروفیل، عمل گرده افشانی،

[1] Reactive Oxygen Species

لقاح و جوانه‌زنی نیاز است (پاندی و همکاران، ۲۰۰۶ و کاکماک، ۲۰۰۸). کمبود این عنصر در گیاهان، بر تغذیه انسان نیز تأثیر منفی گذاشته و موجب بروز بیماری‌های مختلف در انسان می‌گردد (فاگریا، ۲۰۰۹).

طبق گزارش موحدی دهنوی و همکاران (۲۰۰۹) استفاده از روی سبب افزایش ماده خشک در گیاه می‌گردد. اثر مثبت محلول‌پاشی روی و منگنز مبنی بر افزایش ماده خشک، در نتایج تالوس و همکاران (۲۰۰۶) نیز مشاهده شد. در پژوهش انجام شده توسط حاجی‌بلند و همکاران (۱۳۸۶) در مقایسه تعدادی از ارقام برنج نسبت به تحمل کمبود عنصر روی در شرایط مزرعه‌ای و آبکشت، کمبود این عنصر سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی در تمام ارقام شد. عملکرد ماده خشک کل نتیجه کارایی جامعه گیاهی از نظر استفاده از تشعشع خورشید در طول فصل رشد است، در این ارتباط جامع گیاهی نیاز به سطح برگ کافی دارد تا سطح زمین را کاملاً بپوشاند. در پژوهش انجام شده توسط زارع ده‌آبادی و همکاران (۱۳۸۶) روی گیاه نعناع طول اندام هوایی، طول ریشه و سطح برگ‌ها در غلظت‌های ۵ و ۱۰ میکرومولار روی افزایش یافت. خلیلی محله و همکاران (۱۳۸۵) در بررسی اثرات محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی آهن، روی و منگنز بر عملکرد و خصوصیات کیفی سورگوم در کشت دوم دریافتند که مصرف این عناصر موجب افزایش درصد پروتئین، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته و شاخص سطح برگ گردید.

ارتفاع گیاه را می‌توان معرف رشد رویشی دانست (جعفرزاده و پوستینی، ۱۳۷۶). کاربرد توأم آهن و روی بیش‌ترین طول ساقه گندم با میانگین ۱۱۷/۷۲ سانتی‌متر را به خود اختصاص داد (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹). در بررسی تأثیر کود سولفات روی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه نخود تحت تراکم‌های مختلف کاشت، افزایش کاربرد سولفات روی سبب افزایش ارتفاع گیاه شد. 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 معادل ۲/۳ سانتی‌متر در ترکیب تیماری آهن صفر و ۴۰ کیلوگرم روی به‌دست آمد (پیروی، ۱۳۸۰). با مصرف عناصر ریزمغذی آهن و روی فعالیت فتوسنتزی گیاه افزایش می‌یابد که سبب توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخه و برگ می‌شود (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳). با مصرف عناصر ریزمغذی آهن و روی فعالیت فتوسنتزی گیاه افزایش می‌یابد که سبب توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخه و برگ می-شود (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳). روی از طریق تولید هورمون اکسین سبب افزایش رشد رویشی و شاخه بندی می‌شود (کمرکی و گلوی، ۱۳۸۵). حیدریان و همکاران (۲۰۱۱) در سویا گزارش کردند که عناصر ریزمغذی موجب بهبود اجزای عملکرد و عملکرد می‌شود. از آن‌جا که تعداد دانه‌های لوبیا از اجزای مهم عملکرد دانه محسوب می‌شود با افزایش تعداد دانه در غلاف، مخازن بزرگتری برای انتقال مواد جذب شده به‌وجود خواهد آمد و هر عاملی که سبب افزایش این عامل شود منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد.

۲-۸-۳- کمبود و بیش‌بود روی در گیاهان

مقدار روی در خاک‌های زراعی بسیار اندک است و حلالیت همین مقدار کم نیز به‌دلیل آهکی بودن، اسیدیته بالا، بی‌کربناته بودن آب آبیاری، تنش خشکی و شوری، مواد آلی کم، استمرار خشکسالی و تداوم مصرف نامتعادل کودها بسیار ناچیز است. مقدار روی قابل استفاده در خاک‌های ایران به‌طور معمول کمتر از ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری شده است در حالی که در شرایط کاملاً مطلوب مقدار آن بایستی ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد. بدیهی است گیاهانی که در چنین خاک‌هایی رشد می‌کنند از کمبود روی صدمه می‌بینند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). کمبود روی یکی از چالش‌های بسیار مهم جهانی در زمینه تولید غذا می‌باشد؛ شناسایی مناطقی که دچار کمبود روی هستند و همچنین دلایل این کمبودها و راهکارهایی مبنی بر رفع آن‌ها، می‌تواند نقش مهمی در تولید محصولات غذایی با کیفیت‌تر و ارزش غذایی بالاتر داشته باشد. هرچند از ترکیبات دارای روی به‌عنوان کود به‌طور گسترده استفاده می‌شود، ولی در

اکثر موارد به دلیل محدودیت‌های محیطی از قبیل pH نامناسب خاک، وجود آهک بالای زمین، مقادیر زیاد فسفر موجود در خاک، کمبود کربن آلی در خاک و غیره و همچنین بالا بودن قیمت ترکیب‌های موثر، آن گونه که باید این مشکل کمبود حل نگردیده است. کمبود روی سبب اختلال در فرآیندهای سلولی و در نتیجه، کاهش شدید رشد و نمو گیاه می‌شود. کمبود این عنصر ابتدا در برگ‌های جوان‌تر ظاهر می‌گردد. علائم با کلروز شروع و به‌دنبال آن رشد شاخه‌های جوان به شدت کاهش می‌یابد (عزیزی و امینی دهقی، ۱۳۸۷). آشکارترین نشانه ظاهری کمبود روی در دولپه‌ای‌ها، کم شدن رشد طولی به‌علت کاهش فاصله میانگره‌ها و همچنین کاهش بسیار زیاد در اندازه برگ است. کمبود روی در پنبه سبب پیدایش علامتی می‌شود که ریزی برگ نام دارد (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۱). همچنین بوته‌های پنبه مبتلا به کمبود روی به‌طور طبیعی رشد نمی‌کنند. طویل شدن ساقه برای مدتی متوقف و فاصله میان‌گره‌ها کم می‌شود و در این شرایط بوته‌های جوان حالت جارویی شکل پیدا می‌کنند. البته در اواخر فصل معمولاً رشد به وضعیت عادی بر می‌گردد. در سویا و لوبیا کمبود روی سبب کاهش رشد طبیعی و کوچک شدن بوته‌ها می‌شود. فاصله بین رگبرگ‌ها زرد و رنگ پریده می‌شود. بافت‌های کلروز شده ممکن است قهوه‌ای یا خاکستری شوند و قبل از بلوغ از بین بروند. در یک مزرعه سویا یا لوبیا علایم کمبود روی، از دور به‌صورت قهوه‌ای متمایل به زرد آشکار است. در گیاه سیب‌زمینی که در شرایط کمبود روی رشد کرده است، بوته ها کوتاه و برگ‌های جوان فنجانی هستند و به طرف بالا تابیده می‌شود به‌طوری که حالت سرخسی به گیاه داده می‌شود. این علامت را برگ سرخسی می‌گویند (خوش گفتارمنش، ۱۳۸۶).در غلات در شرایط کمبود روی نوارهای زرد رنگ در راستای رگبرگ‌های اصلی و لکه‌های قرمز رنگ به‌علت انباشتگی آنتوسیانین در برگ‌ها دیده می‌شود (مارچنر، ۱۹۹۵). در بسیاری از گیاهان کمبود روی علامتی به نام «خپلگی» ایجاد می‌کند. در ذرت و ذرت خوشه‌ای این علامت سفیدی جوانه گفته می‌شود.

همچنین سبب کاهش رشد ریشه و کاهش تولید ماده خشک ساقه می‌شود (زای‌اکسین و همکاران، ۲۰۰۶).

فلز روی نیز همانند سایر فلزات سنگین هنگامی که در خاک و در نهایت در بافت‌های گیاهی تجمع می‌یابد، بسته به گونه گیاهی موجب تغییر در برخی فرآیندهای متابولیکی گیاه می‌شود و از این طریق در رشد و نمو گیاهان اختلال ایجاد می‌کند. روی در غلظت‌های بالا موجب کاهش کلروفیل و آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز، مهار واکنش‌های چرخه کالوین و کاهش تثبیت کربن و سنتز کربوهیدرات و در نهایت کاهش ماده سازی می‌شود و از طریق بازدارندگی از جذب سایر عناصر ضروری به‌ویژه آهن، پتاسیم و کلسیم مانع رشد گیاه می‌شود (خاوری نژاد و همکاران، ۱۳۹۰).

فصل سوم

مواد و روش

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام (۸ کیلومتر جاده شاهرود- آزاد شهر) 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 میلی متر است و بارندگی‌ها عمدتاً در فصل پائیز و بهار رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۹/۶- و ۴۰ درجه سانتی‌گراد است.

۳-۲- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک (ویتامین ب۵) در سه سطح (صفر، ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد)، پیریدوکسین (ویتامین ب۶) در سه سطح (صفر، ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد) و عنصر روی در دو سطح (صفر و ۱۰ میلی‌مولار) بودند. در مجموع در هر تکرار ۱۸ ترکیب تیماری (جدول ۳-۱) وجود داشت و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۵۴ کرت بود (شکل ۳-۱).

تکرار ۱	a_1 b_1 c_1	a_2 b1 c1	a_1 b_2 c_1	a_1 b_3 c_1	a_1 b_1 c_2	a_1 b_1 c_3	a_2 b_2 c_1	a_2 b_3 c_1	a_2 b_1 c_2	a_2 b_1 c_3	a_1 b_2 c_2	a_1 b_2 c_3	a_1 b_3 c_2	a_1 b_3 c_3	a_2 b_2 c_2	a_2 b_2 c_3	a_2 b_3 c_2	a_2 b_3 c_3
تکرار ۲	a_1 b_2 c_3	a_1 b_3 c_2	a_1 b_1 c_1	a_1 b_2 c_2	a_2 b_1 c_1	a_2 b_2 c_3	a_2 b_1 c_2	a_2 b_3 c_2	a_1 b_3 c_3	a_2 b_3 c_1	a_2 b_2 c_2	a_2 b_1 c_3	a_2 b_3 c_3	a_1 b_1 c_2	a_2 b_2 c_1	a_1 b_2 c_1	a_1 b_1 c_3	a_1 b_3 c_1
تکرار ۳	a_1 b_2 c_2	a_2 b_1 c_2	a_1 b_2 c_3	a_1 b_3 c_2	a_2 b_2 c_3	a_2 b_2 c_1	a_1 b_1 c_2	a_2 b_3 c_1	a_2 b_1 c_3	a_2 b_3 c_2	a_1 b_1 c_1	a_1 b_1 c_3	a_1 b_3 c_1	a_1 b_2 c_2	a_2 b_2 c_3	a_1 b_3 c_3	a_2 b_2 c_1	a_2 b_1 c_1

شکل ۳-۱- نقشه کشت طرح آزمایشی مورد استفاده: پیش‌تیمار با عنصر روی (میلی مولار): a_1 (صفر)، a_2 (۱۰)؛ پیش‌تیمار با اسید پانتوتنیک (درصد): b_1 (صفر)، b_2 (۰/۰۲)، b_3 (۰/۰۴)؛ پیش‌تیمار با پیریدوکسین (درصد): c_1 (صفر)، c_2 (۰/۰۲)، c_3 (۰/۰۴)

جدول۳-۱- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش

شاهد	$a_1b_1c_1$
پیش‌تیمار عنصر روی صفر، اسید پانتوتنیک صفر و پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد	$a_1b_1c_2$
پیش‌تیمار عنصر روی صفر، اسید پانتوتنیک صفر و پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد	$a_1b_1c_3$
پیش‌تیمار عنصر روی صفر، اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ درصد و پیریدوکسین صفر	$a_1b_2c_1$
پیش‌تیمار عنصر روی صفر، اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ و پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد	$a_1b_2c_2$
پیش‌تیمار عنصر روی صفر، اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ و پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد	$a_1b_2c_3$
پیش‌تیمار عنصر روی صفر، اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ درصد و پیریدوکسین صفر	$a_1b_3c_1$
پیش‌تیمار عنصر روی صفر، اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ و پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد	$a_1b_3c_2$
پیش‌تیمار عنصر روی صفر، اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ و پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد	$a_1b_3c_3$
پیش‌تیمار عنصر روی ۱۰ میلی‌مولار، اسید پانتوتنیک صفر و پیریدوکسین صفر	$a_2b_1c_1$
پیش‌تیمار عنصر روی ۱۰ میلی‌مولار، اسید پانتوتنیک صفر و پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد	$a_2b_1c_2$
پیش‌تیمار عنصر روی ۱۰ میلی‌مولار، اسید پانتوتنیک صفر و پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد	$a_2b_1c_3$
پیش‌تیمار عنصر روی ۱۰ میلی‌مولار، اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ درصد و پیریدوکسین صفر	$a_2b_2c_1$
پیش‌تیمار عنصر روی ۱۰ میلی‌مولار، اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ و پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد	$a_2b_2c_2$
پیش‌تیمار عنصر روی ۱۰ میلی‌مولار، اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ و پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد	$a_2b_2c_3$
پیش‌تیمار عنصر روی ۱۰ میلی‌مولار، اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ درصد و پیریدوکسین صفر	$a_2b_3c_1$
پیش‌تیمار عنصر روی ۱۰ میلی‌مولار، اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ و پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد	$a_2b_3c_2$
پیش‌تیمار عنصر روی ۱۰ میلی‌مولار، اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ و پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد	$a_2b_3c_3$

۳-۳- عملیات اجرایی

۳-۳-۱- پیش‌تیمار بذر

برای اعمال پیش‌تیمار بذر، ابتدا با توجه به مساحت زمین و فواصل کشت مقدار مورد نیاز بذر برای هر تیمار محاسبه گردید. سپس مقدار بذرهای تعیین شده در هجده ظرف جداگانه قرار داده شدند. محلول‌های مورد نظر درون هر ظرف حاوی بذر با توجه به تیمار مربوطه ریخته شدند. بعد از گذشت ۱۲ ساعت از مدت زمان خیس خوردگی، بذرها از محلول‌ها خارج و در سایه خشک شدند.

مواد شمیایی استفاده شده در این طرح، تولید شرکت سیگما- آلدریچ اصفهان بود که شامل:

پیریدوکسین (SIGMA P9755- Pyridoxine hydrochloride) با نام تجاری®Neuro-K, Vitamin B-6

اسید پانتوتنیک (SIGMA P2250- D-Pantothenic acid hemicalcium salt)

اکسید روی گرمی (MERCK108849 ZINC OXIDE)

۳-۳-۲- آماده سازی بستر و کاشت

زمین در سال قبل به‌صورت آیش بود. سه روز قبل از کاشت اقدام به آماده‌سازی زمین با استفاده از دیسک گردید. بذر لوبیا سبز مورد استفاده رقم سانری (رقم هلندی) بود. عملیات کاشت در تاریخ ۳۰ خرداد ماه ۱۳۹۵ با دست انجام شد. عمق کاشت بذر ۵-۳ سانتی‌متر بود. در هر کرت آزمایشی ۴ خط کاشت به طول ۵ متر با فاصله‌ی ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف و ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف قرار داشت. دو خط کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و صفات مورد نظر از خطوط وسط اندازه‌گیری گردیدند.

۳-۳-۳- داشت

آبیاری به‌صورت جوی و پشته‌ای هر ۷ روز یکبار انجام شد. مقادیر آب مصرفی برای تمام تیمارها تقریباً یکسان بود. پس از استقرار بوته‌ها اقدام به تنک کردن بوته‌های اضافی گردید. هر هفته یکبار وجین علف-های هرز به‌صورت دستی انجام گرفت، همچنین علف کش سوپر گالانت به میزان توصیه شده برای از بین بردن علف‌های هرز باریک برگ مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۳-۴- برداشت

برداشت در دو مرحله، یکبار ۸۰ روز بعد از کشت زمانی که غلاف‌ها مصرف تازه‌خوری داشتند، جهت تعیین عملکرد سبز انجام شد و برداشت دوم جهت تعیین عملکرد نهایی و اجزای عملکرد، در تاریخ ۲۷ مهر ۱۳۹۵ یعنی ۱۱۷ روز پس از کاشت انجام شد، زمانی که بوته‌ها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، و بذر داخل غلاف قابل تشخیص و جدا شدن بودند.

۳-۴- نمونه برداری جهت صفات زراعی و مورفولوژیک

دو ماه پس از کشت نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری صفات زراعی و مورفولوژیک آغاز گردید. برای این منظور دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان حاشیه حذف شدند. در نمونه-برداری از هر کرت آزمایشی، تعداد ۴ بوته به‌طور تصادفی برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. قطع بوته-ها 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 شدند.

۳-۵- اندازه‌گیری صفات زراعی و مورفولوژیک

ارتفاع ساقه اصلی و فاصله اولین غلاف از سطح خاک در هر 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 گردید. همچنین صفاتی مانند انشعابات جانبی (شاخه‌های فرعی) شمارش و در نهایت از میانگین آن‌ها برای انجام محاسبات استفاده گردید.

۳-۵-۱- وزن خشک برگ، ساقه و غلاف

نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به بخش‌های برگ، ساقه و غلاف تفکیک و وزن خشک آن‌ها تعیین گردید. برای این منظور بخش‌های تفکیک شده به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند. پس از اعمال زمان لازم، پاکت‌ها به مدت ۲۵ دقیقه در هوای آزمایشگاه نگهداری شدند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. مقادیر به‌دست آمده بر حسب گرم در مترمربع محاسبه گردید.

۳-۵-۲- شاخص سطح برگ

در هر بار نمونه‌برداری سطح برگ توسط دستگاه سنجش سطح برگ ساخت کشور انگلستان مدل Licor اندازه‌گیری و بر حسب مترمربع سطح برگ به مترمربع سطح زمین محاسبه گردید. براساس تعریف، واژه شاخص سطح برگ شامل نسبت سطح برگ محصول به سطح زمینی است که محصول روی آن سایه می‌اندازد. از آنجا که تشعشع خورشیدی به‌طور یکنواخت روی سطح زمین پخش می‌شود. لذا LAI یک معیار تقریبی از مساحت برگ‌ها در واحد سطح است که تشعشع خورشیدی برای آن‌ها قابل دسترسی می‌باشد.

۳-۵-۳- عملکرد سبز، اجزای عملکرد و عملکرد نهایی

وقتی که لوبیاها مصرف تازه خوری داشتند (۷۰ روز پس از کاشت) از هر کرت آزمایش ۴ بوته با در نظر گرفتن حاشیه به‌منظور تعیین عملکرد سبز برداشت گردید. همچنین ۱۱۷ روز پس از کشت زمانی که بوته‌ها به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رسیدند عملکرد نهایی و اجزای عملکرد محاسبه گردیدند. اجزای عملکرد در یک گیاه زراعی مؤلفه‌های میزان تولید گیاه می‌باشند و در هر گیاه زراعی دارای اجزای خاص خود است. اجزای عملکرد در گیاه لوبیا سبز شامل تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن صد

دانه می باشد که در ۴ بوته برداشت شده اندازه‌گیری شد. مساحت اشغال شده توسط این ۴ بوته محاسبه و عملکرد بر حسب گرم در مترمربع برآورد گردید.

۳-۶- اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک

۳-۶-۱- میزان کلروفیل و کاروتنوئید برگ

به منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ، ۹۰ روز پس از کاشت به‌طور تصادفی از چند گیاه در هر کرت، از برگ‌های همسن نمونه‌برداری انجام شد. جهت ارزیابی غلظت کلروفیل برگ از روش بدون لهیدگی استفاده شد. بدین ترتیب ۰/۰۱ گرم از بافت تازه برگ توزین و به قطعات کوچکی خرد شد. به نمونه‌ها ۶ میلی‌لیتر 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 نمونه‌های حاوی کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. سپس با استفاده از روابط موجود میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید محاسبه گردید (هیسوکس و ایسریلستام، ۱۹۷۹).

$$\text{Chl a } (\mu g/ml) = (12/25\ A\ 663) - (2/55\ A\ 645) \quad \text{(رابطه ۳-۱)}$$

$$\text{Chl b } (\mu g/ml) = (20/31\ A\ 645) - (4/91\ A\ 663) \quad \text{(رابطه ۳-۲)}$$

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

$$\text{Car } (\mu g/ml) = (1000\ A\ 470 - 1/90\ \text{Chla} - 63/14\ \text{Chlb})/2 \quad \text{(رابطه ۳-۴)}$$

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

۳-۶-۲- مقدار آب نسبی برگ

به منظور تعیین مقدار آب نسبی برگ، از هر کرت سه 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 داده و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از توزین با ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم (وزن تر)، به مدت ۲۴ ساعت درون آب مقطر و در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (روش کرامر، ۱۹۸۳). سپس برگ‌ها از آب مقطر خارج و آب روی آن‌ها با دستمال 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 آب نسبی برگ با استفاده از رابطه ۳-۵ محاسبه شد.

(رابطه ۳-۵) $\text{مقدار آب نسبی} = \{(\text{وزن تر} - \text{وزن خشک}) / (\text{وزن اشباع} - \text{وزن خشک})\} \times ۱۰۰$

۳-۶-۳- پایداری غشای پلاسمایی برگ

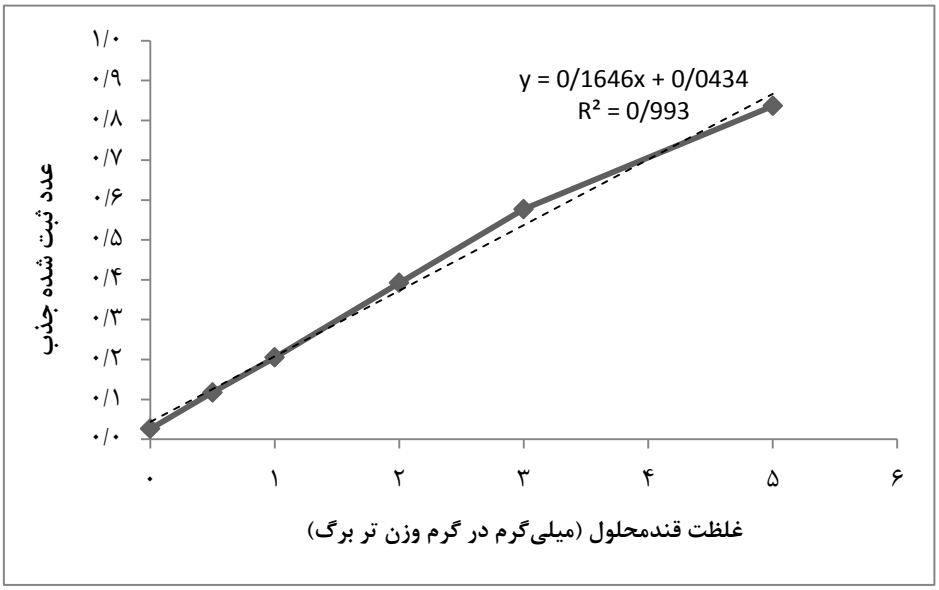
برای تعیین شاخص پایداری غشاء پلاسمایی اقدام به نمونه‌گیری تعدادی برگ همسن از هر ترکیب تیماری گردید، از نمونه برگ‌های تهیه شده به اندازه ۰/۰۱ گرم به‌صورت قطعات کوچک و هم‌اندازه جدا گردید، سپس این قطعات به فالکن‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد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

شدن، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد هدایت الکتریکی آن‌ها توسط دستگاه Ec متر اندازه گیری شد و از طریق رابطه ۳-۶ میزان پایداری غشای پلاسمایی محاسبه گردید (سایرام و سریواساوا، ۲۰۰۱).

شاخص پایداری غشای پلاسمایی = $1 - (C_1/C_2) \times 100$ (رابطه ۳-۶)

۳-۶-۴- محتوای قندهای محلول برگ

از نمونه برگ‌های تهیه شده به اندازه ۰/۱ گرم از بافت تازه گیاهی به‌صورت قطعات کوچک و هم اندازه جدا گردید، سپس این قطعات به فالکن‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر اتانول اضافه شد. فالکن‌ها در یخچال نگه-داری 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، فالکون‌ها پس از سرد شدن 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 در لوله آزمایش ریخته شد و سپس ۱ میلی-لیتر فنل (۱ گرم فنل + ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به لوله آزمایش اضافه شد. بعد از خنک شدن، میزان جذب نمونه‌ها 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

۳-۶-۵- میزان آنتوسیانین

برای سنجش میزان آنتوسیانین کل مقدار ۰/۰۲ گرم از بافت تازه گیاهی با ۴ میلی‌لیتر محلول اسید کلریدریک ۱ درصد و متانول در یک هاون چینی ساییده شد. محلول حاصل به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد. سپس، محلول به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ گردید. فاز رویی برداشته و جذب محلول‌ها در طول موج ۵۳۰ و ۶۵۷ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان آنتوسیانین برای هر عصاره با استفاده از رابطه ۳-۸ اندازه‌گیری گردید (میتا و همکاران، ۱۹۹۷).

$$A = A530 - (0.25\ A657)$$ (رابطه ۳-۸)

۳-۶-۶- اندازه‌گیری فلاونوئید

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 ۱۲۰۰۰ دور 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 اسپکترفوتومتر در طول موج ۳۰۰ نانومتر خوانده شد (کرزک و همکاران، ۱۹۹۸).

$$FLa=ABS(300nm).100\ \frac{v}{700}$$ (رابطه ۳-۹)

V = حجم محلول برحسب میلی‌لیتر

۳-۷- اندازه‌گیری صفات کیفی

۳-۷-۱- درصد و عملکرد پروتئین

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 سانتی‌گراد رسید. این شیوه برای جلوگیری از جوشش و کف کردن مواد درون فلاسک‌ها بسیار مؤثر بود. پایان عمل هضم پس از ۲ یا ۲/۵ ساعت و با تبدیل محلول سیاه رنگ درون فلاسک‌ها به محلول نسبتاً زلال به رنگ سبز بسیار کم‌رنگ مشخص می‌شد. مقدار نیتروژن نمونه‌ها پس از سرد شدن 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 بروموکروزول سبز در ۱۰۰ میلی‌لیتر الکل)، ۷۰ میلی‌لیتر متیل قرمز (۰/۱ گرم متیل قرمز در ۱۰۰ میلی لیتر 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 میلی‌لیتر 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 به صورت رنگ سبز نمایان می-سازند. 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. به‌منظور تبدیل مقدار اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرف شده در تیتراسیون به درصد نیتروژن نمونه و تبدیل آن به درصد پروتئین از روابط ۳-۹ و ۳-۱۰ 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 ۳-۹) وزن نمونه (گرم) /(۰/۱۴ ×A) = درصد نیتروژن نمونه

(رابطه ۳-۱۰) ضریب تبدیل پروتئین × درصد نیتروژن = درصد پروتئین نمونه

A = حجم اسید کلریدریک ۰/۱ مولار مصرفی بر حسب میلی‌لیتر

۳-۸- تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها 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

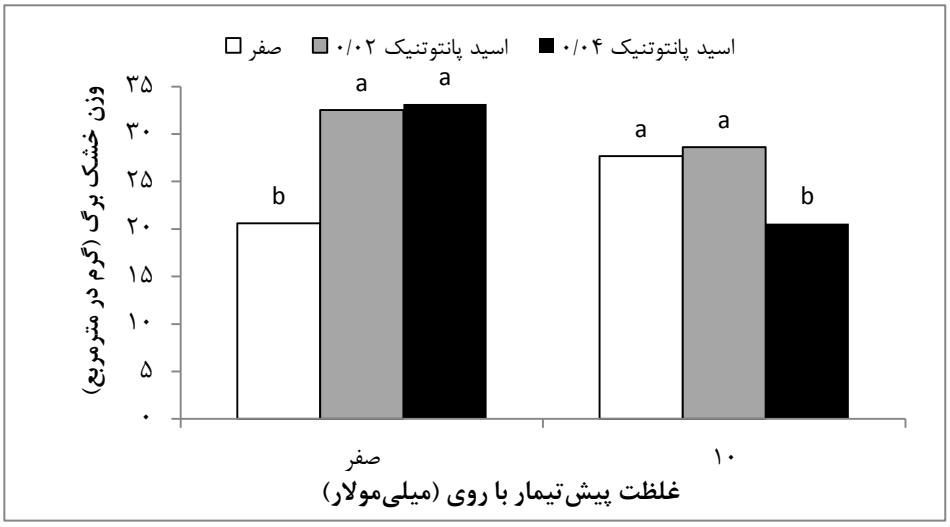
۴-۱- تجمع ماده خشک در برگ، ساقه و غلاف

تجمع ماده خشک به‌عنوان یک صفت مهم برای حصول عملکرد بالا در گیاهان مورد توجه است (ساکسنا و همکاران، ۱۹۹۰). از بین خصوصیات وابسته به رشد، میزان ماده خشک به‌دلیل اهمیت بیشتر به‌عنوان عاملی تعیین کننده محسوب می‌شود (کوچکی و خواجه حسینی، ۱۳۸۷).

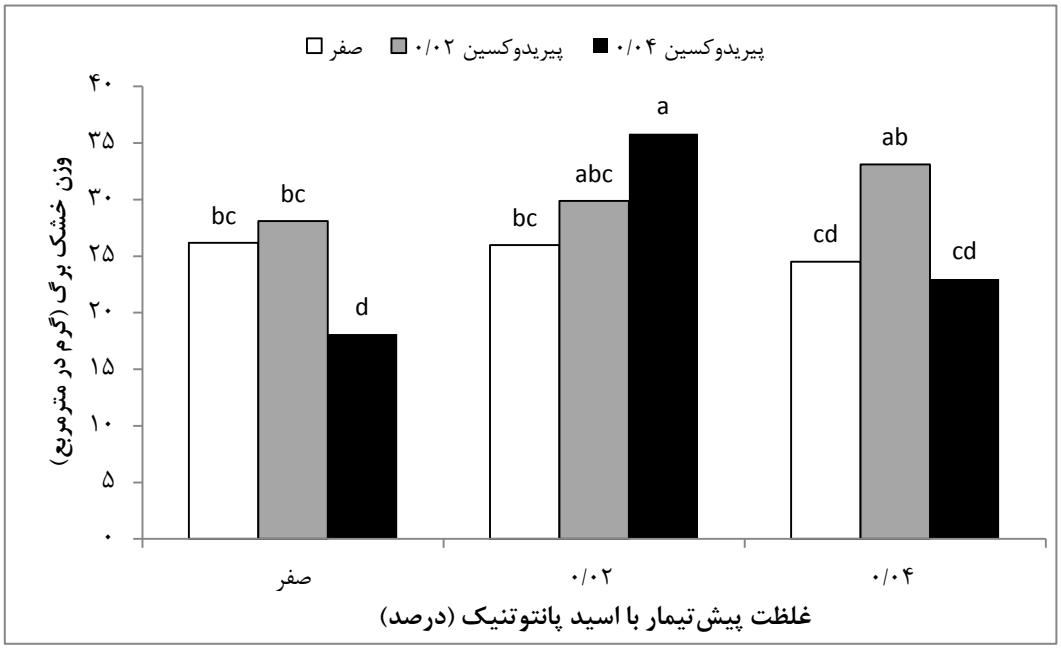
۴-۱-۱- وزن خشک برگ

نتیجه حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱) نشان داد که اثر اصلی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ($P<۰/۰۵$) و اثرات متقابل پیش‌تیمار عنصر روی × اسید پانتوتنیک، پیش‌تیمار پیریدوکسین× اسید پانتوتنیک و اثرات سه گانه بر این صفت معنی دار ($P<۰/۰۱$) شد. مقایسه نتایج حاصل از ترکیبات تیماری روی و اسید پانتوتنیک نشان داد که به‌طور کلی وزن خشک برگ در گیاهان شاهد و گیاهان حاصل از بذور پیش‌تیمار شده با روی ۱۰ میلی‌مولار و اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ درصد کمترین مقدار ثبت شده بود. مقادیر بالایی از وزن خشک برگ (بیش از ۳۳ گرم در مترمربع) در اثر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ و ۰/۰۴درصد مشاهده شد که البته با پیش‌تیمار عنصر روی ۱۰ میلی‌مولار و پیش‌تیمار توأم روی ۱۰ میلی‌مولار و اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ درصد اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴-۱). سعیدی (۲۰۰۸) افزایش غیرمستقیم رشد گیاه را به کاربرد عنصر روی نسبت داد. همچنین نتایج آزمایشی مزرعه-ای نشان داد که پرایمینگ بذر با عنصر روی موجب بهبود تجمع ماده خشک گیاه جو شد. بیان شده است که تیمارهای پرایمینگ از طریق بهبود جذب تشعشع خورشیدی همزمان با افزایش سطح برگ (پوشش سبز) موجب افزایش سرعت تجمع ماده خشک می‌شوند (عبدالرحمانی و همکاران، ۱۳۹۰). پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ همراه با پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد، مقادیر بالاتری از وزن خشک برگ نسبت به سایر تیمارها ایجاد نمود که اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت. افزایش مشاهده شده در این ترکیب تیماری نسبت به شاهد ۳۶/۹۱ درصد بود. افزایش غلظت پیریدوکسین از ۰/۰۲ به ۰/۰۴ درصد تنها در

سطح ۰/۰۲ درصد اسید پانتوتنیک موجب بهبود صفت مورد بررسی گردید. در این بین دو سطح اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین به‌تنهایی اثر مثبتی بر این صفت نداشتند (شکل ۴-۲). تیماردهی با پیریدوکسین موجب افزایش سرعت جذب مواد غذایی در بوته ذرت نیز گردیده است (خان و همکاران، ۲۰۰۱). بر طبق تحقیقات صورت گرفته توسط خان و همکاران (۱۹۹۵) نقش افزاینده پیریدوکسین در میزان جذب ریشه موجب افزایش سرعت ظهور برگ می‌گردد که این امر به نوبه خود موجب افزایش توان فتوسنتزی و در نتیجه افزایش میزان ماده خشک تولیدی از طریق تأثیر مثبت بر سرعت جذب خالص (NAR) می‌شود. جوادی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند تیمار اسید فولیک در گندم به‌صورت معنی-داری وزن تر و خشک بوته گندم را افزایش داد.



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و اسید پانتوتنیک

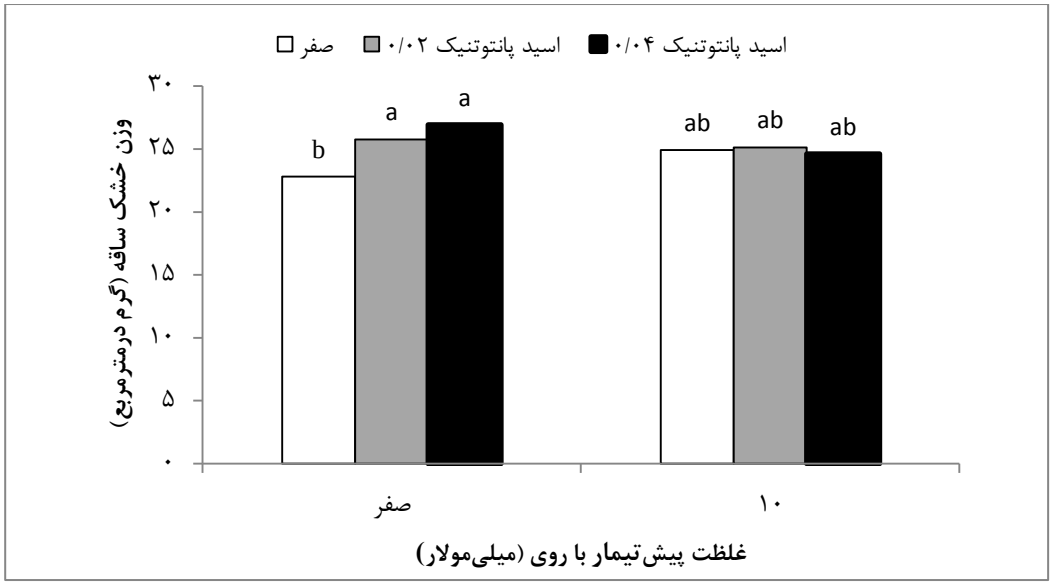


شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک

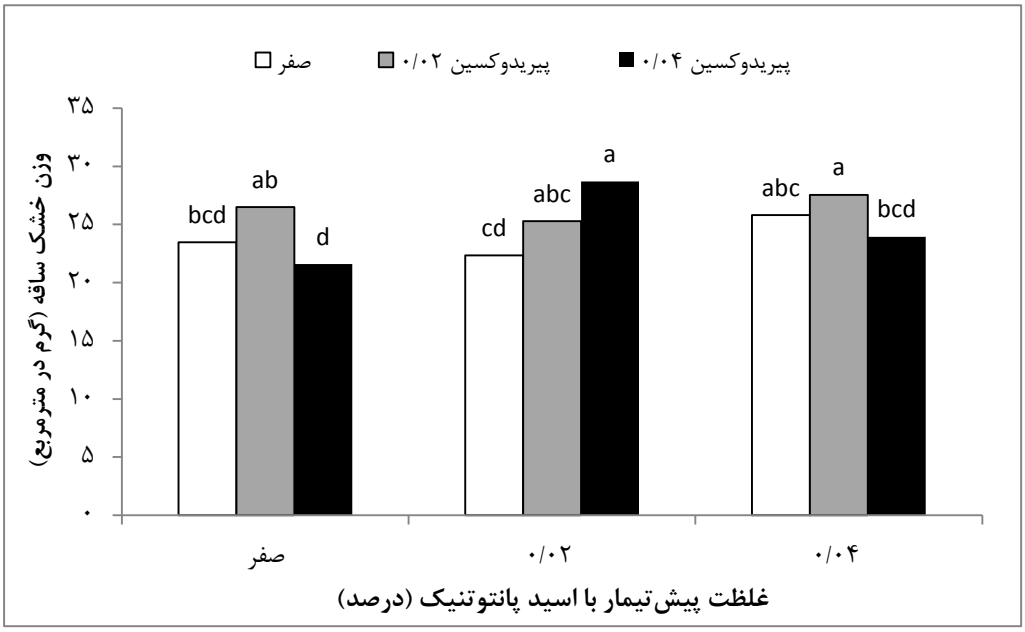
۴-۱-۲- وزن خشک ساقه

ساقه محل اصلی ذخیره است که می‌تواند دانه‌های در حال پر شدن را از طریق انتقال مجدد ذخایر حمایت کند (گیونتا، ۱۹۹۵). لذا وزن خشک بیشتر ساقه می‌تواند صفتی مطلوب باشد. بیات و همکاران (۱۳۹۰) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین وزن خشک ساقه و عملکرد گزارش دادند که موافق با نتایج جارادات (۲۰۰۹) نیز می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس وزن خشک ساقه در جدول پیوست ۱ نشان داده شده است. اثر اصلی اسید پانتوتنیک، اثر متقابل عنصر روی× اسید پانتوتنیک و همچنین اثر متقابل سه گانه در سطح احتمال ۵ درصد و اثر اصلی پیریدوکسین و اثر متقابل دو عامل پیریدوکسین× اسید پانتوتنیک در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت معنی‌دار شد. در شکل ۴-۳ مشاهده می‌شود وزن خشک ساقه در گیاهانی که به‌تنهایی با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد پیش‌تیمار شدند به ترتیب ۲۵/۷۷ و ۲۶/۹۲ گرم بر مترمربع بود که نسبت به شاهد به ترتیب ۱۳ و ۱۸ درصد افزایش پیدا کردند. که البته با سایر ترکیبات تیماری در یک گروه آماری قرار گرفتند. اختلاف تیمارهای دیگر با شاهد معنی‌دار نبود. در شکل

۴-۴ مشاهده می‌شود که وزن خشک ساقه گیاهانی که ترکیبات تیماری اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ × پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد (۲۸/۷ گرم در مترمربع) و اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ × پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد (۲۷/۵۵ گرم در مترمربع) را دریافت کرده بودند، که به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد. در بین ترکیبات تیماری حاصل از برهم‌کنش سه جانبه به‌طور مشخص گیاهانی که بذر آن‌ها با روی ۱۰ میلی‌مولار × اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ × پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد پیش‌تیمار شدند وزن خشک ساقه را به‌طور قابل توجهی افزایش دادند (جدول پیوست ۳).



شکل۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و اسید پانتوتنیک

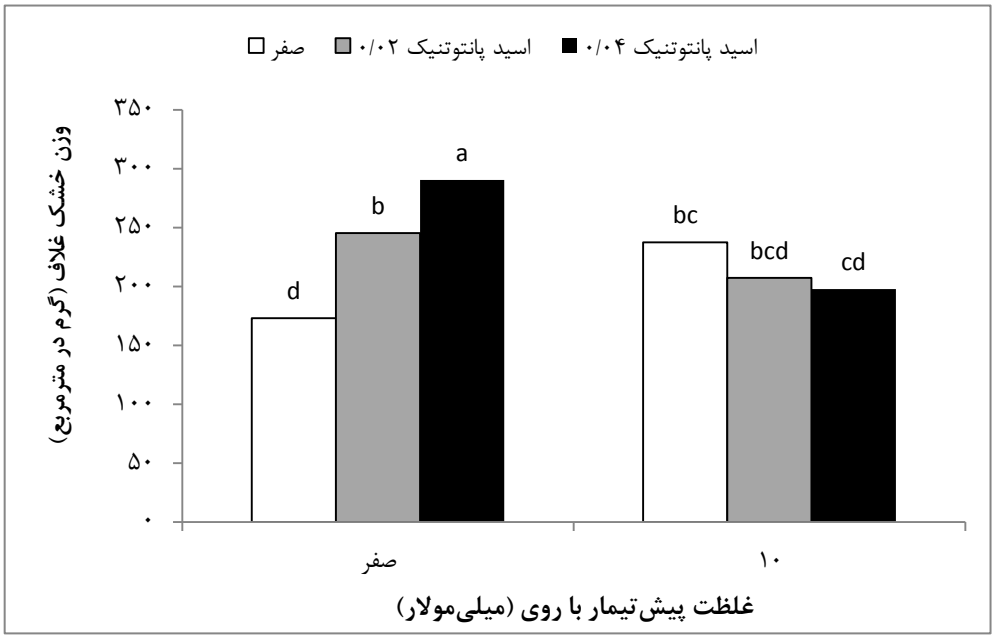


شکل۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

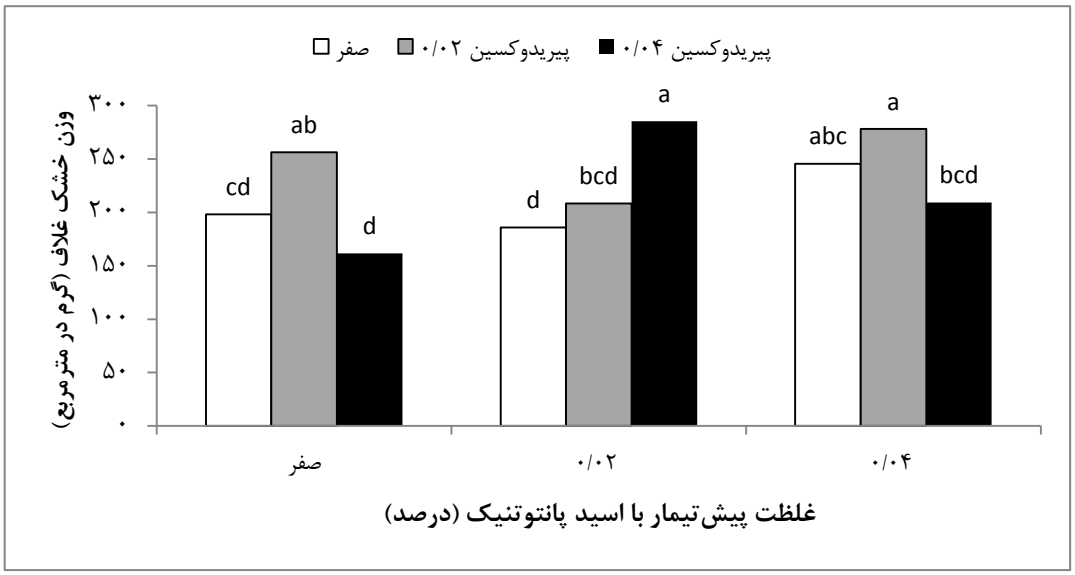
۴-۱-۳- وزن خشک غلاف

اثر پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک، پیریدوکسین و اثر متقابل آن‌ها، همچنین اثرات متقابل عنصر روی و اسید پانتوتنیک و اثر سه جانبه بر این صفت معنی‌دار شد (جدول پیوست۱). در شکل ۴-۵ مشاهده می-شود که در سطح پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ درصد وزن خشک غلاف حدود ۶۸ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد که بالاترین وزن خشک غلاف ثبت شده در بین ترکیبات تیماری مورد مقایسه بود. همچنین در بررسی برهم‌کنش اسیدپانتوتنیک با پیریدوکسین، وزن خشک غلاف در گیاهان حاصل از بذور تیمار شده با پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد، اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ همراه با پیریدوکسین ۰/۰۴ و اسید پانتو تنیک ۰/۰۴ همراه با پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود. ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند شکل (۴-۶). مقایسه برهم‌کنش پیش‌تیمار عنصر روی × پیریدوکسین × اسید پانتوتنیک نشان داد، در اثر کاربرد توأم اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ با پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد در سطح صفر عنصر روی مقادیر بالاتری از وزن خشک غلاف معادل ۳۱۸ گرم در مترمربع به‌دست

آمد، که حدود معادل ۹۹ درصد نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود، در حالی که پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲، پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد و یا ترکیب روی ۱۰ میلی‌مولار × اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ × پیریدوکسین ۰/۰۲ از لحاظ تأثیر گذاری بر این صفت سودمند نبود و نسبت به شاهد کاهش چشمگیری مشاهده شد (جدول پیوست ۳).



شکل ۴-۵ -مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و اسید پانتوتنیک

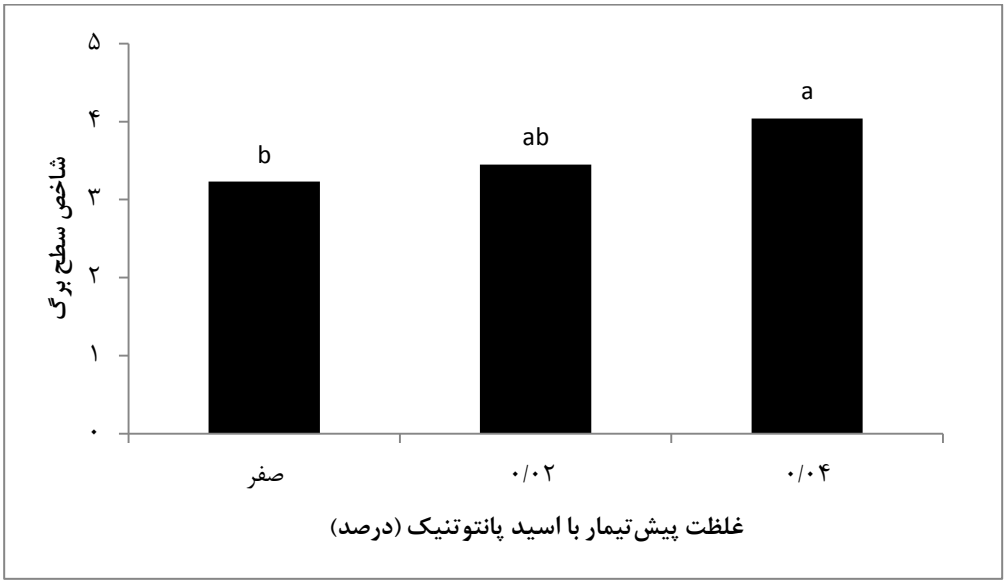


شکل ۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

۴-۲- شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ یکی از شاخص‌های بسیار مهم در آنالیز رشد محسوب می‌شود، به این دلیل که LAI نشان دهنده مقدار لایه‌های برگ در یک کانوپی گیاهی است که قادر به جذب نور و در نهایت فتوسنتز می‌باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷). یکی از روش‌های تجزیه عوامل مؤثر در عملکرد و تکامل گیاه، برآورد تجمع مواد فتوسنتزی خالص می‌باشد که در طول زمان به‌طور طبیعی جمع شده است. تنها اندازه‌گیری دو عامل سطح برگ و وزن خشک در فواصل مکرر لازمه تجزیه و تحلیل رشد است. شاخص سطح برگ مساوی یک به‌طور نظری می‌تواند تمام نور برخورد کرده به خودش را دریافت نماید، ولی با توجه به شکل برگ، نازکی (نور عبورکرده)، زاویه و مقدار عمودی بودن برگ‌ها، به ندرت تمام نور را دریافت می‌کند، معمولاً شاخص سطح برگ مساوی با ۳ تا ۵ جهت تولید حداکثر ماده خشک برای اغلب محصولات کاشته شده لازم است (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۴). بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها تنها اثر اصلی اسید پانتوتنیک در سطح احتمال ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱). شاخص سطح برگ در گیاهانی که بذر آن‌ها با اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ درصد پیش‌تیمار شده بودند،

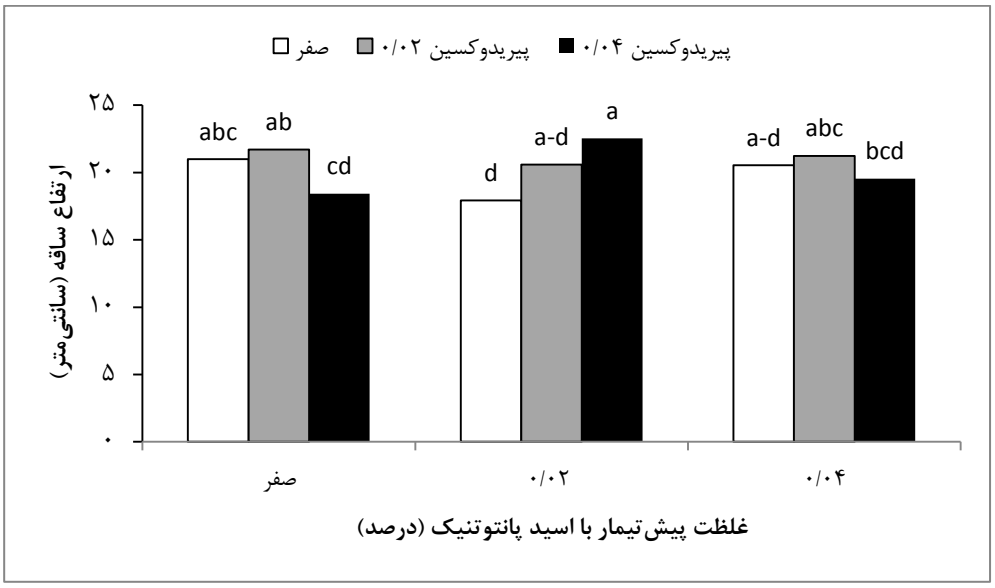
معادل ۴/۰۴ بود، که اگر چه نسبت به شاهد اختلاف معنی‌دار داشت ولی با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ درصد در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۴-۷). با توجه به این که تبدیل انرژی نورانی به انرژی شیمیایی توسط برگ‌های سبز انجام می‌شود، شاخص سطح برگ می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در تولید ماده خشک و در نتیجه عملکرد دانه باشد (رایزی و همکاران، ۲۰۰۵). افزایش میزان فتوسنتز در جمعیت گیاهی، میزان تجمع ماده خشک در اندام‌های هوایی و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد، دلیل این امر افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه جذب تشعشع خورشیدی بیشتر و نیز افزایش سرعت رشد محصول می باشد (پوریوسل و همکاران، ۲۰۰۳). کاربرد ویتامین c و تیامین با غلظت ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام باعث بالابردن ارتفاع گیاه، تعداد برگ‌ها، سطح برگ، وزن تر و خشک در گیاه سینگونیوم شد (ناهد و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک

۴-۳- ارتفاع ساقه

افزایش ارتفاع ساقه با تشکیل محور گل آذین بلندتر و تعداد گل و نیام بیشتر همراه می‌باشد. در مرحله پر شدن دانه‌ها به‌علت ریزش برگ‌ها، فتوسنتز گیاه توسط نیام‌ها صورت می‌گیرد بنابراین داشتن ساقه‌های بلندتر سبب افزایش فتوسنتز در گیاه می‌شود که می‌تواند سبب افزایش وزن دانه و عملکرد گردد (گیونتا، ۱۹۹۵). از بین منابع تغییر فقط اثر متقابل اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین بر ارتفاع ساقه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۴). هیچکدام از ترکیبات تیماری مورد مطالعه نتوانستند اثر مثبت و معنی‌داری بر صفت ارتفاع ساقه داشته باشند و تقریباً همه به‌همراه شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند. در این بین ارتفاع ساقه گیاهان حاصل از بذور تیمار شده با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ درصد و پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد به‌تنهایی کمتر از بقیه بود (شکل ۴-۸). از آنجایی که کاربرد ویتامین‌ها موجب بهبود شاخص‌های رشد و افزایش قابل توجهی در تقسیم سلولی می‌گردد (برکات، ۲۰۰۳). این مورد می‌تواند یکی از دلایل افزایش مشاهده شده از طول ساقه باشد. در آزمایشی دیگر در اثر مصرف اسیدآسکوربیک طول ساقه در آفتابگردان به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است (دولت آبادی و ثانوی، ۲۰۰۸).

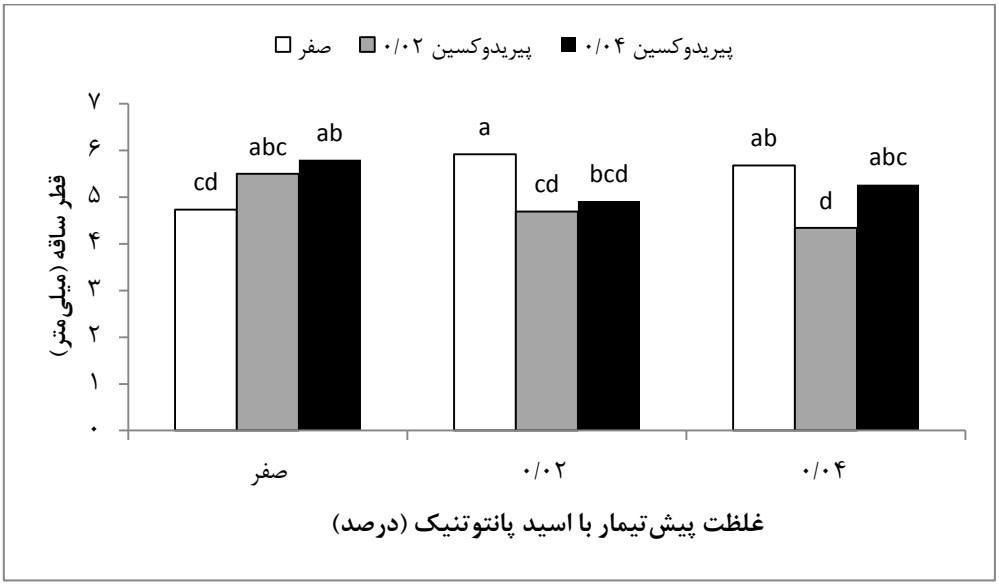


شکل۴-۸- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

۴-۴- 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. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر اصلی پیریدوکسین در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل پیش‌تیمار بذری اسید پانتوتنیک با پیریدوکسین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۴). در بین ترکیب تیماری مورد مطالعه میزان قطر ساقه بین ۴/۳۴ تا ۵/۹۲ میلی‌متر متغیر بود. در گیاهانی که فقط بذر آن‌ها با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ درصد پیش-تیمار شده بودند، افزایش ۲۵ درصدی در قطر ساقه نسبت به شاهد مشاهده گردید. که با تیمارهای اسید پانتوتنیک ۰/۰۴، پیریدوکسین ۰/۰۲، پیریدوکسین ۰/۰۴ و اثر متقابل اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ همراه با پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد در یک گروه آماری قرار گرفت. سایر ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند (شکل ۴-۹). ویتامین‌ها به‌عنوان افزایش‌دهنده‌ی رشد در گونه‌های مختلف گیاهی شناخته

شده‌اند و یک نیاز برای رشد و تمایز گیاهان هستند (دولت آبادیان و همکاران، ۲۰۰۸)، لذا ممکن است موجب افزایش قطر ساقه شوند.

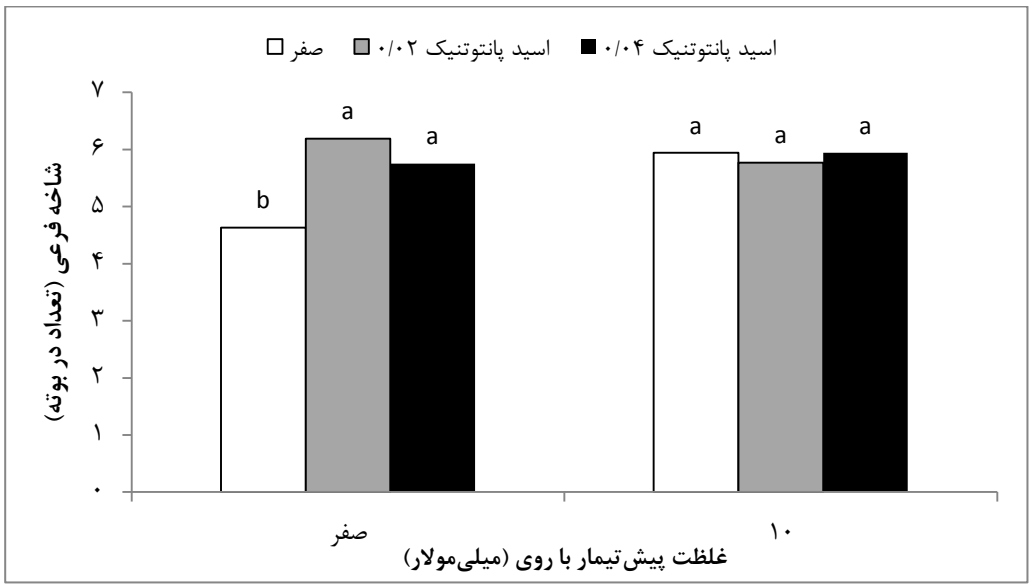


شکل ۴-۹- مقایسه میانگین قطر ساقه تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

۴-۵- شاخه فرعی

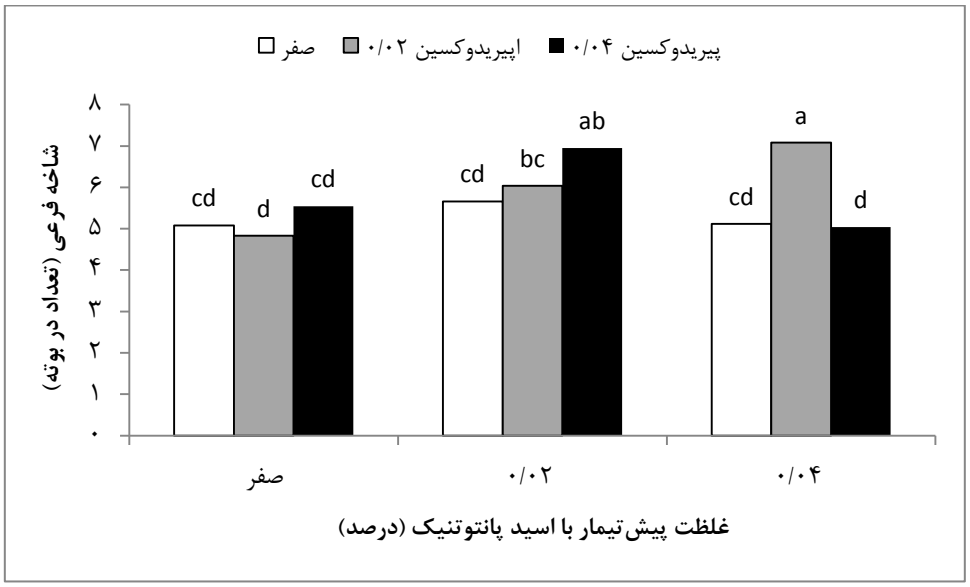
اثر منابع تغییر شامل اسید پانتوتنیک و برهم‌کنش روی با اسید پانتوتنیک در سطح احتمال ۵ درصد و اثر اصلی پیریدوکسین و اثر متقابل اسید پانتوتنیک با پیریدوکسین و اثر سه جانبه در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول پیوست ۴). در مقایسه صفت تعداد شاخه فرعی بین ترکیبات تیماری حاصل از پیش‌تیمار بذری روی و اسید پانتوتنیک مشاهده گردید که گیاهان شاهد تعداد شاخه کمتری تولید نمودند. ۵ ترکیب تیماری دیگر این صفت را تقریباً به یک اندازه به‌طور معنی‌دار و بین ۲۴ تا ۳۳ درصد بهبود بخشیدند (شکل ۴-۱۰). چاکرالحسینی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به‌علاوه محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۳ در هزار سبب افزایش تعداد پنجه های بارور شد. تالوس و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادندکه در ماش تحت شرایط تنش خشکی تعداد شاخه های تولید شده در هر بوته به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد ولی محلول‌پاشی با عنصر روی

در مراحل رشد رویشی و زایشی به‌طور مؤثری از طریق تحریک جوانه‌های جانبی و همچنین افزایش تقسیم سلولی، از کاهش تعداد شاخه فرعی جلوگیری می‌کند.



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین شاخه فرعی تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و اسید پانتوتنیک

درشکل ۴-۱۱ مشاهده می‌شود که پیش‌تیمار بذر با کاربرد توأم اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ با پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد نیز تعداد شاخه‌های فرعی را نسبت به شاهد افزایش داد که با تیمار اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ همراه با پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد در یک سطح آماری قرار گرفتند. در بین ۱۸ ترکیب تیماری مورد مطالعه، شاخه فرعی در اثر کاربرد توأم اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ با پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد در سطح صفر عنصر روی تعداد معادل ۷۲ درصد نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود، در حالی که پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲، پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد و یا ترکیب اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ × پیریدوکسین ۰/۰۴ از لحاظ تأثیر گذاری بر این صفت سودمند نبود و نسبت به شاهد کاهش چشمگیری مشاهده شد (جدول پیوست ۶).



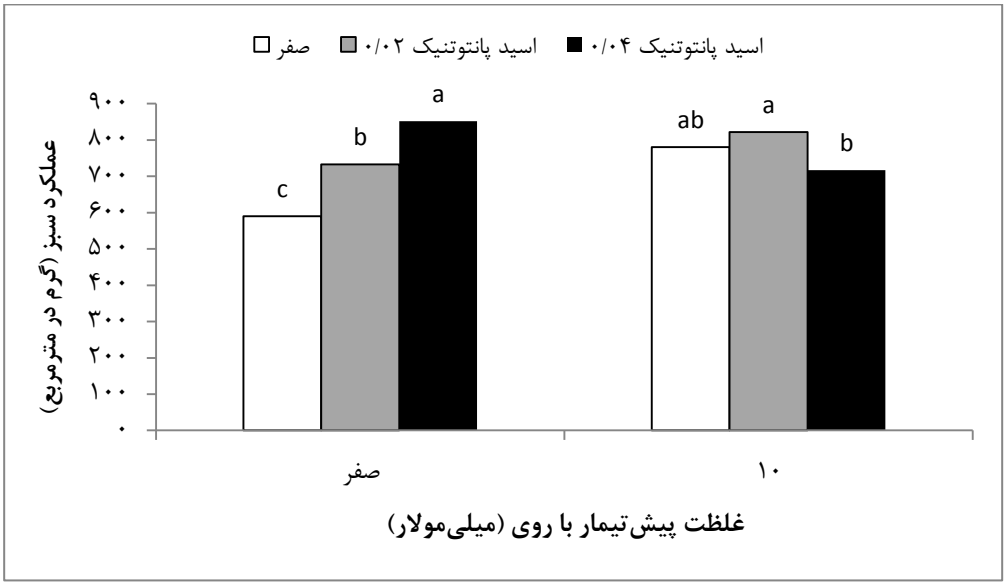
شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین شاخه فرعی تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

۴-۶- عملکرد و اجزای عملکرد

۴-۶-۱- عملکرد سبز (وزن غلاف تازه)

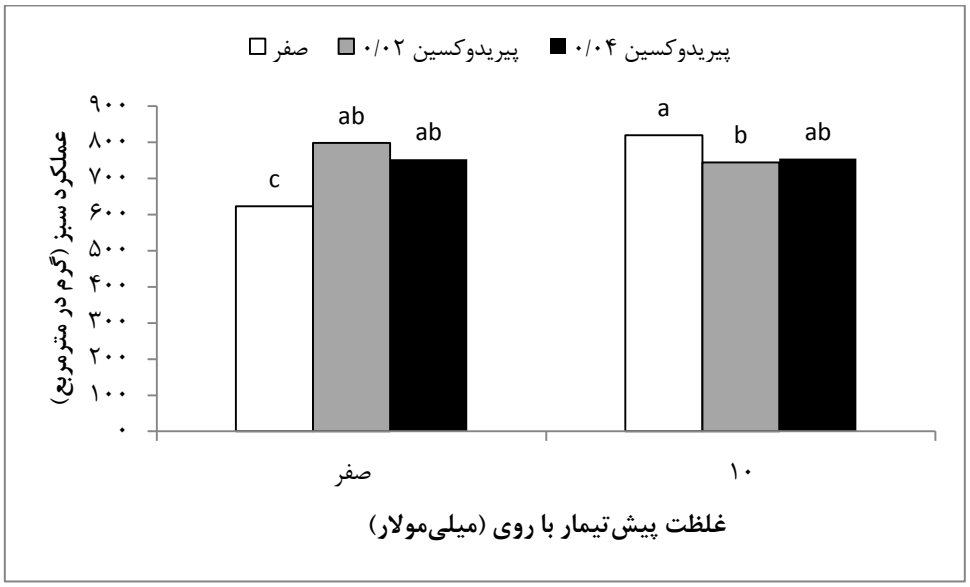
بررسی جدول تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثر اصلی عنصر روی در سطح احتمال ۵ درصد و بقیه منابع تغییر (تنها اثر اصلی پیش‌تیمار پیریدوکسن بر این صفت معنی دار نبود) در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۷). در بین ترکیبات تیماری حاصل از عنصر روی و اسید پانتوتنیک، تیمار شاهد دارای پایین‌ترین عملکرد سبز معادل ۵۸۹/۶۲ گرم در مترمربع بود. مقدار عملکرد سبز در گیاهانی که بذر آن‌ها با غلظت بالایی از اسید پانتوتنیک (۰/۰۴ درصد) تیمار شده بودند، ۸۵۱/۷۶ گرم در مترمربع به‌دست آمد که به‌طور چشمگیر و معادل ۴۴ درصد بیشتر از شاهد بود. که البته با پیش‌تیمار روی ۱۰ میلی‌مولار و کاربرد توأم روی ۱۰ میلی‌مولار با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ درصد در یک سطح آماری قرار گرفت (شکل ۴-۱۲). بالا بودن ماده خشک بخش‌های مختلف، سطح برگ، رنگدانه‌های برگ و اجزای

عملکرد در این ترکیب تیماری می‌تواند دلیلی برای حصول این نتیجه باشد. البته در برخی منابع افزایش عملکرد با مصرف کود سولفات روی را به نقش مستقیم این عنصر در فعالیت‌های آنزیمی نسبت داده‌اند (روی و همکاران، ۲۰۰۶).

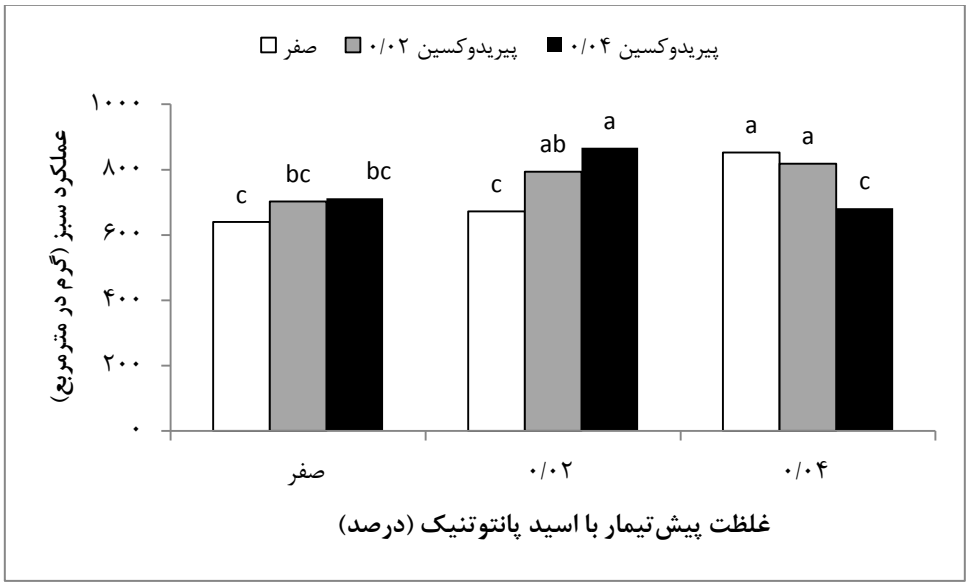


شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین عملکرد سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و اسید پانتوتنیک

بررسی اثر متقابل روی × پیریدوکسین شکل (۴-۱۳) نشان داد که پیش‌تیمار بذر با هر دو غلظت پیریدوکسین در عدم حضور عنصر روی و با هر سه سطح پیریدوکسین در حضور عنصر روی عملکرد سبز گیاه را به‌طور معنی‌دار و بین ۱۹/۵ تا ۲۸ درصد بهبود بخشید. در شکل ۴-۱۴ مشاهده می‌شود که ترکیبات تیماری اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ همراه با پیریدوکسین ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد، اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ به‌تنهایی و اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ توأم با پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد به ترتیب ۷۹۳/۹۵، ۸۶۶/۸۶، ۸۵۲/۴۳ و ۸۱۸/۵۴ گرم در مترمربع بالاترین عملکرد سبز را به خود اختصاص دادند و از لحاظ آماری در یک سطح قرار گرفتند. اختلاف چهار ترکیب تیماری دیگر نسبت به شاهد معنی‌دار نبود.



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین عملکرد سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و پیریدوکسین



شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین عملکرد سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

اثر ترکیب تیماری سه جانبه نیز بر صفت عملکرد سبز معنی دار گردید، تیمار شاهد دارای عملکردی معادل ۴۷۲/۹۶ گرم در مترمربع بود. در این بین پیش‌تیمار بذری اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ همراه با پیریدوکسین ۰/۰۲درصد، مقدار عملکرد سبز بالایی (۹۶۲/۳۵ گرم در مترمربع) را در برداشت. اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ درصد به‌تنهایی از لحاظ تأثیرگذاری بر این صفت سودمند نبود (جدول پیوست ۹).

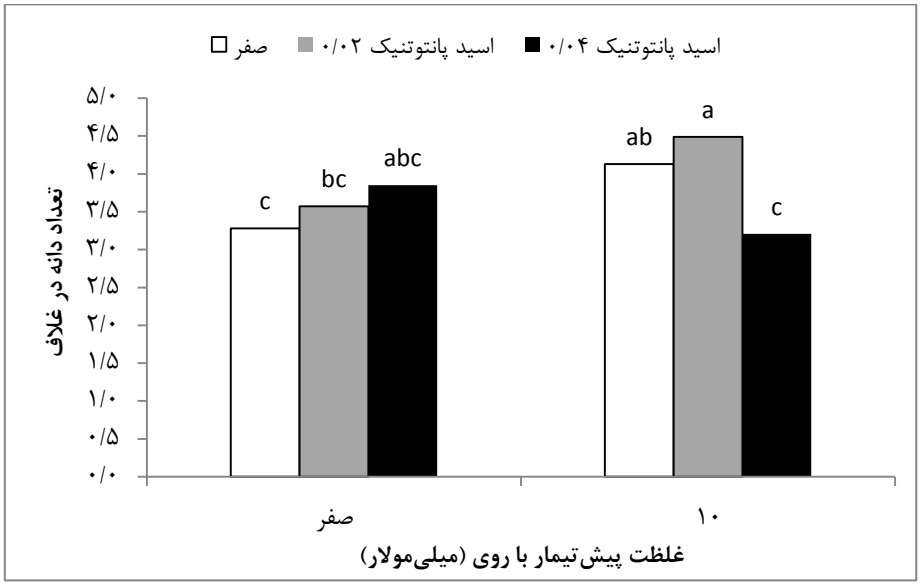
۴-۶-۲- تعداد غلاف در بوته

تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر هیچ کدام از منابع تغییر قرار نگرفت (جدول پیوست ۷). این در حالی است که بنابر اعتقاد بسیاری از پژوهش‌گران در بین اجزای عملکرد، تعداد غلاف در بوته مهم ترین صفت در تعیین عملکرد لوبیا بوده و بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه دارد (بیات و همکاران ۲۰۱۰).

۴-۶-۳- تعداد دانه در غلاف

اثر منابع تغییر شامل اثر اصلی عنصر روی ($P<۰/۰۵$) و اثر متقابل عنصر روی با اسید پانتوتنیک ($P<۰/۰۱$) بر این صفت معنی‌دار شد (جدول پیوست ۷). مقادیر بالایی از تعداد دانه در غلاف (۴/۴۹) در پیش‌تیمار روی ۱۰ میلی‌مولار و اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ درصد مشاهده شد. که با تیمارهای اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ درصد بدون حضور روی و کاربرد روی ۱۰ میلی‌مولار به‌تنهایی در یک گروه آماری قرار گرفت. تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند (شکل ۴-۱۵). مطالعات نشان می‌دهد که پیریدوکسین موجب افزایش رشد ریشه گیاهان گردیده و به جذب مواد غذایی و بالا رفتن عملکرد اقتصادی نیز کمک می‌کند (لون و همکاران، ۱۹۹۹). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که به‌دلیل افزایش توانایی جذب، اجزای عملکرد نیز افزایش می‌یابد. 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 گرده افشانی 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 نشان دهنده‌ی تأثیر مثبت پیریدوکسین بر یکی از اجزاء عملکرد می‌باشد (فرخی و ارادتمند اصلی، ۱۳۷۸).

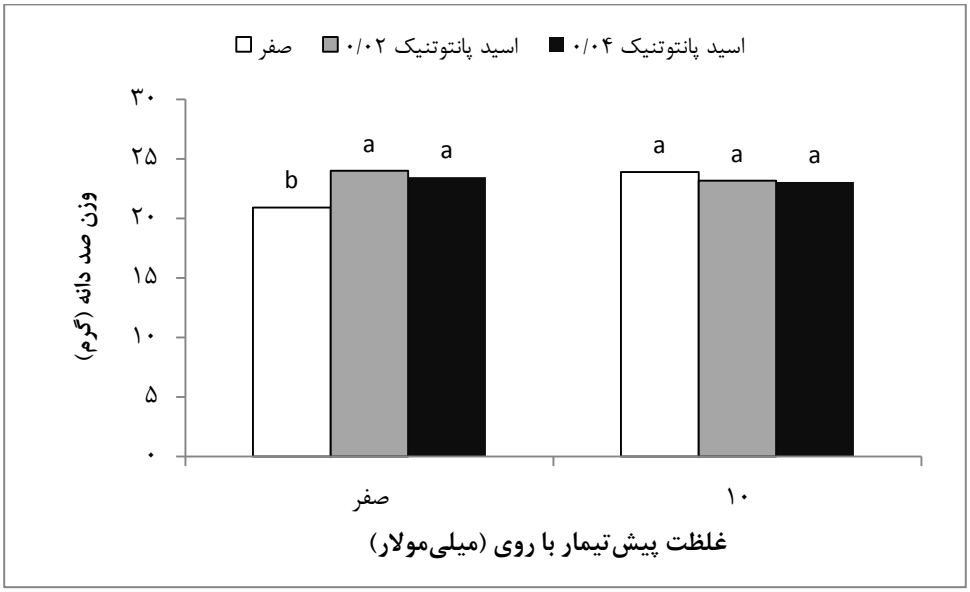


شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و اسید پانتوتنیک

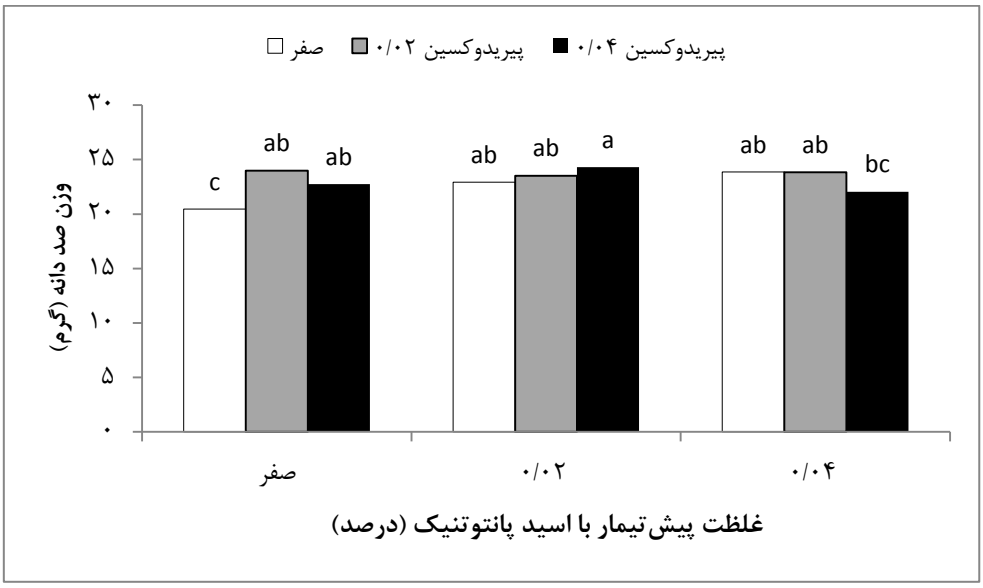
۴-۶-۴- وزن صد دانه

همان‌طور که در جدول پیوست ۷ مشاهده می‌گردد، اثرات متقابل عنصر روی همراه با اسید پانتوتنیک ($P<۰/۰۱$) و اسید پانتوتنیک با پیریدوکسین ($P<۰/۰۵$) بر وزن صد دانه معنی‌دار بود. مقایسه ترکیبات تیماری حاصل از روی و اسید پانتوتنیک نشان داد که تیمار شاهد با میانگین ۲۰/۹۱ گرم کمترین وزن صد دانه را به خود اختصاص داد. سایر تیمارها به‌طور معنی‌دار و تقریباً به یک اندازه این صفت را افزایش دادند، یعنی بین آن‌ها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مقدار این صفت در گیاهانی که بذر آن‌ها فقط با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ درصد پیش‌تیمار شده بودند، نسبت به شاهد تقریباً

۱۵ درصد افزایش نشان داد (شکل ۴-۱۶). همچنین وزن صد دانه گیاهانی که بذر آن‌ها با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ همراه با پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد تیمار شده بود، معادل ۲۴/۳۰ گرم به‌دست آمد که نسبت به گیاهان شاهد تقریباً ۱۹ درصد بیشتر بود. در مقایسه ترکیبات تیماری حاصل از پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین مشاهده گردید که به جز تیمار حاصل از بالاترین غلظت دو ماده ذکر شده (اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ × پیریدوکسین ۰/۰۴)، ۷ ترکیب تیماری دیگر صفت وزن صد دانه را بین ۱۱ تا ۱۷ درصد نسبت به شاهد بهبود بخشیدند که به لحاظ آماری نیز معنی‌دار بود (۴-۱۷).



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و اسید پانتوتنیک



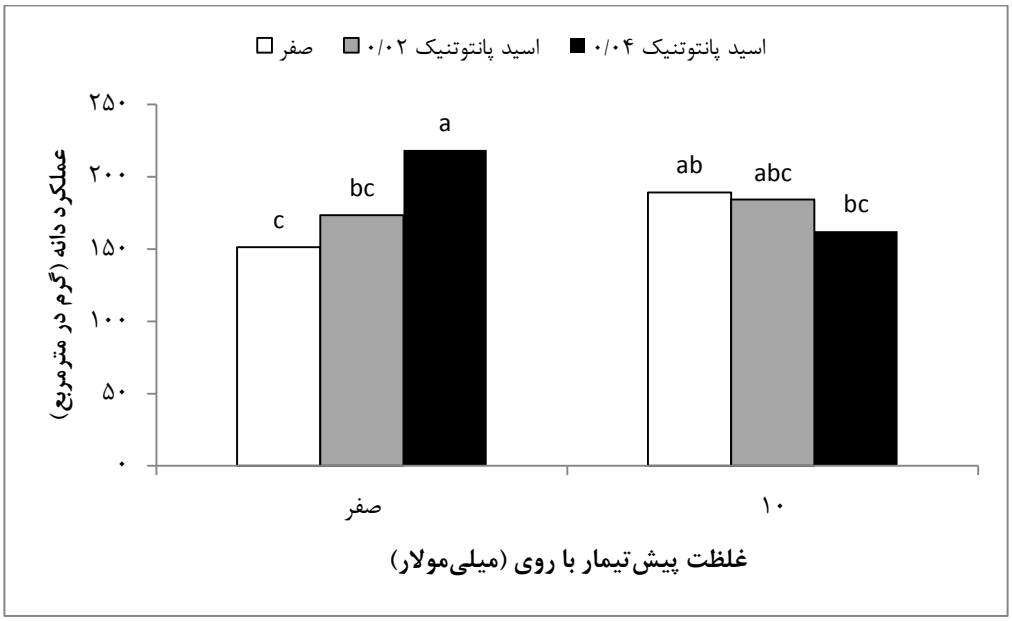
شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین وزن صد دانه تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

۴-۶-۵- 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 بالا گردد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۱).

با توجه به جدول پیوست ۷ عملکرد دانه لوبیا سبز تحت تأثیر اثر پیش‌تیمار بذری پیریدوکسین و اثر متقابل تیمارهای اسید پانتوتنیک با پیریدوکسین در سطح احتمال ۵ درصد، و همچنین اثرات متقابل عنصر روی همراه با اسید پانتوتنیک و عنصر روی با پیریدوکسین در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت. بررسی اثر متقابل روی× اسید پانتوتنیک (شکل ۴-۱۸) نشان داد که گیاهان حاصل از بذوری که به‌تنهایی توسط اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ ، روی ۱۰ میلی‌مولار و ترکیب روی ۱۰ میلی مولار × اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ پیش‌تیمار شدند، مقادیر بالاتری از عملکرد دانه را داشتند. به‌طور مشخص در گیاهانی که بذور آن‌ها فقط

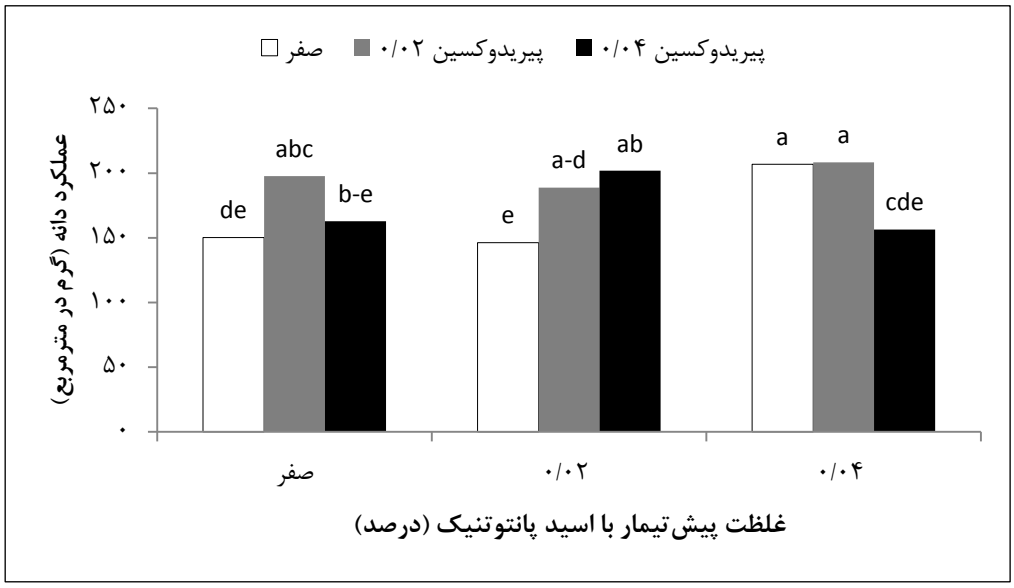
با اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ پیش‌تیمار شده بودند، عملکرد دانه ۲۱۸/۶۳ گرم بر مترمربع بود که نسبت به تیمار شاهد ۴۴/۵۶ درصد افزایش نشان داد. شایان ذکر است که دو ترکیب تیماری دیگر نیز این صفت را نسبت به شاهد بهبود بخشیدند ولی معنی‌دار نبود. شکل ۴-۱۹ نیز نشان می‌دهد که پیش‌تیمار توأم عنصر روی و پیریدوکسین (به جز سطح بالای پیریدوکسین در روی ۱۰ میلی‌مولار) و نیز کاربرد دو سطح پیریدوکسین بدون حضور روی می‌تواند عملکرد دانه را به‌طور قابل توجه و معنی‌دار افزایش دهد. تغذیه گیاه با عنصر روی سبب ذخیره کربوهیدرات‌های دانه گرده و افزایش طول عمر آن و در نتیجه، موجب افزایش گرده افشانی و در نهایت عملکرد دانه می‌شود. به‌عنوان مثال محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی منجر به افزایش عملکرد دانه همیشه بهار گردید (رضایی چیانه و همکاران، ۱۳۹۴).



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و اسید پانتوتنیک

شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و پیریدوکسین

در شکل۴-۲۰ نیز مشاهده می‌گردد که پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین عملکرد دانه را بهبود بخشید. بیشترین مقدار افزایش عملکرد دانه مربوط به پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ به تنهایی و همراه با پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد بود که البته با تعداد دیگری از تیمارها در یک سطح آماری قرار گرفت. هریس و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تأثیر پرایمینگ بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت نشان دادند که اعمال این تیمار پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد سبب افزایش تعداد ردیف دانه در بلال می‌گردد. آلدوسکیو و ابراهیم (۲۰۰۰) نشان دادند که افزایش عملکرد لوبیا در تیمار بذور با اسید شیکیمیک در نتیجه افزایش تعداد غلاف در بوته، طول غلاف و تعداد دانه در غلاف بود.



شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

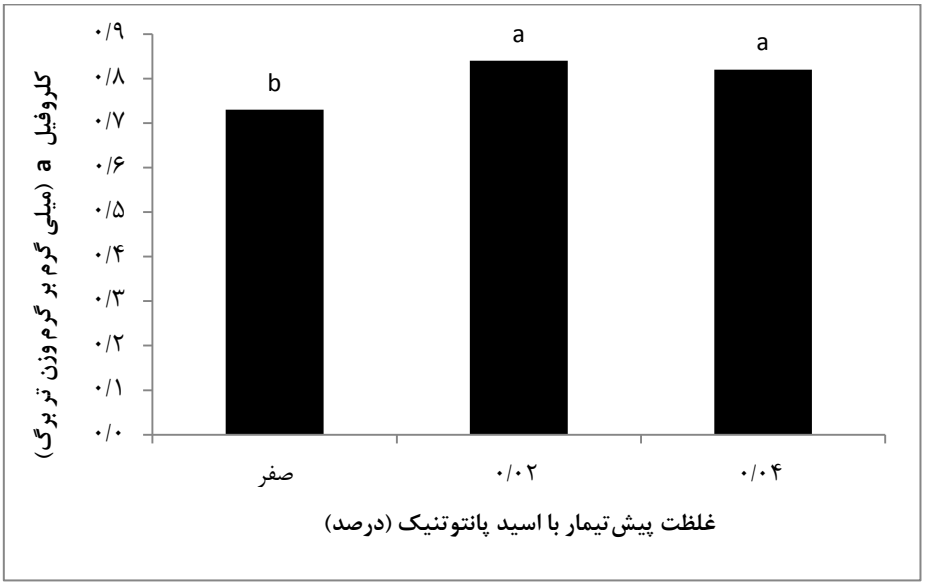
۴-۷- صفات فیزیولوژیک

۴-۷-۱- رنگدانه‌های برگ

۴-۷-۱-۱- کلروفیل a

از بین منابع تغییر فقط اثر اصلی اسید پانتوتنیک در سطح احتمال یک درصد بر مقدار کلروفیل a معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۰). مقایسه سطوح پیش‌تیمار نشان داد که هر دو سطح پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد توانستند افزایش معنی‌داری در کلروفیل a نسبت به گیاهان شاهد ایجاد نمایند (شکل ۴-۲۱). 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 (دولت آبادیان 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 تنش‌های غیرزنده و

کاهش استرس‌های اکسیداتیو در گیاهان می‌شوند. بنابراین می‌توان اینگونه استنباط کرد که احتمالاً یکی از دلایل افزایش در مقدار کلروفیل برگ در اثر کاربرد پانتوتنیک کاهش فعالیت‌های گونه‌های فعال اکسیژن بوده است.



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک

۴-۷-۱-۲- کلروفیل b

میزان کلروفیل b در برگ از اثرات اصلی پیریدوکسین و اسید پانتوتنیک ($P<۰/۰۵$) تأثیر پذیرفت (جدول پیوست ۱۰). مقایسه سطوح پیش‌تیمار بذر با ویتامین ب ۵ نشان داد که تیمار شاهد با میانگینی معادل ۰/۶۶ میلی گرم بر گرم وزن تر کمترین میزان کلروفیل را به خود اختصاص داد. استفاده از اسید پانتوتنیک با غلظت‌های ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد جهت پیش‌تیمار بذر موجب افزایش معنی‌دار و قابل توجه کلروفیل b برگ نسبت به شاهد گردید، به طوری که کلروفیل b به‌دست آمده در این تیمارها به ترتیب ۱۳و ۱۸ درصد بیشتر از شاهد بود (شکل ۴-۲۲). ملکی و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند اسید فولیک نقش مثبتی در افزایش مقدار کلروفیل برگ دارد. شکل ۴-۲۳ نشان داد که در بین سطوح پیریدوکسین، سطح

۰/۰۴ درصد بالاترین کلروفیل b برگ را به خود اختصاص داد، این در حالی است که پیریدوکسین ۰/۰۲ نیز موجب بهبود (البته غیرمعنی‌دار) این صفت شد. بیان شده است که ویتامین‌ها به‌دلیل خواص آنتی-اکسیدانی خود از تخریب کلروفیل جلوگیری کرده و به‌طور غیرمستقیم سبب افزایش آن می‌شوند (دولت آبادیان و همکاران، ۲۰۰۸).

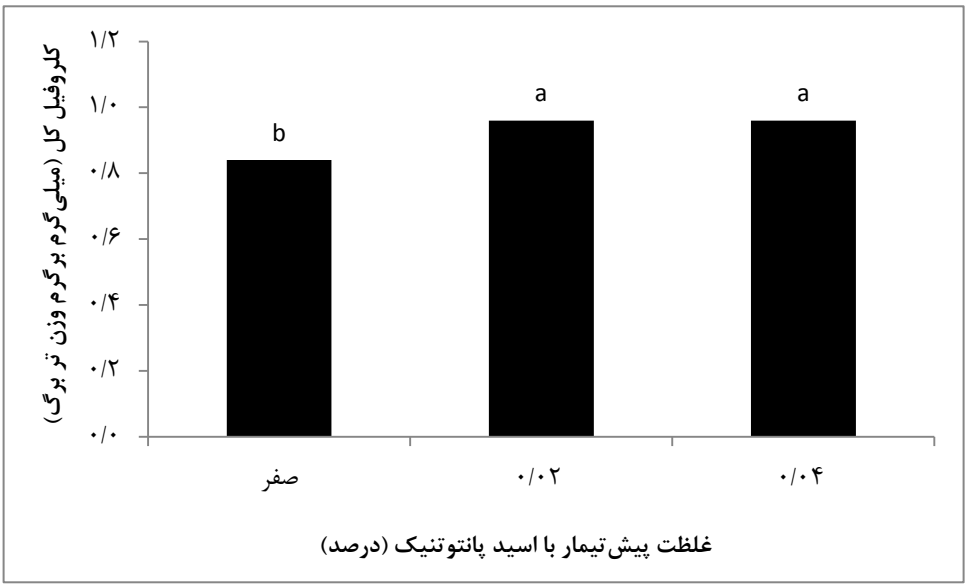
شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک

شکل ۴-۲۳ مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با پیریدوکسین

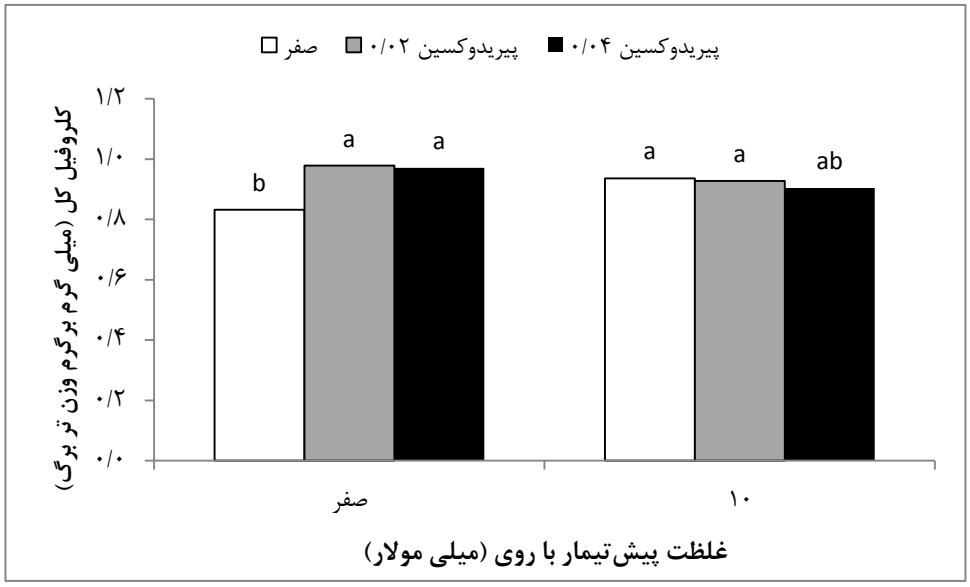
۴-۷-۱-۳- کلروفیل کل

در این تحقیق میزان کلروفیل کل موجود در برگ لوبیا سبز تنها تحت تأثیر اسید پانتوتنیک ($p<$ ۰/۰۱) و اثر متقابل روی همراه با پیریدوکسین ($p<$۰/۰۵) قرار گرفت (جدول پیوست ۱۰). برآیند مقادیر کلروفیل a و b در کلروفیل کل نمایان گردید. مقایسه سطوح پیش‌تیمار بذر با ویتامین ب ۵ نشان داد که تیمار شاهد با میانگینی معادل ۰/۸۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر کمترین میزان کلروفیل را به خود اختصاص داد. استفاده از اسید پانتوتنیک با غلظت‌های ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد جهت پیش‌تیمار بذر موجب افزایش معنی‌دار و قابل توجه کلروفیل کل برگ نسبت به شاهد گردید، به‌طوری که کلروفیل کل به‌دست آمده در این تیمارها حدود ۱۴درصد بیشتر از شاهد بود (شکل ۴-۲۴). در شکل ۴-۲۵ مشاهده شد که تیمار شاهد با میانگین ۰/۸۳۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مقادیر پایین‌تری از کلروفیل را به خود اختصاص داد. سایر سطوح تقریباً به یک اندازه بین ۸/۶۵ و ۱۷/۵۲ درصد این صفت را افزایش دادند. خان و همکاران (۱۹۹۶) اظهار داشتند که تحت تأثیر پیریدوکسین و کودهای نیتروژن شاخص‌های رشد و میزان کلروفیل برگ‌ها تغییر می‌یابد. اثر مثبت عنصر روی در افزایش محتوای کلروفیل نیز در برگ ذرت گزارش شده

است (ایاد و همکاران، ۲۰۱۰). افزایش میزان رنگدانه‌ها در برگ موجب بالا رفتن فتوسنتز می‌شود لذا می-توان عملکرد لوبیا را با این روش افزایش داد (شافع و همکاران، ۱۳۹۰). 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 ۴-۲۴- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک



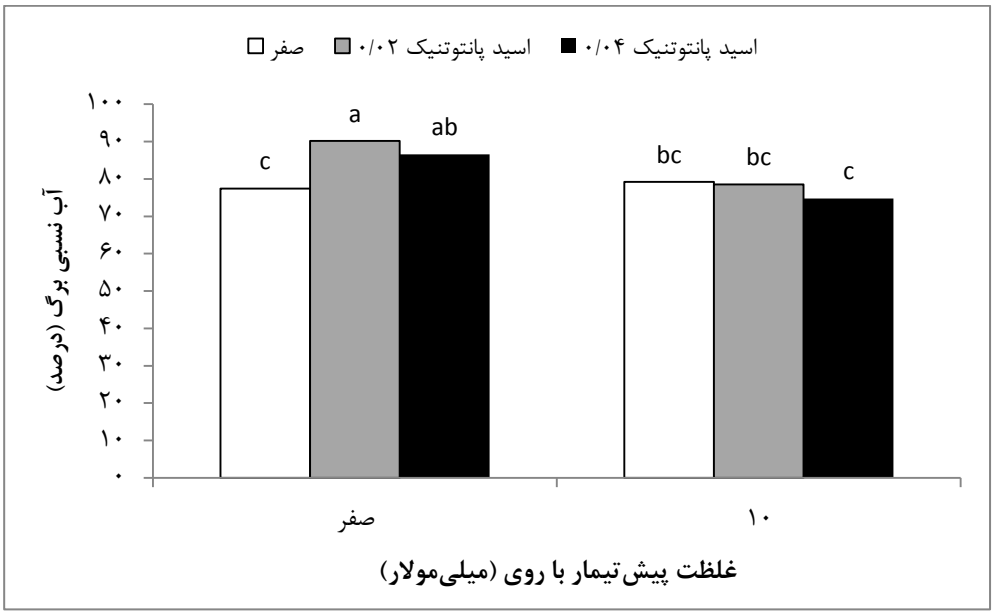
شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین کلروفیل کل تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و پیریدوکسین

۴-۷-۱-۴- کاروتنوئید

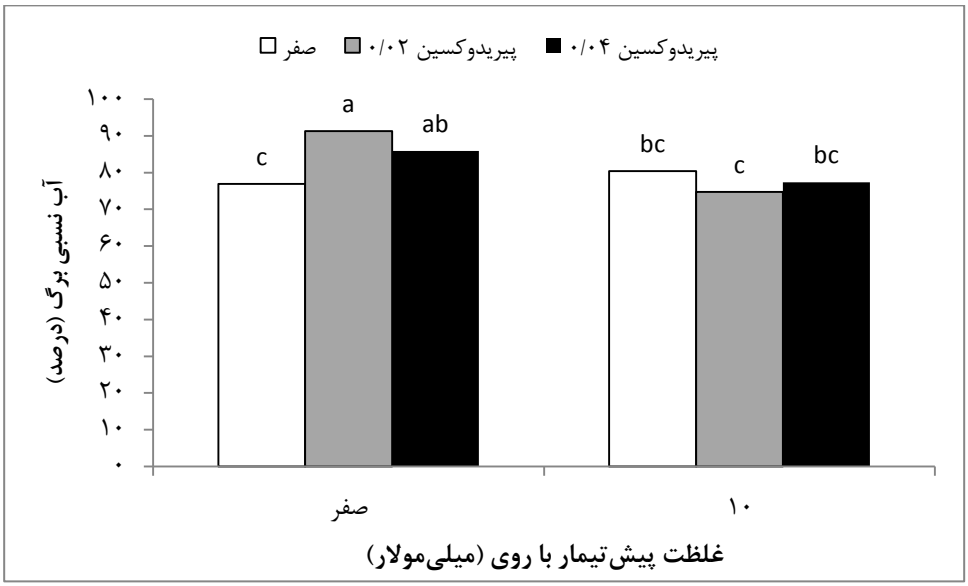
مقدار کاروتنوئید برگ تحت تأثیر هیچ کدام از منابع تغییر قرار نگرفت (جدول پیوست ۱۰). کاروتنوئیدها دسته‌ای از رنگدانه‌ها هستند که در جذب نور در گیاهان نقش مهمی دارند و می‌توانند اعمال فیزیولوژیکی متفاوتی را درگیاه انجام دهند. کاروتنوئیدها ترکیباتی ضروری در تشکیلات فتوسنتزی می باشند و نقش اساسی در حفاظت گیاه در برابر آسیب‌های فتواکسیداتیو دارند (بارتلی و اسکولینگ، ۱۹۹۵).

۴-۷-۲- محتوای نسبی آب برگ

مقدار نسبی آب 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 منابع تغییر شامل اثر اصلی روی، روی همراه با پیریدوکسین ($p<۰/۰۱$) و اثر متقابل روی با اسید پانتوتنیک ($p<۰/۰۵$) مقدار آب نسبی برگ معنی‌دار شدند، سایر منابع تغییر اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند. نتایج تجزیه واریانس داده-های حاصل در جدول پیوست ۱۲ آورده شده است. بررسی اثر متقابل روی× اسید پانتوتنیک (شکل ۴-۲۶) نشان داد مقدار آب نسبی برگ در تیمارهای مورد مطالعه بین ۷۴ تا ۹۰ درصد متغیر بود. بالاترین مقدار به میزان حدود ۹۰ درصد زمانی به‌دست آمد که بذور گیاهان تنها با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد پیش‌تیمار شده بودند. ترکیبات تیماری دیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. مقایسه میانگین حاصل از ترکیبات تیماری روی × پیریدوکسین در شکل ۴-۲۷ نشان داده شده است. همانند اسید پانتوتنیک در اینجا نیز ملاحظه می‌گردد که در مجموع مقدار آب نسبی برگ گیاهانی که از بذور پیش-تیمار شده با پیریدوکسین ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد حاصل شده بودند، بیشتر از سایر تیمارها بود. میزان آب نسبی برگ در گیاهان شاهد ۷۶ درصد بود. که در تیمارهای یاد شده به حدود ۹۰ درصد رسید.



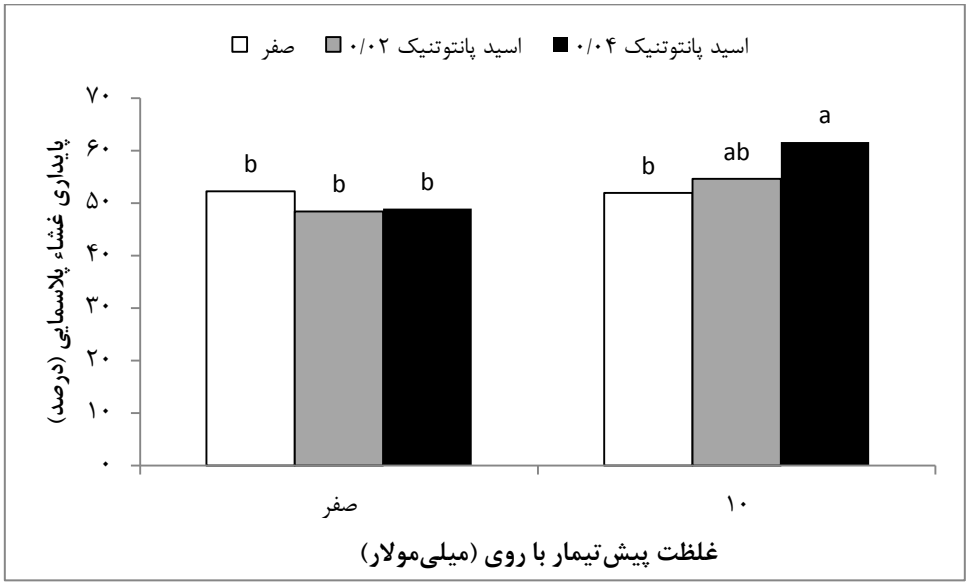
شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و اسید پانتوتنیک



شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و پیریدوکسین

۴-۷-۳- پایداری غشاء پلاسمایی

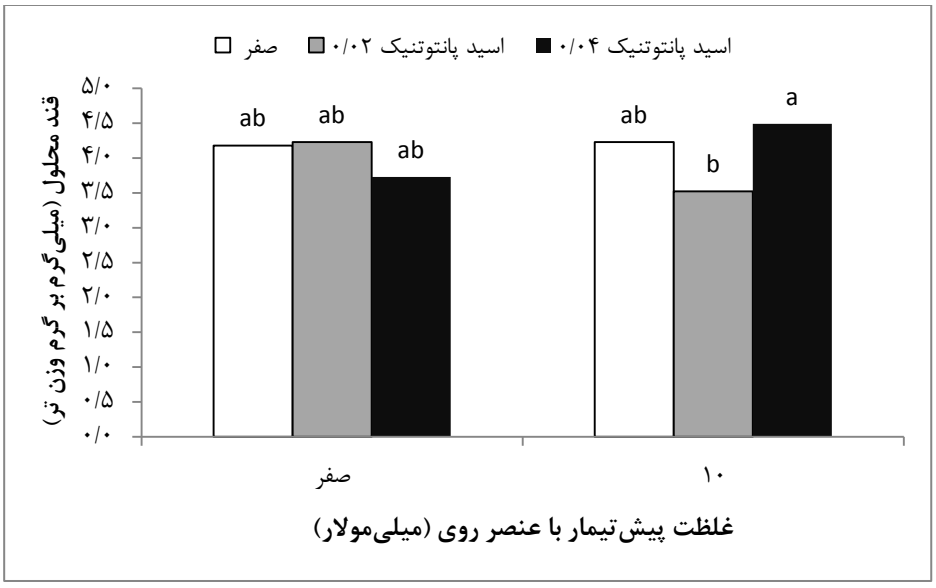
از بین منابع تغییر تنها اثر عنصر روی ($p<۰/۰۱$) و اثر متقابل روی × اسید پانتوتنیک بر پایداری غشای پلاسمایی ($p<۰/۰۵$) معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۲). بررسی اثر متقابل روی× اسید پانتوتنیک شکل ۴-۲۸ نشان داد که پیش‌تیمار بذر با هر دو غلظت اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد در حضور عنصر روی پایداری غشاء پلاسمایی برگ را به‌طور معنی‌دار بهبود بخشید. سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند. در نتایج دیده می‌شود که اگر پیش‌تیمار با اسید پانتوتنیک به‌تنهایی انجام شود اثر مثبتی بر پایداری غشاء ندارد ولی توأم شدن آن با عنصر روی اثر مفیدی بر جای گذاشت. در بررسی‌های دیگر تأثیر ریزمغذی‌ها بر صفت پایداری غشاء معنی‌دار بوده است. غشاها مانند پروتئین‌ها به صدمه رادیکال‌های آزاد حساس هستند که آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در محافظت غشاء نقش دارند (همراهی و همکاران، ۱۳۸۷).



شکل۴-۲۸- مقایسه میانگین پایداری غشای پلاسمایی تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و اسید پانتوتنیک

۴-۷-۴- محتوای قندهای محلول

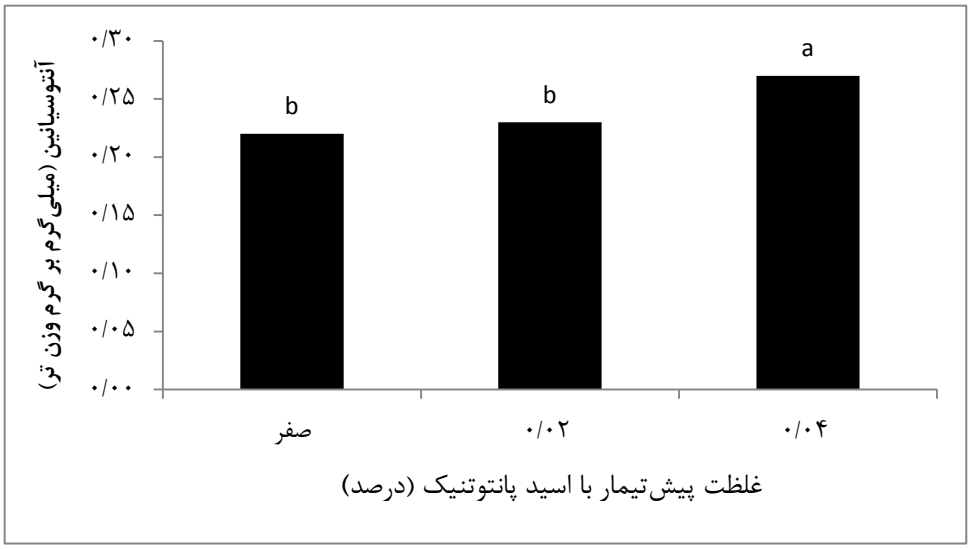
قندهای محلول نیز اسمولیت‌هایی هستند که با افزایش فشار اسمزی و نگهداری تورژسانس و نیز پایداری غشاها و پروتئین‌ها به گیاه در مقاومت به تنش‌ها کمک می‌کنند (پالگ و آسپینال، ۱۹۸۱ و ساکی‌ها و یاماساکی، ۱۹۸۱). تنها اثر متقابل روی و اسید پانتوتنیک تأثیر معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بر این صفت داشت (جدول پیوست ۱۲). اثر تیمارها بر میزان قند محلول برگ بسیار ناچیز بود به‌طوری که اختلاف قابل توجهی بین ترکیبات تیماری مورد مطالعه به‌دست نیامد. در این بین اختلاف بین دو غلظت ۰/۰۲ و ۰/۰۴ اسید پانتوتنیک در سطح روی ۱۰ میلی‌مولار معنی‌دار بود (شکل۴-۲۹). غلظت بالای قندهای محلول موجب کاهش خسارت‌های اکسیداتیو و حفظ ساختار پروتئین می‌شود. در مجموع قندهای محلول می‌توانند به‌دلیل تخریب کربوهیدرات‌های نامحلول و تبدیل به قندهای محلول، سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیرفتوسنتزی و متوقف شدن رشد افزایش یابند (هسو وکائو، ۲۰۰۷).



شکل۴-۲۹- مقایسه میانگین قند محلول تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و اسید پانتوتنیک

۴-۷-۵- آنتوسیانین

میزان آنتوسیانین برگ تنها از اثر اصلی اسید پانتوتنیک (P<۰/۰۵) و اثر متقابل سه جانبه (p<۰/۰۱) تأثیر پذیرفت. سایر منابع تغییر بر این صفت اثر معنی‌داری نداشت. نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل در جدول پیوست ۱۴ آورده شده است. پیش‌تیمار بذر با غلظت بالای اسید پانتوتنیک موجب افزایش درصد آنتوسیانین برگ گردید. به‌طوری که مقادیر بالایی از آنتوسیانین برگ با میانگین ۰/۲۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر از پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ درصد به‌دست آمد در حالی که مقدار این صفت در برگ گیاهان شاهد ۰/۲۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. همان‌طور که در جدول پیوست ۱۶ مشاهده می‌شود، مقدار آنتوسیانین برگ در تیمارهای مورد مطالعه بین ۰/۱۸ تا ۰/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ متغیر بود. مقدار ۰/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر زمانی به‌دست آمد که در عدم حضور روی، پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ با پیریدوکسین ۰/۰۲ درصد توأم گردید. این مقدار نزدیک به تعدادی از تیمارها بود و تنها با شاهد و نیمی از ترکیبات تیماری مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار داشت. میزان آنتوسانین برگ در گیاهان شاهد ۰/۱۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. آنتوسیانین‌ها به‌دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی از جمله ترکیبات مهم گیاهان محسوب می‌شوند که نقش مهمی در حذف رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از تبدیل هیدروپراکسیدها دارند (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۶ و لباسچی و همکاران، ۱۳۸۵).



شکل۴-۳۰- مقایسه میانگین آنتوسیانین تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک

۴-۷-۶- فلاونوئید

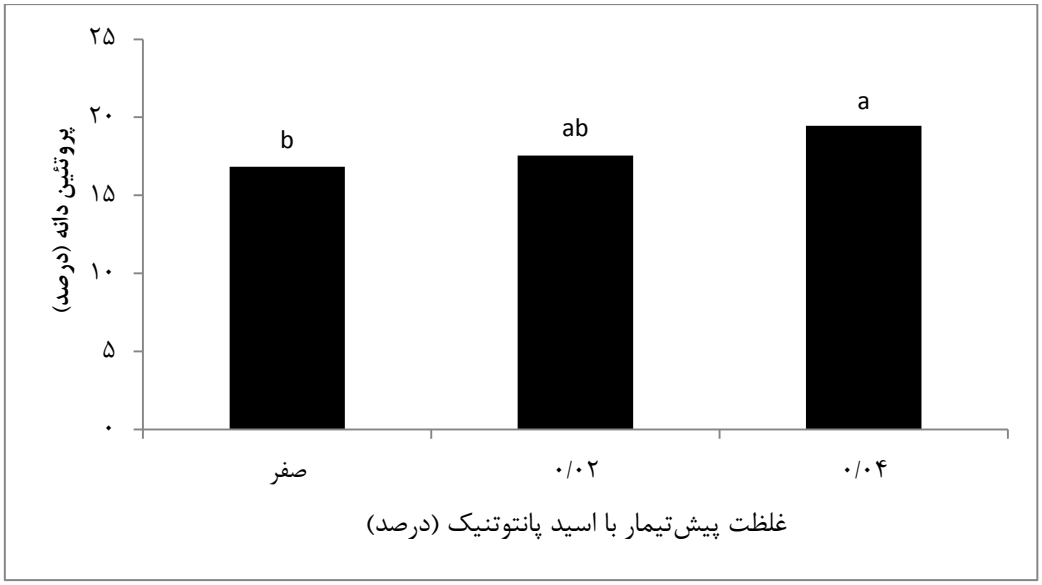
یکی از مهم‌ترین سیستم‌های دفاعی گیاهان برای کنترل و خنثی کردن رادیکال‌های آزاد القای سنتز برخی ترکیب‌های آنتی‌اکسیدان و ترکیب‌های فنلی مانند فلاونوئیدها می‌باشد (پاندی و همکاران، ۲۰۰۲). ترکیبات فنلی مهم‌ترین گروه متابولیت‌های ثانویه گیاهان هستند که با داشتن گروه‌های هیدروکسیل و کربوکسیل توانایی آنتی اکسیدانی دارند (پورویورسل و همکاران، ۲۰۰۲، زایمرمن، ۱۹۷۲ و روبرتو و همکاران،۲۰۰۰). از بین منابع تغییر تنها اثر سه جانبه بر میزان فلاونوئید برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۴). مقادیر بالایی از فلاونوئید در ترکیب پیش‌تیمار بذری با روی ۱۰ میلی‌مولار × اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ × پیریدوکسین ۰/۰۴ درصد مشاهده شد که البته با بسیاری از تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت. میزان فلاونوئید موجود در برگ گیاهان در ترکیب تیماری یاد شده افزایش ۵۹/۵۷ درصدی را نسبت به شاهد نشان داد (جدول پیوست ۱۶). با توجه به نقش ترکیبات فنلی در کاهش و یا مهار اتواکسیداسیون لیپیدها، خاموش کردن گونه‌های فعال اکسیژن یا تجزیه‌ی پراکسیدها،

این ترکیبات به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان ضروری برای حفاظت علیه تکثیر و پیشروی زنجیره‌ی اکسیداتیو و دفاع علیه گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌نمایند (ملو و همکاران، ۲۰۰۵).

۴-۸- صفات کیفی

۴-۸-۱- درصد پروتئین دانه

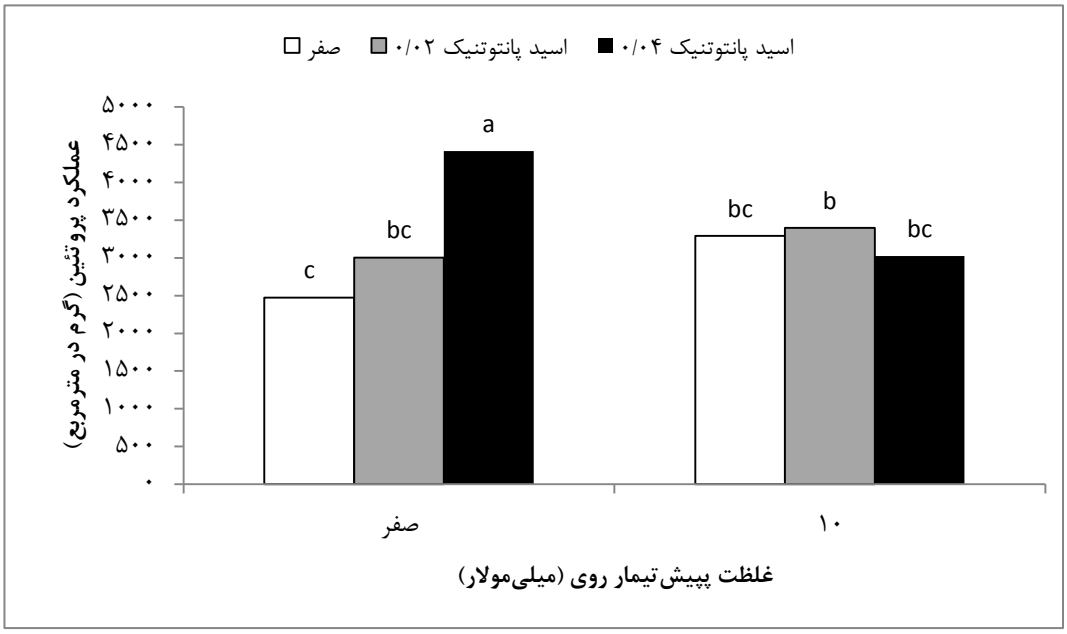
تنها اثر اصلی اسید پانتوتنیک در سطح احتمال ۵ درصد تأثیر معنی‌داری بر درصد پروتئین دانه داشت (جدول پیوست ۱۷). پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک و افزایش غلظت آن موجب افزایش درصد پروتئین دانه گردید. مقادیر بالایی از پروتئین بذر با میانگین ۱۹/۴۶ درصد از پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ درصد به‌دست آمد. این در حالی که مقدار پروتئین دانه در شاهد ۱۶ درصد بود. به همین ترتیب پیش-تیمار بذر با اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ درصد این صفت را بهبود بخشید که البته نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبود (شکل ۴-۳۱).



شکل۴-۳۱- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک

۴-۸-۲- عملکرد پروتئین

اثر اصلی اسید پانتوتنیک در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل روی × اسید پانتوتنیک در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد پروتئین معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۷). همانند نتایجی که برای درصد پروتئین و عملکرد دانه به‌دست آمد، پیش‌تیمار بذور با اسید پانتوتنیک سبب افزایش عملکرد پروتئین شد. مقدار این صفت در اثر استفاده از اسید پانتوتنیک ۰/۰۴ درصد به‌عنوان پیش‌تیمار بذر به ۴۴۱۳/۶۲ گرم در مترمربع رسید که بالاترین مقدار ثبت شده برای این صفت بود و نسبت به شاهد افزایش ۷۸ درصدی را از خود نشان داد. ترکیب تیماری روی ۱۰ میلی‌مولار × اسید پانتوتنیک ۰/۰۲ درصد نیز افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد ایجاد نمود (شکل ۴-۳۲). پیش از این نیز عملکرد پروتئین سویا در اثر پیش‌تیمار 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).



شکل۴-۳۲- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی و اسید پانتوتنیک

نتیجه‌گیری

با توجه به‌مصرف بیش از اندازه کودهای شیمیایی و قلیایی شدن اکثر خاک‌های کشورمان و افزایش اثرات نامطلوب محیطی شاهد کاهش عملکرد محصولات کشاورزی هستیم. از ویتامین‌ها به‌عنوان یک تنظیم کننده رشد یاد می‌شود که می‌توانند عملکرد محصولات را افزایش دهد و کیفیت آن‌ها را بهبود بخشند. در تحقیق حاضر مشاهده شد که استفاده از هر دو غلظت اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین به‌تنهایی تأثیر مثبتی در قطر ساقه، کلروفیلa، کلروفیل b، سطح برگ، صفات کیفی، کلروفیل کل و مقدار آب نسبی برگ بر جای گذاشت. عنصر روی نیز موجب افزایش پایداری غشاء پلاسمایی و عملکرد سبز گردید.

نتایج حاصل از اثر متقابل اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین بهبود صفات وزن خشک برگ، ساقه، غلاف، وزن صد دانه، عملکرد سبز، آنتوسیانین، شاخه فرعی و عملکرد نهایی را نشان داد. اثر متقابل عنصر روی در پیریدوکسین سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل کل، عملکرد دانه و عملکرد سبز گردید. همچنین اثر توأم عنصر روی و اسید پانتوتنیک موجب بهبود وزن خشک غلاف، شاخه فرعی، عملکرد سبز، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، محتوای آب نسبی برگ، پایداری غشاء پلاسمایی، قند محلول و عملکرد پروتئین گردید.

در نهایت با توجه به بررسی‌های انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که پیریدوکسین در غلظت ۰/۰۴ درصد و اسید پانتوتنیک در غلظت ۰/۰۲ درصد تأثیر بیشتری بر صفات مورد بررسی داشتند و پیش‌تیمار عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین موجب بهبود اکثر صفات زراعی، فیزیولوژیکی و کیفی لوبیا سبز شد.

پیشنهادات

با توجه به آزمایش انجام شده و نتایج حاصل از آن، پیش‌تیمار بذر با اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین در غلظت‌های بالاتر از ۰/۰۴ درصد و عنصر روی نیز بین غلظت ۱۰-۰ میلی‌مولار بررسی گردد. همچنین این احتمال وجود دارد که پاسخ سایر گیاهان به پیش‌تیمار ویتامین‌ها و عنصر روی متفاوت باشد، پیشنهاد می‌شود این آزمایش روی سایر گیاهان نیز انجام شود.

پیوست

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک غلاف	شاخص سطح برگ
تکرار	۲	۱۳۱/۸۸	۱۰/۳۱	۱۰۸۶۶/۷۰	۲/۲۵
روی (a)	۱	۱۳۳/۵۷	۱/۰۴	۶۶۵۴/۰۰	۰/۲۴
اسید پانتوتنیک (b)	۲	۱۸۷/۶۶*	۱۸/۸۷*	۶۸۳۱/۲۱*	۳/۱۵*
پیریدوکسین(c)	۲	۱۳۶/۰۹*	۳۰/۹۳**	۷۰۲۲/۸۶*	۰/۶۶
a×b	۲	۴۳۸/۲۶**	۲۲/۴۱*	۲۸۶۴/۹۳**	۱/۷۸
a×c	۲	۱۰۱/۴۶	۸/۱۵	۵۴۷۵/۴۶	۱/۹۴
b×c	۴	۱۷۹/۳۲**	۴۲/۹۹**	۱۵۰۹۸/۹۳**	۱/۸۰
a×b×c	۴	۲۱۶/۲۸**	۱۴/۳۵*	۶۸۹۳/۲۸*	۰/۶۴
خطا	۳۴	۴۳/۷۲	۴/۸۵	۱۹۱۷/۹۸	۱/۰۱۱
ضریب تغییرات (درصد)		۲۴/۳۱	۸/۸۰	۱۹/۴۳	۲۸/۱۰

* و** بیانگر معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ می‌باشد

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

تیمارها		وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک غلاف	شاخص سطح برگ
		(گرم در مترمربع)			
پیش‌تیمار روی (میلی‌مولار)	صفر	۲۸/۷۶	۱۶/۲۵	۲۳۶/۴۹	۳/۵۱
	۱۰	۲۵/۶۲	۲۴/۸۸	۲۱۴/۲۹	۳/۶۴
LSD 5%		۳/۶۵	۱/۲۱	۲۴/۲۲	۰/۵۵
پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک (درصد)	صفر	۲۴/۱۳ b	۲۳/۸۵ b	۲۰۵/۳۹ b	۳/۲۳ b
	۰/۰۲	۳۰/۵۶ a	۲۵/۴۴ a	۲۲۶/۴۷ ab	۳/۴۵ ab
	۰/۰۴	۲۶/۸۸ ab	۲۵/۷۷ a	۲۲۴/۳۱ a	۴/۰۴ a
پیش‌تیمار پیریدوکسین (درصد)	صفر	۲۵/۵۶ b	۲۳/۸۶ b	۲۰۹/۸۶ b	۳/۴۱
	۰/۰۲	۳۰/۳۶ a	۲۶/۴۵ a	۲۴۷/۶۲ a	۳/۵۳
	۰/۰۴	۲۵/۶۵ b	۲۴/۷۵ b	۲۱۸/۶۸ ab	۳/۷۸
LSD 5%		۴/۴۷	۱/۴۹	۲۹/۶۶	۰/۶۸

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۳- مقایسه میانگین تجمع ماده خشک تحت تأثیر برهم‌کنش سه جانبه پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

تیمارها			وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک غلاف
روی (میلی‌مولار)	اسید پانتوتنیک (درصد)	پیریدوکسین (درصد)	(گرم در مترمربع)		
صفر	صفر	صفر	۱۹/۹۷ de	۲۰/۷۸ h	۱۶۲/۲۶ pgh
	صفر	۰/۰۲	۲۸/۶۰ cd	۲۵/۹۰ a-g	۲۲۲/۳۰ c-g
	صفر	۰/۰۴	۱۳/۲۰ e	۲۱/۷۱ hgf	۱۳۵/۰۲ h
	۰/۰۲	صفر	۲۳/۳۷ cde	۲۱/۱۵ hg	۱۴۸/۴۵ h
	۰/۰۲	۰/۰۲	۲۶/۳۸ cd	۲۷/۶۵ a-e	۲۸۳/۱۳ abc
	۰/۰۲	۰/۰۴	۴۷/۸۰ a	۲۸/۵۱ ba	۳۰۵/۱۷ ab
	۰/۰۴	صفر	۳۱/۴۰ bc	۲۷/۹۰ a-d	۲۹۵/۹۵ ab
	۰/۰۴	۰/۰۲	۳۹/۹۸ ab	۲۸/۰۰ cba	۳۱۸/۰۰ a
	۰/۰۴	۰/۰۴	۲۸/۱۷ cd	۲۴/۸۶ a-h	۲۵۸/۱۰ a-e
۱۰	صفر	صفر	۳۲/۳۷ bc	۲۶/۱۵ a-f	۲۳۴/۱۵ b-f
	صفر	۰/۰۲	۲۷/۶۱ cd	۲۷/۰۸ a-e	۲۹۰/۴۷ abc
	صفر	۰/۰۴	۲۳/۰۳ cde	۲۱/۵۱ hgf	۱۸۸/۱۲ efgh
	۰/۰۲	صفر	۲۸/۶۰ cd	۲۳/۵۱ c-h	۲۲۳/۲۳ c-g
	۰/۰۲	۰/۰۲	۳۳/۳۷ bc	۲۲/۹۵ e-h	۱۳۳/۳۵ h
	۰/۰۲	۰/۰۴	۲۳/۸۶ cde	۲۸/۹۰ a	۲۶۵/۴۶ a-d
	۰/۰۴	صفر	۱۷/۶۵ de	۲۳/۷۱ b-h	۱۹۵/۱۲ d-h
	۰/۰۴	۰/۰۲	۲۶/۲۵ cd	۲۷/۱۱ a-e	۲۳۸/۴۶ bcde
	۰/۰۴	۰/۰۴	۱۷/۸۲ de	۲۳/۰۳ d-h	۱۶۰/۲۰ gh
LSD 5%			۱۰/۹۷	۳/۶۵	۷۲/۶۷

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۴- میانگین مربعات صفات مورفولوژیک لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع ساقه	قطر ساقه	شاخه فرعی
تکرار	۲	۲۹/۵۹	۶/۸۱	۲۲/۵۶
روی (a)	۱	۱۹/۸۷	۰/۶۴	۱/۷۶
اسید پانتوتنیک (b)	۲	۰/۰۳۸	۰/۲۸	۲/۴۳*
پیریدوکسین(c)	۲	۸/۹۱	۱/۸۲*	۵/۱۷**
a×b	۲	۱۰/۴۳	۰/۲۵	۳/۴۳*
a×c	۲	۰/۲۷	۱/۰۰	۱/۵۲
b×c	۴	۲۲/۶۶*	۲/۷۱**	۴/۵۰**
a×b×c	۴	۵/۸۵	۰/۷۳	۱/۴۸**
خطا	۳۴	۵/۹۵	۰/۵۹	۰/۶۷
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۹۶	۱۴/۷۴	۱۴/۳۸

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

جدول پیوست ۵- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

تیمارها		ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	شاخه فرعی (در بوته)
پیش‌تیمار روی (میلی‌مولار)	صفر	۲۰/۹۹	۵/۳۱	۵/۵۲
	۱۰	۱۹/۷۸	۵/۱۰	۵/۸۸
LSD 5%		۱/۳۴	۰/۴۲	۰/۴۵
پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک (درصد)	صفر	۲۰/۳۸	۵/۳۴	۵/۲۹ b
	۰/۰۲	۲۰/۳۵	۵/۱۸	۵/۹۸ a
	۰/۰۴	۲۰/۴۴	۵/۱۰	۵/۸۴ ba
پیش‌تیمار پیریدوکسین (درصد)	صفر	۱۹/۸۲	۵/۴۴ a	۵/۱۵ b
	۰/۰۲	۲۱/۱۷	۴/۸۴ b	۶/۲۲ a
	۰/۰۴	۲۰/۱۷	۵/۳۳ ab	۵/۷۵ a
LSD 5%		۱/۶۵	۰/۵۲	۰/۵۵

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۶- مقایسه میانگین صفت تعداد شاخه فرعی لوبیا سبز تحت تأثیر برهم‌کنش سه جانبه پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

روی (میلی‌مولار)	تیمارها		شاخه فرعی (در بوته)
	اسید پانتوتنیک	پیریدوکسین	
	(درصد)		
صفر	صفر	صفر	۴/۵۰ de
	صفر	۰/۰۲	۵/۰۸ cde
	صفر	۰/۰۴	۴/۳۳ e
	۰/۰۲	صفر	۴/۴۱ e
	۰/۰۲	۰/۰۲	۶/۴۱a bc
	۰/۰۲	۰/۰۴	۷/۷۵ a
	۰/۰۴	صفر	۵/۲۵ cde
	۰/۰۴	۰/۰۲	۷/۵۸ ab
	۰/۰۴	۰/۰۴	۴/۴۱ e
۱۰	صفر	صفر	۵/۶۶ cde
	صفر	۰/۰۲	۶/۲۵ bc
	صفر	۰/۰۴	۵/۹۱ c
	۰/۰۲	صفر	۵/۲۵ cde
	۰/۰۲	۰/۰۲	۵/۶۶ cde
	۰/۰۲	۰/۰۴	۶/۴۱ abc
	۰/۰۴	صفر	۵/۸۳ cd
	۰/۰۴	۰/۰۲	۶/۳۳ bc
	۰/۰۴	۰/۰۴	۵/۶۶ cde
LSD 5%			۱/۳۸۵

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد سبز	عملکرد نهایی
تکرار	۲	۱/۵۱	۰/۷۶	۶/۹۱	۲۱۲۷۹/۵۴	۳۶۸۳/۳۹
روی (a)	۱	۰/۲۹	۱/۹۰*	۴/۳۹	۳۱۲۹۶/۲۹*	۸۱/۸۹
اسید پانتوتنیک (b)	۲	۴/۷۸	۱/۱۴	۶/۷۷	۵۵۵۹۳/۵۸**	۱۸۵۳/۵۷
پیریدوکسین(c)	۲	۷/۱۸	۱/۲۴	۸/۳۶	۱۱۶۱۸/۶۶	۴۶۸۶/۴۴*
a×b	۲	۰/۷۲	۳/۴۶**	۱۹/۶۸**	۱۲۴۷۶۵/۳۶**	۱۰۶۱۷/۵۱**
a×c	۲	۹/۱۴	۰/۲۱	۴/۰۲	۷۸۴۶۰/۳۷**	۷۷۲۵/۲۷**
b×c	۴	۵/۰۶	۰/۸۴	۱۰/۰۱*	۵۲۳۳۰/۰۳**	۴۶۰۰/۴۹*
a×b×c	۴	۲/۲۲	۱/۲۲	۱/۸۷	۴۱۷۵۳/۵۴**	۱۲۱۱/۱۴
خطا	۳۴	۳/۳۵	۰/۴۹	۳/۱۷	۶۱۵۷/۷۱	۱۲۹۱/۳۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۷/۵۷	۱۸/۶۶	۷/۷۱	۱۰/۴۷	۱۹/۹۷

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

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

تیمارها		تعداد غلاف (در بوته)	تعداد دانه (در غلاف)	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد سبز (گرم در مترمربع)	عملکرد نهایی (گرم در مترمربع)
پیش‌تیمار روی (میلی مولار)	صفر	۱۰/۵۰	۳/۵۷ a	۲۲/۷۹	۷۲۴/۴۷ b	۱۸۱/۰۹
	۱۰	۱۰/۳۵	۳/۹۴ a	۲۳/۳۶	۷۷۳/۰۲ a	۱۷۸/۶۳
LSD 5%		۱/۰۱	۰/۳۸	۰/۹۸	۴۳/۴۰	۱۹/۸۷
پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک (درصد)	صفر	۱۰/۴۷	۳/۷۰	۲۲/۴۰	۶۸۴/۸۹ b	۱۷۰/۲۵
	۰/۰۲	۹/۸۸	۴/۰۳	۲۳/۵۹	۷۷۷/۶۶ a	۱۷۸/۸۷
	۰/۰۴	۱۰/۹۱	۳/۵۳	۲۳/۲۶	۷۸۴/۲۹ a	۱۹۰/۴۸
پیش‌تیمار پیریدوکسین (درصد)	صفر	۱۰/۶۱	۳/۵۷	۲۲/۴۲	۷۲۱/۴۶	۱۶۷/۷۴ b
	۰/۰۲	۱۰/۹۴	۴/۰۵	۲۳/۷۸	۷۷۱/۵۷	۱۹۸/۱۸ a
	۰/۰۴	۹/۷۲	۳/۶۴	۲۳/۰۳	۷۵۳/۸۱	۱۷۳/۶۸ b
LSD 5%		۱/۲۴	۰/۴۷	۱/۲۰	۵۳/۱۵	۲۴/۳۴

جدول پیوست ۹- مقایسه میانگین عملکرد سبز لوبیا سبز تحت تأثیر برهم‌کنش سه جانبه پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

تیمارها			عملکرد سبز (گرم در متر مربع)
روی (میلی‌مولار)	اسید پانتوتنیک (درصد)	پیریدوکسین (درصد)	
صفر	صفر	صفر	۴۷۲/۹۶^{g}
	صفر	۰/۰۲	۵۶۷/۷۰^{gf}
	صفر	۰/۰۴	۷۲۸/۲۱^{edc}
	۰/۰۲	صفر	۵۱۵/۲۰^{g}
	۰/۰۲	۰/۰۲	۸۶۶/۲۵^{ba}
	۰/۰۲	۰/۰۴	۸۱۸/۲۱^{dcb}
	۰/۰۴	صفر	۸۸۰/۵۰^{ba}
	۰/۰۴	۰/۰۲	۹۶۲/۳۵^{a}
	۰/۰۴	۰/۰۴	۷۱۲/۴۵^{edc}
۱۰	صفر	صفر	۸۰۶/۶۱^{dcb}
	صفر	۰/۰۲	۸۳۶/۷۱^{cba}
	صفر	۰/۰۴	۶۹۷/۱۱^{fed}
	۰/۰۲	صفر	۸۲۹/۱۰^{cb}
	۰/۰۲	۰/۰۲	۷۲۱/۶۵^{edc}
	۰/۰۲	۰/۰۴	۹۱۵/۵۱^{ba}
	۰/۰۴	صفر	۸۲۴/۳۴^{dcb}
	۰/۰۴	۰/۰۲	۶۴۷/۷۳^{fe}
	۰/۰۴	۰/۰۴	۶۵۱/۳۶^{fe}
LSD 5%			۱۳۰/۲

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۱۰- میانگین مربعات کلروفیل و کاروتنوئید برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
تکرار	۲	۰/۰۰۵	۰/۰۲۳	۰/۰۰۷	۰/۰۴۳
روی (a)	۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰	۰/۰۰
اسید پانتوتنیک b)	۲	۰/۰۶۴**	۰/۰۶۸*	۰/۰۹**	۰/۰۰۱
پیریدوکسین(c)	۲	۰/۰۱۳	۰/۰۵۶*	۰/۰۲۳	۰/۰۱۷
a×b	۲	۰/۰۱۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶
a×c	۲	۰/۰۱۷	۰/۰۴۶	۰/۰۳۹*	۰/۰۰۸
b×c	۴	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۱۲	۰/۰۰
a×b×c	۴	۰/۰۰۵	۰/۰۴۳	۰/۰۱۴	۰/۰۰۵
خطا	۳۴	۰/۰۱۰	۰/۰۱۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۵۱	۱۸/۱۶	۹/۹۹	۳۰/۷۷

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

جدول پیوست ۱۱- مقایسه میانگین کلروفیل و کاروتنوئید برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین

تیمارها		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید
		(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)			
پیش‌تیمار روی (میلی‌مولار)	صفر	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۹۲	۰/۳۰
	۱۰	۰/۸۰	۰/۷۳	۰/۹۲	۰/۲۹
LSD 5%		۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵
پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک (درصد)	صفر	۰/۷۳ ^{b}	۰/۶۶^{b}	۰/۸۴^{b}	۰/۲۹
	۰/۰۲	۰/۸۴^{a}	۰/۷۶^{a}	۰/۹۶^{a}	۰/۲۹
	۰/۰۴	۰/۷۳ ^{a}	۰/۷۸^{a}	۰/۹۶^{a}	۰/۳۰
پیش‌تیمار پیریدوکسین (درصد)	صفر	۰/۷۹	۰/۶۷^{b}	۰/۸۸	۰/۳۳
	۰/۰۲	۰/۸۳	۰/۷۵^{ab}	۰/۹۵	۰/۲۶
	۰/۰۴	۰/۷۷	۰/۷۸^{a}	۰/۹۳	۰/۲۹
LSD 5%		۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۶

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۱۲- میانگین مربعات آب نسبی برگ، پایداری غشاء و قند محلول برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین

منابع تغییر	درجه آزادی	آب نسبی برگ	پایداری غشاء پلاسمایی	قند محلول
تکرار	۲	۲۵۶/۳۳	۳۳/۲۹	۰/۳۶
روی (a)	۱	۷۰۰/۹۷**	۵۱۷/۹۴**	۰/۰۱
اسید پانتوتنیک b)	۲	۱۶۶/۲۶	۷۴/۶۳	۰/۵۱
پیریدوکسین(c)	۲	۹۱/۲۳	۱۶۳/۷۳	۰/۲۵
a×b	۲	۲۷۲/۳۳*	۱۹۲/۸۴*	۲/۴۰*
a×c	۲	۴۵۷/۹۷**	۱۳/۶۱	۰/۴۳
b×c	۴	۱۹۷/۷۳	۳۸/۷۴	۰/۹۰
a×b×c	۴	۵۷/۴۴	۴۰/۸۸	۱/۴۸
خطا	۳۴	۸۲/۴۹	۶۱/۵۷	۰/۷۰
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۱۹	۱۴/۸۰	۲۰/۶۹

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

جدول پیوست ۱۳- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ، پایداری غشاء و قند محلول برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش-تیمار بذر با عنصر روی، اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین

تیمارها		آب نسبی برگ	پایداری غشاء پلاسمایی	قند محلول
		(درصد)		(میلی‌گرم برگرم وزن تر)
پیش‌تیمار روی (میلی‌مولار)	صفر	۸۴/۷۲[a]	۴۹/۸۹[b]	۴/۰۵
	۱۰	۷۷/۵۱[b]	۵۶/۰۸[a]	۴/۰۸
LSD 5%		۵/۰۲	۴/۳۴	۰/۴۶
پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک (درصد)	صفر	۷۸/۳۲	۵۲/۱۱	۴/۲۰
	۰/۰۲	۸۴/۳۵	۵۱/۵۳	۳/۸۸
	۰/۰۴	۸۰/۶۷	۵۵/۳۱	۴/۱۱
پیش‌تیمار پیریدوکسین (درصد)	صفر	۷۸/۶۵	۵۶/۴۷	۴/۰۱
	۰/۰۲	۸۳/۰۵	۵۱/۱۰	۳/۹۸
	۰/۰۴	۸۱/۶۵	۵۱/۳۹	۴/۲۰
LSD 5%		۶/۱۵	۵/۳۱	۰/۵۷

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۱۴- میانگین مربعات آنتوسیانین و فلاونوئید برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین

منابع تغییر	درجه آزادی	آنتوسیانین	فلاونوئید
تکرار	۲	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۳
روی (a)	۱	۰/۰۰	۰/۲۰۶
اسید پانتوتنیک b)	۲	۰/۰۱۱*	۰/۶۲۷
پیریدوکسین(c)	۲	۰/۰۰۲۹	۰/۶۵۶
a×b	۲	۰/۰۰۴	۰/۱۰۸
a×c	۲	۰/۰۰۵	۰/۱۸۲
b×c	۴	۰/۰۰۱	۰/۲۰۴
a×b×c	۴	۰/۰۱۲**	۱/۰۶۹*
خطا	۳۴	۰/۰۰۲۸	۰/۳۴
ضریب تغییرات (درصد)		۲۱/۹۵	۲۵/۳۷

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

جدول پیوست ۱۵- مقایسه میانگین آنتوسیانین و فلاونوئید برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین

تیمارها		آنتوسیانین	فلاونوئید
		(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	
پیش‌تیمار روی (میلی‌مولار)	صفر	۰/۲۴۵	۲/۲۴
	۱۰	۰/۲۴۳	۲/۳۷
LSD 5%		۰/۰۲۹	۰/۳۲۴
پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک (درصد)	صفر	۰/۲۲۸ b	۲/۱۰
	۰/۰۲	۰/۲۳۱ b	۲/۴۶
	۰/۰۴	۰/۲۷۳ a	۲/۳۶
پیش‌تیمار پیریدوکسین (درصد)	صفر	۰/۲۵۸	۲/۲۷
	۰/۰۲	۰/۲۳۶	۲/۱۴
	۰/۰۴	۰/۲۳۶	۲/۵۱
LSD 5%		۰/۰۳۶	۰/۳۹

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۱۶- مقایسه میانگین آنتوسیانین و فلاونوئید برگ لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین

تیمارها			آنتوسیانین	فلاونوئید
روی (میلی‌مولار)	اسید پانتوتنیک (درصد)	پیریدوکسین (درصد)	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	
صفر	صفر	صفر	0/199 de	۱/۸۸ de
	صفر	۰/۰۲	۰/۲۲۸ b-e	۲/۱۸ a-e
	صفر	۰/۰۴	۰/۲۴۹ a-e	۲/۱۶ a-e
	۰/۰۲	صفر	۰/۲۹۴ abc	۱/۶۷ e
	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۲۰۲ de	۲/۴۴ a-e
	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۲۹۴ a-e	۲/۸۱ a-d
	۰/۰۴	صفر	۰/۲۳۰ b-e	۲/۸۹ abc
	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۲۳۳ a	۱/۹۵ cde
	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۲۱۸ cde	22/2 a-e
۱۰	صفر	صفر	۰/۲۸۱ a-d	۲/۱۵ a-e
	صفر	۰/۰۲	۰/۲۰۹ cde	۱/۷۰ e
	صفر	۰/۰۴	۰/۱۹۹ de	۲/۵۱ a-e
	۰/۰۲	صفر	۰/۲۳۳ b-e	۲/۹۲ ab
	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۲۱۹ cde	۲/۵۲ a-e
	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۱۸۹ e	۲/۳۹ a-e
	۰/۰۴	صفر	۰/۳۱۴ ab	۲/۱۱ a-e
	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۲۲۶ cde	۳/۰۲ b-e
	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۳۱۶ ab	۳/۰۰ a
LSD 5%			۰/۰۸۷	۰/۹۶۷

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۱۷- میانگین مربعات درصد و عملکرد پروتئین دانه لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین

منابع تغییر	درجه آزادی	پروتئین دانه	عملکرد پروتئین
تکرار	۲	۱۷/۰۵	۴۴۷۷۷۰/۸۴
روی (a)	۱	۱/۳۰	۴۷۸۴۳/۳۷
اسید پانتوتنیک b)	۲	۳۳/۱۱*	۳۲۰۰۲۰۳/۹۳*
پیریدوکسین(c)	۲	۶/۹۷	۲۵۳۷۲۴۳/۶۱
a×b	۲	۱۱/۳۵	۶۱۸۱۱۵۴/۷۳**
a×c	۲	۱/۷۶	۲۵۷۸۲۷۸/۷۶
b×c	۴	۵/۳۶	۱۵۱۰۷۵۶۹/۳۲
a×b×c	۴	۱۸/۰۱	۹۹۷۴۵۵/۹۶
خطا	۳۴	۸/۲۵	۹۰۵۰۱۵/۳۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۹۹	۲۹/۱۱

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

جدول پیوست ۱۸- مقایسه میانگین صفات کیفی لوبیا سبز تحت تأثیر پیش‌تیمار بذر با عنصر روی، اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین

تیمارها		پروتیئن دانه (درصد)	عملکرد پروتئین (گرم در مترمربع)
پیش‌تیمار روی (میلی‌مولار)	صفر	۱۷/۷۹	۳۲۹۶/۷
	۱۰	۱۸/۱۰	۳۲۳۷/۲
LSD 5%		۱/۵۸	۵۲۶/۸
پیش‌تیمار اسید پانتوتنیک (درصد)	صفر	۱۶/۸۳ b	۲۸۸۲/۹ b
	۰/۰۲	۱۷/۵۵ ba	۳۱۹۹/۷ ab
	۰/۰۴	۱۹/۴۶ a	۳۷۱۸/۱ a
پیش‌تیمار پیریدوکسین (درصد)	صفر	۱۷/۳۲	۳۰۲۱/۴
	۰/۰۲	۱۸/۵۶	۳۶۹۹/۱۹
	۰/۰۴	۱۷/۹۶	۳۰۸۰/۳
LSD 5%		۱/۹۴	۶۴۴/۴۴

حروف غیرمشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

منابع

افشانی، س.، امیرنیا، ر. و هاری، ه. ۱۳۹۴. دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۳(۱): ۴۳-۵۲.

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

پارسا، م. و باقری، ع.ر. ۱۳۸۷. حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۲۲ صفحه **پیوست، غ. ۱۳۸۸.** سبزیکاری. انتشارات دانش‌پذیر تهران. ۵۷۷ صفحه.

جودی، م. و شریف‌زاده، ف. ۱۳۸۵. بررسی اثر هیدروپرایمینگ در ارقام مختلف جو، بیابان، ۱۱ (۱): ۹۹-۱۰۹.

جوادی، ع.، اسفندیاری، ع.ا. و سید بهمن موسوی، ۱۳۹۳. مطالعه تاثیر اسید فولیک (ویتامین B_9) بر شاخص های جوانه زنی گندم نان تحت تنش کادمیوم، سیزدهمین همایش علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران و سومین همایش علوم و تکنولوژی بذر ایران، انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، (۲۶):۲۴ ۲۸۸-۲۹۹

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

خاقانی، ش.، بی‌همتا، م.، چنگیزی، م.، دری، ح.،خاقانی، ش.، بختیاری، ا. و صفاپور، م. ۱۳۸۸. مقایسه صفات کمی و کیفی لوبیای سفید و قرمز در شرایط آبیاری معمولی تنش خشکی. مجله تنش‌های محیطی در علوم گیاهی. ۲(۱): ۱۷۰-۱۸۲.

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

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

دادرسی، و.ا. و ابوطالبیان، م.ح. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر پرایمینگ بذر روی صفات مورفولوژیکی، پروتئین دانه و کارایی مصرف آب دو هیبرید ذرت میان‌رس در شرایط مزرعه. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). ۱۰۷: ۸۲-۹۰.

رضائی چیانی، ا.، زهتاب سلماسی، س.، پیرزاد، ع. و رحیمی، ا. ۱۳۹۴. اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد و روغن دانه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.). نشریه علوم باغبانی و علوم صنایع کشاورزی. ۲۹(۱): ۹۵-۱۰۲.

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

راهچمنی، ح.، ابوطالبیان، م.ع.، احمدوند، گ. و جاهدی، آ. ۱۳۸۹. اثرات پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا. مجله فن آوری تولیدات گیاهی. ۱۰(۲): ۱۷-۲۸.

زند، ب.، سروش‌زاده، ع.، قناتی، ف. و مرادی، ف. ۱۳۸۸. اثر محلول‌پاشی عنصر روی و تنظیم کننده رشد اکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت دانه‌ای در شرایط کمبود آب. مجله به‌زراعی نهال و بذر. ۲۵(۴): ۴۳۱ - ۴۴۸.

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

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

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): ۵۹-۷۰.

عزیـــزی، خ. و امینـــی دهقـــی، م. ۱۳۸۷. تـأثیر محلـول‌پاشـی عنصـر روی بـر عملکـرد و اجـزای عملکرد دانـه ارقـام گنـدم آبـی در شـرایط اقلیمـی خـرم‌آبـاد. مجلـه دانشـور علـوم زراعـی. ۱(۱): ۲۳ - ۳۴.

عبـــدالرحمانی، ب.، قاســـعی گلعـــذانی، ک.، ولـــی زاده، م.، فیضـــی اصـــل، و. و تـــوکلی، ع. ۱۳۹۰. اثر پرایمینـگ بـذر فسـفر بـر رونـد رشـد و عملکـرد دانـه جـو در (*Hordeum Vulgarel* L.) رقـم آبیدر در شرایط دیم. مجله زارعی نهال و بذر. ۲۷(۲): ۱۱۱-۱۲۹.

قربـانلی، م. و بابـالار، م. ۱۳۸۲ . تغذیـه معـدنی گیاهـان. انتشـارات دانشـگاه تربیـت معلـم تهـران. ۳۵۶ صفحه.

قـادری، ج. و ملکـوتی، م.ج. ۱۳۸۷. نقـش منگنـز در افـزایش عملکـرد و غنـی سـازی دانـه گنـدم. سـازمان تحقیقـات آمـوزش و تـرویج کشـاورزی. موسسـه تحقیقـات خـاک و آب. نشـریه فنـی شـماره ۴۶.

کـوچکی، ع. و بنایـان اول، م.. ۱۳۶۸ زراعـت حبوبـات. انتشـارات جهـاد دانشـگاهی مشـهد. ۲۳۶ صفحه.

کـــوچکی، ع. و بنایـــان اول، م. ۱۳۷۳. فیزیولـوژی گیاهـان زراعـی. انتشـارات جهـاد دانشـگاهی مشهد. ۳۸۰ صفحه.

کـــوچکی، ع. و خواجـــه حســـینی، م. ۱۳۸۷. زراعـت نـوین. انتشـارات جهـاد دانشـگاهی مشـهد. ۵۵۰ صفحه.

کـــوچکی، ع.، راشدمحصـــل، م.ح.، نصـــیری محلاتـــی، م. و صـــدرآبادی، ر. ۱۳۷۶. مبـانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی. بنیاد فرهنگی رضوی. ۴۰۴ صفحه.

کـــوچکی، ع. و ســـرمدنیا، غ.ح. ۱۳۸۴. فیزیولـوژی گیاهـان زراعـی (ترجمـه) (چـاپ یـازدهم). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

مجنـون حسـینی، ن.۱۳۸۷. زراعـت و تولیـد حبوبـات. سـازمان انتشـارات جهـاد دانشـگاهی تهـران. ۲۸۳ صفحه.

محمـودی، ش. و حکیمیـان، م. ۱۳۷۹. مبـانی خـاک (ترجمـه). انتشـارات دانشـگاه تهـران. ۷۰۶ صفحه.

مبلـی، م. و پیراسـته، ب.۱۳۷۳. تولیـد سـبزی (ترجمـه). انتشـارات دانشـگاه صـنعتی اصـفهان. ۸۷۵ صفحه.

مسرت، ن.، سیادت، ع.، شرفی زاده، م. و حبیبی خانیانی، ب. ۱۳۹۲. تأثیر پرایمینگ بر جوانه زنـی و رشد گیاهچه ذرت هیبرید SC704 در شرایط تنش شوری و خشکی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۵(۱۵): ۱۳-۲۵.

ملکوتی، م.ج. و داوودی، م.ح. ۱۳۸۲. روی در کشاورزی عنصری فراموش شده در چرخه حیات گیـاه، انسان و دام (ترجمه). نشر سنا. ۲۲۰ صفحه.

ملکوتی، م.ج.، ملکوتی، ا.، بای بوردی، ع. و خامسی، ع.۱۳۸۴. روی عنصر فراموش شـده در چرخـه حیات گیاه، دام و انسان. نشریه فنی شماره۴۵۷ شورای عالی سیاست گذاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی.

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

مهدوی دامغان، ع. و مینودینی، س.ش.۱۳۹۰. امنیت غذایی و اخلاق زیستی در کشاورزی پایدار، اخلاق در علوم و فناوری. ۶(۲): ۵۹-۶۵.

هوشمندفر، ع.ر. ۱۳۸۵. بررسی اثر زمان پیش‌تیمار آبی بر جوانه‌زنی ارقام گندم. پنجمین همایش ملـی ایده‌های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان). ۲۷-۲۸ بهمن.

Akbar M., Bashir A., Muhammad, A., Gulzar A., Zubair, Sh. and Wang, J. 2009. Water absorption and priming with osmotica responses on germination of pearl millet cultivar. Sarhad. J. of Agric., 25: 7-13.

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.

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.

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.

Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2005. Prea-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline condition. Adv., Agron. 88: 223-271.

Ansari, O. and Sharifzadeh, F. 2012. Osmo and hydropriming mediated germination improvement under cold stress conditions in mountainrye (*Secale montanum*). Agron. Res. in Moldavia**.** 151 (3): 51-56.

Aldesuquy, H.S. and Ibrahim, A.H.A. 2000. The role of shikmic acid in regulation of growth, transpiration, pigmentation, photosynthetic activity and productivity of *vigna sinensis* plant. Phyton (Horn, Austria). 40:277-292.

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

Ahn, I.P., Kim, S., Lee, W.H. and Suh, S.C. 2007. Vitamin B1-induced priming is dependent on hydrogen peroxide and the NPR1 gene in *Arabidopsis*. Journal of Plant Physiology, 143: 838–848.

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

Antonopoulo, Ch., Dimassi, K., Therios, I., Chatzissavvidis, Ch. and Tsirakoglou V. 2005. Inhibitory effects of riboflavin (Vitamin B2) on the in vitro rooting and nutrient concentration of explants of peach rootstock GF 667(*Prunus amygdalus* × *P. Persica*). Scientia Hortic., 106: 268-272.

Burguieres, E., Mccue, P., Kwo, Y. and Shetty, K. 2007. Effect of vitamin c and folic acid on seed vigour respons and phenolic activity. BioresourTechnol., 98:1393-1400.

Basra, A., Dhillon, R. and Malik, C. 1989. Influence of seed pre-treatment with plant growth regulators on metabolic alternations of germination maize embryos under stressing temperature regimes. Ann. Bot., 64: 76-70.

Bahuguna, R.N., Joshi, R., Shukla, A., Pandey, M. and Kumar, J. 2012. Thiamine primed defense provides reliable alternative to systemic fungicide carbendazim against sheath blight disease in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Physiol. and Biochem., 57: 159-167.

Bedour, A.A. and Eid, R.A. 2011. Improving gladiolus growth, flower keeping quality by using some vitamins application. J. of Ame. Sci., 7: 169-174.

Bonner, J. and Bonner, H. 1948. The B vitamins as plant hormones. Vitam. Horm.,6: 225–275.

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

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

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

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

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

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

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.

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.

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.

El-Fawakhry, F.M. and El-Tayeb, H.F. 2003. Effect of some amino acids and vitamins on Chrysanthemum production. Agric. Res. Alexandria Univ., 8: 755-766.

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.

Farooq, M., Basra, S.M.A. Wahid, A. and Khan, M.B. 2006. Rice seed invigoration by hormonal and vitamin priming. Seed Sci. Technol. 34:775-780.

Frossard, E., Bucher, M., Mächler, F., Mozafar, A. and Hurrell, R. 2000. Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition. J. of the Sci. of Food and Agric., 80: 861–879

Fageria, N.K., Baligar, V.C. and Clark, R.B. 2006. Physiology of crop production. Food Products Press. pp. 363.

Giunta, F., Motza, R. and Deidda, M. 1995. Effeect of drought on leaf area development, biomass production and nitrogen uptake of durum wheat grown in a Mediterranean environ Aust. J. of Agric. Res., 96: 99-111.

Goyer A. 2010. Thiamine in plants: aspects of its metabolism and functions, Phytochemistry, 17: 1615–1624.

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.

Harris, D. 2004. On-farm seed priming reduces risk and increases yield in tropical crops. seed Sci. Res., 23: 17-26.

Harris, D. 2006. Development and testing of on-farm seed priming. Adv. Agron. 90:129–138.

Harris, D., Raghuwanshi, B.S., Gangwar, J.S., Singh, S.C. and Hollington, PA. 1999. Participatory evaluation by farmers of on-farm seed priming in wheat in India, Nepal and Pak. Exp. Agron. 37(3):403–415.

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.

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.

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.

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.

Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M. and shah, H. 2007. On-farm seed priming with zinc sulphate solution a cost-effective way to increase the maize yields of resource poor farmers. Field crop Res. 102(2): 119-127.

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.

Jaradat, A. 2009. Modeling biomass allocation and grain yield in bread and durum wheat under a biotic street. J. of Crop Sci., 3: 237-248.

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.

Khan, N.A., Khan, F.A., Aziz, O. and Samiullah, N. 1995. Pyridoxine enhances root growth and leaf NPK content of lentil grown with phosphorus levels. In: I.A. Khan (Ed.), Frontiers in plant Science, PP: 807- 808. Ukaz Publication, Hyderabad, India

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

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

Kodandaramaiah, J. and Gopala Rao, P. 1984. Photosynthesis by isolated chloroplasts of clusterbeans *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. as influenced by B-vitamins. Indian J. Plant Physiol., 27: 166–71.

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

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.

McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. Seed Sci. and Technol. 27: 177-237.

McDonald, M.B. 2000. Seed Priming. In: M. Black and J.D. Bewley (eds.). Shiffied Academic Press. Pp:287-325.

Maleki, F., P. Esfandiari, and M. Baradearan Firoozabadi. 2011. Effects of seed treatments
and foliar application of folic acid and ascorbic acid on yield and yield components in Development of Agriculture Using Crop Pattern. 13 January2011. Hamadan, 311-316. (In Persian).

Mahgoub, H.M., Abdel Aziz, G.N. and Mazhar, M.A. 2011. Response of *Dahlia pinnata* L. plant to foliar spray with putrescine and thiamine on growth, flowering and photosynthetic pigments. Ame. Eurasian J. of Agric. and Environ. Sci., 10: 769-775

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Ed, Academic Press, London.
Association. 1-128. Products Press. pp. 363.

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

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 Agric. Sci. 3: 301-305.

Ottenhoff, H.H., Ashurst, J.L., Whitney, H.M., Saldanha, S.A., Schmitzberger, F., Gweon, H.S., Blundell, T.L., Abell, C. and Smith, A.G. **2004**. Organisation of the pantothenate (vitamin B5) biosynthesis pathway in higher plants. Plant J. 37: 61-72.

Oshodi, A.A., Olaofe, O. and Hall, G.M. 1993. Amino acid, fatty acid and mineral composition of pigeon pea. Intern. J. of Food Sci. and Nutrition, 43:187-191.

Pushpalatha, H.G., Mythrashree, S.R., Shetty, R., Geetha, N.P., Sharathchandra, R.G., Amruthesh, K.N. and Shetty, H.S. 2007. Ability of vitamins to induce downy mildew disease resistance and growth promotion in pearl millet. Crop Protec., 26: 1674–1681.

Pushpalatha, H.G., Sudisha, J., Geetha, N.P., Amruthesh, K.N., and Shekar Shetty, H. 2011. Thiamine seed treatment enhances LOX expression, promotes growth and induces downy mildew disease resistance in pearl millet. Biologia Plantarum, 55: 522-527.

Patil, B.C., Hosamani, R.M., Ajjappalavara, P.S., Naik, B.H., Smitha, R.P. and Ukkund, K.C. 2008. Effect of foliar application of micronutrients on growth and yield components of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Karnataka J. of Agric. Sci. 21: 428-430.

Pill, W.G. and Necket, A.D. 2001. The effect of seed treatment on germination and establishment of kentacky bluegass (*Poa partensis* L.) Seed Sci. Technol. 29: 65-72.

Purcell, C., Rosalind., B., Reaper, J. and Vories, D. 2003. Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities. Crop Sci., 42:172-177.

Rion, B. and Alloway, J., 2004. Fundamental aspects of Zinc in soils and plants. Inter. Zinc Association. 1-128.

Raman, S.B. and Rathinasabapathi, B. 2004. Pantothenate synthesis in plant. plant sci. 167: 961-968.

Rizzi, R., Rudorff, F.T. and Shimabukuro, Y.E. 2005. Analysis of MODIS leaf area index product over soybean areas in Rio Grande do sul state, Brazil. Anais xII simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiania, Brasil, INPE, p. 253-260.

Richards, Oscar W. 1938. The Stimulation of Yeast Proliferation By Pantothenic Acid" (PDF). Journal of Biological Chemistry. 113 (2): 531–536.

Roy, R.N., Finck, A., Blair, G.J. and Tandon, H.L.S. 2006. Plant nutrition for food security. A guide for integrated nutrient management. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 16. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 368 pp.

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

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

Still, D.W. and Bradford, K.J. 1997. Endo-B-manganase activity from individual tomato endosperm caps and radicale tips in relation to germination rate. Plant Pysiol. 113:21-29.

Savage, A.D., King, J. and Gamborg, O.L. 1979. Recovery of a pantothenate auxotroph from a cell suspension culture of datura innoxia mill. Plant Sci. Letters, 16: 367-376.

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 utilization soil applied N P Fertilizers. Acta Agron. Hung. 40: 111-116.

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 basilicum* L.) under salt stress. Ozean J. of Appl. Sci., Physiol. 6(3):300-305.

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

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.

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.

Saxena, C.M., Silim, S.N. and Singh, B.K. 1990. Effect of foliar fertilization in different crops under Egyption conditions. Plant Soil Sci., 22: 126-141

Thalooth, A.T., Tawfik, M.M. and Magda Mohamad, H. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions, Bulletin of Egypt. World J. of Agric. Sci., 2: 37-46.

Thimann, K.V. 1963. Plant growth substances; past, present and future. Annu. Rev. Plant Physiol. 14: 1–19.

Taheri, P. and Tarighi, S. 2010. Riboflavin induces resistance in rice against *Rhizoctonia solani* via jasmonatemediated priming of phenylpropanoid pathway. J. of Plant Physiol. 167: 201–208.

Taheri, P. and Tarighi, S. 2011. A survey on basal resistance and riboflavin-induced defense responses of sugar beet against *Rhizoctonia solani*. J. of Plant Physiol., 168: 1114–1122.

Toselli, M.E. and Casenave, E.C. 2002.The hydrotime model analysis of cotton seed germination as tool in priming. Seed Sci. and Technol., 30: 549-557.

Titiz, O., Tambasco-Studart, M., Warzych, E., Apel K.l., Amrhein, N., Laloi, C. and Fitzpatrick, T.B. 2006. PDX[1] is essential for vitamin B6 biosynthesis, development and stress tolerance in Arabidopsis. The Plant J., 48: 933–946.

Went, F.W., Bonner, J. and Warner, G.C. 1938. Aneurin and the rooting of cuttings. Sci .,87: 170–171.

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. and lead on soil enzyme activities . J. of Environ. Sci., 6: 1135- 1141.

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

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

Abstract

Most of the essential processes including like 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 pretreatments on quantitative and qualitative traits of green beans in research field of Shahrood University of Technology in 1395.Treatments were seed pretreatments with two levels of zinc (0, 10 μM), Three levels of pyridoxine (0, 0.02 and 0.04 %) and Three levels of pantothenic acid (0, 0.02 and 0.04 %) randomized in factorial experiment based on RCBD design in 3 replications. For this purpose, the seeds were soaked in the solution for 12 hours and then dried in shade.The results showed that the use of Pantothenic acid 0.02 with pyridoxine 0.04% had a positive effect on dry matter accumulation, stem height, 100-seed weight and green yield. The interaction between the combination of pantothenic acid 0.04 and pyridoxine 0.02 % increased significantly compared to other treatments in the anthocyanin traits, sub branch and final yield. Also, the application of zinc10 mM with two concentrations of pantothenic acid 0.02 and 0.04% had a positive effect on the number of seeds per pod and the stability of the membrane, respectively. Seed pre-treatment with pentothenic acid alone, 0.02 and 0.04%, resulted in a significant increase in stem diameter, relative humidity, chlorophyll a, chlorophyll b, leaf area and qualitative traits. Also, the use of pyridoxine pre-treatment of 0.02 and 0.04% had a significant effect on some physiological traits such as chlorophyll b, total chlorophyll and relative humidity. Flavonoids were affected by the application of zinc 10 μM, Pentothenic acid 0.04% and Pyridoxine 0.04%. Generally, in performed experiment, pyridoxine of 0.04% and pantothenic acid of 0.02% were more effective on studied traits and pretreatments of pyridoxine, pantothenic acid and zinc led to improve the most of agricultural, physiological and qualitative traits of green bean.

Keywords: vitamins, bean, yield components, antioxidants

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agronomy

The effect of seed pretreatment with pyridoxine, pantothenic acid and zinc on growth, yield and quality of green beans

By: Javaher helfi

Supervisors

Dr. M. Baradaran Firouz abadi

Dr. H. Makariyan

Advisor

Dr. M. Parsaeyan

July 2018