

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

عنوان پایان نامه

تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک لوبیا سبز
تحت شرایط جذب برگی سرب و نیکل

دانشجو

زهرا محمدخانی

استاد راهنما

مهدی برادران فیروز آبادی

اساتید مشاور

هادی قربانی

مهدیه پارسائیان

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۲

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند و سلام و درود بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است و...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آن جایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تأمین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزوجل " بر خود لازم می دارم از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر مهدی برادران فیروز آبادی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفتند؛ کمال تشکر و قدردانی را نمایم. صمیمانه ترین مراتب قدردانی خود را از اساتید بزرگوار جناب آقای دکتر هادی قربانی و سرکار خانم دکتر مهدیه پارسائیان که زحمت مشاوره این پایان نامه را متقبل شدند را ابراز می دارم و از محضر اساتید گرامی؛ دکتر اصغری و دکتر حیدری که زحمت داوری این پایان نامه را متقبل شدند؛ تشکر و قدردانی می کنم.

از خانواده ی عزیزم که همواره بر کوتاهی و درستی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یآوری بی چشم داشت برای من بوده اند، سپاسگزارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

چکیده

حضور کارخانجات صنعتی و آلاینده‌های زیست محیطی سبب ازدیاد عناصر سمی در هوا و به تبع آن مخاطره برای انسان گشته است. از جمله این آلاینده‌ها عناصر سرب و نیکل می‌باشند. یکی از بهترین راه‌های مقابله با صدمات فلزات سمی در گیاهان استفاده از مواد آنتی‌اکسیدانی است. به همین منظور، آزمایشی جهت ارزیابی تأثیر فلزات سنگین موجود در باران‌های اسیدی بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris* L.) و تأثیر اسید آسکوربیک در کاهش صدمات آن‌ها، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح نیکل (صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار) به عنوان فاکتور اول، سه سطح سرب (صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار) به عنوان فاکتور دوم و دو سطح محلول‌پاشی اسید آسکوربیک (صفر و ۲۰ میلی مولار) به عنوان فاکتور سوم بود. محلول‌پاشی فلزات سنگین و اسید آسکوربیک به ترتیب ۵۴ و ۶۱ روز پس از کاشت صورت گرفت. یک هفته بعد از محلول‌پاشی اسید آسکوربیک نمونه برداری‌ها انجام شد. نتایج نشان داد نیکل موجب کاهش ارتفاع ساقه اصلی، قطر ساقه، ماده‌ی خشک برگ، ساقه و غلاف، شاخص سطح برگ، کلروفیل کل، کاروتنوئید و افزایش درصد پروتئین در غلاف لوبیا گردید. سرب سبب افزایش سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل کل، کاروتنوئید گردید و غلظت بالای سرب (۴۰۰ میکرومولار) موجب کاهش عملکرد غلاف شد. محلول‌پاشی اسید آسکوربیک سبب کاهش جذب نیکل و سرب در برگ گیاه شد. بررسی ترکیبات تیماری حاصل از تیمارهای سرب و نیکل نشان داد بیش‌ترین میزان پروتئین غلاف (۲۵/۵ درصد) و نیز بالاترین مقدار عملکرد غلاف (۸۱۹۵/۷۵ کیلوگرم در هکتار) کم‌ترین شاخص سطح برگ و محتوای آب برگ از تیمار ۲۰۰ میکرومولار نیکل × سرب صفر به دست آمد. در مجموع اسید آسکوربیک ۲۰ میلی‌مولار نتوانست صدمات ناشی از باران‌های اسیدی را جبران نماید و غلظت سرب ۲۰۰ میکرومولار موجب بهبود فرآیندهای فیزیولوژیکی لوبیا سبز شد.

کلمات کلیدی: اسید آسکوربیک، نیکل، سرب و لوبیا سبز

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- اثر محلول پاشی اسید آسکوربیک بر برخی خصوصیات مورفولوژیک لوبیا سبز تحت شرایط جذب برگی سرب و نیکل. دومین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک و کشاورزی مرسوم. ۳۱-۳۰ مرداد. دانشگاه محقق اردبیلی.

۲- اثر محلول پاشی اسید آسکوربیک بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک لوبیا سبز تحت شرایط جذب برگی سرب و نیکل. دومین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک و کشاورزی مرسوم. ۳۱-۳۰ مرداد. دانشگاه محقق اردبیلی.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۵	فصل دوم: بررسی منابع
۶	۱-۲- لوبیا سبز
۶	۱-۱-۲- اهمیت حبوبات
۶	۲-۱-۲- تاریخچه
۷	۳-۱-۲- مراحل رشد و نمو
۷	۴-۱-۲- اهمیت لوبیا سبز
۹	۵-۱-۲- گیاهشناسی
۱۰	۶-۱-۲- سازگاری
۱۱	۷-۱-۲- عناصر غذایی مورد نیاز
۱۲	۲-۲- گیاهان و تنش های محیطی
۱۳	۱-۲-۲- عناصر سنگین
۱۴	۲-۲-۲- تنش عناصر سنگین
۱۵	۳-۲- سرب
۱۶	۱-۳-۲- اثرات سرب بر بدن انسان
۱۷	۲-۳-۲- تنش سرب در گیاهان
۱۹	۴-۲- نیکل
۱۹	۱-۴-۲- اثرات نیکل بر بدن انسان
۲۰	۲-۴-۲- تنش نیکل در گیاهان
۲۱	۵-۲- تنش اکسیداتیو
۲۲	۱-۵-۲- مکانیسم های مقاومت در برابر تنش اکسیداتیو
۲۵	۶-۲- اسید آسکوربیک
۲۷	۱-۶-۲- تأثیر اسید آسکوربیک بر تنش های زنده و غیر زنده
۲۷	۲-۶-۲- تأثیر اسید آسکوربیک در تنش فلزات سنگین
۲۹	فصل سوم : مواد و روش ها
۳۰	۱-۳- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش
۳۰	۲-۳- خصوصیات خاک محل آزمایش
۳۰	۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

۳۲	۴-۳- عملیات اجرایی
۳۲	۴-۳-۱- کاشت
۳۳	۴-۳-۲- داشت
۳۳	۴-۳-۳- اعمال تیمارها
۳۳	۴-۳-۴- برداشت
۳۴	۳-۵- صفات زراعی و مورفولوژیک
۳۴	۳-۵-۱- ارتفاع ساقه اصلی
۳۴	۳-۵-۲- قطر ساقه
۳۴	۳-۵-۳- سطح برگ، وزن خشک برگ و ساقه و غلاف
۳۵	۳-۵-۴- عملکرد و اجزاء عملکرد
۳۵	۳-۵-۵- تعداد شاخه فرعی
۳۵	۳-۶- صفات فیزیولوژیک
۳۵	۳-۶-۱- کلروفیل
۳۶	۳-۶-۲- سنجش درصد پروتئین
۳۷	۳-۶-۳- میزان عناصر سنگین در گیاه
۳۸	۳-۶-۴- محتوای آب نسبی برگ
۳۹	۳-۷- تجزیه و تحلیل داده‌ها

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴۱	۴-۱- صفات مورفولوژیکی
۴۲	۴-۱-۱- ارتفاع ساقه اصلی
۴۴	۴-۱-۲- قطر ساقه
۴۶	۴-۱-۳- تعداد شاخه فرعی
۴۸	۴-۱-۴- تعداد شاخه فرعی فرعی
۵۰	۴-۱-۵- شاخص سطح برگ
۵۲	۴-۱-۶- وزن خشک برگ
۵۵	۴-۱-۷- وزن خشک ساقه
۵۸	۴-۱-۸- وزن خشک غلاف
۶۰	۴-۲- عملکرد و اجزاء عملکرد
۶۰	۴-۲-۱- تعداد غلاف در بوته
۶۲	۴-۲-۲- تعداد دانه در غلاف
۶۲	۴-۲-۳- وزن هزار دانه
۶۴	۴-۲-۴- عملکرد نهایی دانه

۶۶	۴-۲-۵- عملکرد غلاف سبز
۶۹	۴-۳- صفات فیزیولوژیک
۶۹	۴-۳-۱- میزان رنگدانه‌های برگ
۶۹	۴-۳-۱-۱- کلروفیل a
۷۱	۴-۳-۱-۲- کلروفیل b
۷۴	۴-۳-۱-۳- کلروفیل کل
۷۸	۴-۳-۱-۴- کاروتنوئید
۸۰	۴-۳-۲- میزان عناصر سنگین در گیاه
۸۰	۴-۳-۲-۱- میزان عنصر نیکل در برگ
۸۲	۴-۳-۲-۲- میزان عنصر سرب در برگ
۸۴	۴-۳-۲-۳- میزان عنصر نیکل در غلاف
۸۴	۴-۳-۲-۴- میزان عنصر سرب در غلاف
۸۵	۴-۳-۳- درصد پروتئین غلاف
۸۶	۴-۳-۴- عملکرد پروتئین غلاف
۸۸	۴-۳-۵- محتوای نسبی آب برگ
۹۱	نتیجه‌گیری
۹۲	پیشنهادهات
۹۳	منابع
۱۰۷	پیوست

فهرست شکل‌ها

صفحه	شکل
۲۵	۲-۱- ساختار مولکولی اسید آسکوربیک
۳۱	۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی
۴۳	۴-۱- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه اصلی بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
۴۳	۴-۲- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه اصلی بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل
۴۵	۴-۳- مقایسه میانگین قطر ساقه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل
۴۷	۴-۴- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
۴۷	۴-۵- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
۴۸	۴-۶- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی فرعی بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
۴۹	۴-۷- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی فرعی بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل
۴۹	۴-۸- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی فرعی بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
۵۱	۴-۹- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
۵۱	۴-۱۰- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل

- ۵۲ ۴-۱۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
- ۵۳ ۴-۱۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
- ۵۴ ۴-۱۳- مقایسه میانگین وزن خشک برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل
- ۵۵ ۴-۱۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
- ۵۶ ۴-۱۵- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
- ۵۷ ۴-۱۶- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل
- ۵۷ ۴-۱۷- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
- ۵۹ ۴-۱۸- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
- ۵۹ ۴-۱۹- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل
- ۶۰ ۴-۲۰- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
- ۶۱ ۴-۲۱- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
- ۶۲ ۴-۲۲- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت شرایط تیماری اسید آسکوربیک
- ۶۳ ۴-۲۳- مقایسه میانگین وزن هزار دانه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
- ۶۴ ۴-۲۴- مقایسه میانگین وزن هزار دانه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل
- ۶۵ ۴-۲۵- مقایسه میانگین عملکرد نهایی دانه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
- ۶۵ ۴-۲۶- مقایسه میانگین عملکرد نهایی دانه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل
- ۶۶ ۴-۲۷- مقایسه میانگین عملکرد نهایی دانه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
- ۶۷ ۴-۲۸- مقایسه میانگین عملکرد غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
- ۶۸ ۴-۲۹- مقایسه میانگین عملکرد غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل
- ۶۹ ۴-۳۰- مقایسه میانگین عملکرد غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
- ۷۰ ۴-۳۱- مقایسه میانگین کلروفیل a بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
- ۷۱ ۴-۳۲- مقایسه میانگین کلروفیل a بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
- ۷۲ ۴-۳۳- مقایسه میانگین کلروفیل b بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
- ۷۳ ۴-۳۴- مقایسه میانگین کلروفیل b بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل
- ۷۳ ۴-۳۵- مقایسه میانگین کلروفیل b بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
- ۷۶ ۴-۳۶- مقایسه میانگین کلروفیل کل بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
- ۷۷ ۴-۳۷- مقایسه میانگین کلروفیل کل بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل
- ۷۸ ۴-۳۸- مقایسه میانگین کلروفیل کل بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
- ۷۹ ۴-۳۹- مقایسه میانگین کاروتنوئید بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
- ۸۰ ۴-۴۰- مقایسه میانگین کاروتنوئید بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
- ۸۱ ۴-۴۱- مقایسه میانگین نیکل برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
- ۸۲ ۴-۴۲- مقایسه میانگین نیکل برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
- ۸۳ ۴-۴۳- مقایسه میانگین سرب برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

۸۳	۴-۴۴- مقایسه میانگین سرب برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
۸۴	۴-۴۵- مقایسه میانگین نیکل غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
۸۵	۴-۴۶- مقایسه میانگین درصد پروتئین غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
۸۶	۴-۴۷- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
۸۷	۴-۴۸- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل
۸۸	۴-۴۹- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب
۸۹	۴-۵۰- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب
۸۹	۴-۵۱- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

فهرست جداول

صفحه	جدول
۸	۲-۱- مراحل رشد و نمو
۳۱	۳-۱- تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
۳۲	۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش
۱۰۸	پیوست ۱- میانگین مربعات ارتفاع ساقه اصلی، قطر ساقه، شاخه فرعی، شاخه فرعی فرعی تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگ سرب و نیکل
۱۰۸	پیوست ۲- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه اصلی، قطر ساقه، شاخه فرعی، شاخه فرعی فرعی تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگ سرب و نیکل
۱۰۹	پیوست ۳- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه اصلی، قطر ساقه، شاخه فرعی، شاخه فرعی فرعی تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگ سرب و نیکل
۱۱۰	پیوست ۴- میانگین مربعات وزن خشک غلاف، برگ، ساقه و شاخص سطح برگ تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگ سرب و نیکل
۱۱۰	پیوست ۵- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف، برگ، ساقه و شاخص سطح برگ تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگ سرب و نیکل
۱۱۱	پیوست ۶- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف، برگ، ساقه و شاخص سطح برگ تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگ سرب و نیکل
۱۱۲	پیوست ۷- میانگین مربعات عملکرد غلاف و اجزاء عملکرد تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگ سرب و نیکل
۱۱۳	پیوست ۸- مقایسه میانگین عملکرد غلاف و اجزاء عملکرد تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگ سرب و نیکل
۱۱۴	پیوست ۹- مقایسه میانگین عملکرد غلاف و اجزاء عملکرد تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگ سرب و نیکل
۱۱۵	پیوست ۱۰- میانگین مربعات کلروفیل برگ تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگ سرب و نیکل
۱۱۵	پیوست ۱۱- مقایسه میانگین کلروفیل برگ تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگ سرب و نیکل

- ۱۱۶ پیوست ۱۲- مقایسه میانگین کلروفیل برگ تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگی سرب و نیکل
- ۱۱۷ پیوست ۱۳- میانگین مربعات عناصر نیکل و سرب در برگ و غلاف تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگی سرب و نیکل
- ۱۱۷ پیوست ۱۴- مقایسه میانگین عناصر نیکل و سرب در برگ و غلاف تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگی سرب و نیکل
- ۱۱۸ پیوست ۱۵- میانگین مربعات درصد پروتئین غلاف، عملکرد پروتئین و محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگی سرب و نیکل
- ۱۱۸ پیوست ۱۶- مقایسه میانگین درصد پروتئین غلاف، عملکرد پروتئین و محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگی سرب و نیکل
- ۱۱۹ پیوست ۱۷- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگی سرب و نیکل

فصل اول

مقدمه

یکی از مشکلات جدی محیط زیست که امروزه بشر در اکثر نقاط جهان با آن درگیر است، باران اسیدی می‌باشد. باران اسیدی به پدیده‌هایی مانند مه اسیدی و برف اسیدی که با نزول مقادیر قابل توجهی اسید از آسمان همراه هستند، اطلاق می‌شود. در ترکیب شیمیایی ذرات موجود در اتمسفر تغییرات زیادی مشاهده می‌شود. ذرات موجود در اتمسفر، آلی و معدنی هستند. فنل‌ها، اسیدهای آلی و الکل‌ها برخی از ذرات آلی هستند که بیش از سایر ذرات آلی در اتمسفر یافت می‌شوند. معروف‌ترین ذرات معدنی موجود در اتمسفر نیتрат‌ها، سولفات‌ها و فلزاتی نظیر آهن، سرب، منگنز، روی و وانادیم می‌باشند. طبق مطالعات، باران اسیدی به علت وجود فلزات سنگین دارای نتایج زیان‌بار اکولوژیکی می‌باشد و وجود اسید در هوا بر سلامتی انسان اثر مستقیم دارد و همچنین بر پوشش گیاهی تأثیرات نامطلوبی می‌گذارد (بیات، ۱۳۸۳).

فلزات سنگین از آلاینده‌های مهم محیط زیست به شمار می‌روند که عمدتاً از فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی بشر منشأ می‌گیرند. حضور آن‌ها در اتمسفر، آب و خاک حتی در غلظت‌های بسیار پایین و انباشته شدن این آلاینده‌ها در زنجیره غذایی می‌تواند زندگی بشر را به مخاطره بیندازد (مت‌گاسپر و آنتون، ۲۰۰۲، سانیتا و گابریلی، ۱۹۹۹ و گروپا و همکاران، ۲۰۰۷). این عناصر روی رشد، نمو و عملکرد کمی و کیفی گیاهان نیز اثر سوء دارند. به عنوان مثال غلظت بالای نیکل در گیاهان سبب زردی در برگ گیاهان و کاهش میزان تولید می‌شود (مرین و همکاران، ۲۰۰۴). سرب در گیاهان سبب ایجاد مسمومیت، کلروز و لکه‌های سیاه در سیستم ریشه، کاهش رشد، کاهش شدید محصول و همچنین موجب مهار فتوسنتز، اختلال تغذیه مواد معدنی و تعادل آب، تغییر وضعیت هورمونی و تأثیر بر ساختار غشاء و نفوذپذیری سیستم ریشه می‌شود و به این ترتیب سبب بروز مشکلات جدی در امر کشاورزی می‌شود. نیکل و سرب از جمله عناصری هستند که در هوای آلوده وجود دارند، چنان‌چه این عناصر از طریق باران به سطح خاک برسند مشکلات زیست محیطی فراوانی را به دنبال خواهند داشت و چنان‌چه این عناصر وارد زنجیره غذایی انسان شوند، مشکلات فراوانی را برای انسان به وجود می‌آورند. قطعاً گیاهان مسیر مناسبی برای ورود فلزات سنگین به زنجیره غذایی انسان هستند. صدماتی

که این عناصر به گیاهان وارد می‌کنند تأثیر منفی بر تولید محصولات کشاورزی دارد. لذا یافتن راهکارهایی به منظور کاهش میزان تنش وارده به گیاه و یا افزایش تحمل گیاه به تنش فلزات سنگین ضروری به نظر می‌رسد.

بلوخینا و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند که اسید آسکوربیک یکی از فراوان‌ترین آنتی اکسیدان‌ها می‌باشد که محافظ سلول و در حال حاضر به عنوان یک تنظیم کننده‌ی رشد و نمو سلولی است. اعتقاد بر این است که آسکوربات دفع مسمومیت رادیکال‌های آزاد اکسیژن و رادیکال‌های هیدروکسیل را انجام می‌دهد (آسادا، ۱۹۹۹).

اکثر گیاهانی که در مناطق صنعتی و آلوده به فلزات سنگین مورد کشت قرار می‌گیرند، تنش اکسیداتیو ناشی از فلزات سنگین را تجربه می‌کنند. یکی از گیاهانی که نقش مهمی در زنجیره غذایی انسان دارد و ممکن است از این تنش‌ها آسیب ببیند، لوبیا سبز است. حبوبات پس از غلات دومین منبع غذایی بشر محسوب می‌شوند. در بین حبوبات از نظر سطح زیر کشت، مقام اول مربوط به لوبیا است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۱). لوبیا زراعی و یا لوبیا سبز به عنوان دومین لگوم بعد از نخود در سراسر جهان از لحاظ تغذیه‌ای حائز اهمیت می‌باشد (اسکرپتر، ۲۰۰۴).

لوبیا که یکی از پر مصرف‌ترین مواد غذایی کشت شده در دنیا می‌باشد، منبعی فوق‌العاده از فیبر، پروتئین و کربوهیدرات می‌باشد. لوبیا سبز از جمله محصولات است که می‌تواند در زمان‌های مختلف مانند کشت بهاره و تابستانه مورد کشت قرار گیرد (آمولی و همکاران، ۲۰۰۵). از این رو با زیر کشت رفتن زمین در فصل بهار و بارش بهاره امکان تنش اکسیداتیو ناشی از فلزات سنگین افزایش می‌یابد. بنابراین هدف از این تحقیق موارد زیر می‌باشد:

- ۱- بررسی تأثیر باران اسیدی (شامل فلزات نیکل و سرب) بر رشد و عملکرد لوبیا سبز
- ۲- تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در تخفیف اثرات منفی ناشی از تنش فلزات سنگین
- ۳- تعیین میزان جذب برگی فلزات سنگین نیکل و سرب توسط گیاه لوبیا سبز

فصل دوم

بررسی منابع

سبزیجات گیاهان علفی معمولاً یک‌ساله یا چند ساله‌اند که به صورت تازه یا فرآوری‌شده مصرف می‌شوند. سبزیجات نقش مهمی در غذای انسان‌ها دارند و در هر فرهنگی تعداد زیادی از آن‌ها مورد مصرف قرار می‌گیرد. لوبیا سبز نیز یکی از مهم‌ترین سبزیجات است (رایدر و ویکوت، ۱۹۹۳).

۲-۱- لوبیا سبز

۲-۱-۱- اهمیت حبوبات

حبوبات از منابع گیاهی غنی از پروتئین هستند که پس از غلات، دومین منبع مهم غذایی انسان به شمار می‌روند. این گیاهان با تثبیت زیستی نیتروژن ضمن بهبود حاصل‌خیزی خاک، به صورت گیاهان پوششی و یا در تناوب با بسیاری از گیاهان زراعی در جلوگیری از فرسایش خاک مؤثر هستند و نقش مهمی در پایداری نظام‌های کشاورزی ایفا می‌نمایند. این گیاهان برای تنوع بخشی به نظام‌های کشت مبتنی بر غلات به عنوان محصولات ممتاز در نظر گرفته می‌شوند. علاوه بر آن، گیاهانی کم توقع هستند که برای کشت در نظام‌های زراعی کم‌نهاده مطلوب و از این‌رو از نظر اکولوژی و زیست‌محیطی، در پیشگیری از آلودگی اراضی نقش دارند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). حبوبات منبع مهم ویتامین‌هایی مانند ریوفلاوین، ویتامین ب و کاروتن می‌باشند و از لحاظ اسیدهای آمینه ضروری به‌ویژه لیزین غنی می‌باشند از این‌رو می‌توانند همراه با غلات مصرف شوند (بغدادی، ۱۳۸۴).

۲-۱-۲- تاریخچه

تاریخچه کشت لوبیا به ۸۰۰۰ سال پیش می‌رسد. لوبیا سبز و تمام ۲۰۰ واریته آن از آمریکای جنوبی منشأ گرفته‌اند (پارا، ۲۰۰۷). این گیاه هم‌اکنون به طور وسیعی در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری و سرتاسر مناطق معتدله کشت می‌شود. لوبیا سبز محصول مهم حبوبات در بسیاری از مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری آمریکا و قسمت‌هایی از مناطق گرمسیر آفریقا محسوب می‌شود. هم‌چنین محصول عمده در هندوستان و بیش‌تر مناطق حاره آسیا است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

مدارک باستان‌شناسی مربوط به آمریکای جنوبی یعنی پرو نشان می‌دهد که دوره اهلی شدن واریته *vulgaris* به ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح برمی‌گردد. برزیل و شمال آرژانتین ناحیه اهلی شدن گونه‌های لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) می‌باشند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۱-۳- مراحل رشد و نمو

فنولوژی رشد و نمو در حبوبات به چهار مرحله جوانه‌زنی، رشد رویشی، گل‌دهی و غلاف‌دهی تقسیم می‌شود (جدول ۱-۲). جوانی‌زنی مناسب، نیاز اولیه برای استقرار گیاه است. رشد رویشی شامل شاخه‌دهی و توسعه کانوپی گیاه است. گل‌دهی در غالب حبوبات یک فرآیند پیوسته است که تا مرحله نمو غلاف ادامه دارد. در این گیاهان که گل‌دهی آن‌ها از نوع رشد نامحدود می‌باشد، رشد رویشی حتی در هنگام گل‌دهی و نمو غلاف ادامه می‌یابد. رسیدگی نیز معمولاً با پیر شدن برگ‌ها توأم است. مدت زمان هریک از مراحل فنولوژی بسته به رقم، فتوپریود، دما و آب قابل دسترس متغیر است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۱-۴- اهمیت لوبیا سبز

لوبیا سبز یکی از لگوم‌های زراعی با ارزش غذایی بالا است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۱). لوبیا مهم‌ترین عضو خانواده حبوبات به شمار می‌آید و با داشتن ۲۲-۲۵ درصد پروتئین، ۵۶-۵۸ درصد کربوهیدرات در بسیاری از کشورهای در حال توسعه به عنوان یکی از منابع مهم پروتئین گیاهی محسوب می‌شود. سطح زیر کشت آن در دنیا بالغ بر ۲۷/۳ میلیون هکتار با متوسط عملکرد حدود ۶۶۰ کیلوگرم در هکتار است. در ایران سطح زیر کشت آن حدود ۲۴۰ هزار هکتار با عملکرد متوسط ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

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

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

لوبیا سبز در بین انواع گیاهان تجاری حاوی بیشترین مقدار پروتئین می‌باشد. مطالعات انجام شده نشان داده که پروتئین گیاه به سرعت در بین میوه‌ها به خصوص در دانه‌ها جمع می‌شود. در فاصله ۵۲ تا ۶۰ روزگی گیاه هر روز ۱۷ میلی‌گرم پروتئین به گیاه افزوده می‌شود. تجمع پروتئین در دانه‌ها در نتیجه انتقال از برگ‌ها است زیرا ظرفیت فتوسنتزی غلاف پایین است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۱). پروتئین موجود در دانه‌های حبوبات ۲ تا ۳ برابر غلات و ۱۰ تا ۲۰ برابر بیش‌تر از گیاهان غده‌ای است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۱ و کوبلی، ۱۹۹۶). کیفیت پروتئین و میزان اسید آمینه لگوم‌ها (حبوبات) به عوامل مختلفی مانند وارسته، گونه، عناصر کم مصرف غذایی در خاک و کودهای افزودنی بستگی دارد. دانه حبوبات حاوی مقادیر کمی از ویتامین‌های کاروتئین، ریوفلاوین، اسید آسکوربیک و مقدار متوسطی ویتامین‌های نیاسین و تیامین است. لیکن از لحاظ عناصر معدنی مانند آهن و کلسیم غنی هستند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). لوبیا سبز قابلیت تثبیت و به کارگیری نیتروژن هوا و ورود این عنصر ارزشمند به چرخه نیتروژن را داراست، که کشاورزان با توجه به این قابلیت از این گیاه در تناوب با محصولات دیگر استفاده می‌کنند (اسکریپتز، ۲۰۰۴).

۲-۱-۵- گیاه‌شناسی

لوبیا سبز با نام لاتین green beans از خانواده Fabaceae جنس Phaseolus و نام علمی *P. vulgaris* گیاهی است که در جهان دانه‌های آن مصرف خوراکی دارد. از نظر نوع مصرف لوبیا به دو صورت، تازه خوری (غلاف سبز) و مصرف دانه تقسیم می‌شود. این گیاه دارای ۵ گونه زراعی و ۵۰ گونه وحشی است. گونه‌های زراعی آن شامل *Ph. Polyanthus*, *Ph. coccineus*, *Ph. acutifolius*, *Ph. lunatus*, *Ph. vulgaris* می‌باشد. همه‌ی لوبیاهای خشک (چیتی، سفید، قرمز و کرم) در ایران از جنس و گونه *Ph. vulgaris* می‌باشند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

لوبیا گیاهی یک ساله، بالا رونده یا بوته‌ای، کمی کرک‌دار با ریشه‌ی عمودی و جانبی توسعه یافته و گاهی دارای گره‌های کروی است. ساقه آن گوشه دار یا شبه استوانه است. برگ‌های لوبیا متناوب و سه

قسمتی است. دمبرگ معمولاً تا ۱۵ سانتی متر طول دارد و روی برگ شیاردار است. برگچه‌های پایینی غیر متقارن، معمولاً بیضوی و به ابعاد ۵ تا ۱۰ در ۷ تا ۱۴ سانتی متر هستند. گل آذین محوری یا انتهایی بوده و دارای چند گل به رنگ سفید، صورتی، سوسنی یا ارغوانی است. کاسه گل استکانی و جام گل پروانه‌ای شکل می‌باشد. پرچم‌ها به صورت دیادلفوس^۱ (۱+۹) و تخمدان از جوانب فشرده و دارای ۴ الی ۱۲ (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 (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۱-۶- سازگاری

لوبیا سبز به آب و هوای گرمسیری تعلق دارد ولی طی دوره فصل کوتاه رشد می‌کند، این گیاه به آب کافی و گرمای متعادل نیاز دارد، بنابراین آبیاری برای تولید موفق آن لازم است. گرمای زیاد در تیرماه و همچنین رطوبت زیاد در اواخر دوره رشد و شیوع بیماری یکی از دلایل کاهش محصول لوبیا سبز است. لوبیا سبز در خاک‌های لومی‌شنی و یا حتی درشت‌تر مانند سیلتی‌لومی با موفقیت رشد می‌کند. خاک باید از زه‌کشی مناسبی برخوردار باشد. خاک‌های سنگین از قبیل سیلتی‌لومی به دلیل پوسیدگی ریشه در درون خاک برای کشت لوبیا مناسب نیست و می‌تواند مشکلات عدیده‌ای ایجاد کند. در خاک‌هایی با ایستابی آب بالا میزان گل‌دهی لوبیا سبز به طور چشم‌گیری کاهش پیدا می‌کند. عمق ریشه لوبیا سبز زیاد نیست بنابراین گیاه بیش‌تر نیاز خود را از لایه‌های بالایی خاک جذب می‌کند. برداشت لوبیا سبز معمولاً ۵۰ تا ۶۰ روز پس از کاشت یا ۱۵ تا ۱۸ روز پس از گل‌دهی انجام می‌گیرد. در دمای ۵ تا ۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۵ درصد میزان انبارداری به یک هفته می‌رسد. گیاه لوبیا نباید زیاد در معرض دماهای پایین (زیر ۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گیرد زیرا سبب یخ‌زدگی می‌گردد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

1- Diadelphous

۲-۱-۷- عناصر غذایی مورد نیاز

در مقیاس جهانی لوبیا عمدتاً در زمین‌های فقیر کشت می‌شود. بررسی‌های متعدد عکس‌العمل گیاه لوبیا را به مصرف انواع مختلف کودهای شیمیایی پرمصرف و کم‌مصرف مشخص نموده است. به طور کلی لوبیا سبز ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از خاک جذب می‌نماید که بخش عمده‌ای از آن توسط باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن تأمین می‌شود. لذا ۲۵ تا ۵۰ کیلوگرم نیتروژن با توجه به نوع خاک و مقدار ماده‌ی آلی و نیتروژن آن به عنوان شروع جهت تحریک رشد اولیه گیاه لازم است (اسکرپیتز، ۲۰۰۴).

عکس‌العمل گیاه به فسفر نیز مشابه نیتروژن است، به طوری که با افزایش میزان رطوبت مزرعه میزان مصرف فسفر جهت حصول حداکثر عملکرد افزایش می‌یابد. از علایم اصلی کمبود فسفر در لوبیا سبز، کاهش رشد گیاه، افزایش دوره رشد رویشی، تأخیر در گل‌دهی و کوتاه شدن دوره‌ی زایشی است. در بعضی از موارد مصرف کود پتاسیم توصیه نمی‌شود. در بین گیاهان زراعی مهم، لوبیا بیش‌تر از سایرین به مصرف عناصر کم‌مصرف واکنش نشان می‌دهد کمبود عناصری مانند روی، بر، آهن، مولیبدن و مس موجب اختلال در رشد و نمو طبیعی گیاه و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

pH خاک باید بین ۶ الی ۶/۵ باشد، مقدار مورد نیاز عناصر مغذی در لوبیا را می‌توان با آنالیز برگ و خاک مشخص کرد. معمولاً لوبیا سبز به عناصر غذایی زیاد احتیاج ندارد ولی اگر کشت آن بعد از ذرت و گندم صورت گیرد، باید مقداری کود فسفات و پتاسیم به زمین اضافه شود. هم‌چنین می‌توان ۲۸ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به عنوان آغاز کننده برای بهبود هم‌زیستی بین گیاه و باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن به زمین داد. در خاک‌های شنی با بارندگی سنگین کود نیتروژن به صورت سرک در نوبت دوم الزامی است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۲- گیاهان و تنش‌های محیطی

گیاهان در دوره حیاتشان با انواع تنش‌های محیطی مواجه می‌شوند، این تنش‌ها شانس نمو و بقای گیاهان را محدود می‌کنند. در بسیاری از نقاط کره خاکی شرایط مناسب رشد فقط برای مدت کوتاهی دوام دارد و گیاهان مجبورند که در همین زمان کم، مراحل اساسی رشد خود را انجام دهند. در برخی نقاط هم که شرایط برای رشد مناسب است، افزایش تراکم و تعداد گیاهان عامل ایجاد رقابت برای گیاهان در به دست آوردن مواد غذایی، آب و نور است (لارچر، ۲۰۰۱). در مجموع تنش یعنی شرایط نامناسبی که حتما مرگ آنی در پی ندارد و به طور دائم یا موقت در یک محل اتفاق می‌افتد ولی بر عملکردهای حیاتی موجودات تأثیر داشته باشد (والتر و بریکل، ۱۹۸۵).

به هر حال دانشمندان علوم گیاهی تنش را با دو تعریف بوم شناختی و بیوشیمیایی مورد توجه قرار می‌دهند. تنش در مفهوم بوم شناختی، فشارهای زیست محیطی است که نسبت تولید ماده خشک را در قسمتی از گیاه یا تمامی آن محدود می‌کند. ولی تنش از نظر بیوشیمیایی به معنی اختلال در تولید طبیعی ترکیبات مختلف گیاهی است.

همه تنش‌ها، پاسخ‌های مشترکی را در گیاهان القا می‌کنند. ولی در شروع سیگنال با هم تفاوت دارند. هم‌چنین گیرنده‌های آن‌ها متفاوت می‌باشند. این تنش‌ها با بیان یک سری از ژن‌ها، گیاه را قادر به ترمیم آسیب ناشی از تنش می‌کنند یا گیاه را در برابر تنش‌های محیطی که آینده پیش خواهد آمد، حمایت می‌کنند (باجگاز و حیات، ۲۰۰۸). یعنی در واقع گیاه را با محیط سازگار کرده و بقای آن را بیش‌تر تأمین و تضمین می‌کنند و از این طریق به نوعی با محیط خود سازش یا تطابق می‌یابند. سازش‌ها اعم از مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی به نحوی انجام می‌گیرد که گیاه بتواند بهتر با محیط تطابق پیدا کند و از امکانات مادی محیط خود به گونه شایسته‌ای استفاده کند. به طور مثال سازش بیوشیمیایی در گیاهان شامل انواع تغییرات بیوشیمیایی در سلول است. این تغییرات شامل تکامل راه‌های متابولیکی جدید، تجمع متابولیت‌های با وزن مولکولی کم، سنتز پروتئین‌های خاص، مکانیسم‌های سم زدایی و تغییر در میزان فیتوهورمون‌ها می‌باشند (باجگاز و حیات، ۲۰۰۸).

۲-۱- عناصر سنگین

عناصر سنگین دسته‌ای از آلوده‌کننده‌های محیطی می‌باشند که میزان آن‌ها با پیشرفت صنعت روز به روز در حال افزایش است. ورود این آلاینده‌ها به درون اکوسیستم زمین به عنوان یک خطر جدی برای حیات اکوسیستم به شمار می‌آید (نریگو، ۱۹۷۹). میزان ورود این عناصر سنگین به محیط زیست، بسیار فراتر از میزانی است که به وسیله فرآیندهای طبیعی برداشت می‌شوند. بنابراین تجمع این عناصر در محیط زیست که ماندگاری طولانی مدت و تقریباً دائمی نیز در محیط دارند سلامت انسان را به مخاطره می‌اندازد و مواجهه انسان با بعضی از آن‌ها از طریق آب و مواد غذایی می‌تواند مسمومیت‌های مزمن، حاد و خطرناکی ایجاد نماید (جیانگ و همکاران، ۲۰۰۴).

براساس تقسیم بندی نایبر و ریچاردسون (۱۹۸۰) عناصر سنگین به تعدادی از فلزات و یون‌های آن‌ها اطلاق می‌شود که عدد اتمی آن‌ها بیش‌تر از ۲۰ باشد. از جمله عناصر سنگین می‌توان به کادمیوم، روی، سرب، مس، نیکل، جیوه و کروم اشاره کرد. در بین فلزات سنگین سرب، کادمیوم و جیوه از مهم‌ترین آلوده‌کننده‌ها هستند که در اثر فعالیت‌های مدرن انسانی تولید می‌شوند (یانگ و همکاران، ۱۹۹۶).

به صورت کاملاً تئوری هر ۱۰۰۰ کیلوگرم خاک معمولی حاوی ۲۰۰ گرم کروم، ۸۰ گرم نیکل، ۱۶ گرم سرب، ۵/۰ گرم جیوه و ۲/۰ گرم کادمیوم می‌باشد. حتی محصولات زراعی تولیدی در مناطق کاملاً پاک از نظر آلودگی، عاری از فلزات سنگین نیستند (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). فلزات سنگین به طور طبیعی در خاک به عنوان عناصر کمیاب یافت می‌شوند که محدود به معدنی شدن معمول آن‌ها می‌باشد و به آسانی قابل استفاده نمی‌باشند. اشکال قابل استفاده بیولوژیکی در نتیجه فعالیت انسان است. وجود آن‌ها در هوا، خاک و آب حتی در مقادیر ناچیز می‌تواند موجب بروز مشکلات جدی در جانداران گردد. تجمع زیستی فلزات سنگین در زنجیره غذایی می‌تواند بسیار خطرناک باشد (جعفری، ۱۳۸۲).

۲-۲-۲- تنش عناصر سنگین

وجود فلزات سنگین در هوا و اثر آن بر پوشش‌های گیاهی می‌تواند بسیاری از پارامترهای مربوط به رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد و مانع فعالیت بسیاری از واکنش‌های آنزیمی و متابولیکی در گیاهان شوند (بایکو و همکاران، ۲۰۰۶).

بروز تنش ناشی از عناصر سنگین علائم و خسارات متعدد در گیاهان را در پی دارد. از جمله این که این عناصر قادر به جلوگیری از طویل شدن ریشه‌ها، کاهش فتوسنتز، کاهش فعالیت‌های آنزیمی و نیز وارد شدن آسیب اکسیداتیو به غشاءها می‌شود (شا و کلیزیگ، ۱۹۹۹). این اثرات ممکن است موجب حساسیت بیش‌تر گیاهان به سایر تنش‌ها گردند که بیش‌تر در ارتباط با تأثیر فلزات سنگین بر فرآیندهای فیزیولوژیک تأثیرگذار در تنظیم آب گیاه می‌باشد. برای مثال تنش فلزات سنگین از طریق کاهش ظرفیت جذب آب در سیستم ریشه‌ای و احتمالاً بلوکه شدن روزه‌های آبی و نیز کاهش کارایی مصرف آب، می‌تواند موجب بروز تنش خشکی در گیاه گردد (ریسر و امرسون، ۲۰۰۷). در آزمایشی که روی لوبیا سبز کشت شده در پرلیت به عمل آمد، تأثیر کروم در پاسخ گیاه به تنش خشکی در بین برگ‌های مختلف، متفاوت بود. در حالی که وقتی این بوته‌ها در معرض کادمیوم قرار گرفتند تحت شرایط تنش آبی ضعیف، فشار آماس کاهش یافت (بارسلو و همکاران، ۱۹۸۶).

فلزات سنگین در غلظت‌های زیاد بر رشد، نمو و عملکرد گیاه اثر می‌گذارند (ماده‌اوا راو و اسرستی، ۲۰۰۰). برای مثال جیوه می‌تواند از طریق ترکیب با پروتئین‌های کانالی مربوط به ورود آب، موجب تحریک بسته شدن روزه‌ها و انسداد فیزیکی جریان آب و نیز اختلال در فعالیت میتوکندری و تحریک آسیب اکسیداتیو در گیاهان گردد (ژانگ و تیرمن، ۱۹۹۹). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد تجمع جیوه می‌تواند سمی باشد و سطوح سمی آن می‌تواند آسیب‌های واضح و ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی در گیاهان را موجب گردد (ژو و همکاران، ۲۰۰۷). از آنجایی که فلزات سنگین از قبیل مس و روی اجزاء تشکیل دهنده‌ی بسیاری از آنزیم‌ها و پروتئین‌های دیگر هستند برای رشد و نمو طبیعی گیاه ضروری هستند. با این حال، افزایش غلظت هر دو فلز ضروری و فلزات سنگین غیر ضروری موجود

در خاک می‌تواند به مسمومیت منجر شود و موجب مهار رشد در اکثر گیاهان شود (هال، ۲۰۰۲). سمی بودن این عناصر (مس و روی) ممکن است ناشی از اتصال فلزات گروه‌های سولفیدی در پروتئین‌ها باشد که منجر به ممانعت از فعالیت یا اختلال در ساختار، یا جابجایی یک عنصر اساسی شود و به اثرات کمبود منجر شود (ون و کلیجسترز، ۱۹۹۰). ازدیاد روی در گیاه می‌تواند موجب افزایش کمبود مس و منگنز در اندام هوایی گردد (فونتس و کوکس، ۱۹۹۸). از دیگر علائم سمیت روی در گیاهان، برگ‌های قرمز متمایل به بنفش می‌باشد که به کمبود فسفر نسبت داده می‌شود (لی و همکاران، ۱۹۹۶). برخی دیگر از فلزات سنگین مانند کادمیوم از تشکیل کلروفیل از طریق تداخل با تولید پروتوکلروفیلید جلوگیری می‌کنند (پراساد و همکاران، ۲۰۰۴). گزارش شده است که سمیت گیاه توسط کروم می‌تواند موجب کاهش رشد، زردی برگ‌های جوان، کاهش محتوای رنگیزه-ای، تغییر عملکرد آنزیمی، آسیب به سلول‌های ریشه و تغییر شکل فراساختار کلروپلاست و غشاهای سلولی شود (پاندا و پارتا، ۱۹۹۷، پاندا و خان، ۲۰۰۳ و شانکر و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۳- سرب

سرب فلزی سنگین خاکستری مایل به آبی رنگ، با عدد اتمی ۸۲ و نقطه ذوب ۳۲۷ درجه سانتی‌گراد است. این عنصر در گیاهان و خاک به مقدار بسیار کم یافت می‌شود. ولی در خاک‌های اسیدی حلالیت آن زیاد می‌شود و برای گیاهان سمی خواهد شد (آلدريج و فنچ، ۲۰۰۰). لذا باران‌های اسیدی به طور غیر مستقیم در افزایش مسمومیت گیاهان و جانوران نقش دارند. از بین تمام ترکیبات سرب، تنها تترا اتیل سرب که در بنزین به عنوان ماده بالا برنده درجه اکتان مصرف می‌شود در دمای معمولی اتاق قابل تصعید است. لذا از سمی‌ترین ترکیبات سرب محسوب می‌شود.

۲-۳-۱- اثرات سرب بر بدن انسان

سرب از طریق پوست، دستگاه گوارش و تنفس جذب می‌شود (احمدی‌زاده، ۱۳۷۶). مهم‌ترین راه‌های ورود سرب به بدن تنفس و پس از آن گوارش می‌باشد. جذب شدن از طریق پوست بستگی به نوع ترکیب آن دارد. ترکیبات معدنی سرب به کندی، در حالی که ترکیبات آلی سرب چون استات و اولئات سرب به خوبی از راه پوست جذب می‌شوند، تترا اتیل سرب نیز به صورت مایع یا بخار از راه پوست جذب بدن می‌گردد (پژومند و شریعت، ۱۳۷۷).

شایع‌ترین علت مسمومیت با سرب، جذب ذرات سرب موجود در هوا از طریق مجاری تنفسی است به خصوص در صنایعی که گرد و غبار و بخارات و دود سرب تولید می‌شود. جذب سرب از طریق استنشاق در افراد بالغ حدود ۱۰ درصد و در اطفال حدود ۴۰ درصد می‌باشد که حدود ۹۵ درصد آن جذب خون می‌شود و مابقی به دنبال هوای بازدم خارج شده یا در قسمت فوقانی دستگاه تنفسی تجمع می‌یابد و مجدداً بلع می‌گردد (آمودیو و فیور، ۱۹۸۷).

تا قبل از سال ۱۹۴۲ تجمع و ذخیره شدن سرب در استخوان‌ها مورد توجه نبود و وجود آن را در استخوان‌ها در مقایسه با عضلات و نسوج بی‌اهمیت می‌دانستند. بعدها معلوم شد که ترکیبات معدنی سرب ابتدا در بافت‌های نرم شامل مغز، کبد و ماهیچه‌ها توزیع و ته‌نشین و به زودی در طول زمان مقدار آن کم‌تر می‌شود و سپس در بافت‌های استخوانی، دندان و مو ذخیره می‌گردد. ذخیره سرب در استخوان شباهت زیاد به ذخیره کلسیم دارد و به صورت فسفات سرب ذخیره می‌شود. چنانچه غلظت فسفات خون کم باشد سرب در بافت‌های غیر استخوانی ذخیره می‌شود، ویتامین د سبب ذخیره سرب در استخوان می‌شود و هورمون پاراتیروئید موجب کاهش ذخیره در بافت استخوان و افزایش آن در خون می‌شود. سرب اساساً از طریق ادرار و به مقدار ناچیز از طریق مدفوع، عرق و شیر دفع می‌شود (پژومند و شریعت، ۱۳۷۷).

سرب با بسیاری از ترکیبات ضروری بدن مانند آنزیم‌ها و پروتئین‌ها اتصال برقرار می‌کند و موجب وقفه در فعالیت آنزیم و اختلال در سنتز پروتئین و غیره می‌گردد. این فلز موجب وقفه

فعالیت آنزیم سدیم- پتاسیم- آدنوزین تری فسفات می شود و میزان آنزیم ترانس آمیناز افزایش می یابد در حالی که این فلز موجب کاهش فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز و متیل استراز می شود (دیو و ژو، ۱۹۹۱). اولین علائم مسمومیت سرب غالباً غیر اختصاصی است. به صورت خستگی، تهوع، بی اشتها، تغییر وضعیت خواب، اسهال، یبوست و افسردگی بروز می کند و با افزایش آن در فرد عوارض دیگری چون افزایش فشار خون، تغییر خلق و خو و اختلالات حرکتی، کم خونی، عوارض عصبی، آنسفالپاتی و نوریت بروز می کند (احمدی زاده، ۱۳۷۶). سرب هم چنین به کلیه ها و سیستم تولید مثلی (هان و همکاران، ۲۰۰۶) و سلول های خون (سانگ و همکاران، ۲۰۰۳) آسیب می رساند.

۲-۳-۲- تنش سرب در گیاهان

در بین فلزات سنگین سرب دارای اهمیت ویژه ای است زیرا به راحتی توسط سیستم ریشه ی گیاه جذب می شود و سمیت آن برای گیاه بین ۲ تا ۲۰ برابر سایر فلزات سنگین می باشد. سرب یکی از پردوام ترین فلزات است که می تواند ۵۰ تا ۱۵۰ سال در خاک باقی بماند (کناسمولر و همکاران، ۱۹۹۸). جذب سرب در گیاهان توسط pH، اندازه ذرات، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و هم چنین تراوش ریشه و سایر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی تنظیم می گردد. سرب بعد از جذب توسط گیاه برای آن ایجاد مسمومیت می کند، سرب ایجاد گونه های فعال اکسیژن را در گیاه افزایش می دهد و منجر به ایجاد تنش اکسیدی در آن ها می شود، بنابراین افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی خاصی در چنین گیاهانی دیده می شود (شارما و دویی، ۲۰۰۵).

مکانیسم های اثر آلودگی سرب عبارتند از: ۱- واکنش با گروه تیول یا کاتیون ۲- تغییر در نفوذپذیری غشاء سلول ۳- جانشینی با عناصر ضروری (کاتیون ها) ۴- جایگزینی در محل گروه های ضروری مثل فسفات، نیترات، آرسنات، فلورات، بورات، برومات و تن گستات ۵- آسیب به تشکیلات فتوسنتزی که بیش ترین اثر ناشی از فلزات سنگین مربوط به آن است (پندیار و پنداز، ۲۰۰۱).

آب‌ها به واسطه عبور در مسیر معادن سرب و نیز راه‌یابی فاضلاب کارخانجاتی چون صنایع باتری‌سازی، کریستال‌سازی، رنگ‌سازی و ... آلوده می‌شوند. این آب‌ها موجب تجمع سرب در گیاهان و جانوران می‌گردد. مطالعات بیانگر ارتباط مستقیم بین غلظت سرب موجود در آب‌ها و لجن و غلظت آن در بافت‌های آبزیان است و از طرف دیگر آبیاری مزارع و مراتع به وسیله این آب‌ها منجر به افزایش میزان سرب در بافت‌های گیاهی و به دنبال آن افزایش میزان سرب در شیر، گوشت دام‌ها و تخم مرغ می‌شود (اسماعیلی و بیداری، ۱۳۷۱). خاک‌های آلوده به سرب سبب کاهش شدید محصول شده و به این ترتیب موجب بروز مشکلات جدی در امر کشاورزی می‌شود. آلودگی سرب در خاک موجب کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی می‌شود و اثرات مضر بر رشد و متابولیسم گیاه بر جای می‌گذارد (کوپیرا، ۲۰۰۳). در گیاهان آثار سمیت با سرب معمولاً در غلظت‌های بالاتر از ۳۰ میکرو گرم بر گرم در برگ ظاهر می‌گردد و به کاهش سنتز کلروفیل و کاهش رشد رویشی منجر می‌شود (رولی و همکاران، ۲۰۰۴). تیمار با سرب سبب تغییر در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و آسیب به ساختار ترکیبات آلی می‌شود (هیو و همکاران، ۲۰۰۷). مطالعات نشان داده است که سرب فرآیندهای متابولیکی مانند جذب نیتروژن، فتوسنتز، تنفس و جذب آب را مهار می‌کند (بارزینسکی، ۱۹۸۸ و بوساما و همکاران، ۱۹۹۹). مسمومیت سرب در کلزا موجب کاهش رشد، زردی برگ‌های جوان، کاهش فتوسنتز و کاهش محتوای کربوهیدرات‌ها می‌گردد که شاید اصلی‌ترین دلیل این پدیده ها کاهش بیوسنتز کلروفیل به دلیل ممانعت در جذب منیزیم و آهن و جلوگیری از فعالیت آنزیم روبیسکو باشد (گاسپار و آنتون، ۲۰۰۲). نشان داده شده است که گیاهانی که در معرض یون‌های سرب قرار داشته‌اند کاهش مقدار فتوسنتز در نتیجه تغییر شکل کلروپلاست، جلوگیری از سنتز کلروفیل، ممانعت از انتقال الکترون، جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین به علاوه کمبود دی اکسیدکربن در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها را نشان می‌دهند (شارما و دوبی، ۲۰۰۵). سنگار و پاندی (۱۹۹۶) ادعا نمودند غلظت ۵۰ میلی‌مولار سرب درون برگ به اندازه ای کافی است که بتواند از سنتز کلروفیل جلوگیری کند.

اگرچه بیش‌تر گزارش‌ها حاکی از اثر مهاری سرب بر رشد گیاهان است، در عین حال گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد سرب باعث تحریک رشد در گیاهان می‌شود. ایرانبخش و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کرده‌اند که غلظت‌های مختلف کلرید سرب سبب افزایش درصد جوانه‌زنی در گیاه سویا می‌شود به طوری که با بالاتر رفتن غلظت کلرید سرب، درصد جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. در نتایج آن و همکاران (۲۰۰۴) مشخص شد که در غلظت‌های ۱۲۸۰-۶۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم سرب در خاک درصد جوانه‌زنی ذرت خوشه‌ای به تدریج افزایش می‌یابد و در گندم نیز درصد جوانه‌زنی در حضور سرب افزایش نشان داد.

۲-۴- نیکل

نیکل فلزی سفید نقره‌ای رنگ، با عدد اتمی ۲۸ و نقطه ذوب ۱۴۵۳ درجه سانتی‌گراد است. نیکل یکی از عناصر طبیعی است که به فرم‌های مختلف در محیط زیست، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، اقیانوس‌ها، خاک، هوا و آب آشامیدنی و همچنین در پیکر گیاهان و حیوانات وجود دارد. خاک و رسوبات آن اولین منبع نیکل هستند (اسمایلوویک و همکاران، ۱۹۸۴).

۲-۴-۱- اثرات نیکل بر بدن انسان

مطالعات نشان داده است که نیکل علی‌رغم سمیت برای دستگاه تنفسی و سیستم ایمنی جانداران (اسمایلوویک و همکاران، ۱۹۸۸) و تأثیر منفی آن بر قدرت باروری زنان و رشد و نمو جنین (چاش چین و همکاران، ۱۹۹۴)، عنصری ضروری برای پستانداران به شمار می‌آید. بر اساس مطالعات انجام شده، میزان نیکل مورد نیاز انسان کم‌تر از ۱۰۰ میکروگرم در هر روز است (گویر، ۱۹۹۱).

نیکل از طریق مواد غذایی، آب آشامیدنی، جذب پوستی و استنشاق می‌تواند به بدن راه یابد. غلظت‌های پایین نیکل (۰/۲ تا ۰/۱۳ میلی گرم بر متر مکعب) موجب بروز مشکلات فراوانی از جمله مشکلات تنفسی، افزایش حساسیت‌های پوستی، افزایش بروز ناهنجاری و سقط جنین در انسان و

حیوانات می‌شود. غلظت‌های بالای نیکل (۱۵ گرم) ممکن است شریان‌های قلب را مسدود نماید (گویر، ۱۹۹۱).

مطالعه روی کارگران پالایشگاه‌ها حاکی از آن است که نیکل سبب سرطان حنجره، بینی، شش و ناهنجاری‌هایی مثل اگزوسفالی، پوکی استخوان، به هم خوردن ذائقه، تأثیر بر سیستم عصبی، تأثیر بر عضلات دستگاه تنفسی و قلب، ایجاد سردرد، گیجی، تشنج و نیز سرطان سینوس‌ها می‌شود (باغداسریان، ۱۳۸۴).

۲-۴-۲- تنش نیکل در گیاهان

نیکل به عنوان یک فلز سنگین، نقش مهمی را در گیاهان ایفا می‌کند. این عنصر در غلظت‌های پایین اثر سمی بر گیاه ندارد ولی در غلظت‌های بالا برای گیاهان سمی است (بایکو و همکاران، ۲۰۰۶).

مطالعات نشان می‌دهد که این عنصر با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به عنوان یک عنصر ضروری در گیاهان مطرح می‌باشد (آلووی، ۱۹۹۰ و کاباتا و پندیاز، ۱۹۸۴). نیکل از نظر خواص شیمیایی و فیزیولوژیکی به کبالت نزدیک است. این عنصر به راحتی جذب گیاه شده و همانند کبالت می‌تواند جایگزین فلزات سنگین در مراکز فیزیولوژیکی مهم شود (سالار دینی و مجتهدی، ۱۳۷۲) بنابراین به دلیل سمیت زیاد، رعایت احتیاط در کاربرد آن ضرورت دارد (کاباتا و پندیاز، ۱۹۸۴).

اگر چه برخی از یون‌های فلزات سنگین، همچون نیکل نقش مهمی در برخی فعالیت‌های متابولیسمی در گیاهان دارند، ولی افزایش غلظت‌های سلولی آن‌ها، برای تمامی سلول‌های زنده (چه گیاهی و چه جانوری) خطرناک و سمی است. از طرفی غلظت‌های زیاد این فلزات (بیش‌تر از حد آستانه) سبب ایجاد مشکلاتی در بروز برخی صفات و شاخص‌های گیاهی می‌شود (مالیک و همکاران، ۲۰۰۳).

اگرچه نقش نیکل در رشد و به ویژه فعالیت آنزیم اوره‌آز به اثبات رسیده است (ویت کلاز و همکاران، ۲۰۰۲ و ورما و همکاران، ۲۰۰۷) ولی به عنوان یک فلز سنگین، به ویژه در غلظت‌های بالا، از طریق کاهش وزن تر و خشک برگ‌ها و ساقه (فونتس و کوکس، ۱۹۹۸) همچنین تأثیرات منفی در طول ساقه (ژو، ۲۰۰۲) موجب کاهش در رشد عمومی گیاهان می‌گردد. گزارش شده است سمیت نیکل سبب نکروزه شدن برگ‌ها، کاهش قطر ریشه و انشعابات آن و همچنین تغییر رنگ ریشه‌ها می‌شود (خطیب و همکاران، ۱۳۸۷).

تأثیر نیکل بر گیاهان مختلف، متفاوت است. این عنصر برای برخی از گیاهان ضروری شناخته شده است، مثلاً افزودن یک مولار Ni-EDTA به محلول غذایی گیاه لوبیای چشم بلبلی، باعث حذف نقاط نکروزه در برگ‌های این گیاه شد (شیمادا و همکاران، ۱۹۸۰). بررسی‌ها نشان داده است که نیکل بر متابولیسم نیتروژن در گیاه نقش مؤثری دارد. مطالعه روی عکس‌العمل گوجه‌فرنگی و سویا نیز نتیجه فوق را تأیید نموده است (شیمادا و آندو، ۱۹۸۰). نیکل موجب بروز کلروز در برگ می‌گردد که در نهایت به صورت نکروز ادامه می‌یابد و سپس برگ به طور کامل تیره می‌شود (عبداللطیف و همکاران، ۱۹۸۸) و می‌تواند بر سیستم فتوسنتزی نیز اثر گذارد (هایدر و همکاران، ۲۰۰۶). طی تنش عناصر سنگین، گیاهان به سوی پژمردگی می‌روند و به طور کلی با کاهش جذب آب، تعداد روزنه‌ها را در برگ افزایش می‌دهند. مشخص شده است که عناصر سنگین ساختار اپیدرمی را تغییر می‌دهند و می‌توانند سبب کاهش اندازه سلول، افزایش کوتیکول، تعداد روزنه و کرک و همچنین کاهش اندازه سلول‌های نگهبان شوند (وریسکو و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۵- تنش اکسیداتیو

یکی از آسیب‌های مهم بافتی که به دنبال قرارگیری گیاهان در معرض فلزات سنگین ایجاد می‌شود، انباشته شدن انواع مختلف اکسیژن‌های واکنش‌گر و ایجاد تنش اکسیداتیو است (اسمیرنوف، ۱۹۹۸ و چویی و فرجانی، ۲۰۰۵) به دنبال آن افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی خاصی در

چنین گیاهانی دیده می‌شود (شارما و دویی، ۲۰۰۵). تحت شرایط تنش، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شامل کاتالازها و تعداد زیادی از پراکسیدازها از جمله گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز فعال می‌شوند (پراساد، ۱۹۹۷). ایجاد انواع اکسیژن فعال در شرایط تنش منجر به پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء (چن و چن، ۲۰۰۰)، تخریب پروتئین‌ها (جیانگ و ژانگ، ۲۰۰۱) و نوکلئیک اسیدها می‌شود (هاگار و همکاران، ۱۹۹۶) که سبب اختلال در متابولیسم طبیعی سلول، اختلال در فرآیندهای مهم تنفس، فتوسنتز و کاهش رشد می‌شوند (میشرا و همکاران، ۲۰۰۶). در شرایط تنش-های محیطی رادیکال‌های آنیونی سوپراکسید هیدروژن و رادیکال‌های هیدروکسیل ایجاد می‌شوند (ژو، ۲۰۰۰). گونه‌های فعال اکسیژن به نوبه خود موجب ایجاد اثرات سمی مختلف در گیاهان می‌شوند که کاهش رشد، کاهش محتویات کلروفیل و فتوسنتز، مهار فعالیت‌های آنزیمی، پراکسیداسیون غشاء سلولی، از دست دادن یون‌ها و آسیب به اندامک‌های مهم سلولی نظیر کلروپلاست‌ها و میتوکندری‌ها را به دنبال دارد (میشرا و همکاران، ۲۰۰۶). در سلول‌های گیاهی کلروپلاست‌ها، میتوکندری‌ها و پراکسی‌زوم‌ها مکان‌های مهم تولید گونه‌های فعال اکسیژن هستند (دلریو و همکاران، ۱۹۹۱، سالین، ۱۹۹۱، السترن، ۱۹۹۱ و ریچ و همکاران، ۱۹۷۸). تولید گونه‌های فعال اکسیژن در کلروپلاست‌ها به وسیله انتقال مستقیم انرژی از کلروفیل به مولکول اکسیژن یا به وسیله کاهش تک ظرفیتی اکسیژن در فتوسیستم I طی چرخه مهلر صورت می‌گیرد (آسادا، ۱۹۹۹).

۲-۵-۱- مکانیسم‌های مقاومت در مقابل تنش اکسیداتیو

گیاهان برای کاهش دادن اثر مخرب گونه‌های اکسیژن فعال مکانیسم‌های متفاوتی دارند از جمله این مکانیسم‌ها می‌توان به سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی اشاره کرد. این سیستم شامل سیستم آنزیمی و غیر آنزیمی است. مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدان، شامل گلوتاتیون، توکوفرول، فلاوونوئیدها و آسکوربات می‌باشند که در پاک‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن به طور مستقیم نقش دارند. هم‌چنین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، پلی فنول اکسیداز و آسکوربات

پراکسیداز در پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول نقش دارند (آگاروال و پاندی، ۲۰۰۴، ناکتور و فویر، ۱۹۹۸ و لاسپینا و گروپا، ۲۰۰۵). آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز اولین سد دفاعی را تشکیل می‌دهد که رادیکال‌های سوپر اکسید را به پراکسید هیدروژن تبدیل می‌کند. سپس پراکسید هیدروژن می‌تواند توسط آنزیم آسکوربات پراکسیداز در سیکل آسکوربات -گلوتاتیون که در کلروپلاست عمل می‌کند یا توسط پراکسیداز در دیواره سلولی و سیتوپلاسم و یا توسط کاتالاز در پراکسی‌زوم و میتوکندری به آب و اکسیژن مولکولی تجزیه گردد (چن و چن، ۲۰۰۰ و میشرا و همکاران، ۲۰۰۶). در داخل پروتوپلاست نیز تعدادی از ساز و کارها از جمله هم‌بند شدن فلزات با اسیدهای آلی، آمینو اسیدها (اون و همکاران، ۲۰۰۲) یا پپتیدهای موسوم به فیتوکلانتین‌ها و نیز کده بندی آن‌ها و انتقال به داخل واکوئل (راسر، ۱۹۹۵) در جهت سم‌زدایی عمل می‌کنند. در شرایط تنش، برخی از ترکیب‌های داخلی گیاه به میزان قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند (آتال و کاپر، ۱۹۹۸) اما متابولیت‌هایی که تجمع می‌یابند، متابولیسم طبیعی گیاه را مختل نمی‌کنند (اورکات و نیلسون، ۲۰۰۰). این مواد که عموماً به اسمولایت‌ها معروف هستند شامل قندهایی مثل سوکروز و فروکتوز، قندهای الکی مثل گلیسرول و اینوزیتول متیله شده، قندهای کمپلکس مثل ترهالوز، رافینوز و فروکتان یا متابولیت‌های دارای بار الکتریکی مثل گلايسين بتائين، دی متیل سولفونیوم پروپیونات، یون‌هایی مانند سدیم و پتاسیم و اسیدهای آمینه‌ای چون پرولین و اکتوین هستند (پائول و هاسگا، ۱۹۹۶). تجمع اسمولایت‌ها در سیتوزول، امکان تعدیل فشار اسمزی را در سلول فراهم می‌آورد که در این شرایط از تجمع یون‌های سمی در سیتوزول، که برای پروتئین‌ها و غشاها مثل سدیم سمی است، جلوگیری به عمل می‌آید. پرولین یکی از اسیدهای آمینه است که در تنظیم فشار اسمزی درون گیاه نقش به سزایی دارد. افزایش این ماده در شرایط تنش اسمزی، علاوه بر گیاهان در دامنه وسیعی از موجودات دیگر مثل باکتری‌ها، مخمرها، بی‌مهرگان دریایی و جلبک‌ها مشاهده شده است (جو و همکاران، ۲۰۰۵). در واقع پرولین به عنوان یک چپرون شیمیایی سبب پایداری فرم طبیعی پروتئین‌ها می‌شود و از به هم خوردن شکل طبیعی ترکیب‌های آنزیمی ممانعت می‌کند (میژز، ۱۹۷۵).

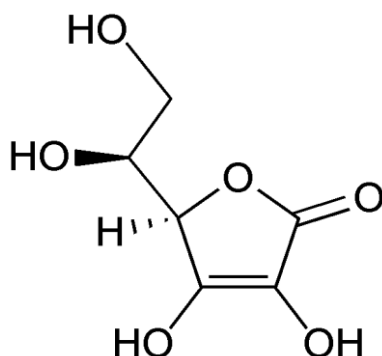
(همچنین تولید زیاد پرولین با افزایش فشار اسمزی داخل سلول از تأثیر اختلالات تنشی در فرآیند طبیعی سلولی ممانعت به عمل می‌آورد. این افزایش سطح پرولین، حتی پس از حذف شرایط تنش تا مدت حدود یک ماه باقی می‌ماند. اسمولایت‌ها همچنین موجب پایداری آنزیم‌ها در حضور یون‌ها، تنش آبی و نیز تأثیر ترکیب‌های شیمیایی دنا توره کننده می‌شوند. پرولین یکی از ترکیب‌هایی است که تأثیر فعالیت گندکندگی یون‌ها را روی آنزیم‌ها کاهش می‌دهد و باعث افزایش و پایداری آنزیم‌ها در دمای بالا می‌شود (والس، ۱۹۸۷). کاتالاز نیز یک آنزیم شناخته شده در موجودات زنده است که مهم‌ترین نقش آن تجزیه پراکسید هیدروژن به آب و اکسیژن است (ساکماک و هورس، ۱۹۹۱). آنزیم پلی فنول اکسیداز، هیدرولاسیون مونو فنول‌ها را به دی‌فنول‌ها کاتالیز می‌کند. همچنین این آنزیم اکسیداسیون دی‌فنول‌ها را به کوئینون‌ها که در پلی‌مریزاسیون رنگدانه‌ها نقش دارند کاتالیز می‌کند. تغییرات در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش کمبود آب گزارش شده است (هرناندز و همکاران، ۲۰۰۰) از طرف دیگر از آنجایی که برخی از این مواد می‌توانند ترکیبات سلولی را از آسیب دهیدراسیون محافظت کنند، به آن‌ها محافظت‌کننده‌های اسمزی نیز می‌گویند. این ترکیبات انواع مختلفی داشته و شامل پرولین، اسید سالیسیلیک، ساکاروز، پلی یول‌ها، تری‌هالوزها و ترکیبات آمونیوم چهارتایی مانند بتائین گلیسین، آلانین بتائین، پرولین بتائین و غیره می‌باشند.

از دیگر پاسخ‌های گیاه در برابر تنش وجود اسید آسکوربیک است که در امر سم‌زدایی گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر دخالت دارد (جو و همکاران، ۲۰۰۵) چرا که اسید آسکوربیک به مقدار چند میلی مولار در برگ‌ها دیده شده که همین مقدار نقش مهمی را در تحمل گیاه در برابر تنش‌ها به عنوان ترکیبی از سیستم آنتی‌اکسیدانی دارد (رابینسون و بانس، ۲۰۰۰).

۲-۶- اسید آسکوربیک

ویتامین‌ها در مقادیر کم برای رشد و نمو عادی بافت‌ها در گیاه لازم‌اند. ضرورت وجود این دسته از مواد برای رشد گیاه در محیط‌های کشت بافت ثابت شده است و به عنوان کوآنزیم و یا آنزیم عمل می‌کنند (آنتونوپائولو و همکاران، ۲۰۰۵). اسید آسکوربیک (ویتامین C) یک متابولیت فراوان است که نقش مهمی را در رشد و نمو گیاه به عهده دارد. این ویتامین به عنوان یک فاکتور تنظیم کننده رشد معرفی می‌شود که تأثیر زیادی در فرآیندهای بیولوژیکی دارد (هنداوی و همکاران، ۲۰۱۰).

اسید آسکوربیک (AsA) با فرمول شیمیایی ($C_6H_8O_6$) به صورت پودر یا کریستالی بی‌رنگ، سفید، کمی مایل به زرد کم‌رنگ و بدون بو، دارای نقطه ذوب ۱۹۲-۱۹۰ درجه سانتی‌گراد و دانسیته ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. این ماده یک احیا کننده قوی است و با اکسید کننده‌ها واکنش می‌دهد. این ویتامین مولکولی کوچک و قابل حل در آب می‌باشد که همانند ماده‌ای اولیه در مسیر زنجیره‌ای دفع مسمومیت و خنثی‌سازی رادیکال‌های سوپراکسید و رادیکال آزاد اکسیژن عمل می‌کند (اسمیرنوف، ۲۰۰۵). اسید آسکوربیک در گیاهان و حیوانات دیده می‌شود و در بین پروکاریوت‌ها فقط در جلبک‌های سبز آبی به مقدار کم، وجود دارد (آریگونی و دی تولیو، ۲۰۰۲). ساختار مولکولی اسید آسکوربیک در شکل ۲-۱ قابل مشاهده است.



شکل ۲-۱- ساختار مولکولی اسید آسکوربیک

فویر و هالیول (۱۹۷۶) اظهار کردند که پراکسید هیدروژن در کلروپلاست از طریق اتصال با آسکوربات و چرخه اکسیداسیون -احیاء گلوکاتیون متلاشی می‌شود. جزئیات زیادی از این مسیر و خصوصیات آنزیم‌های دخیل در آن، به وسیله آسادا (۱۹۹۲) در ژاپن گزارش شده است. اسید آسکوربیک به عنوان سوبسترای اولیه در مسیرهای چرخه‌ای، برای سمیت‌زدایی و خنثی‌کردن رادیکال‌های سوپراکسید و اکسیژن منفرد نقش دارد. همچنین به عنوان یک آنتی‌اکسیدان ثانویه در باز چرخ آلفا توکوفرول و دیگر آنتی‌اکسیدان‌های چربی دوست نقش ایفا می‌کند. این مولکول آنتی-اکسیدان همراه دیگر ترکیبات سیستم آنتی‌اکسیدانی، سلول‌های گیاهی را در برابر آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از متابولیسم‌های هوازی فتوسنتز و تنفس و حتی آلودگی‌ها حفظ می‌نماید. اسید آسکوربیک دارای نقشی محوری در فتوسنتز است و در غلظت‌های بالا در کلروپلاست یافت می‌شود به علاوه مشخص شده است که این ماده مجموعه‌ای از نقش‌ها را در رشد گیاهان مانند تقسیم و بزرگ شدن سلول، توسعه دیواره سلولی و دیگر فرآیندهای نمو بازی می‌کند (پیگنوکچی و فویر، ۲۰۰۳). همچنین در فعالیت سیکل تغذیه‌ای گیاهان عالی مؤثر است و یک نقش مهم را در سیستم انتقال الکترون دارد (آمین و همکاران، ۲۰۰۸).

پیشنهاد شده است که اسید آسکوربیک روی غشاء پلاسمایی و پمپ‌های ATP-ase تأثیر گذار است (کاراسکو و همکاران، ۱۹۹۵) و بر طبق فرضیه پروتونی و اسیدی سبب تحریک عوامل سست کننده دیواره سلولی و در نتیجه افزایش توسعه دیواره سلولی و بزرگ شدن سلول می‌گردد (ریل و کللند، ۱۹۹۲). همچنین شواهدی مبنی بر افزایش پیشرفت تقسیم سلولی از مرحله S تا G مریستم ریشه پیاز توسط کاربرد خارجی اسید آسکوربیک وجود دارد (آریگونی، ۱۹۹۴).

اسید آسکوربیک همراه با گلوکاتیون و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در خنثی‌سازی یون سوپر اکسید که به وسیله واکنش مهلر و واکنش‌های تنفس نوری تولید می‌شود، نقش دارد (ناکتور و فویر، ۱۹۹۸). اعتقاد بر این است که اسید آسکوربیک علاوه بر پاک‌سازی یون سوپر اکسید در پاک‌سازی یون هیدروکسیل نیز نقش دارد (آسادا، ۱۹۹۹).

۲-۶-۱- تأثیر اسید آسکوربیک بر تنش‌های زنده و غیر زنده

مصرف خارجی اسید آسکوربیک سبب افزایش مقاومت به تنش‌ها و کاهش اثر مضر تنش‌های اکسیداتیو می‌شود (شالاتا و نیومن، ۲۰۰۱). گزارش شده است که کاربرد خارجی آسکورات در تنش‌های محیطی غیر زنده از جمله شوری (شالاتا و نیومن، ۲۰۰۱ و الطیب، ۲۰۰۵)، خشکی (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۰)، گرما (دت و همکاران، ۱۹۹۸)، سرما (کانگ و همکاران، ۱۹۷۳)، فلزات سنگین (چادری و همکاران، ۲۰۰۴) و بیماری‌های گیاهی (دیویس، ۲۰۰۵) می‌تواند مقاومت گیاهان را افزایش و سطح تنش‌های اکسیداتیو را کاهش دهد. در پاسخ به افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن، ظرفیت دفاع آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزایش می‌یابد (گرسل و گالون، ۱۹۹۴). پراکسید هیدروژن تولید شده توسط آنزیم کاتالاز (کامبا و همکاران، ۱۹۹۸) و یا آسکورات پراکسیداز تبدیل به آب و اکسیژن می‌شود. پراکسید هیدروژن در غلظت‌های بالا سمی است ولی در غلظت‌های پایین به عنوان یک پیغامبر، در بیان ژن‌های مقاومت و تولید آنزیم‌های آنتی-اکسیدان نقش دارد. همچنین آنزیم پراکسیداز نقش مهمی را در جاروب کردن پراکسید هیدروژن دارد که این عمل با کمک اسید آسکوربیک به عنوان یک دهنده الکترون برای احیای پراکسید هیدروژن به آب صورت می‌گیرد. در طی این واکنش اسید آسکوربیک به مونو دهیدرو آسکورات تبدیل می‌شود (آسادا، ۱۹۹۴).

۲-۶-۲- تأثیر اسید آسکوربیک در تنش فلزات سنگین

بر اساس گزارش‌های موجود، نوعی سیستم آنتی‌اکسیدان که سبب تولید مجدد اسید آسکوربیک می‌شود در حفاظت گیاهان در مقابل تنش‌های اکسیداتیو ناشی از فلزات سنگین نقش دارد (فجت کریستوفر و همکاران، ۲۰۰۳). در گیاه نخود در حضور آسکورات، فعالیت چرخه گلوکاتایون آسکورات و در نتیجه جمع‌آوری کننده‌های H_2O_2 افزایش می‌یابد و به دنبال آن با افزایش فعالیت کاتالاز با تنش اکسیداتیو ناشی از فلزات سنگین مقابله می‌کند (دیکسیت و همکاران، ۲۰۰۱). در آزمایشی که

توسط چاپار زاده و قدرتی (۱۳۹۰) به منظور بررسی کاهش اثرات تنش مس به وسیله اسید آسکوربیک در پیاز انجام پذیرفت، گزارش شد که کاربرد اسید آسکوربیک به طور معنی‌داری محتوای پراکسید هیدروژن و محصولات پراکسیداسیون لیپیدها را هم در گیاهان شاهد و هم گیاهان تحت تنش مس کاهش داد. الکیوسنی فاتما و همکاران (۲۰۰۹) اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک و توکوفرول روی ویژگی‌های مورفولوژیک و خصوصیات شیمیایی *Hibiscus rosa-sinensis* L. (ختمی چینی) را بررسی کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که بالاترین داده‌های ثبت شده در بیش‌ترین غلظت اسید آسکوربیک و توکوفرول بود. در این آزمایش کاربرد خارجی اسید آسکوربیک و توکوفرول اثر معنی‌داری بر پارامترهای رشدی از جمله رشد رویشی بوته، ارتفاع بوته، تعداد شاخه و تعداد برگ در بوته، قطر ساقه، سطح برگ، وزن تازه و خشک اندام‌های گیاهی داشت و هم‌چنین خصوصیات شیمیایی از جمله کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها، محلول‌های قند، نیتروژن، فسفر و محتویات پتاسیم در مقایسه با گیاهان تیمار نشده، افزایش یافته بود. در پژوهش انجام شده توسط دولت آبادیان و همکاران (۲۰۰۹) تیمار با اسید آسکوربیک از کاهش محتوای پروتئین و کلروفیل در گیاه ذرت جلوگیری کرده و موجب افزایش پرولین و مالون دی آلدئید گردید و از این طریق اثر مخرب تنش را کاهش داد. یوسف و طلعت (۲۰۰۳) دریافتند که رشد و تعداد گل‌های گیاهان رزماری با استفاده از اسید آسکوربیک افزایش یافت. سعیدی‌سار و همکاران (۱۳۸۵) در بررسی اثر اسید آسکوربیک به عنوان یک آنتی‌اکسیدان بسیار قوی در گیاه سویا از نظر مقابله با تنش اکسیداتیو ناشی از نیکل دریافتند که اسید آسکوربیک از یک طرف با توقف نیکل در ریشه‌ها و از طرف دیگر با افزایش همه جانبه فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شامل آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز در ریشه‌ها و برگ‌ها تا حد زیادی آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از نیکل را کاهش می‌دهد. هم‌چنین مقدار کلروفیل در تیمارهای کاربرد اسید آسکوربیک به همراه یون نیکل مشابه مقدار کلروفیل گیاهان شاهد بود. تعدیل آنزیم لیپوکسی‌ژناز و کاهش مالون دی آلدئید نیز بیان‌گر نقش حفاظتی اسید آسکوربیک در غشاهای سلولی می‌باشد.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود - آزادشهر) اجرا شد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک است. میانگین بارندگی سالانه در این منطقه بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ میلی‌متر است و بارندگی عمدتاً در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۶/۹- و ۴۰ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شاهرود، در سال زراعی ۹۱-۹۰ مجموع بارندگی در این منطقه ۱۵۱ میلی‌متر و میانگین حداقل و حداکثر دمای روزانه به ترتیب ۸/۲- و ۳۸/۴ درجه سانتی‌گراد بوده است.

۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

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

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه سطح محلول‌پاشی برگی نیکل با غلظت صفر (a₁)، ۲۰۰ (a₂) و ۴۰۰ (a₃) میکرومولار از منبع Ni₂O₆ به عنوان فاکتور اول، سه سطح محلول‌پاشی برگی سرب با غلظت صفر (b₁)، ۲۰۰ (b₂) و ۴۰۰ (b₃) میکرومولار از منبع Pb(NO₃)₂ به عنوان فاکتور دوم و دو سطح محلول‌پاشی اسید آسکوربیک صفر (c₁) و ۲۰ (c₂) میلی‌مولار از منبع C₆H₈O₆ به عنوان فاکتور سوم

بود. در مجموع در هر تکرار ۱۸ ترکیب تیماری وجود داشت و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۵۴ کرت

بود. نقشه کشت در شکل ۳-۱ مشاهده می‌گردد.

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

درصد اشباع	۳۳/۲	درصد
هدایت الکتریکی	۱/۳۴	دسی‌زیمنس بر متر
اسیدیته گل اشباع	۷/۸۹	-
درصد مواد خنثی شونده	۲۵/۵	درصد
کربن آلی	۰/۵۹	درصد
نیتروژن کل	۰/۱۰۵	درصد
فسفر قابل جذب	۱۴	پی‌پی‌ام
پتاسیم قابل جذب	۲۲۱/۰	پی‌پی‌ام
رس	۳۴	درصد
لای	۵۰/۰	درصد
شن	۱۶/۰	درصد
درصد رطوبت	۲/۳	درصد
نسبت جذب سدیم	۱/۸	-
مجموع کاتیون‌ها	۷۴/۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Na ⁺	۱۰/۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Mg ²⁺	۱۲/۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Ca ²⁺	۵۲/۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
مجموع آنیون‌ها	۷۳/۲	میلی‌اکی‌والان در لیتر
SO ₄ ²⁻	۳۸/۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Cl ⁻	۳۰/۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر
HCO ₃ ⁻	۵/۲	میلی‌اکی‌والان در لیتر
CO ₃ ⁻	۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر

تکرار ۱	a ₁	a ₁	a ₂	a ₃	a ₃	a ₁	a ₁	a ₂	a ₃	a ₃	a ₁	a ₂	a ₂	a ₃	a ₁	a ₂	a ₂	a ₃
	b ₁	b ₃	b ₂	b ₃	b ₂	b ₁	b ₃	b ₂	b ₃	b ₂	b ₂	b ₁	b ₃	b ₁	b ₂	b ₁	b ₃	b ₁
	c ₁	c ₁	c ₁	c ₁	c ₂	c ₂	c ₂	c ₂	c ₂	c ₁	c ₁	c ₁	c ₁	c ₁	c ₂	c ₂	c ₂	c ₂
تکرار ۲	a ₂	a ₁	a ₂	a ₁	a ₂	a ₁	a ₂	a ₁	a ₃	a ₁	a ₂	a ₃	a ₁	a ₂	a ₃	a ₃	a ₃	a ₃
	b ₁	b ₃	b ₁	b ₃	b ₂	b ₂	b ₂	b ₂	b ₃	b ₁	b ₃	b ₃	b ₁	b ₃	b ₁	b ₂	b ₂	b ₁
	c ₁	c ₁	c ₂	c ₂	c ₁	c ₁	c ₂	c ₂	c ₂	c ₂	c ₂	c ₁	c ₁	c ₁	c ₂	c ₂	c ₁	c ₁
تکرار ۳	a ₃	a ₁	a ₁	a ₂	a ₂	a ₁	a ₃	a ₁	a ₂	a ₂	a ₁	a ₃	a ₂	a ₃	a ₁	a ₃	a ₂	a ₃
	b ₃	b ₂	b ₁	b ₂	b ₃	b ₂	b ₃	b ₁	b ₂	b ₃	b ₃	b ₁	b ₁	b ₂	b ₃	b ₁	b ₁	b ₂
	c ₂	c ₂	c ₂	c ₂	c ₂	c ₁	c ₁	c ₁	c ₁	c ₁	c ₂	c ₂	c ₂	c ₂	c ₁	c ₁	c ₁	c ₁

شکل ۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده

جدول ۳-۲ ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش

شاهد	
$a_1b_1c_1$	
$a_1b_1c_2$	محلول پاشی بدون نیکل، بدون سرب و با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک
$a_1b_2c_1$	محلول پاشی بدون نیکل، با غلظت ۲۰۰ میکرومولار سرب و بدون اسید آسکوربیک
$a_1b_2c_2$	محلول پاشی بدون نیکل، با غلظت ۲۰۰ میکرومولار سرب و با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک
$a_1b_3c_1$	محلول پاشی بدون نیکل، با غلظت ۴۰۰ میکرومولار سرب و بدون اسید آسکوربیک
$a_1b_3c_2$	محلول پاشی بدون نیکل، با غلظت ۴۰۰ میکرومولار سرب و با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک
$a_2b_1c_1$	محلول پاشی با غلظت ۲۰۰ میکرومولار نیکل، بدون سرب و بدون اسید آسکوربیک
$a_2b_1c_2$	محلول پاشی با غلظت ۲۰۰ میکرومولار نیکل، بدون سرب و با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک
$a_2b_2c_1$	محلول پاشی با غلظت ۲۰۰ میکرومولار نیکل، با غلظت ۲۰۰ میکرومولار سرب و بدون اسید آسکوربیک
$a_2b_2c_2$	محلول پاشی با غلظت ۲۰۰ میکرومولار نیکل، با غلظت ۲۰۰ میکرومولار سرب و با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک
$a_2b_3c_1$	محلول پاشی با غلظت ۲۰۰ میکرومولار نیکل، با غلظت ۴۰۰ میکرومولار سرب و بدون اسید آسکوربیک
$a_2b_3c_2$	محلول پاشی با غلظت ۲۰۰ میکرومولار نیکل، با غلظت ۴۰۰ میکرومولار سرب و با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک
$a_3b_1c_1$	محلول پاشی با غلظت ۴۰۰ میکرومولار نیکل، بدون سرب و بدون اسید آسکوربیک
$a_3b_1c_2$	محلول پاشی با غلظت ۴۰۰ میکرومولار نیکل، بدون سرب و با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک
$a_3b_2c_1$	محلول پاشی با غلظت ۴۰۰ میکرومولار نیکل، با غلظت ۲۰۰ میکرومولار سرب و بدون اسید آسکوربیک
$a_3b_2c_2$	محلول پاشی با غلظت ۴۰۰ میکرومولار نیکل، با غلظت ۲۰۰ میکرومولار سرب و با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک
$a_3b_3c_1$	محلول پاشی با غلظت ۴۰۰ میکرومولار نیکل، با غلظت ۴۰۰ میکرومولار سرب و بدون اسید آسکوربیک
$a_3b_3c_2$	محلول پاشی با غلظت ۴۰۰ میکرومولار نیکل، با غلظت ۴۰۰ میکرومولار سرب و با غلظت ۲۰ میلی مولار اسید آسکوربیک

۳-۴- عملیات اجرایی

۳-۴-۱- کاشت

زمین در سال قبل به صورت آیش بود. عملیات کاشت در تاریخ ۳۱ خرداد ماه ۱۳۹۱ (کاشت دیر هنگام) با دست انجام شد. عمق کاشت بذر ۷-۵ سانتی متر بود. در هر کرت آزمایشی ۴ خط کاشت به طول ۴ متر قرار داشت. فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی متر بود. دو خط کناری به عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد. بذر لوبیا سبز مورد استفاده رقم هلندی بود.

۳-۴-۲- داشت

آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای و به صورت هفتگی انجام شد. در حد امکان سعی شد مقادیر آب مصرفی برای تمام تیمارها یکسان باشد. طی دوران داشت، یکبار وجین کامل علف‌های هرز توسط دست انجام شد.

۳-۴-۳- اعمال تیمارها

پس از استقرار کامل بوته‌ها و قبل از مرحله گل‌دهی اقدام به اعمال تیمارهای فلزات سنگین نیکل و سرب و یک هفته بعد از آن تیمار اسید آسکوربیک شد. نحوه اعمال تیمارها به صورت محلول‌پاشی برگ‌ها بود تا شرایطی مشابه باران اسیدی در مناطق اسیدی ایجاد گردد و جذب برگ‌ها این فلزات مورد بررسی قرار گیرد. تیمار فلزات سنگین ۵۴ روز و تیمار اسید آسکوربیک ۶۱ روز پس از کاشت اعمال گردید. محلول‌پاشی در هنگام غروب و در هوای صاف و ملایم انجام شد طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند. هم‌چنین به منظور جلوگیری از پاشیده شدن فلزات سنگین و اسید آسکوربیک روی زمین، سطح خاک با پلاستیک پوشانده شد.

۳-۴-۴- برداشت

برداشت جهت تعیین عملکرد غلاف ۷۵ روز پس از کاشت، در زمانی که غلاف‌ها سبز و برای مصرف تازه‌خوری مناسب بودند و برای تعیین اجزای عملکرد در تاریخ ۱۳۹۱/۷/۱۸ (پس از ۱۰۰ روز از زمان کاشت) صورت گرفت. در این زمان بوته‌ها کاملاً خشک شده و هم‌چنین بذرها در داخل غلاف‌ها قابل جدا شدن بودند.

۳-۵- صفات زراعی و مورفولوژیک

یک هفته پس از محلول‌پاشی اسید آسکوربیک نمونه برداری انجام شد. در مجموع ۵ نمونه برداری انجام شد که فواصل نمونه‌برداری هر ۷ روز یک‌بار بود و در هر نمونه‌برداری ۵ بوته برداشت شد. طی نمونه برداری‌های انجام شده اقدام به اندازه‌گیری صفاتی از قبیل وزن خشک برگ و ساقه، ارتفاع ساقه اصلی، قطر ساقه اصلی، تعداد انشعابات جانبی، سطح برگ، وزن خشک غلاف، عملکرد غلاف و اجزاء عملکرد گردید.

۳-۵-۱- ارتفاع ساقه اصلی

به هنگام برداشت، تعداد ۵ بوته از هر کرت پس از در نظر گرفتن حاشیه انتخاب شد. ارتفاع بوته به وسیله متر و بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. سپس از ارتفاع این بوته‌ها میانگین گرفته شد و به عنوان ارتفاع ساقه اصلی آن ترکیب تیماری در نظر گرفته شد.

۳-۵-۲- قطر ساقه

به هنگام برداشت، تعداد ۵ بوته از هر کرت پس از در نظر گرفتن حاشیه انتخاب شد. قطر ساقه به وسیله کولیس و بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به عنوان قطر ساقه‌های آن ترکیب تیماری در نظر گرفته شد.

۳-۵-۳- سطح برگ، وزن خشک برگ و ساقه و غلاف

نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به سه بخش برگ و ساقه و غلاف تفکیک شدند. اجزاء تفکیک شده به طور مجزا در پاکت قرار داده شده و به منظور تعیین وزن خشک، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند. پس از اعمال زمان لازم، پاکت‌ها به مدت ۲۵-۲۰ دقیقه در هوای آزمایشگاه نگهداری شدند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به

دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. سطح برگ نمونه‌ها پس از جداسازی توسط دستگاه تعیین شد. سپس بر حسب متر مربع سطح برگ در متر مربع سطح زمین محاسبه گردید.

۳-۵-۴- عملکرد و اجزاء عملکرد

از هر کرت آزمایشی تعداد ۵ بوته با در نظر گرفتن حاشیه و به منظور تعیین عملکرد نهایی برداشت گردید. مساحت اشغال شده توسط این ۵ بوته محاسبه و عملکرد نهایی بر حسب متر مربع محاسبه گردید. اجزاء عملکرد در یک گیاه زراعی مؤلفه‌های میزان تولید نهایی گیاه می‌باشند و هر گیاه زراعی دارای اجزاء خاص خود است. اجزاء عملکرد در گیاه لوبیا سبز شامل تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه می‌باشند که در ۵ بوته برداشت شده اندازه‌گیری شدند.

۳-۵-۵- تعداد شاخه فرعی

تعداد انشعابات جانبی (ساقه‌های فرعی) نیز در ۵ بوته انتخابی مورد شمارش قرار گرفته و میانگین گیری شدند. برای تشخیص انشعابات جانبی هر انشعابی که دارای برگ، گل و یا غلاف بود، در نظر گرفته شد.

۳-۶- صفات فیزیولوژیک

۳-۶-۱- کلروفیل

به منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ، در ۸۳ روز پس از کاشت به طور تصادفی از چند گیاه در هر کرت، از برگ‌های هم‌سن نمونه برداری انجام شد. به این صورت که برگ‌های هم‌سن در قسمت یک سوم بالا، وسط و پایین در هر کرت نمونه برداری شدند.

اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کاروتنوئید با استفاده از روش بدون لهیدگی صورت گرفت. به این طریق که نمونه‌های برگ (۵/۰ گرم) در ۶ میلی‌لیتر از دی متیل سولفوکسید، در دمای ۶۵ درجه

سانتی‌گراد و به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، کلروفیل اندازه‌گیری گردید. میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۵، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر ثبت گردید. سپس با استفاده از روابط موجود میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید محاسبه گردید (پروچازکا و همکاران، ۱۹۹۸).

$$\text{Chl a} = (12.19 A_{665}) - (3.45 A_{645}) \quad \text{رابطه (۱-۳)}$$

$$\text{Chl b} = (21.99 A_{645} - 5.32 A_{665}) \quad \text{رابطه (۲-۳)}$$

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

$$\text{Carotenoid} = (1000 A_{470} - 2.14 \text{ Chl a} - 70.16 \text{ Chl b}) / 220 \quad \text{رابطه (۴-۳)}$$

۳-۶-۲- سنجش درصد پروتئین

اندازه‌گیری پروتئین غلاف سبز پس از برداشت به روش کج‌لدال انجام شد. ۱ گرم از بافت خوب پودر شده به بالن‌های مخصوص کج‌لدال منتقل گردید. برای عمل هضم ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ و سپس ۷ گرم سولفات سدیم و ۱ گرم سولفات مس (به عنوان کاتالیزور) اضافه گردید. مخلوط حاصل تا بی‌رنگ شدن حرارت داده شد. عمل تقطیر توسط دستگاه نیمه اتوماتیک کج‌لدال مدل WPI20S شش کاناله ساخت شرکت Gerhard کشور آلمان انجام شد. تیتراسیون با استفاده از اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال به صورت دستی انجام شد. بورات آمونیوم حاصل از مرحله تقطیر توسط این اسید تیتر گردید. حجم اسید مصرف شده برای رسیدن به رنگ ارغوانی در رابطه ۳-۵ قرار گرفت تا درصد نیتروژن حاصل گردد. سپس از طریق ضریب تبدیل پروتئین در گیاه لوبیا سبز که ۶/۲۵ می‌باشد، درصد پروتئین به‌دست آمد.

$$\text{وزن نمونه (گرم)} / (A \times 0.14) = \text{درصد نیتروژن} \quad \text{رابطه (۵-۳)}$$

$$\text{فاکتور پروتئینی} \times \text{درصد نیتروژن} = \text{درصد پروتئین} \quad \text{رابطه (۶-۳)}$$

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

برای تعیین عملکرد پروتئین غلاف از حاصل ضرب عملکرد غلاف در درصد پروتئین استفاده شد.

۳-۶-۳- میزان عناصر سنگین در گیاه

پس از گذشت دو هفته از محلول پاشی عناصر سنگین سرب و نیکل، نمونه برداری برگ و غلاف برای اندازه گیری مقدار عناصر سنگین ذخیره شده در برگ و غلاف برای تمام تیمارها صورت گرفت. برای این منظور از دستگاه^۱ ICP (مدل GBC integra XL sequential ساخت کشور استرالیا) استفاده گردید. طیف سنج پلاسمای جفت شده القایی یک سیستم آنالیز عنصری است که نوع طیف بینی آن نشری و روش اتم سازی آن از طریق پلاسما صورت می گیرد. پلاسما مجموعه ای از الکترون ها و یون های مثبت گاز آرگون دارای انرژی بالا و دمایی در حدود ۱۰۰۰۰ درجه کلوین است. این محیط به وسیله امواج رادیویی با توان بالا ایجاد می شود. با تولید میدان مغناطیسی، الکترون ها و یون های پلاسما در محیط مغناطیسی در مسیرهای مدور با شتاب خیلی بالا به حرکت در می آیند. اتم های خنثی آرگون درون پلاسما در اثر برخورد با ذرات باردار در حال حرکت، یونیزه شده و به این ترتیب بقای پلاسما ادامه می یابد. نمونه از میان یک مجرای باریک مکنده به وسیله جریان آرگون در پلاسما پخش و سپس انرژی الکترون ها و یون ها به نمونه ها منتقل و باعث اتمی شدن و برانگیختگی آن می شود. به این ترتیب پرتوهایی با طول موج های خاص عناصر موجود در محلول منتشر می شوند. موقعیت طول موج نشان دهنده نوع عنصر و شدت آن نشان دهنده مقدار عنصر موجود در نمونه است. دقت اندازه گیری عناصر در این سیستم در حد بیلیون (ppb) است. همچنین برای آماده سازی نمونه ها به یک گرم از نمونه پودر شده گیاه، ۱۰ میلی لیتر نیتریک اسید رقیق شده با آب مقطر (به نسبت ۱:۱) افزوده و روی هیتر با دمای ۹۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه حرارت داده شد (تمام این عملیات در زیر هود انجام شد). سپس به محلول قبلی ۵ میلی لیتر نیتریک اسید غلیظ اضافه شد و

1-Inductively coupled plasma

مجدداً به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. این مرحله دو بار تکرار شد. در مرحله بعد ۲ میلی‌لیتر آب مقطر دو بار تقطیر و ۳ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳۰٪ به محلول اضافه شد و به مدت ۵ الی ۶ دقیقه در همان دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از گذشت زمان لازم مجدداً یک میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۳۰٪ افزوده شد و محلول به مدت ۳ الی ۴ دقیقه در ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. در مرحله آخر، ۵ میلی‌لیتر کلریدریک اسید و ۱۵ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر اضافه کرده و بعد از گذشت ۱۵ دقیقه محلول با کاغذ صافی واتمن ۱۲ صاف گردید. آن‌گاه حجم محلول در بالن حجمی ۵۰ میلی‌لیتری، با آب دو بار تقطیر به حجم رسانیده شد. محلول آماده شده، برای قرائت با کاغذ سلولز استات ۰/۰۲ صاف شد.

۳-۶-۴- محتوای نسبی آب برگ^۱

مقدار نسبی آب برگ در ۸۴ روز پس از کاشت قبل از انجام آبیاری اندازه‌گیری شد. برای این منظور در هر کرت چند بوته به طور تصادفی انتخاب شدند و از قسمت یک سوم بالای گیاه، برگ‌های هم‌سن قطع گردیدند. برگ‌های مربوط به هر کرت به طور مجزا در یک پوشش پلاستیکی داخل یخدان به آزمایشگاه انتقال یافتند. در آزمایشگاه با ترازوی با دقت ۰/۰۱ وزن گردیدند (وزن تر) و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر و در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (کرامر، ۱۹۸۳). پس از این مدت برگ‌ها از آب مقطر خارج شدند و بعد از این که آب روی آن‌ها با کاغذ صافی خشک شد مجدداً وزن شدند (وزن اشباع). پس از آن به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و سپس وزن شدند (وزن خشک). محاسبه مقدار آب نسبی با استفاده از رابطه زیر صورت گرفت.

رابطه (۷-۳) $100 * ((\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع}) / (\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})) = \text{مقدار نسبی آب برگ}$

1-RWC: Relative Water Content

۳-۷- تجزیه و تحلیل داده ها

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTAT-C و رسم شکل ها توسط نرم افزار EXCEL انجام شد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

فصل چهارم

نتایج و بحث

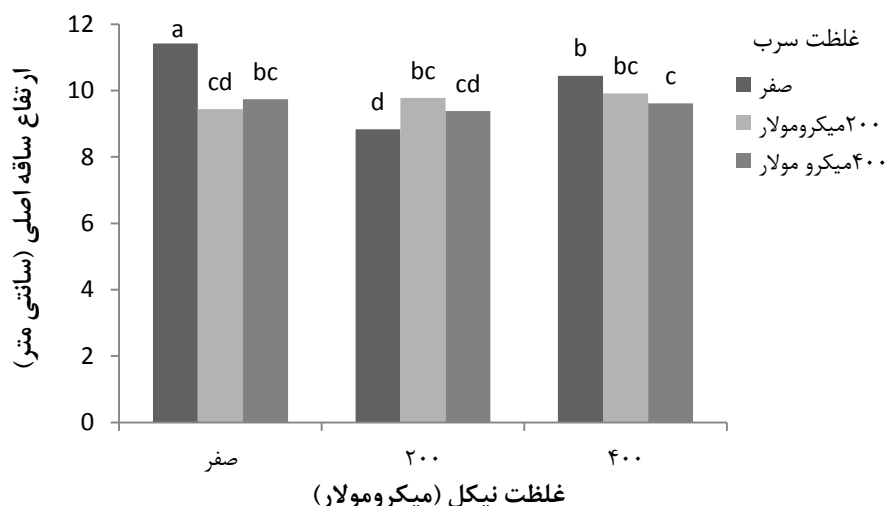
۴-۱- صفات مورفولوژیک

۴-۱-۱- ارتفاع ساقه اصلی

نتایج تجزیه واریانس ارتفاع ساقه اصلی در جدول پیوست ۱ نشان داده شده است. تأثیر نیکل و سرب و اثر متقابل آن‌ها بر ارتفاع ساقه اصلی معنی‌دار شد. ارتفاع ساقه در شرایط تنش نیکل و تنش سرب کم‌تر از شاهد بود. از بین اثرات متقابل تنها اثر دو جانبه اسید آسکوربیک و سرب بر ارتفاع ساقه معنی‌دار نشد (جدول پیوست ۱). در ترکیب تیماری نیکل و سرب، بلندترین ساقه به ارتفاع ۱۱/۴۲ سانتی‌متر مربوط به تیمار شاهد و کوتاه‌ترین ساقه به ارتفاع ۸/۸۳ سانتی‌متر مربوط به نیکل ۲۰۰ میکرومولار و عدم حضور سرب بود که با سرب ۲۰۰ میکرومولار و عدم حضور نیکل و سرب ۴۰۰ میکرومولار × نیکل ۲۰۰ میکرومولار اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۴-۱). سایر محققین نیز کاهش ارتفاع بوته را تحت تنش عناصر سنگین نیکل و سرب گزارش کردند (کریمی و همکاران، ۱۳۹۱، خطیب و همکاران، ۱۳۸۷ و شارما و دویی، ۲۰۰۵).

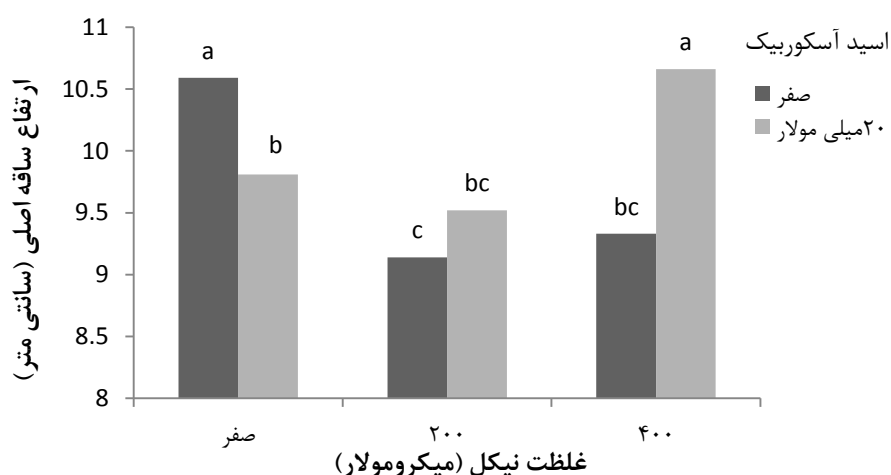
فونتس و همکاران (۲۰۰۶) کاهش میزان کلروفیل و اختلال در فتوسیستم I را علت اصلی کاهش رشد اندام هوایی در اثر افزایش غلظت نیکل گزارش کردند.

تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۱). علی‌رغم غیر معنی‌دار بودن، تیمار اسید آسکوربیک موجب افزایش ۳/۲ درصدی ارتفاع ساقه اصلی گردید (جدول پیوست ۲). گزارش شده است که اسید آسکوربیک با افزایش میزان قند در گیاهان تحت تنش از کاهش فتوسنتز جلوگیری نموده و سبب افزایش ارتفاع بوته‌ها خواهد شد (غلامی‌پور فرد و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه اصلی بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

در اثر متقابل اسید آسکوربیک و نیکل، با افزایش غلظت نیکل، ارتفاع ساقه اصلی کاهش چشم-گیری یافت ولی محلول پاشی اسید آسکوربیک سبب افزایش ارتفاع ساقه در غلظت‌های ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار نیکل گردید به طوری که ارتفاع ساقه‌ای معادل ۱۰/۶۶ سانتی‌متر در نیکل ۴۰۰ میکرومولار همراه با اسید آسکوربیک مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت. کوتاه‌ترین ارتفاع ساقه معادل ۹/۱۴ سانتی‌متر مربوط به نیکل ۲۰۰ میکرومولار و عدم حضور اسید آسکوربیک بود که اختلافی با ترکیب تیماری ۴۰۰ میکرومولار نیکل × عدم محلول پاشی اسید آسکوربیک و نیکل ۲۰۰ میکرومولار همراه با اسید آسکوربیک نداشتند (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه اصلی بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل

در آثار سه جانبه‌ی نیکل و سرب و اسید آسکوربیک، ارتفاع ساقه از ۱۲/۵۶ - ۸/۴۴ سانتی‌متر متغیر بود که بیش‌ترین ارتفاع ساقه (۱۲/۵۶ سانتی‌متر) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول پیوست ۳).

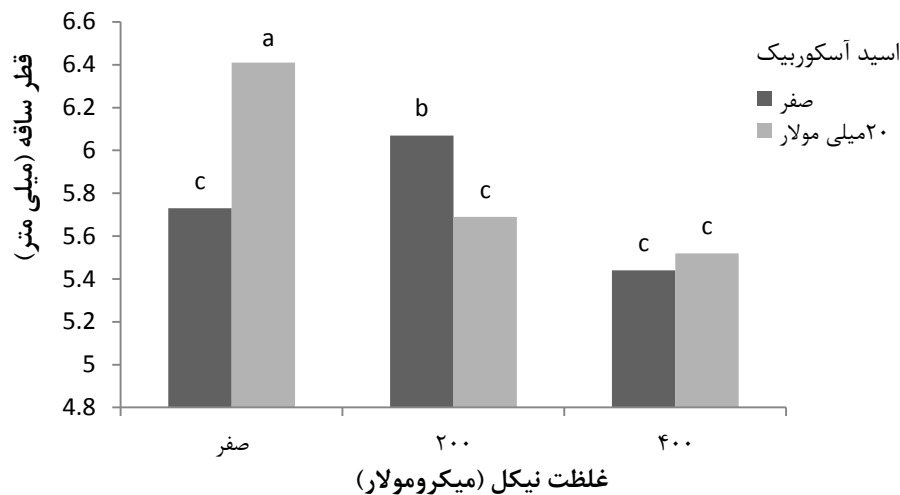
۴-۱-۲- قطر ساقه

تأثیر نیکل و تنش سرب بر قطر ساقه معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱). کاربرد عناصر نیکل و سرب منجر به کاهش قطر ساقه شد. در تنش نیکل بیش‌ترین قطر ساقه مربوط به تیمار شاهد و نیکل ۲۰۰ میکرومولار با قطر ۶/۰۷ و ۵/۸۸ میلی‌متر و کم‌ترین آن مربوط به تیمار نیکل ۴۰۰ میکرومولار با قطر ۵/۴۸ میلی‌متر بود. در تنش سرب بیش‌ترین قطر ساقه مربوط به تیمار شاهد با قطر ۵/۹۳ میلی‌متر و کم‌ترین آن مربوط به تیمار سرب ۲۰۰ میکرومولار با قطر ۵/۶۵ میلی‌متر بود (جدول پیوست ۲). در این راستا آردینی و همکاران (۱۹۹۴)، هارتلی و همکاران (۱۹۹۹) و پاپازوگلو و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعه روی نی و یانگ و همکاران (۱۹۹۶) با مطالعه روی جو و برنج گزارش کردند که اندام هوایی این گیاهان با افزایش غلظت نیکل کاهش می‌یابد.

تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر قطر ساقه معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۱). علی‌رغم غیر معنی‌دار بودن قطر ساقه گیاهانی که اسید آسکوربیک دریافت کرده بودند ۲/۰۸ درصد بیش‌تر از شاهد بود (جدول پیوست ۲).

اثر دو جانبه اسید آسکوربیک و نیکل و اثر سه جانبه نیکل و سرب و اسید آسکوربیک بر قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱). برهم‌کنش ترکیب تیماری اسید آسکوربیک و نیکل نشان داد که محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک تنها در شرایطی که عنصر نیکل وجود نداشت سبب افزایش قطر ساقه گردید به طوری که بیش‌ترین قطر ساقه به قطر ۶/۴۱ میلی‌متر مربوط به این شرایط بود که نسبت به شاهد ۱۱/۸۶ درصد افزایش داشت. در تیمار ۲۰۰ میکرومولار نیکل استفاده از اسید آسکوربیک قطر ساقه را به طور قابل توجهی کاهش داد. البته همان‌گونه که در شکل ۴-۲ مشاهده گردید در این شرایط افزایش در ارتفاع ساقه رخ داده است و با دو برابر شدن

غلظت نیکل محلول پاشی اسید آسکوربیک مفید واقع نشد به طوری که مقادیر پائینی از قطر ساقه در هر دو سطح اسید آسکوربیک در تیمار نیکل ۴۰۰ میکرومولار مشاهده شد به طوری که با نیکل ۲۰۰ میکرومولار با اسید آسکوربیک و شاهد در یک گروه قرار گرفتند (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۴- مقایسه میانگین قطر ساقه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل

در آثار سه جانبه‌ی نیکل و سرب و اسید آسکوربیک، بیش‌ترین قطر ساقه ۶/۶۳ میلی‌متر مربوط به محلول پاشی اسید آسکوربیک در عدم حضور نیکل و سرب بود که نسبت به شاهد ۱۵/۱ درصد افزایش داشت و مقادیر پائینی از قطر ساقه ۵/۱۴ میلی‌متر مربوط به ترکیب تیماری نیکل ۲۰۰ × سرب ۴۰۰ × اسید آسکوربیک بود (جدول پیوست ۳).

اگرچه افزایش در قطر ساقه توسط اسید آسکوربیک در برخی منابع گزارش شده است ولی در پژوهش حاضر به واسطه افزایشی که در ارتفاع ساقه در اثر محلول پاشی اسید آسکوربیک رخ داد قطر ساقه یا کاهش یافت یا بدون تغییر باقی ماند. دلیل افزایش در قطر ساقه با کاربرد اسید آسکوربیک خاصیت آنتی اکسیدانی اسید آسکوربیک در تخفیف اثرات تنش و افزایش میزان فتوسنتز در گیاهان بیان شده است (غلامی‌پور فرد و همکاران، ۱۳۸۸) که همین دلیل می‌تواند در مورد طول ساقه نیز صادق باشد.

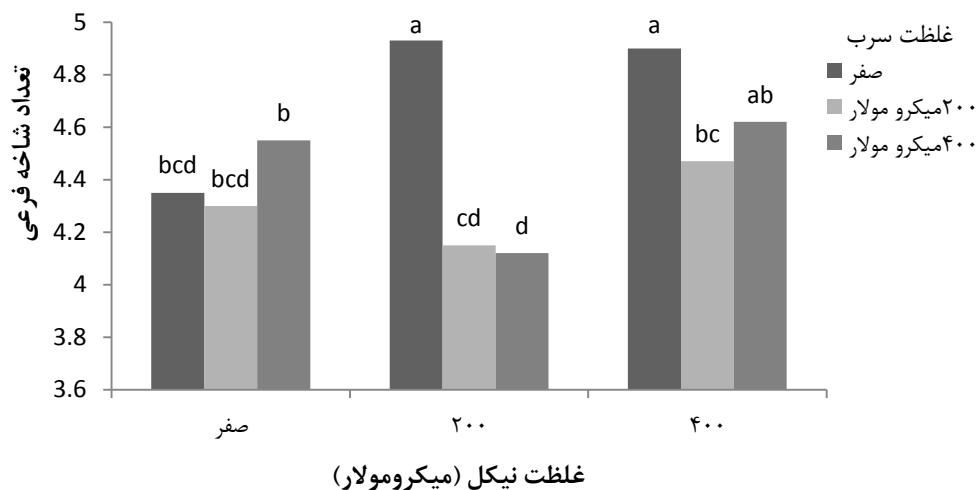
۴-۱-۳- تعداد شاخه فرعی

تأثیر نیکل و سرب و اثر متقابل آن ها بر تعداد شاخه فرعی معنی دار شد (جدول پیوست ۱). به دلیل نامشخص در شرایط عدم حضور سرب در هر دو سطح ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار نیکل مقادیر بالایی از تعداد شاخه فرعی با میانگین ۴/۹ شاخه در بوته ثبت گردید که نسبت به شاهد حدود ۱۳ درصد افزایش داشت (شکل ۴-۴). با توام شدن هر دو غلظت سرب با هر دو غلظت نیکل این صفت کاهش یافت. در مجموع کمترین شاخه فرعی به تعداد ۴/۱۲ شاخه در ترکیب تیماری نیکل ۲۰۰ و سرب ۴۰۰ میکرومولار به دست آمد. به طور کلی ایجاد تغییر در مورفولوژی گیاه در اثر افزایش فلزات سنگین سبب کاهش در تولید و انتقال فرآورده های فتوسنتزی می شود و کاهش رشد اندام هوایی را به دنبال دارد (آردینی و همکاران، ۱۹۹۴). تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک نیز بر تعداد شاخه فرعی گیاه معنی دار بود (جدول پیوست ۱). تیمار با اسید آسکوربیک موجب افزایش ۴/۳ درصدی در تعداد شاخه فرعی نسبت به شاهد گردید (جدول پیوست ۲). بر اساس تحقیقات انجام شده کاربرد اسید آسکوربیک سبب افزایش قابل توجه رشد رویشی و ترکیبات شیمیایی در گلایول، سیب زمینی (البنا و همکاران، ۲۰۰۶)، بادمجان (التوهای و همکاران، ۲۰۰۸) و سرو شیراز (فراها و همکاران، ۲۰۰۷) شده است.

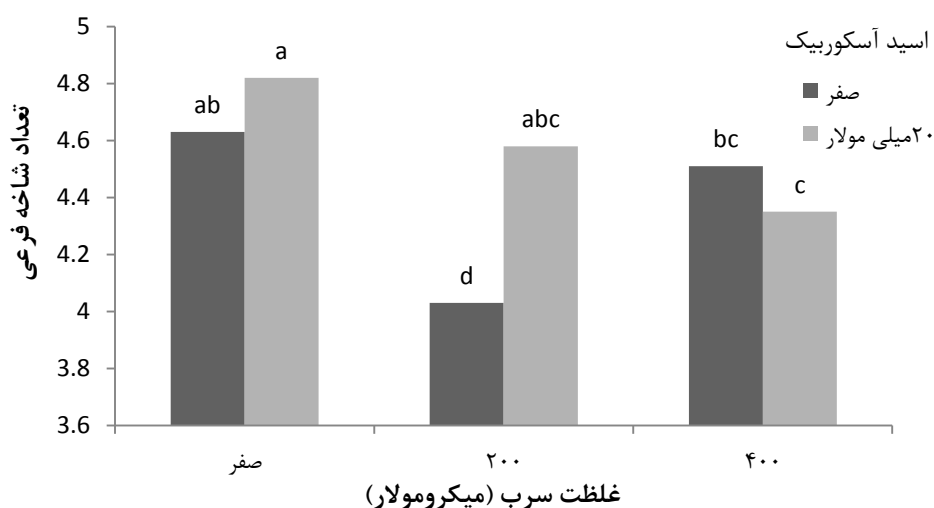
از بین اثرات متقابل، علاوه بر اثر دو جانبه نیکل و سرب، اثر متقابل اسید آسکوربیک و سرب نیز در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد شاخه فرعی معنی دار شد (جدول پیوست ۱).

همان طور که در شکل ۴-۵ مشاهده می شود، با افزایش غلظت سرب، تعداد شاخه فرعی کاهش یافت. محلول پاشی اسید آسکوربیک در دو غلظت صفر و ۲۰۰ میکرومولار سرب منجر به افزایش تعداد شاخه فرعی شد به طوری که بیشترین تعداد شاخه فرعی به تعداد ۴/۸۲ شاخه مربوط به تیمار اسید آسکوربیک در عدم حضور سرب بود که نسبت به شاهد ۴/۱۰ درصد افزایش داشت البته این افزایش به لحاظ آماری معنی دار نبود. تأثیر مطلوب اسید آسکوربیک در شرایط ۲۰۰ میکرومولار سرب به حدی بود که کاهش قابل توجه پیش آمده در این شرایط را جبران و صفت تعداد شاخه فرعی را در

حد شاهد بهبود بخشید. البته در تیمار ۴۰۰ میکرومولار سرب محلول پاشی اسید آسکوربیک تأثیر منفی بر این صفت داشت (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

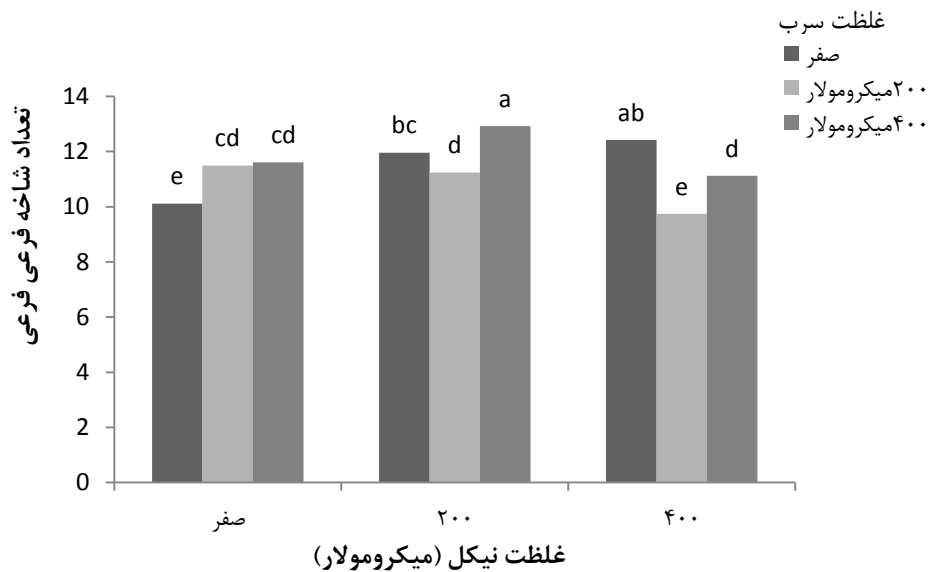


شکل ۴-۵- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

۴-۱-۴- تعداد شاخه فرعی فرعی

از بین منابع تغییر تأثیر نیکل و سرب و همهی اثرات متقابل بر تعداد شاخه فرعی فرعی معنی دار شد (جدول پیوست ۱).

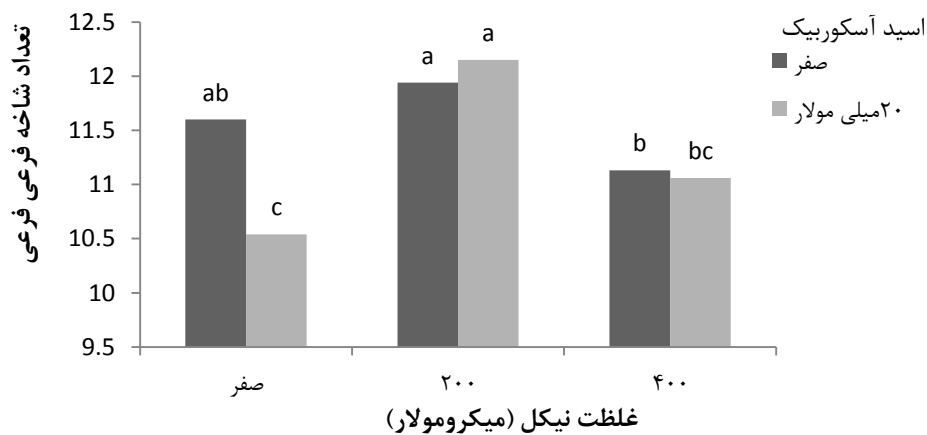
در ترکیب تیماری نیکل و سرب بیشترین تعداد شاخه فرعی فرعی به تعداد ۱۲/۹۲ شاخه مربوط به تیمار نیکل ۲۰۰ میکرومولار در سرب ۴۰۰ میکرومولار و نیکل ۴۰۰ میکرومولار بدون سرب بود که نسبت به شاهد ۱۲/۷۹ درصد افزایش داشت و کمترین تعداد شاخه فرعی فرعی به تعداد ۹/۷۴ شاخه مربوط به ترکیب تیماری نیکل ۴۰۰ میکرومولار در سرب ۲۰۰ میکرومولار بود که با شاهد اختلاف نداشت (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی فرعی بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

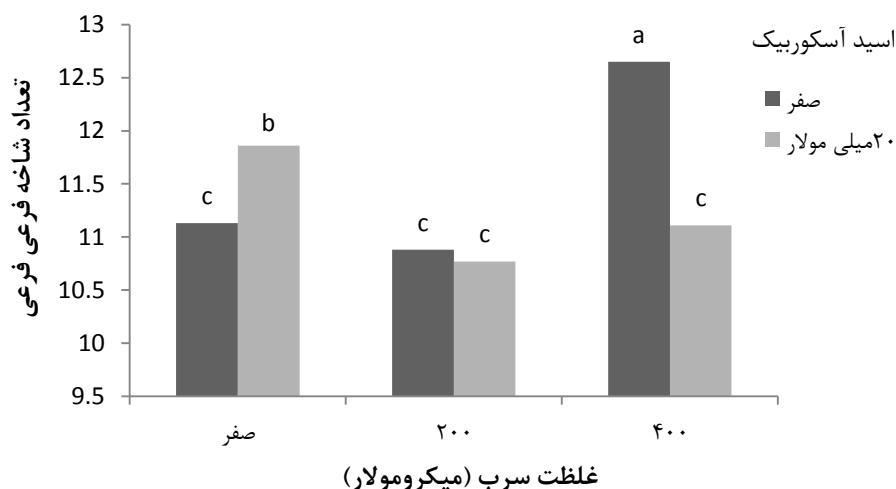
در ترکیب تیماری اسید آسکوربیک و نیکل بیشترین تعداد شاخه فرعی فرعی به تعداد ۱۲/۱۵ شاخه مربوط به تیمار اسید آسکوربیک و نیکل ۲۰۰ میکرومولاری بود که با عدم محلول پاشی اسید آسکوربیک در همین سطح از نیکل و شاهد اختلاف معنی داری نداشت و کمترین آن مربوط به تیمار

محلول پاشی اسید آسکوربیک در غلظت صفر نیکل با تعداد شاخه فرعی فرعی ۱۰/۵۴ شاخه بود که با تیمار نیکل ۴۰۰ میکرومولار همراه با اسید آسکوربیک اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی فرعی بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل

در اثر متقابل اسید آسکوربیک و سرب بیشترین تعداد شاخه فرعی فرعی به تعداد ۱۲/۶۵ در گیاهانی دیده شد که سرب ۴۰۰ میکرومولار را دریافت کردند و توسط اسید آسکوربیک محلول پاشی نشدند که نسبت به شاهد ۱۳/۶۵ درصد بیشتر بود. کاربرد اسید آسکوربیک تنها در گیاهانی موجب بهبود شاخه فرعی فرعی شد که جذب برگی سرب را تجربه نکرده بودند. سایر ترکیبات تیماری اختلاف معنی داری با یکدیگر و با شاهد نداشتند (شکل ۴-۸).



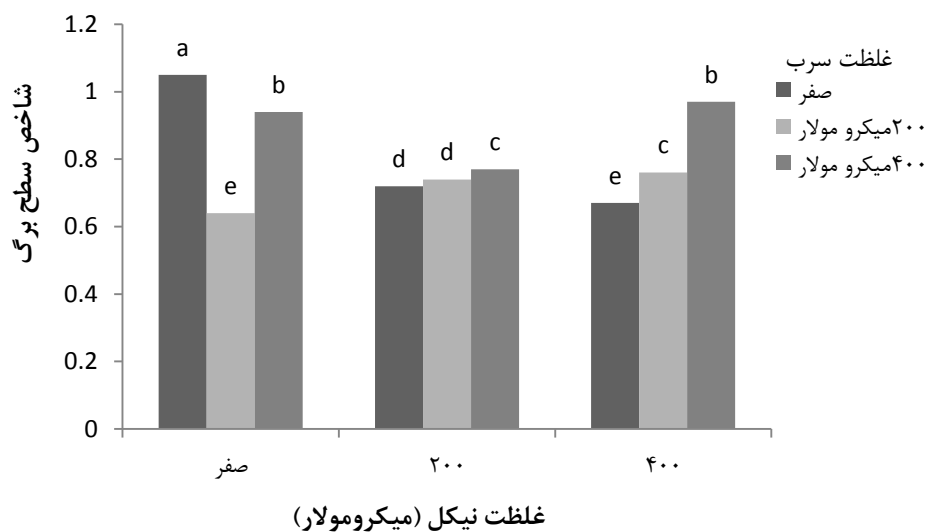
شکل ۴-۸- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی فرعی بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

در آثار سه جانبه، بیشترین تعداد شاخه فرعی فرعی (۱۳/۴۹ شاخه) مربوط به تیمار نیکل ۲۰۰ × سرب ۴۰۰ میکرومولار بود که نسبت به شاهد ۲۸/۷۲ درصد افزایش داشت و کمترین تعداد شاخه فرعی فرعی (۹/۳۳ شاخه) مربوط به ترکیب تیماری نیکل ۴۰۰ × سرب ۲۰۰ × اسید آسکوربیک بود (جدول پیوست ۳).

۴-۱-۵- شاخص سطح برگ

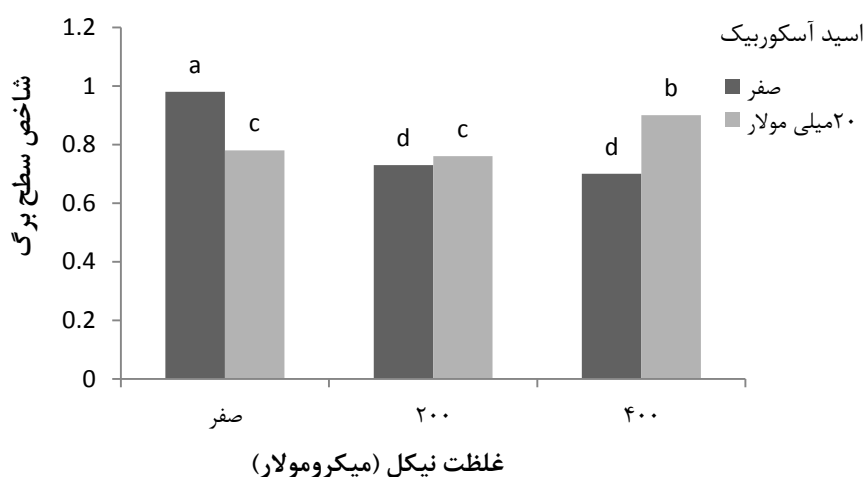
شاخص سطح برگ از همه منابع تغییر به جز اسید آسکوربیک در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر پذیرفت (جدول پیوست ۴). در ترکیب تیماری نیکل و سرب، در شکل ۴-۹ مشاهده می‌گردد که به طور کلی نیکل سبب کاهش شاخص سطح برگ شد ولی توأم شدن سرب با نیکل این صفت را افزایش داد به طوری که مقادیر بالایی از شاخص سطح برگ در بالاترین غلظت دو عنصر نیکل و سرب یعنی ۴۰۰ میکرومولار به دست آمد البته بیشترین شاخص سطح برگ معادل ۱/۰۵ مربوط به شاهد بود (شکل ۴-۹). کاهش سطح برگ در اثر غلظت‌های مختلف نیکل در گیاه سویا (برادران و همکاران، ۱۳۸۹)، در جو (مولاس و باران، ۲۰۰۴) و در گندم (ستیا و همکاران، ۱۹۸۸) گزارش شده است. طبق مطالعات شارما و دویی (۲۰۰۵) کاهش سطح برگ، پاسخ عمومی گیاهان به محیط حاوی فلز سنگین است. کاهش سطح برگ و شدت تعرق، به علت زیادی عناصر سنگین در محیط کشت می‌باشد که جذب و انتقال آب را کاهش می‌دهد (آزما و همکاران، ۲۰۰۶).

کاهش سطح برگ در گیاهان مختلف در اثر عناصر سنگین توسط پژوهشگران دیگر هم بیان شده است (جایاکومار و همکاران، ۲۰۰۷، گریگوری و برادشاو، ۱۹۶۵ و کلمنس، ۲۰۰۱).



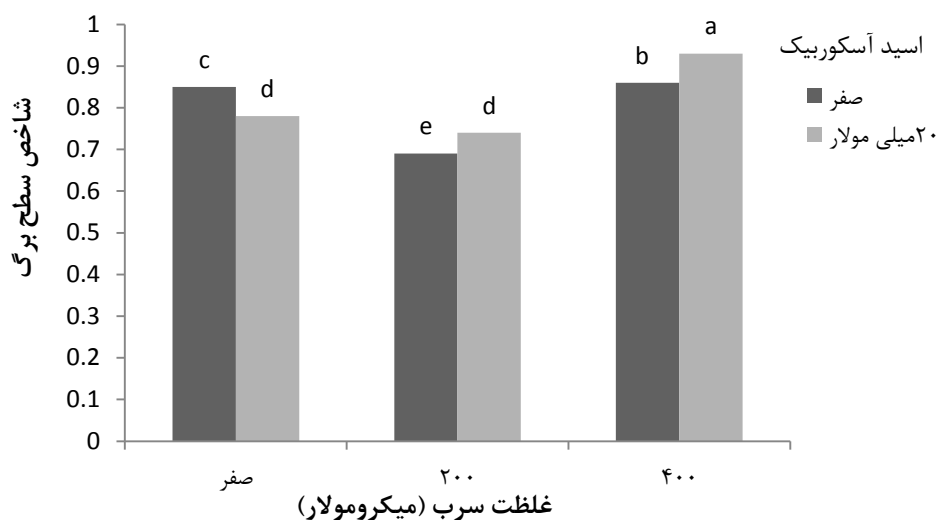
شکل ۴-۹- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

در اثر متقابل اسید آسکوربیک و نیکل بیشترین شاخص سطح برگ معادل با ۰/۹۸ مربوط به تیمار شاهد بود. جذب برگی نیکل در عدم حضور اسید آسکوربیک در هر دو غلظت تقریباً به یک اندازه شاخص سطح برگ را کاهش دادند که حدود ۲۵ درصد بود. محلول پاشی اسید آسکوربیک توانست در شرایط وجود تنش نیکل صفت شاخص سطح برگ را به طور معنی داری بهبود بخشد که این تأثیر در بالاترین سطح نیکل محسوس تر بود (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل

با توجه به مقایسه میانگین ترکیبات تیماری اسید آسکوربیک و سرب بر صفت شاخص سطح برگ، سرب ۴۰۰ میکرومولار موجب افزایش این صفت در مقایسه با شاهد گردید و سرب ۲۰۰ میکرومولار تأثیر منفی بر شاخص سطح برگ داشت. محلول پاشی اسید آسکوربیک در هر دو غلظت مذکور موجب افزایش سطح برگ گردید به طوری که در تیمار ۴۰۰ میکرومولار سرب به حدی افزایش داشت که از شاهد نیز بالاتر بود (شکل ۴-۱۱).



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

در اثرات سه جانبه، بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۱/۲ مربوط به ترکیب تیماری سرب ۴۰۰ با اسید آسکوربیک بود که نسبت به شاهد ۵/۲۶ درصد بیش تر بود و کمترین آن ۰/۵۸ مربوط به تیمار سرب ۲۰۰ در حضور اسید آسکوربیک بود که با ترکیبات تیماری دیگر اختلافی نداشت (جدول پیوست ۶).

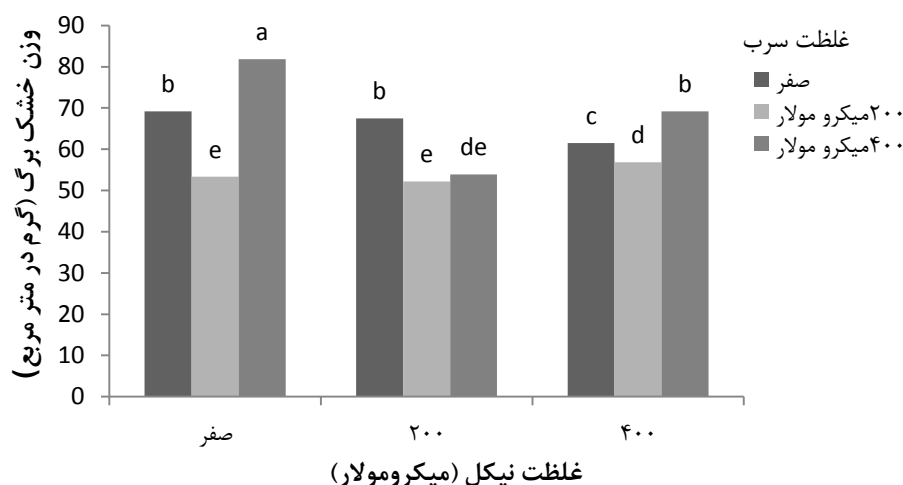
۴-۱-۶- وزن خشک برگ

تأثیرپذیری وزن خشک برگ نیز مشابه شاخص سطح برگ بود به طوری که تمام منابع تغییر به جز اسید آسکوربیک اثر معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت داشتند. گزارش شده است

که فلزات سنگین از طریق کاهش فعالیت‌های آنزیمی و تخریب ساختمان پروتئینی، باعث کاهش رشد گیاهان می‌گردند (ویگ و همکاران، ۲۰۰۳).

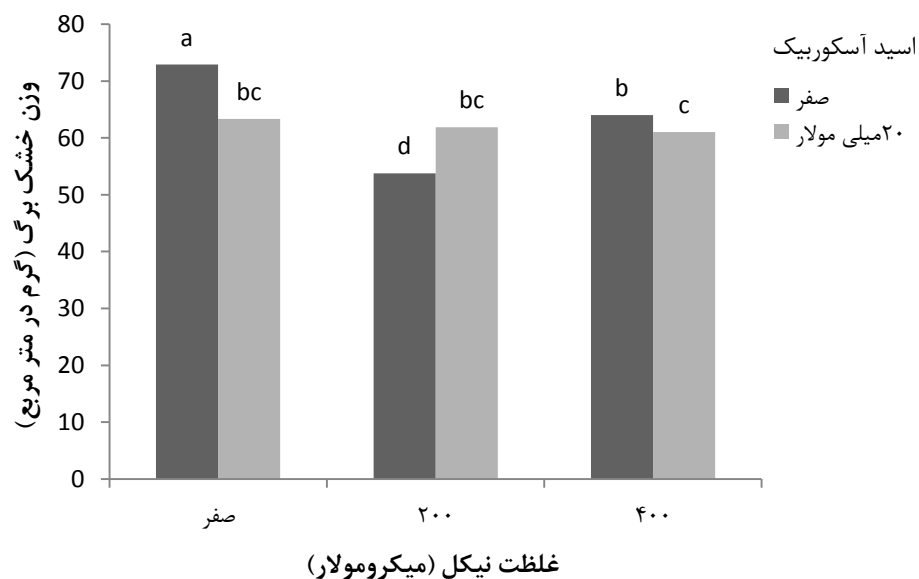
پرالتا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که آسیب‌های ناشی از فلزات سنگین و نیکل از طریق تغییر در ساختار غشای سلول‌ها منجر به کاهش پتانسیل آب گیاه شده است که تأثیر منفی بر فرآیندهای فیزیولوژیکی نظیر تعرق، تنفس، فتوسنتز داشته است و در نهایت کاهش رشد گیاه را سبب شده است. هم‌چنین نتایج خطیب و همکاران (۱۳۸۷) نشان داد که با تنش نیکل، مقاومت روزنه‌ها افزایش می‌یابد که نتیجه آن، کاهش تولید بیوماس اندام هوایی است.

در تأیید نتایجی که برای شاخص سطح برگ به دست آمد صفت وزن خشک برگ نیز توسط مقادیر بالای سرب افزایش یافت (جدول پیوست ۵). به طوری که در ترکیب تیماری نیکل و سرب بیش‌ترین تجمع ماده خشک در برگ معادل ۸۱/۸۳ گرم در متر مربع مربوط به گیاهانی بود که تیمار سرب ۴۰۰ میکرومولار را به تنهایی دریافت کرده بودند که نسبت به شاهد ۱۸/۳۱ درصد افزایش داشت و کم‌ترین آن به وزن ۵۲/۱۶ گرم در متر مربع مربوط به ترکیب تیماری نیکل ۲۰۰ میکرومولار و سرب ۲۰۰ میکرومولار بود که با سرب ۲۰۰ میکرومولار × عدم حضور نیکل و نیکل ۲۰۰ میکرومولار و سرب ۴۰۰ میکرومولار اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴-۱۲). این در حالی است که نیکل و توأم شدن آن با غلظت‌های پایین سرب منجر به کاهش وزن خشک برگ گردید.



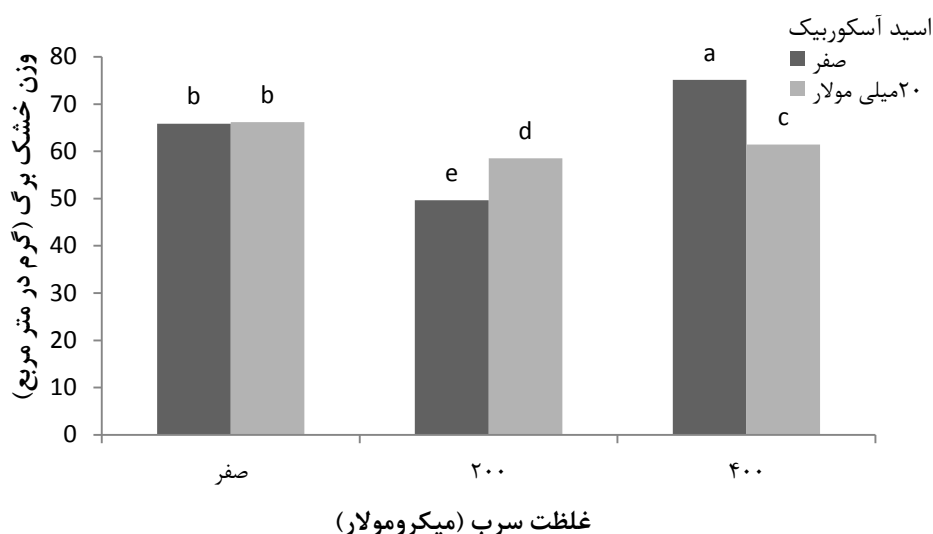
شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

در اثر متقابل اسید آسکوربیک و نیکل، با افزایش غلظت نیکل وزن خشک برگ کاهش یافت و محلول پاشی اسید آسکوربیک تأثیر منفی بر وزن خشک برگ داشت تنها در تیمار نیکل ۲۰۰ میکرومولار محلول پاشی سبب افزایش وزن خشک برگ گردید. بیشترین وزن خشک برگ به وزن ۷۲/۸۸ گرم در متر مربع مربوط به شاهد بود که در گروه آماری برتر نسبت به سایر ترکیبات تیماری قرار داشت (شکل ۴-۱۳).



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین وزن خشک برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل

در اثر متقابل اسید آسکوربیک و سرب بیشترین وزن خشک برگ (۷۵/۱۱ گرم در متر مربع) مربوط به سرب ۴۰۰ میکرومولاری بدون اسید آسکوربیک بود که حتی نسبت به شاهد ۱۴/۰۱ درصد افزایش داشت و کمترین وزن خشک برگ (۴۹/۶۶ گرم در متر مربع) مربوط به تیمار سرب ۲۰۰ میکرومولاری بدون اسید آسکوربیک بود (شکل ۴-۱۴). نتایج نشان داد که در غلظت‌های پائین سرب و نیکل، محلول پاشی اسید آسکوربیک بر وزن خشک برگ مؤثر بوده و موجب افزایش وزن خشک برگ شده است ولی با افزایش غلظت سرب و نیکل از ۲۰۰ میکرومولار به ۴۰۰ میکرومولار محلول پاشی اسید آسکوربیک نه تنها تأثیر افزایشی در وزن خشک برگ نداشته است بلکه منفی نیز بوده است.



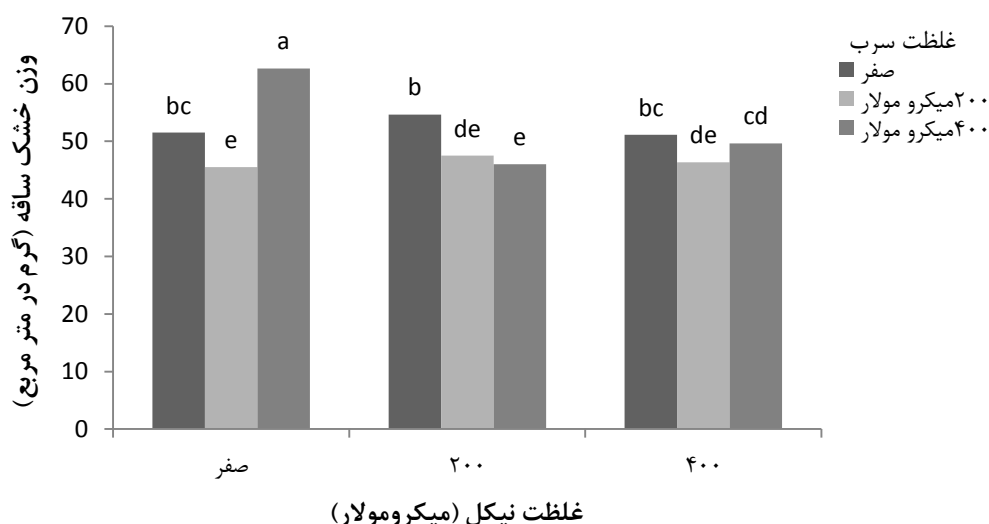
شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

در آثار سه جانبه، بیشترین وزن خشک برگ معادل ۹۹ گرم در متر مربع مربوط به گیاهانی بود که فقط سرب را با غلظت بالا (۴۰۰ میکرومولار) دریافت کرده بودند که نسبت به شاهد ۵۲/۳ درصد افزایش داشت و کمترین وزن خشک برگ (۴۱ گرم در متر مربع) مربوط به ترکیب تیماری نیکل ۲۰۰ × سرب ۲۰۰ میکرومولار بود (جدول پیوست ۶). به صورت کلی، نتایج اثرات سه جانبه نشان داد که محلول پاشی اسید آسکوربیک تأثیر مثبتی در افزایش وزن خشک برگ نداشت.

۴-۱-۷- وزن خشک ساقه

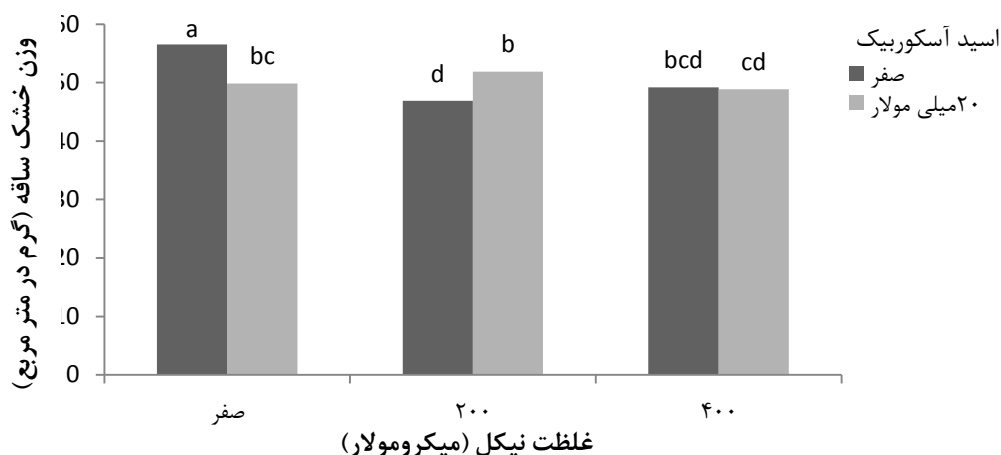
تجمع ماده خشک در ساقه از نیکل و سرب و همه اثرات متقابل تأثیر پذیرفت (جدول پیوست ۴). در مورد وزن خشک ساقه نیز رفتاری مشابه وزن خشک برگ مشاهده گردید. به طوری که بیشترین وزن خشک ساقه معادل ۶۲/۶۶ گرم در متر مربع مربوط به تیمار سرب ۴۰۰ میکرومولار بدون نیکل بود که نسبت به شاهد ۲۱/۶۶ درصد افزایش داشت و کمترین آن به وزن ۴۵/۵ گرم در متر مربع مربوط به ترکیب تیماری سرب ۲۰۰ میکرومولار بدون نیکل بود که با ترکیب تیماری نیکل ۲۰۰ میکرومولار با سرب ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار و نیز نیکل ۴۰۰ با سرب ۲۰۰ میکرومولار اختلاف معنی-

داری نداشت (شکل ۴-۱۵). در مجموع از نتایج به دست آمده چنین استنباط می‌گردد که تأثیر منفی فلز سنگین سرب بر تجمع ماده خشک بیش‌تر از نیکل است. همان‌طور که در شکل ۴-۱۵ مشاهده می‌گردد وقتی که سرب به تنهایی یا توأم با نیکل استفاده شده است تأثیر منفی بیش‌تری بر ماده خشک ساقه نسبت به کاربرد نیکل به تنهایی داشته است.



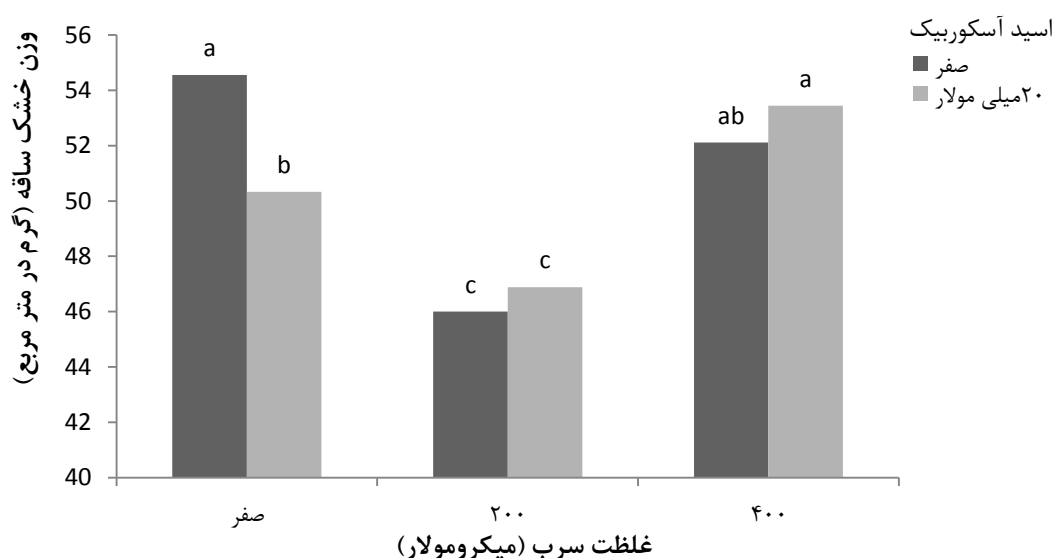
شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

اثر ترکیب تیماری حاصل از اسید آسکوربیک و نیکل، بر وزن خشک ساقه در شکل ۴-۱۶ مقایسه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد با افزایش غلظت نیکل، وزن خشک ساقه کاهش یافت و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک فقط در غلظت نیکل ۲۰۰ میکرومولار موجب بهبود وزن خشک ساقه گردید.



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل

در اثر متقابل اسید آسکوربیک و سرب فقط در سرب ۲۰۰ میکرومولار وزن خشک ساقه از خود کاهش نشان داد این کاهش در غلظت ۲۰۰ میکرومولار سرب بسیار محسوس تر بود. محلول پاشی اسید آسکوربیک در شرایط عادی اثر منفی و معنی داری داشت در حالی که در تیمار ۴۰۰ میکرومولار سرب با اسید آسکوربیک وزن خشک ساقه با شاهد در یک گروه بود. بیشترین وزن خشک ساقه (۵۴/۵۵ گرم در متر مربع) مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۴-۱۷).



شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

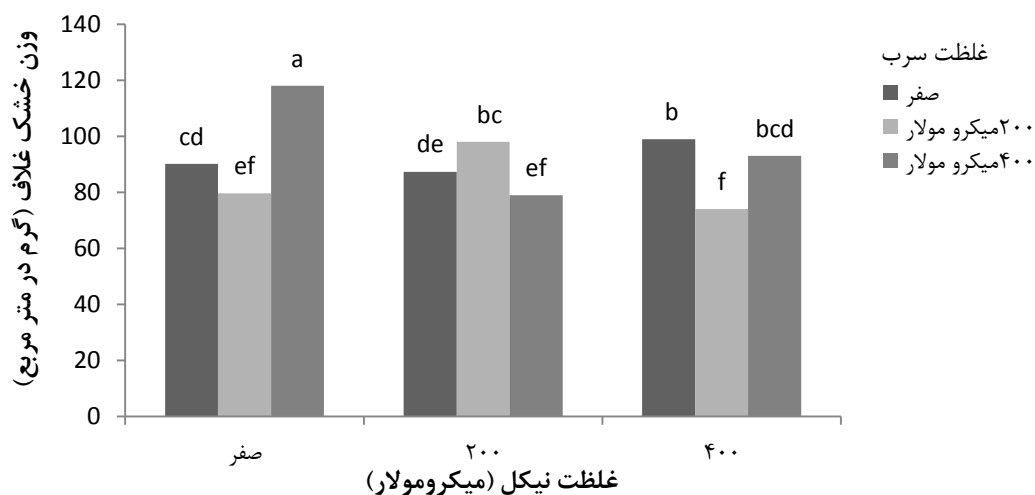
در اثرات سه جانبه، بیشترین وزن خشک ساقه (۶۶/۶۶ گرم در متر مربع) مربوط به غلظت بالای سرب (۴۰۰ میکرومولار) در عدم حضور نیکل و اسید آسکوربیک بود که نسبت به شاهد ۱۹/۰۳ درصد افزایش داشت و کمترین وزن خشک ساقه (۴۲ گرم در متر مربع) در ترکیب تیماری نیکل ۲۰۰ × سرب ۲۰۰ میکرومولار بدون اسید آسکوربیک ثبت گردید (جدول پیوست ۶).

۴-۱-۸- وزن خشک غلاف

تأثیر نیکل، سرب، اسید آسکوربیک و اثر متقابل آن‌ها بر وزن خشک غلاف معنی‌دار شد (جدول پیوست ۴). تنش نیکل سبب کاهش وزن خشک غلاف و سرب موجب افزایش آن گردید (جدول پیوست ۵). کاهش وزن خشک گیاه در اثر افزایش غلظت نیکل در گیاه برنج نیز گزارش شده است (مولاس و باران، ۲۰۰۴).

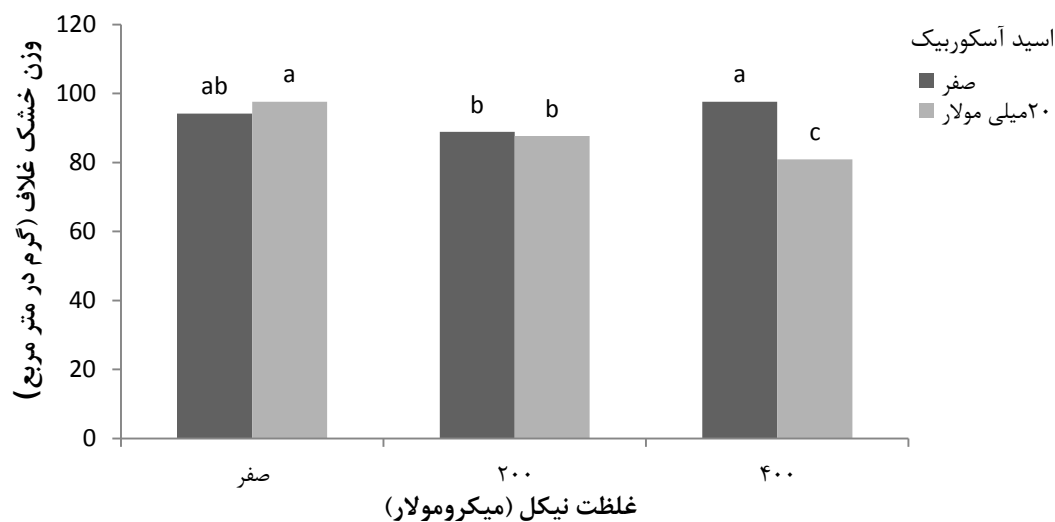
در مورد اسید آسکوربیک نیز نتیجه‌ای دور از انتظار رقم خورد. اگرچه بیش‌تر گزارش‌ها حاکی از اثر تحریکی اسید آسکوربیک بر وزن خشک اندام هوایی است ولی در این آزمایش محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک موجب کاهش وزن خشک غلاف گیاه لوبیا سبز شد (جدول پیوست ۵). در اثر متقابل نیکل و سرب بیش‌ترین وزن خشک غلاف معادل ۱۱۸ گرم در مترمربع مربوط به ترکیب تیماری سرب ۴۰۰ میکرومولار و نیکل صفر بود که نسبت به شاهد ۳۰/۸۷ درصد بیش‌تر بود و کمترین آن به وزن ۷۴ گرم در مترمربع از ترکیب تیماری سرب ۲۰۰ و نیکل ۴۰۰ میکرومولار به دست آمد که با ترکیب تیماری سرب ۲۰۰ میکرومولار × عدم نیکل و نیکل ۲۰۰ و سرب ۴۰۰ میکرومولار اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴-۱۸).

نیترا ت موجود در منبع سرب توسط گیاه جذب شده که یکی از دلایل افزایش وزن خشک غلاف در تیمار سرب ۴۰۰ میکرومولار و نیکل صفر بوده است.



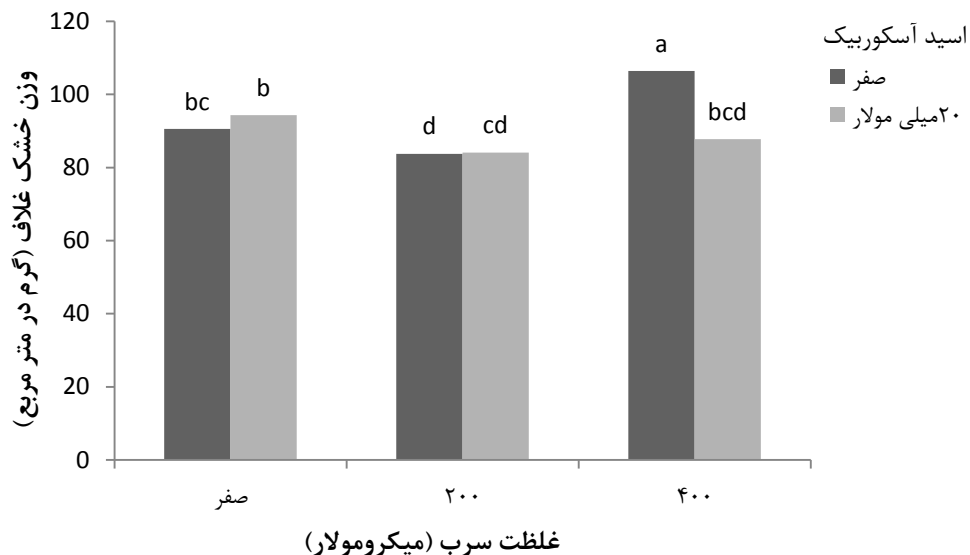
شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

در اثر متقابل اسید آسکوربیک و نیکل، اثر مثبتی از محلول پاشی اسید آسکوربیک مشاهده نشد حتی محلول پاشی اسید آسکوربیک در تیمار ۴۰۰ میکرومولار نیکل تأثیر منفی بر وزن خشک غلاف داشت (شکل ۴-۱۹).



شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل

در اثر متقابل اسید آسکوربیک و سرب نیز شرایط مشابهی وجود داشت. بیشترین وزن خشک غلاف (۱۰۶/۴۴ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار سرب ۴۰۰ میکرومولار بدون اسید آسکوربیک بود که نسبت به شاهد ۱۷/۵۴ درصد بیشتر بود و به لحاظ آماری در گروه برتر قرار گرفت (شکل ۴-۲۰).



شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

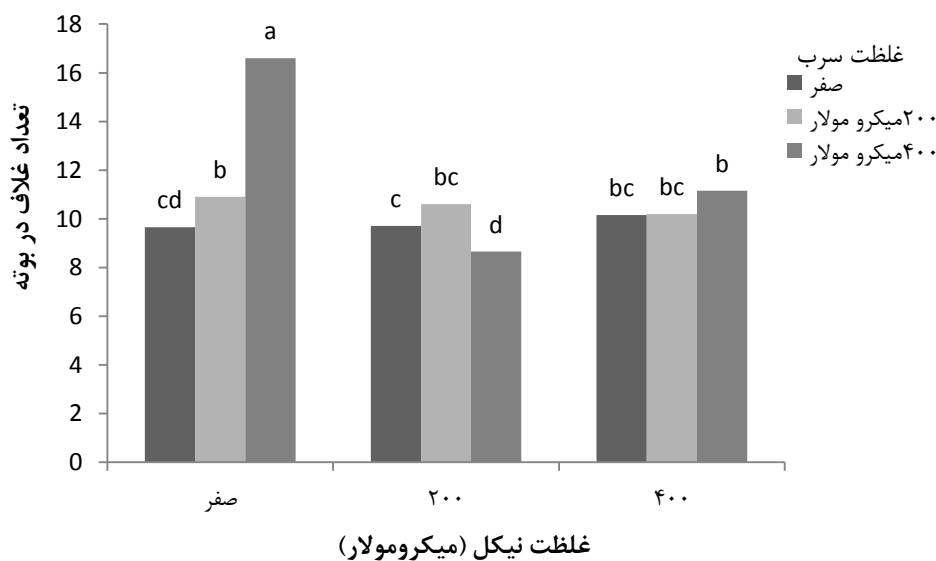
در آثار سه جانبه، گیاهانی که فقط غلظت بالای سرب (۴۰۰ میکرومولار) را دریافت کرده بودند با میانگینی معادل ۱۲۳/۶۶ گرم در مترمربع بیشترین وزن خشک غلاف را داشتند که نسبت به شاهد ۴۲/۶۹ درصد بیشتر بود. کمترین وزن خشک (غلاف ۶۱/۳۳ گرم در مترمربع) مربوط به ترکیب تیماری نیکل ۴۰۰ × سرب ۲۰۰ میکرومولار با اسید آسکوربیک بود (جدول پیوست ۶).

۴-۲- عملکرد و اجزاء عملکرد

۴-۲-۱- تعداد غلاف در بوته

تأثیر نیکل و سرب بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار شد (جدول پیوست ۷). از بین آثار متقابل تنها اثر دو جانبه سرب و نیکل و اثر سه جانبه سرب و نیکل و اسید آسکوربیک بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار شد (جدول پیوست ۷). در اثر متقابل نیکل و سرب مشاهده می‌شود که به طور کلی با

افزایش غلظت نیکل تعداد غلاف در بوته کاهش یافت درحالی که برای سرب اثرات مثبتی ثبت گردید به طوری که بیشترین تعداد غلاف در بوته معادل ۱۶/۶ عدد از گیاهانی به دست آمد که فقط تیمار سرب ۴۰۰ میکرومولار را دریافت کرده بودند که نسبت به شاهد ۷۲/۰۲ درصد افزایش داشت و کمترین آن به تعداد غلاف در بوته ۸/۶۵ عدد مربوط به ترکیب تیماری سرب ۴۰۰ و نیکل ۲۰۰ میکرومولار بود که با شاهد اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۴-۲۱).

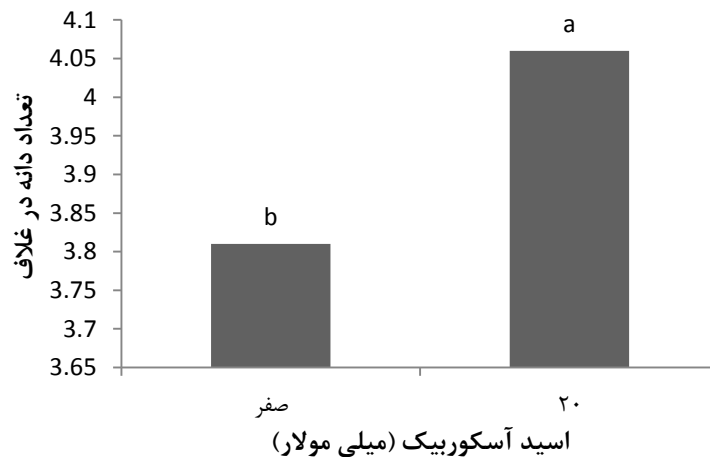


شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

در اثرات سه جانبه نیز نتیجه مشابهی به دست آمد، بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۸/۴ عدد) مربوط به غلظت سرب ۴۰۰ میکرومولار در عدم حضور نیکل و اسید آسکوربیک بود که نسبت به شاهد ۹۵/۷۴ درصد بیش تر بود و کمترین تعداد غلاف در بوته (۷/۷ عدد) مربوط به ترکیب تیماری نیکل ۲۰۰ × سرب ۴۰۰ میکرومولار و عدم محلول پاشی اسید آسکوربیک بود که با تیمار نیکل ۲۰۰ × سرب ۴۰۰ میکرومولار در عدم حضور اسید آسکوربیک اختلاف معنی داری نداشتند (جدول پیوست ۹).

۴-۲-۲- تعداد دانه در غلاف

از بین منابع تغییر تنها تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۷). تعداد دانه در غلاف در گیاهانی که با اسید آسکوربیک تیمار شدند ۶/۵۶ درصد بیش‌تر از شاهد بود (شکل ۴-۲۲).

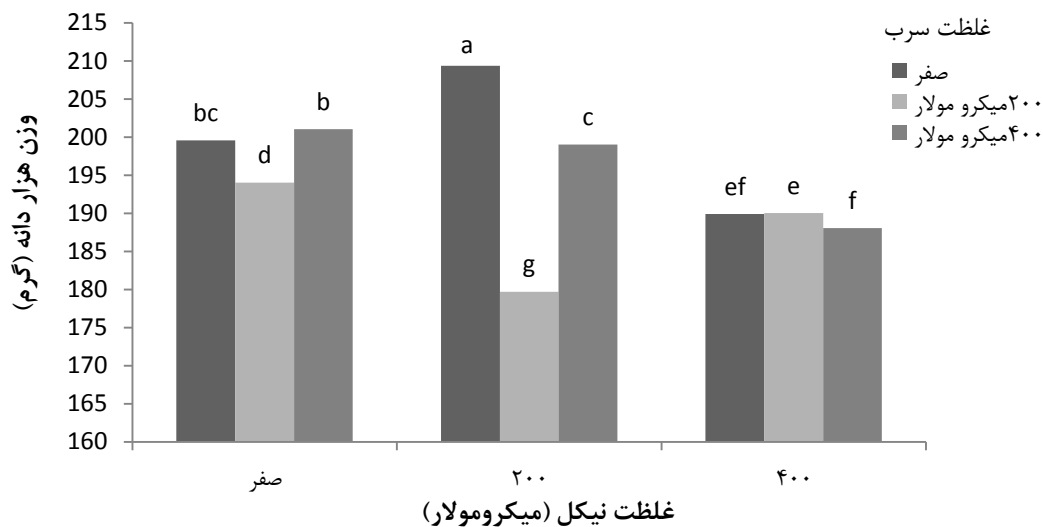


شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت شرایط تیماری اسید آسکوربیک

۴-۲-۳- وزن هزار دانه

تأثیر تنش نیکل و تنش سرب بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد ولی تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۷). البته علی‌رغم غیر معنی‌دار بودن، اسید آسکوربیک موجب بهبود جزئی صفت وزن هزار دانه گردید (جدول پیوست ۸).

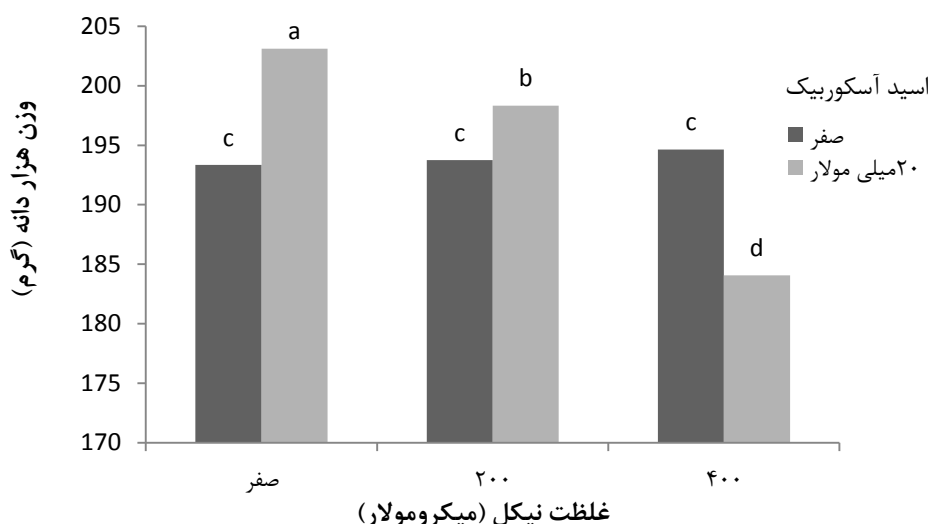
از بین آثار متقابل تنها اثر دو جانبه اسید آسکوربیک و سرب بر وزن هزار دانه معنی‌دار نشد (جدول پیوست ۷). هم نیکل و هم سرب وزن هزار دانه را کاهش دادند ولی به نظر می‌رسد اثر منفی نیکل به ویژه در یک سطح خاص (۲۰۰ میکرومولار) مشهودتر بوده است چرا که در مقایسه انجام شده بین ترکیبات تیماری حاصل از نیکل و سرب مشاهده می‌گردد که، غلظت ۴۰۰ میکرومولار نیکل چه در حضور و چه در عدم حضور سرب موجب کاهش چشم‌گیر و معنی‌داری در وزن هزار دانه شد. اگرچه کم‌ترین وزن هزار دانه با وزن ۱۷۹/۷۲ گرم در ترکیب تیماری نیکل ۲۰۰ و سرب ۲۰۰ میکرومولار کاملاً مشهود بود (شکل ۴-۲۳).



شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین وزن هزار دانه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

در شکل ۴-۲۴ ملاحظه می‌گردد که در دو سطح نیکل صفر و ۲۰۰ میکرومولار، کاربرد اسید آسکوربیک سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه گردید در حالی که با دو برابر شدن غلظت نیکل این ماده نه تنها مفید نبود بلکه اثر منفی نیز داشت. در مجموع بیش‌ترین وزن هزاردانه با وزن ۲۰۳/۱ گرم مربوط به محلول پاشی اسید آسکوربیک در غلظت صفر نیکل بود که نسبت به شاهد ۵/۰۴ درصد افزایش داشت و کم‌ترین آن با وزن ۱۸۴/۰۶ گرم مربوط به ترکیب تیماری اسید آسکوربیک و نیکل ۴۰۰ میکرومولار بود (شکل ۴-۲۴).

در آثار سه جانبه، بیش‌ترین وزن هزار دانه با وزن ۲۱۱/۵۵ گرم مربوط به ترکیب تیماری سرب صفر × نیکل ۴۰۰ میکرومولار با اسید آسکوربیک بود که نسبت به شاهد ۹/۵۸ درصد افزایش داشت و کم‌ترین وزن هزار دانه با وزن ۱۷۹/۹ گرم مربوط به ترکیب تیماری نیکل ۲۰۰ × سرب ۲۰۰ میکرومولار بدون اسید آسکوربیک بود (جدول پیوست ۹).

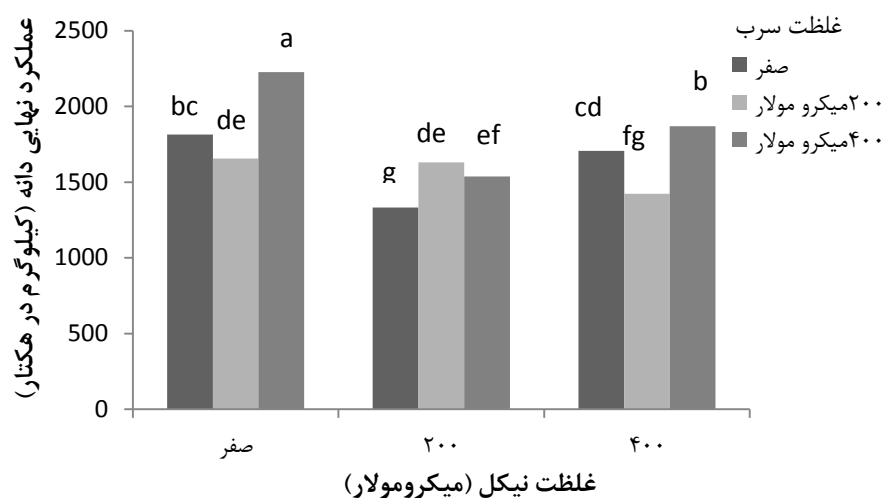


شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین وزن هزار دانه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل

۴-۲-۴- عملکرد نهایی دانه

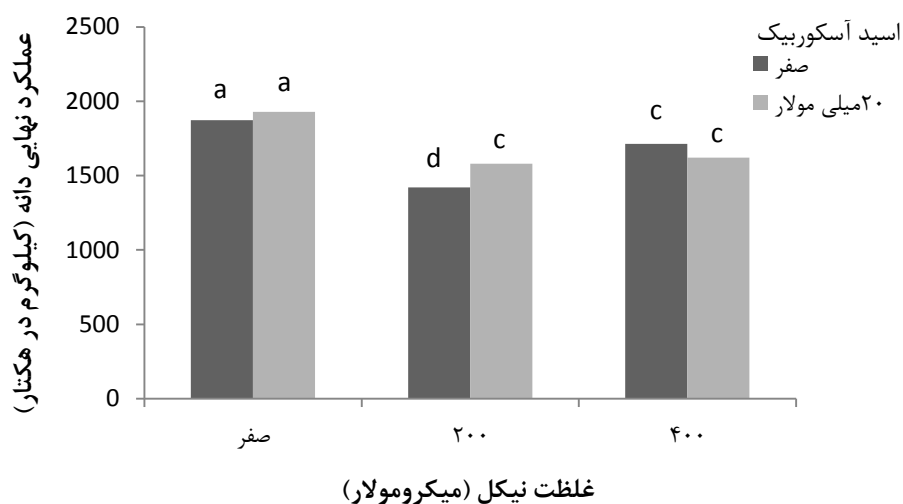
جدول پیوست ۷ نشان داد که از بین منابع تغییر، تنها اسید آسکوربیک بر عملکرد نهایی تأثیری نداشت. علی‌رغم غیر معنی‌دار بودن اسید آسکوربیک، کاربرد آن، موجب افزایش عملکرد نهایی دانه شد (جدول پیوست ۸).

بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگینی معادل ۲۲۲۸ کیلوگرم در هکتار در غلظت ۴۰۰ میکرومولار سرب × نیکل صفر مشاهده گردید که نسبت به سایر ترکیبات تیماری در گروه آماری برتر قرار گرفت. پس از آن مقادیر بالایی از عملکرد دانه در حضور توأم سرب و نیکل در بالاترین غلظت مشاهده شد که البته اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت. عملکرد ثبت شده در سایر ترکیبات تیماری مورد مطالعه کم‌تر از گیاهان شاهد بود. به طور کلی مشاهده گردید که با افزایش غلظت نیکل عملکرد دانه کاهش می‌یابد به طوری که کم‌ترین عملکرد دانه با وزن ۱۳۳۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به نیکل ۲۰۰ × سرب صفر بود که با تیمار ۴۰۰ میکرومولار نیکل × سرب صفر، اختلاف چندانی نداشت (شکل ۴-۲۵).



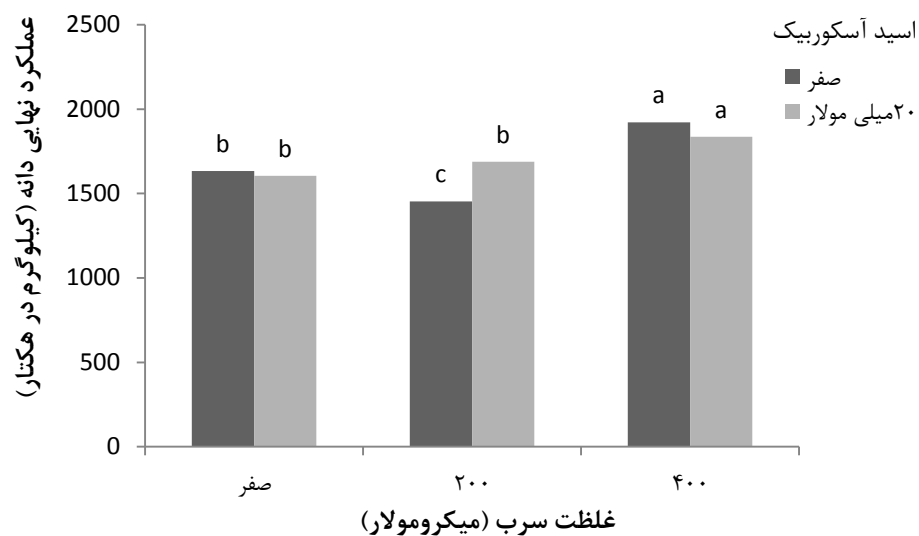
شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین عملکرد نهایی دانه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

در ترکیب تیماری اسید آسکوربیک و نیکل مشاهده می‌گردد که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک تنها در غلظت ۲۰۰ میکرومولاری نیکل سبب افزایش عملکرد دانه شد که البته همچنان نسبت به گیاهان شاهد از مقدار پائین‌تری برخوردار بود (شکل ۴-۲۶).



شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین عملکرد دانه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و اسید آسکوربیک

در اثر متقابل اسید آسکوربیک و سرب نیز محلول پاشی با اسید آسکوربیک تنها در سطح ۲۰۰ میکرومولار سرب مفید واقع شد و در سطوح دیگر سرب محلول پاشی اسید آسکوربیک اختلاف معنی داری با عدم محلول پاشی آن نداشت (شکل ۴-۲۷).



شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح سرب و اسید آسکوربیک

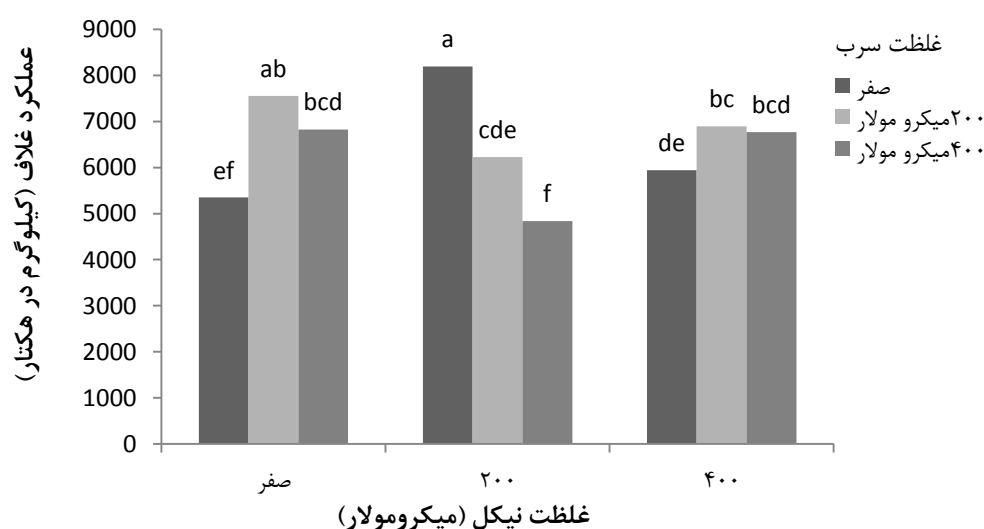
در آثار سه جانبه، بیشترین عملکرد دانه با وزن ۲۶۹۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به ترکیب تیماری سرب ۴۰۰ بدون حضور نیکل و اسید آسکوربیک بود و کمترین آن با وزن ۱۱۵۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به نیکل ۲۰۰ × اسید آسکوربیک ۲۰ میلی مولاری در عدم حضور سرب بود که با سرب ۲۰۰ میکرومولاری به تنهایی و ترکیب تیماری نیکل ۲۰۰ × سرب ۴۰۰ میکرومولاری بدون اسید آسکوربیک در یک گروه قرار داشتند (جدول پیوست ۹).

۴-۲-۵- عملکرد غلاف سبز

از بین اثرات اصلی تنها اثر سرب بر عملکرد غلاف معنی دار شد در حالی که اثر تمامی اثرات متقابل بر این صفت بسیار معنی دار بود (جدول پیوست ۷). محلول پاشی سرب در غلظت پایین این صفت را

بهبود بخشید ولی دو برابر شدن غلظت آن تأثیر منفی داشت (جدول پیوست ۸). در گزارش‌ها نیز ذکر شده است که غلظت‌های بیش از حد فلزات سنگین می‌تواند موجب کاهش سطح برگ و به دنبال آن کاهش دریافت نور و کاهش تراکم رنگدانه شود (شرفی و همکاران، ۱۳۸۹) و در نهایت افت عملکرد را در پی داشته باشد.

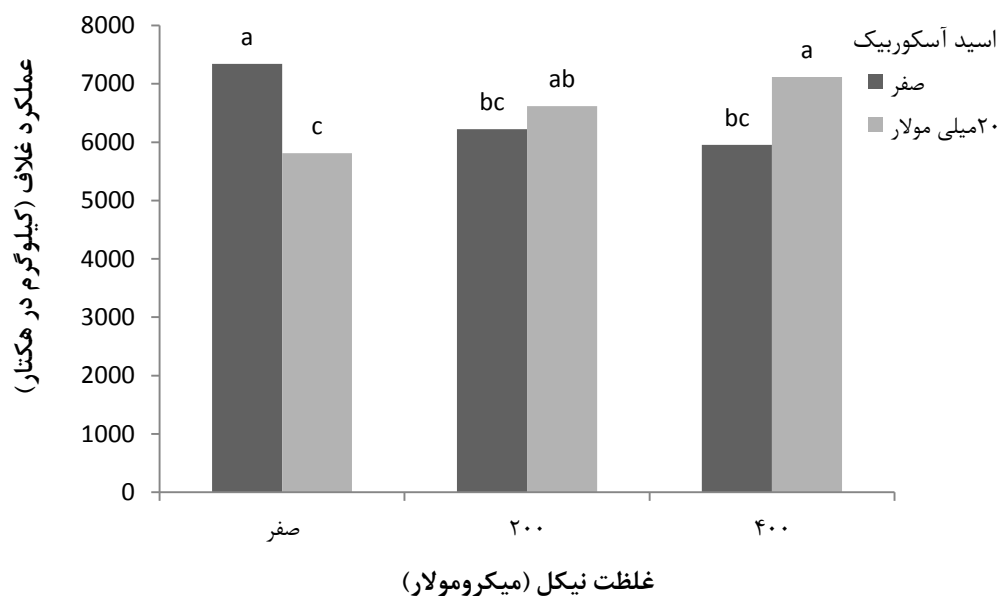
در مقایسه انجام شده بین ترکیبات تیماری نیکل و سرب مشاهده می‌گردد که غلظت پایین نیکل موجب بهبود عملکرد غلاف شد ولی اضافه شدن سرب به این غلظت از نیکل (۲۰۰ میکرومولار) و نیز افزایش غلظت سرب سبب کاهش عملکرد غلاف شد. بنابراین بیش‌ترین عملکرد غلاف با وزن ۸۱۹۵/۷۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به ترکیب تیماری سرب صفر × تیمار نیکل ۲۰۰ میکرومولار بود که نسبت به شاهد افزایشی معادل ۵۳/۲۱ درصد داشت که اختلاف معنی‌داری با سطح صفر نیکل و ۲۰۰ میکرومولار سرب نداشت و کم‌ترین عملکرد غلاف با وزن ۴۸۳۶/۵۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به نیکل ۲۰۰ و سرب ۴۰۰ میکرومولار بود که اختلافی با شاهد نداشت این در حالی است که اثر جذب برگی سرب در هر دو غلظت در شرایط نیکل صفر و ۴۰۰ میکرومولار اثر مثبت بر جای گذاشت (شکل ۴-۲۸).



شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین عملکرد غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

در شکل ۴-۲۸ مشاهده می‌شود که اثر منفی هر دو سطح نیکل در عدم محلول‌پاشی اسید آسکوربیک بر عملکرد غلاف به یک اندازه بوده است و محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک این اثر منفی را کاهش داد و دقیقاً به حد شاهد رساند.

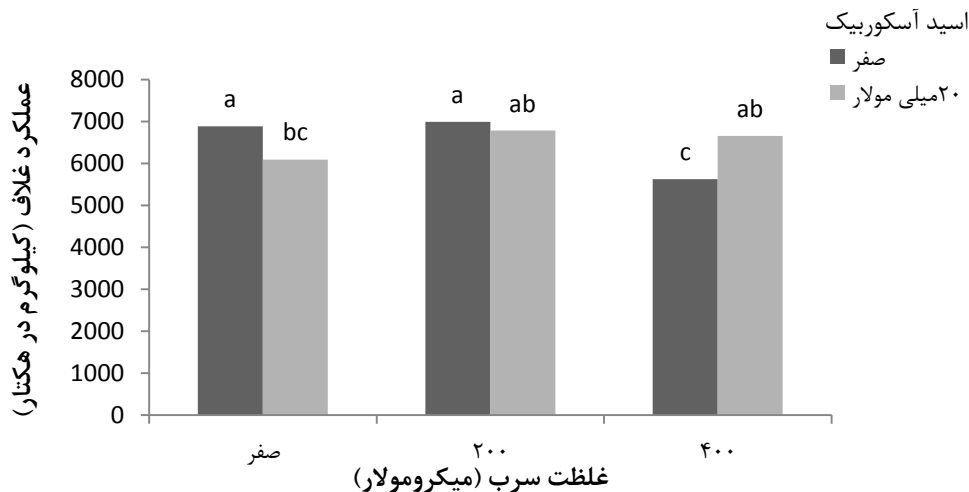
در اثر متقابل اسید آسکوربیک و سرب مشاهده گردید که تنها غلظت بالای سرب در عدم حضور اسید آسکوربیک سبب کاهش عملکرد غلاف شد به طوری که کم‌ترین عملکرد در این تیمار مشاهده گردید. نقش اسید آسکوربیک در این سطح از سرب محسوس بود و همان گونه که مشاهده می‌گردد محلول‌پاشی اسید آسکوربیک تنها در غلظت ۴۰۰ میکرومولار سرب سبب افزایش معنی‌دار در عملکرد غلاف گردید و شرایط عادی را در گیاه ایجاد نمود (شکل ۴-۲۹).



شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین عملکرد غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل

در آثار سه جانبه، بیش‌ترین عملکرد غلاف با وزن ۸۵۵۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به ترکیب تیماری سرب ۲۰۰ بدون حضور نیکل و اسید آسکوربیک بود و کم‌ترین آن با وزن ۴۲۵۳/۸۷ کیلوگرم

در هکتار مربوط به کاربرد اسید آسکوربیک به تنهایی در عدم حضور فلزات سنگین بود (جدول پیوست ۹).



شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین عملکرد غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

۳-۴- صفات فیزیولوژیک

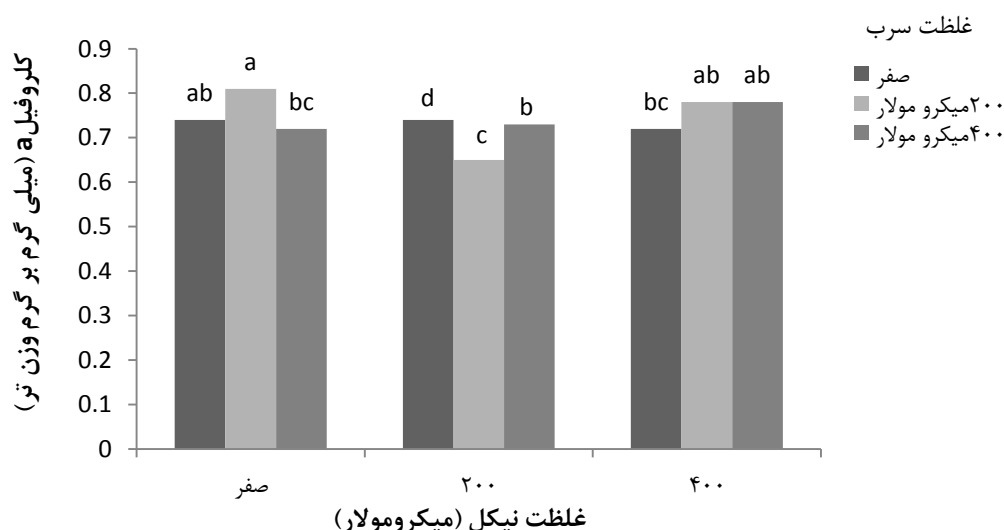
۱-۳-۴- میزان رنگدانه‌های برگ

۱-۱-۳-۴- کلروفیل a

تأثیر تنش نیکل بر کلروفیل a در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۰). تنها غلظت ۲۰۰ میکرومولار نیکل کاهش معنی‌داری در کلروفیل a ایجاد نمود (جدول پیوست ۱۱). گادالا (۱۹۹۴) و شارما و گار (۱۹۹۵) نیز به کاهش مقدار کلروفیل به ویژه کلروفیل a با افزایش غلظت نیکل اشاره کردند. ایجاد اختلال در مراحل مختلف سنتز کلروفیل به وسیله فلزات سنگین از دلایل اصلی کاهش محتوای کلروفیل در گیاهان تحت تیمار عناصر سنگین است (پراساد و فریتاس، ۲۰۰۳ و مانیو و همکاران، ۲۰۰۳).

بررسی‌ها نشان داده است که مراحل اولیه بیوسنتز کلروفیل (سنتز ۵ آمینو لوولینیک اسید)^۱ و فعالیت آنزیم ۵ آمینو لووینیک اسید دهیدراتاز که تبدیل سنتز ۵ آمینو لووینیک اسید به پروفوبیلینوژن دی‌آمیناز^۲ را انجام می‌دهد، از حساس‌ترین مراحل بیوسنتز کلروفیل نسبت به فلزات سنگین محسوب می‌شود. فلزات سنگین به شدت سبب مهار فعالیت آمینو لووینیک اسید دهیدراتاز و کاهش تجمع کلروفیل می‌شوند (اوزاندی و همکاران، ۱۹۹۵).

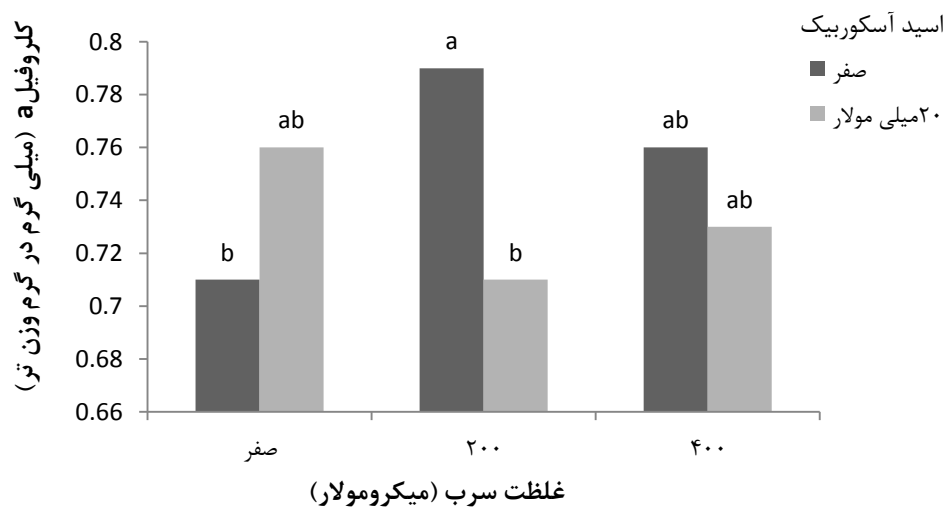
تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک بر کلروفیل a معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۱۰). از بین آثار متقابل تنها اثر دو جانبه نیکل و اسید آسکوربیک بر کلروفیل a معنی‌دار نشد (جدول پیوست ۱۰). در ترکیب تیماری نیکل و سرب، بیش‌ترین کلروفیل a معادل ۰/۸۱ میلی گرم در گرم وزن تر مربوط به تیمار سرب ۲۰۰ میکرومولار در سطح صفر نیکل بود که اگرچه نسبت به شاهد ۹/۴۵ درصد بیش‌تر بود ولی اختلاف آن معنی‌دار نبود. کلروفیل a گیاهانی که توسط ۴۰۰ میکرومولار نیکل توأم با ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار سرب تیمار شده بودند نیز در همین حد بود. کم‌ترین کلروفیل a به میزان ۰/۶۵ میلی گرم در گرم وزن تر مربوط به ترکیب نیکل ۲۰۰ و سرب ۲۰۰ میکرومولار بود (شکل ۴-۳۱).



شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین کلروفیل a بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

1- 5- aminolevulinic acid
2- Porphobilinogen deaminase

در اثر متقابل اسید آسکوربیک و سرب مشاهده می‌گردد که در غیاب اسید آسکوربیک گیاهانی که فلز سنگین سرب را دریافت کردند از کلروفیل a بیش‌تری برخوردار بودند به طوری که بیش‌ترین کلروفیل a به میزان ۰/۷۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر مربوط به تیمار سرب ۲۰۰ میکرومولار به تنهایی بود و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک در شرایط تنش سرب نه تنها مفید نبود بلکه موجب کاهش کلروفیل a گردید. این کاهش در غلظت ۲۰۰ میکرومولار سرب چشم‌گیر تر بود (شکل ۴-۳۲).



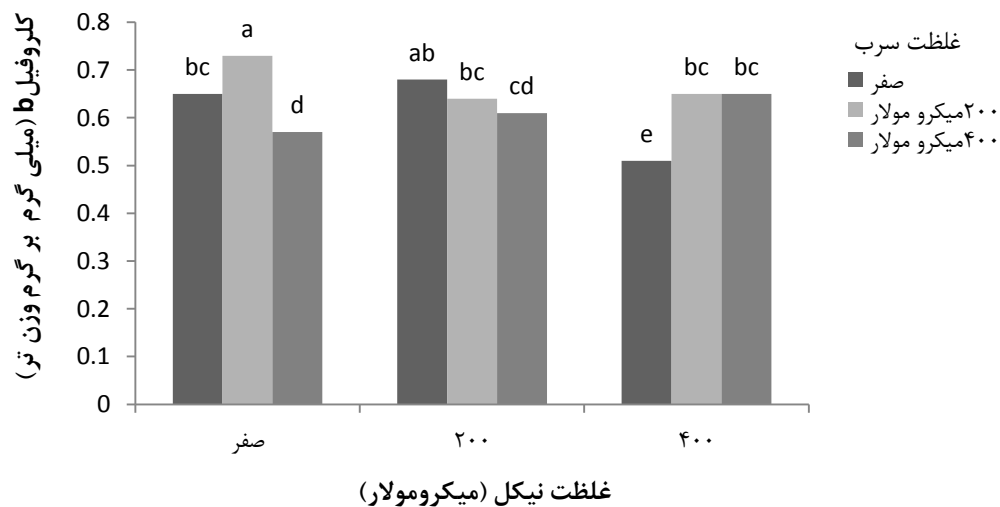
شکل ۴-۳۲- مقایسه میانگین کلروفیل a بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

در اثرات سه جانبه، بیش‌ترین کلروفیل a معادل ۰/۸۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر مربوط به ترکیب تیماری سرب ۲۰۰ میکرومولار و نیکل و اسید آسکوربیک صفر بود که نسبت به شاهد ۱۹/۱۷ درصد از کلروفیل a بیش‌تری برخوردار بود و کم‌ترین آن معادل (۰/۵۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به تیمار سرب ۲۰۰ × نیکل ۲۰۰ با اسید آسکوربیک بود (جدول پیوست ۱۲).

۴-۳-۱-۲- کلروفیل b

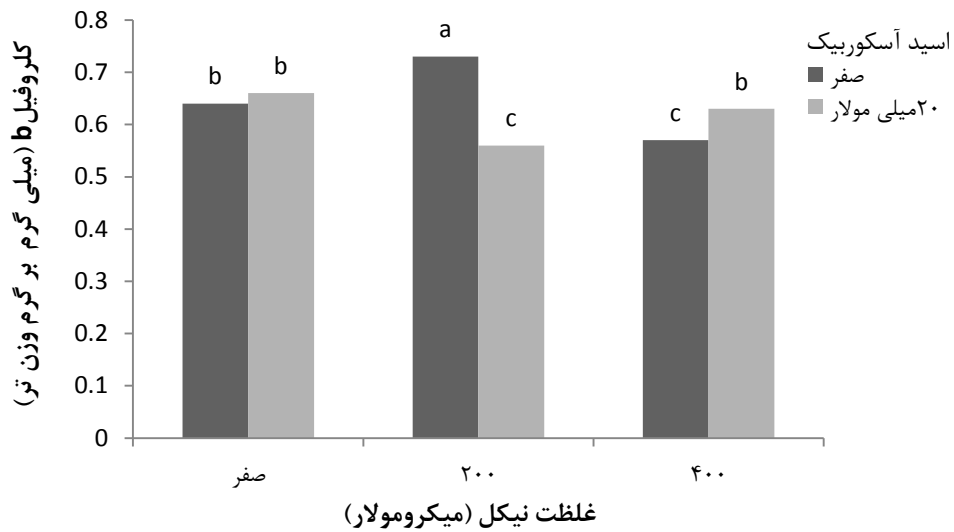
کلروفیل b تحت تأثیر همه منابع تغییر قرار گرفت (جدول پیوست ۱۰). آنچه هم در شکل ۴-۳۰ و هم در جدول پیوست ۱۱ قابل مشاهده است، کاهش کلروفیل b در غلظت بالای نیکل است. به طوری که در مقایسه انجام شده بین ترکیبات تیماری حاصل از نیکل و سرب (شکل ۴-۳۳) نیز کم-

ترین مقدار کلروفیل b در غلظت ۴۰۰ میکرومولار نیکل و عدم حضور سرب مشاهده گردید البته تأثیر منفی ۴۰۰ میکرومولار سرب به تنهایی نیز روی این صفت قابل توجه بود. در بررسی مظفری و همکاران (۱۳۸۹) کاهش محتوی کلروفیل b در حضور فلزات سنگین گزارش شده است. در مطالعه کریمی و همکاران (۱۳۹۱) میزان کلروفیل b در گیاه کنگر فرنگی در تیمار سرب نسبت به شاهد کاهش نشان داد.



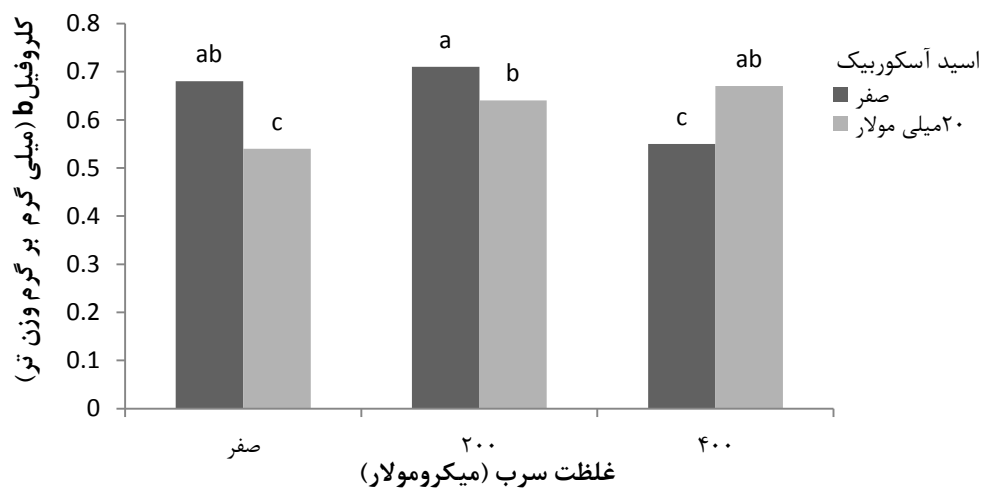
شکل ۴-۳۳- مقایسه میانگین کلروفیل b بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

در اثر متقابل اسید آسکوربیک و نیکل، نیکل ۲۰۰ میکرومولاری اثر تحریکی بر کلروفیل b داشت و محلول پاشی اسید آسکوربیک در این تیمار منجر به کاهش کلروفیل b شد. از این رو بیشترین کلروفیل b معادل ۰/۷۳ میلی گرم در گرم وزن تر در گیاهانی ثبت شد که نیکل ۲۰۰ میکرومولار را دریافت کردند ولی توسط اسید آسکوربیک محلول پاشی نشدند. این مقدار نسبت به شاهد ۱۴/۰۶ درصد بیش تر بود. محلول پاشی با اسید آسکوربیک تنها کاهش به وجود آمده از کلروفیل b در غلظت ۴۰۰ میکرومولار نیکل را به طور معنی داری بهبود بخشید و به شاهد نزدیک کرد (شکل ۴-۳۴).



شکل ۴-۳۴- مقایسه میانگین کلروفیل b بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل

در اثر متقابل اسید آسکوربیک و سرب نیز محلول پاشی با اسید آسکوربیک تنها در سطح بالای سرب مفید واقع شد و در دو سطح دیگر حتی موجب کاهش معنی دار کلروفیل b موجود در برگ گردید (شکل ۴-۳۵).



شکل ۴-۳۵- مقایسه میانگین کلروفیل b بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

در آثار سه جانبه، بیشترین غلظت کلروفیل b به میزان ۰/۹۵ میلی گرم در گرم وزن تر مربوط به ترکیب تیماری نیکل ۲۰۰ میکرومولار بدون سرب و اسید آسکوربیک بود که در مقایسه با شاهد ۴۳/۹۳ درصد بیش تر بود (جدول پیوست ۱۲).

۴-۳-۱-۳- کلروفیل کل

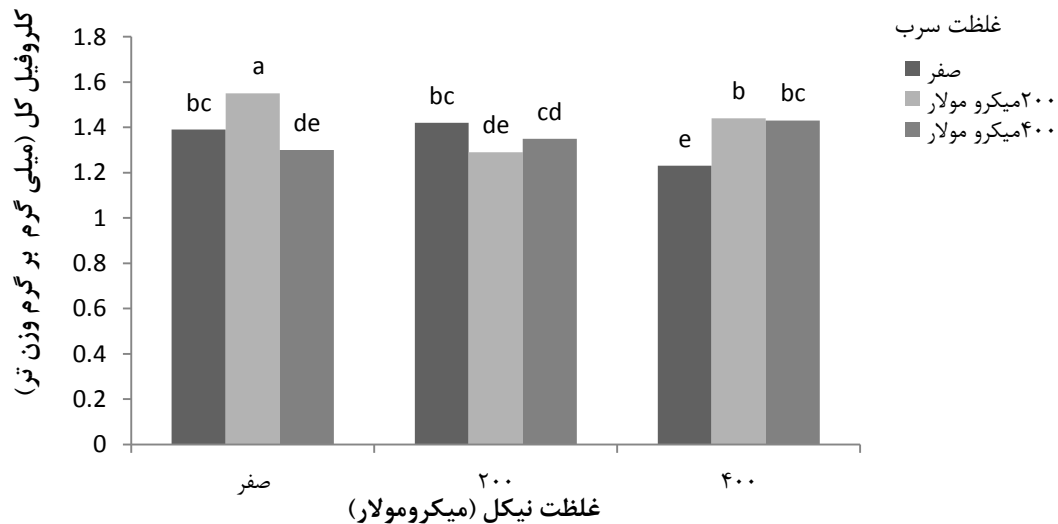
اثر هر سه تیمار آزمایش و اثر متقابل آن ها بر کلروفیل کل معنی دار شد (جدول پیوست ۱۰). گزارش های متعددی در مورد تأثیرات فلزات سنگین بر کلروفیل برگ وجود دارد. نتایج خطیب و همکاران (۱۳۸۷) نشان داد که با افزایش غلظت نیکل، میزان کلروفیل برگ ها کاهش می یابد. در مطالعه کریمی و همکاران (۱۳۹۱) میزان کلروفیل کل در گیاه کنگر فرنگی در تیمار سرب، نسبت به شاهد کاهش نشان داد. در بررسی امینی و امیرجانی (۱۳۹۰) کاهش محتوای کلروفیل کل در حضور نیکل و سرب گزارش شده است. در بررسی تنش غلظت های متفاوت از نیکل، سرب و روی در ذرت، فتوسنتز خالص کاهش یافته و میزان کاهش در غلظت های بالاتر و مدت زمان بیش تر تیمار، قابل ملاحظه تر بود (هکاتورن و همکاران، ۲۰۰۴). مونی و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند میزان کلروفیل کل در برگ های گیاهان لوبیا سبز که در تیمار با شکل معدنی نیکل رشد کرده بودند کاهش یافته است. کاهش فتوسنتز در تیمار با شکل آلی نیکل در برگ های کلم نیز گزارش شده است (مولاس، ۲۰۰۲). این کاهش را می توان این گونه توضیح داد که فلزات سنگین فرآیندهای متابولیکی را از طریق ممانعت از عمل آنزیم ها کاهش می دهند. کاهش محتوای کلروفیل در اثر تنش ناشی از فلزات سنگین ممکن است نتیجه ممانعت آنزیم های مسئول در بیوسنتز کلروفیل باشد (زنگین و مانزرونگو، ۲۰۰۵). فلزات سنگین به وسیله مهار آنزیم های گاما-آمینو لوالونیک اسید دهیدروژناز و پروتوکلروفیلد ردوکتاز سبب مهار بیوسنتز کلروفیل می شوند. این فلزات سنتز گاما-آمینو لوالونیک اسید و تشکیل کمپلکس آنزیم پروتوکلروفیلد ردوکتاز با سوسبترا را مهار می کنند. بر هم کنش متقابل فلز سنگین با گروه سولفیدریل آنزیم ها مهم ترین مکانسیم این مهارها عنوان شده است (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶ و

گیبلن و همکاران، ۲۰۰۲). علاوه بر مهار بیوسنتز کلروفیل به وسیله فلزات سنگین، این فلزات باعث تجزیه زیستی کلروفیل نیز می‌شوند. از اثرات دیگر فلزات سنگین بر بیوسنتز کلروفیل می‌توان به جانشین شدن آن‌ها به جای منیزیم مرکزی کلروفیل اشاره کرد که این جانشینی سبب کاهش دریافت نور به وسیله کلروفیل شده و منجر به کاهش فتوسنتز می‌شود (شارما و دوبی، ۲۰۰۵). به علاوه غلظت بالای سرب سنتز کلروفیل را از طریق مختل کردن دیگر یون‌های اساسی مانند منیزیم و آهن به وسیله گیاهان (بروزینسکی، ۱۹۸۷) و یا با افزایش فعالیت کلروفیل‌از (درازکیویکز، ۱۹۹۴) کاهش می‌دهد. در پژوهشی مشخص شده است محتوای کلروفیل کل گیاه لوبیا به طور پیش رونده‌ای با افزایش غلظت سرب، مس، کادمیوم و جیوه کاهش می‌یابد (زنگین و مانزروگلو، ۲۰۰۵). گیاهانی که در معرض سرب قرار گرفته‌اند کاهش کلروفیل و راندمان فتوسنتزی را از خود نشان داده‌اند (کامبهام پای و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین به کارگیری سرب موجب کاهش تثبیت کربن در تمامی غلظت‌های سرب گردیده است (هکاتورن و همکاران، ۲۰۰۴).

اگرچه بیش‌تر گزارش‌ها حاکی از اثر مهار سرب بر تولید کلروفیل است در عین حال بررسی‌هایی نیز گزارش شده است که سرب موجب تحریک سنتز کلروفیل در گیاهان شده است. کامل (۲۰۰۸) در تیمار گیاه باقلا با سرب دریافت که سرب در مقادیر پایین محتوای کلروفیل را افزایش می‌دهد ولی غلظت‌های بالای آن سبب کاهش معنی‌دار کلروفیل می‌شود. همچنین به کارگیری سرب و کادمیوم در دو وارسته گندم کلروفیل را افزایش داد (آنسل و همکاران، ۲۰۰۰) به علاوه سارواری و همکاران (۲۰۰۲) افزایش محتوای کلروفیل در مرکز فتوسیستم II و هم چنین کمپلکس پروتئین-کلروفیل b/a جمع کننده نور فتوسیستم II را در غلظت پایین تیمار سرب مشاهده نمودند.

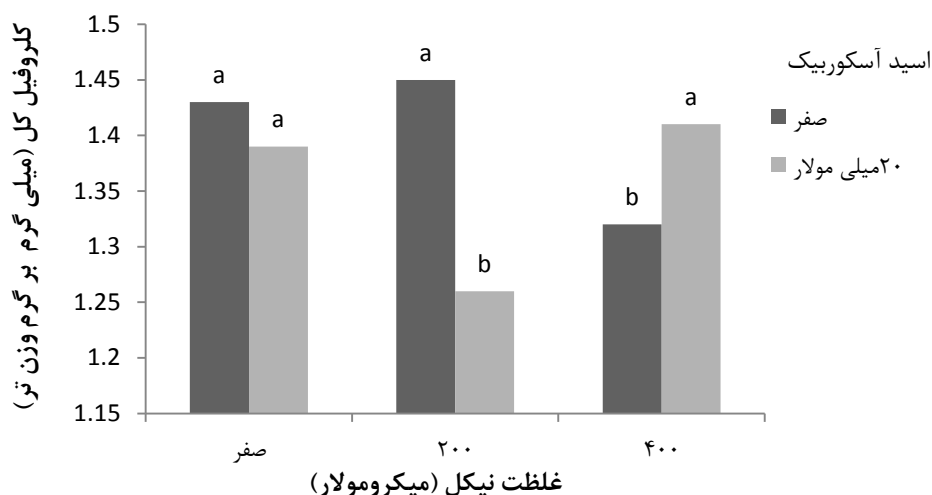
در مقایسه ترکیبات تیماری نیکل و سرب مربوط به کلروفیل نتیجه‌ای مشابه کلروفیل a به دست آمد به طوری که بیش‌ترین کلروفیل کل با ۱۱/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد مربوط به غلظت صفر نیکل و محلول‌پاشی سرب با غلظت ۲۰۰ میکرومولار بود و کم‌ترین کلروفیل کل معادل ۱/۲۳ میلی-

گرم در گرم وزن تر مربوط به محلول پاشی نیکل به تنهایی با غلظت ۴۰۰ میکرومولار بود (شکل ۴-۳۶).



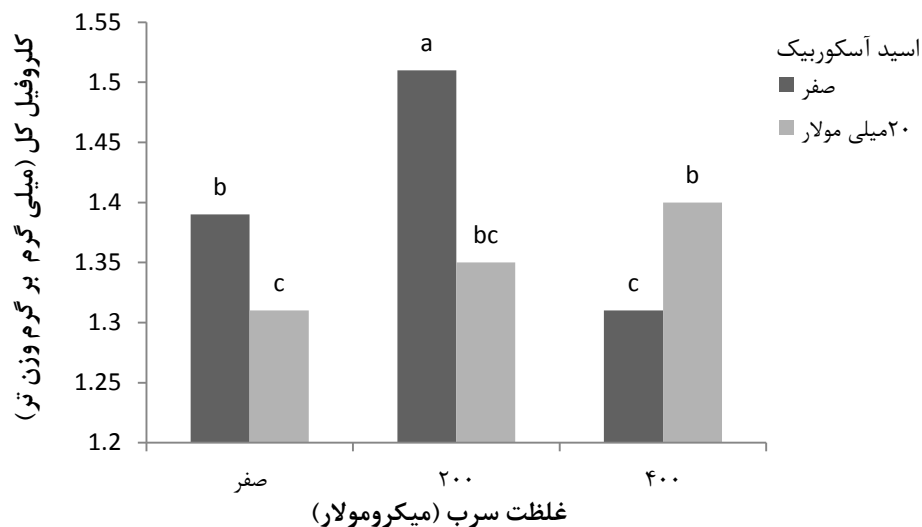
شکل ۴-۳۶- مقایسه میانگین کلروفیل کل بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

نیترایی و همکاران (۲۰۰۳) دریافتند که به کارگیری غلظت‌های پایین کادمیوم، سرب و نیکل با یکدیگر در محلول غذایی و یا به صورت اسپری روی برگ‌ها سنتز کلروفیل را تسهیل می‌کند. در اثر متقابل اسید آسکوربیک و نیکل، مقادیر بالایی از کلروفیل در گیاهان شاهد و گیاهانی مشاهده شد که نیکل را با غلظت کم بدون اسید آسکوربیک دریافت کرده بودند ولی توسط اسید آسکوربیک محلول پاشی نشده بودند. در سطح ۲۰۰ میکرومولار نیکل، اسید آسکوربیک تأثیر منفی داشت ولی محلول پاشی اسید آسکوربیک افزایش معنی‌داری بر میزان کلروفیل کل در غلظت ۴۰۰ میکرومولار نیکل داشت به طوری که با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. (شکل ۴-۳۷).



شکل ۴-۳۷- مقایسه میانگین کلروفیل کل بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل

در اثر متقابل اسید آسکوربیک و سرب بیشترین کلروفیل کل با غلظت ۱/۵۱ میلی گرم در گرم وزن تر مربوط به تیمار سرب ۲۰۰ میکرومولار و عدم محلول پاشی اسید آسکوربیک بود که نسبت به شاهد ۸/۶۳ درصد افزایش داشت. همان طور که قبلا نیز به آن اشاره شد گزارش هایی وجود دارد که نشان می دهد گاهی عنصر سرب در غلظت های پایین افزایش در کلروفیل برگ را به همراه دارد. در این جا نیز محلول پاشی اسید آسکوربیک تنها در غلظت ۴۰۰ میکرومولار سرب تأثیر گذار بود که سبب افزایش معنی داری در میزان کلروفیل کل شد به طوری که با شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۴-۳۸).



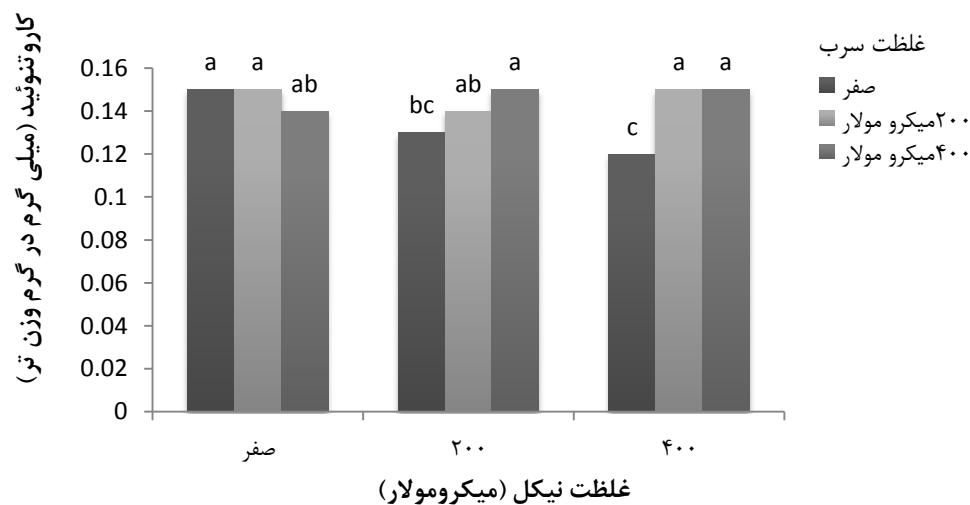
شکل ۴-۳۸- مقایسه میانگین کلروفیل کل بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

در آثار سه جانبه، بیشترین کلروفیل کل با غلظت ۱/۶۶ میلی گرم در گرم وزن تر مربوط به کاربرد سرب ۲۰۰ میکرومولار به تنهایی و نیکل ۲۰۰ میکرومولار به تنهایی بود که نسبت به شاهد ۱۹/۴۲ درصد بیش تر بود و کمترین آن با غلظت ۱/۱۱ میلی گرم در گرم وزن تر مربوط به تیمار نیکل ۴۰۰ میکرومولار به تنهایی بود (جدول پیوست ۱۲).

۴-۳-۴- کاروتنوئید

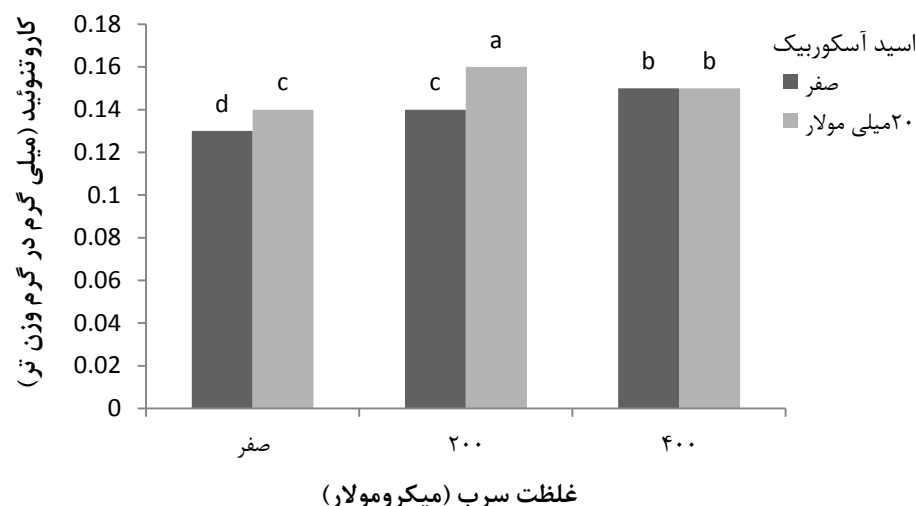
از بین منابع تغییر تنها اثر متقابل اسید آسکوربیک × نیکل بر میزان کاروتنوئید برگ معنی دار نبود (جدول پیوست ۱۰). در نتایج به دست آمده به وضوح مشاهده می گردد که نیکل تأثیر منفی و سرب تأثیر مثبت بر کاروتنوئید گذاشت (جدول پیوست ۱۱). شاید یکی از دلایل افزایشی دور از انتظاری که در صفات مختلف در اثر سرب مشاهده می گردد افزایش عامل محافظت کننده کاروتنوئید در این شرایط باشد. کاروتنوئید این قابلیت را دارد که به طور برگشت پذیر با رادیکال های آزاد اکسیژن تولید شده در شرایط تنش های محیطی واکنش دهد و از صدمات جبران ناپذیر آنها جلوگیری کند.

اسید آسکوربیک نیز موجب افزایش معنی دار و ۷ درصدی کاروتنوئید برگ گردید (جدول پیوست ۱۱). در ترکیب تیماری نیکل و سرب، نیز مشاهده می‌گردد که کاربرد نیکل به تنهایی در هر دو غلظت کاهش کاروتنوئید برگ را به همراه داشته است در حالی که توأم شدن آن با سرب میزان کاروتنوئید را تا اندازه‌ای بهبود بخشید که تفاوتی با شاهد نداشت (شکل ۴-۳۹).



شکل ۴-۳۹- مقایسه میانگین کاروتنوئید بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

در بررسی اثر متقابل اسید آسکوربیک و سرب مشاهده می‌گردد که با افزایش میزان غلظت سرب در محیط، کاروتنوئید افزایش یافت. محلول پاشی اسید آسکوربیک در غلظت صفر و ۲۰۰ میکرومولار سرب تأثیر مثبت و معنی داری بر میزان کاروتنوئید داشت به طوری که محلول پاشی اسید آسکوربیک در سرب ۲۰۰ میکرومولار بالاترین میزان کاروتنوئید (۰/۱۶ میلی گرم در گرم وزن تر) را به خود اختصاص داد که نسبت به شاهد نیز افزایش معنی داری از خود نشان داد و کمترین آن (۰/۱۳ میلی گرم در گرم وزن تر) مربوط به شاهد بود (شکل ۴-۴۰).



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین کاروتنوئید بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

در آثار سه جانبه، بیشترین کاروتنوئید معادل ۰/۱۷ میلی گرم در گرم وزن تر مربوط به ترکیب تیماری نیکل ۴۰۰ × سرب ۴۰۰ میکرومولار بدون اسید آسکوربیک بود که نسبت به شاهد ۶/۲۵ درصد بیش تر بود و کمترین آن به میزان ۰/۱۱ میلی گرم در گرم وزن تر مربوط به تیمار نیکل ۴۰۰ میکرومولار به تنهایی بود (جدول پیوست ۱۲).

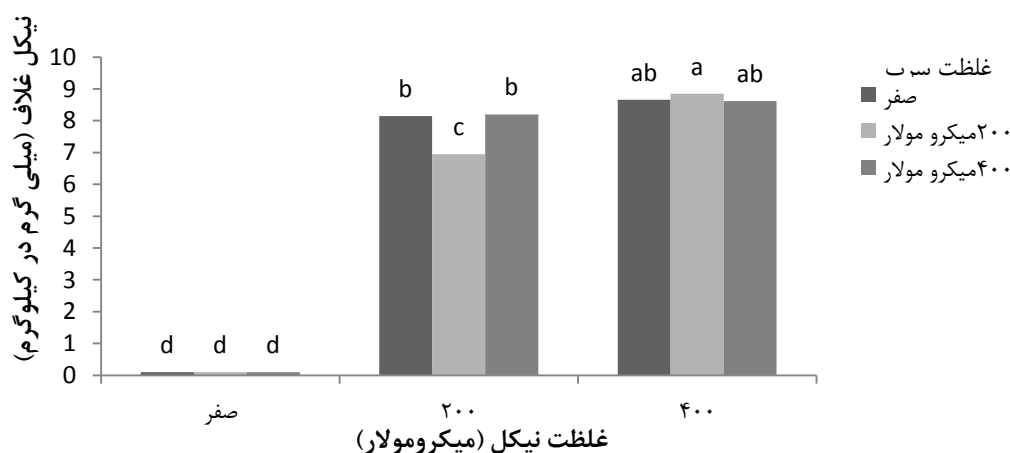
۴-۳-۲- میزان عناصر سنگین در گیاه

۴-۳-۱- میزان عنصر نیکل در برگ

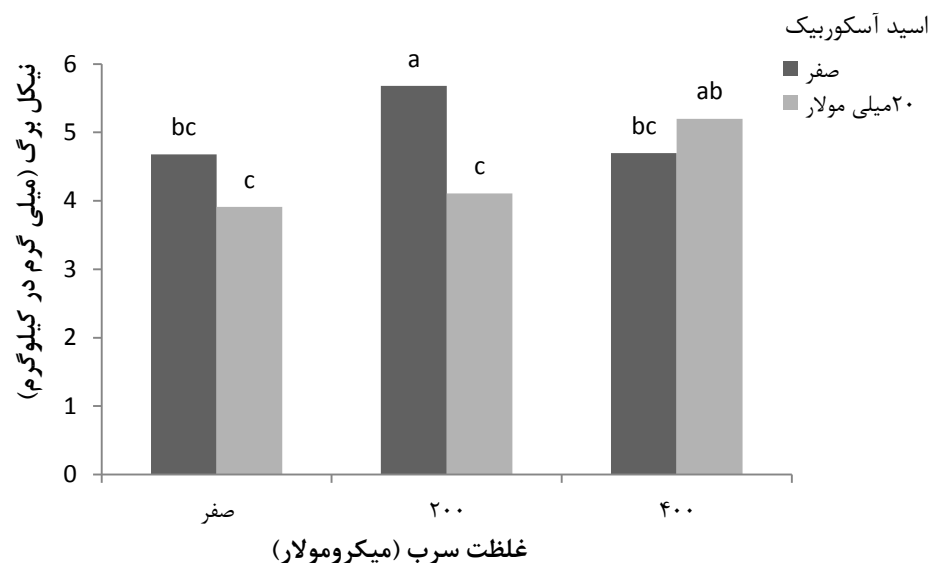
تجزیه داده های حاصل از اندازه گیری میزان نیکل موجود در برگ نشان داد که اثر غلظت های مختلف نیکل، اسید آسکوربیک، اثر متقابل نیکل × سرب و سرب × اسید آسکوربیک بر میزان نیکل برگ معنی دار بود (جدول پیوست ۱۳). در تیمار شاهد، نیکل جذب برگ نشد که بیانگر عدم وجود نیکل یا مقادیر بسیار ناچیز آن است. بین بوته هایی که در معرض دو غلظت ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار نیکل قرار داشتند از نظر میزان نیکل جذب شده در برگ ها، نیکل ۴۰۰ میکرومولار با میانگینی معادل ۸/۵ میلی گرم در کیلوگرم نیکل بیش تری را جذب کرده بود (شکل ۴-۴۱ و جدول پیوست ۱۴). در شکل ۴-۳۸ دیده می شود که در گیاهانی که توسط ۲۰۰ میکرومولار نیکل محلول پاشی شده بودند،

اضافه شدن سرب تأثیری بر جذب نیکل توسط برگ نداشت ولی در غلظت بالای نیکل (۴۰۰ میکرومولار) محلول پاشی سرب و نیز افزایش غلظت آن سبب افزایش در محتوای نیکل برگ گردید و جذب این عنصر را افزایش داد. البته اختلاف معنی داری بین دو غلظت ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار سرب در این سطح از نیکل (۴۰۰ میکرومولار) مشاهده نگردید. در مجموع بیشترین نیکل برگ با میانگینی معادل ۹/۵۷ میلی گرم در کیلوگرم مربوط به تیمار نیکل ۴۰۰ و سرب ۴۰۰ میکرومولار بود. مطالعات قبلی نشان داده است که غلظت نیکل موجود در گیاه با غلظت آن در خاک و محیط ارتباط مستقیم دارد (دیویس و بوید، ۲۰۰۰). همچنین مطالعه روی دو گیاه ارزن و اسفناج (پریدا و همکاران، ۲۰۰۳ و واده‌اوان، ۱۹۹۵) همچنین عدس و نخود (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۶) نشان داد که افزایش غلظت نیکل در بافت‌های گیاهی به دلیل افزایش غلظت این عنصر در محیط رشد این گیاهان است.

به طور کلی میزان نیکل موجود در برگ گیاهانی که با اسید آسکوربیک تیمار شدند ۱۲/۱۵ درصد کمتر از شاهد بود (جدول پیوست ۱۴). البته همان‌طور که در شکل ۴-۴۲ ملاحظه می‌گردد اسید آسکوربیک تنها سرب ۲۰۰ میکرومولار مفید واقع شد و در غلظت بالای سرب نه تنها نیکل برگ را کاهش نداد بلکه موجب افزایش غیر معنی دار آن گردید و در شاهد هم کاهش معنی دار نداشتیم.



شکل ۴-۴۱- مقایسه میانگین نیکل برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

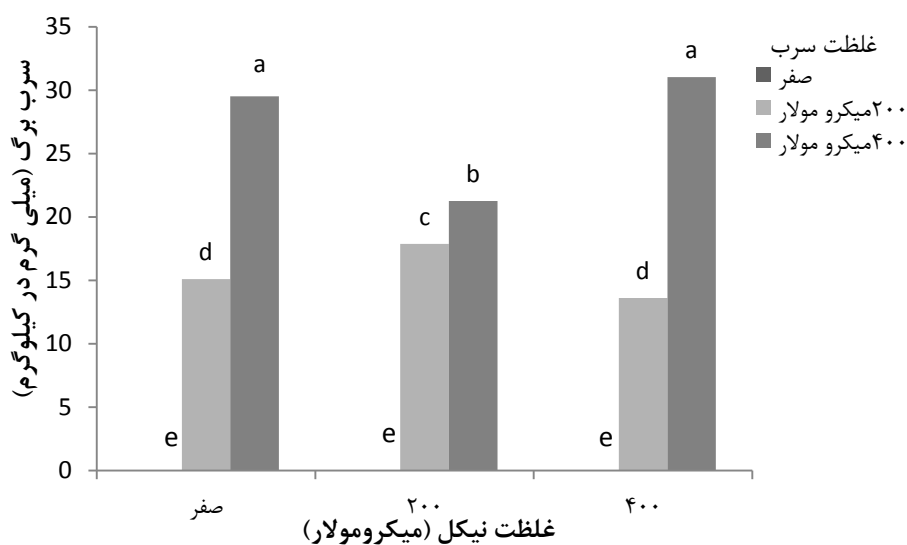


شکل ۴-۴- مقایسه میانگین نیکل برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

۴-۳-۲- میزان عنصر سرب در برگ

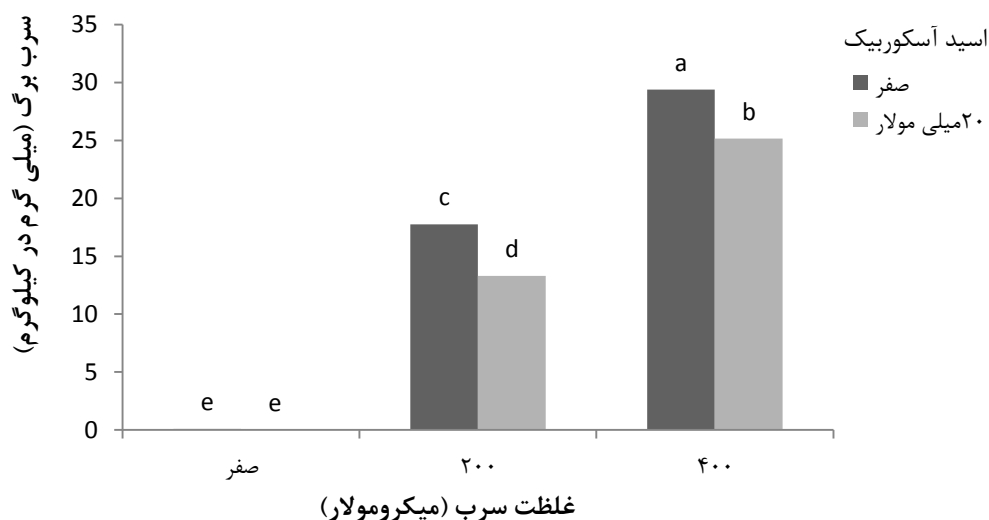
تجزیه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان سرب موجود در برگ نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف نیکل، سرب و اثر متقابل آن‌ها، همچنین اثر اسید آسکوربیک و اثر متقابل آن‌ها با سرب بر میزان سرب برگ معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۳).

در ترکیب تیماری نیکل و سرب، بیش‌ترین سرب برگ با میانگینی معادل $31/02$ میلی‌گرم در کیلوگرم مربوط به تیمار نیکل 400 و سرب 400 میکرومولار بود که البته اختلاف معنی‌داری با غلظت بالای سرب حتی در شرایط عدم حضور نیکل نداشت و کم‌ترین مقدار مربوط به شاهد بود به طور کلی نیکل در عدم جذب سرب تأثیر گذار نبوده است (شکل ۴-۴۳).



شکل ۴-۴۳- مقایسه میانگین سرب برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

به طور کلی کاهش ۱۸/۴۵ درصدی در میزان سرب موجود در برگ بیانگر اثر مثبت اسید آسکوربیک در کنترل فلزات سنگین است. در شکل ۴-۴۴ نیز این مورد به وضوح دیده می‌شود طوری که در دو غلظت ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار سرب، محلول پاشی اسید آسکوربیک به ترتیب موجب کاهش ۳۳ و ۱۶ درصدی در میزان سرب برگ گردید.

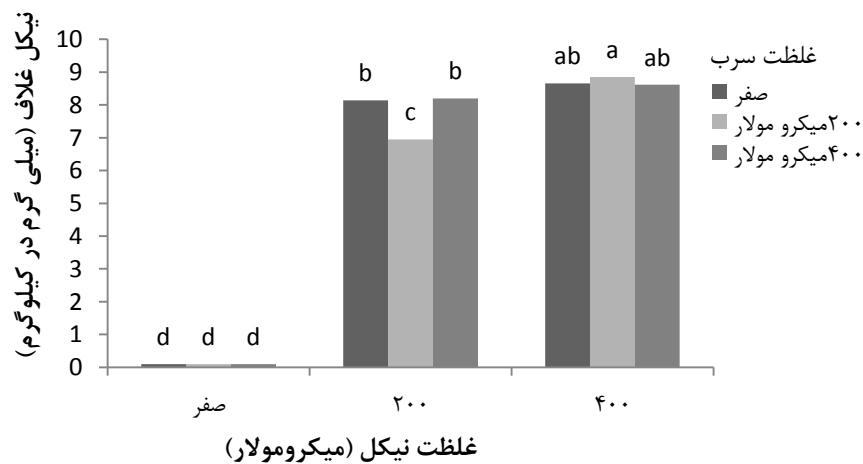


شکل ۴-۴۴- مقایسه میانگین سرب برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

۴-۳-۲-۳- میزان عنصر نیکل در غلاف

میزان نیکل موجود در غلاف تنها تحت تأثیر نیکل و اثر متقابل آن با سرب در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۱۳).

در بین ترکیبات تیماری حاصل از دو غلظت نیکل و سرب اختلاف چشم‌گیری مشاهده نشد. تنها مقادیر پایینی از نیکل در غلاف گیاهانی ثبت گردید که ترکیب تیماری نیکل ۲۰۰ و سرب ۲۰۰ میکرومولار را دریافت کرده بودند (شکل ۴-۴۵).



شکل ۴-۴۵- مقایسه میانگین نیکل غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

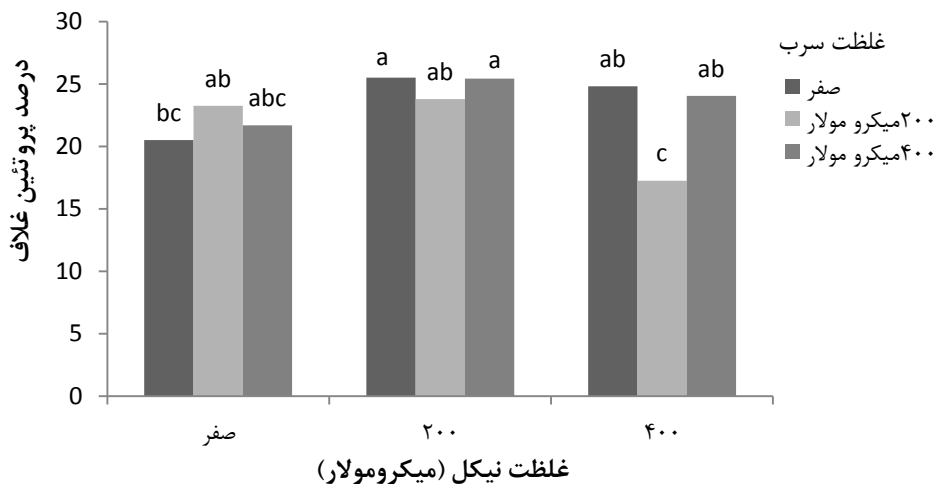
۴-۳-۲-۴- میزان عنصر سرب در غلاف

دستگاه توان قرائت غلظت سرب را در هیچ یک از نمونه‌ها نداشت که این مسئله حاکی از پایین بودن و یا فقدان این عنصر در غلاف گیاهان مورد آزمایش بوده است از این رو این صفت در جدول تجزیه واریانس مشاهده نمی‌گردد. پایچالاک و همکاران (۲۰۰۲) مهم‌ترین مکان تجمع سرب را در ریشه چندین گونه گیاهی گزارش کردند.

۴-۳-۳- درصد پروتئین غلاف

تأثیر تنش نیکل و اثر متقابل آن با سرب در سطح احتمال ۵ درصد بر درصد پروتئین معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۵). همان طور که در شکل ۴-۴۶ مشاهده می‌گردد در مجموع بیش‌ترین مقدار پروتئین در سطوح مختلف سرب توأم با تیمار ۲۰۰ میکرومولار نیکل ثبت گردید که البته اختلاف معنی‌داری با تعدادی دیگر از ترکیبات تیماری مورد مقایسه نداشتند. به طور مشخص، بیش‌ترین پروتئین با ۲۵/۵ درصد مربوط به گیاهانی بود که تیمار نیکل ۲۰۰ میکرومولار را به تنهایی دریافت کرده بودند که نسبت به شاهد افزایش ۵ درصدی داشت و کم‌ترین پروتئین غلاف با ۱۷/۲۵ درصد مربوط به نیکل ۴۰۰ و سرب ۲۰۰ میکرومولار بود.

تأثیر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک نیز در سطح ۵ درصد بر درصد پروتئین معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۵). تیمار با اسید آسکوربیک سبب افزایش ۱۲ درصدی در میزان پروتئین غلاف نسبت به شاهد گردید (جدول پیوست ۱۶).



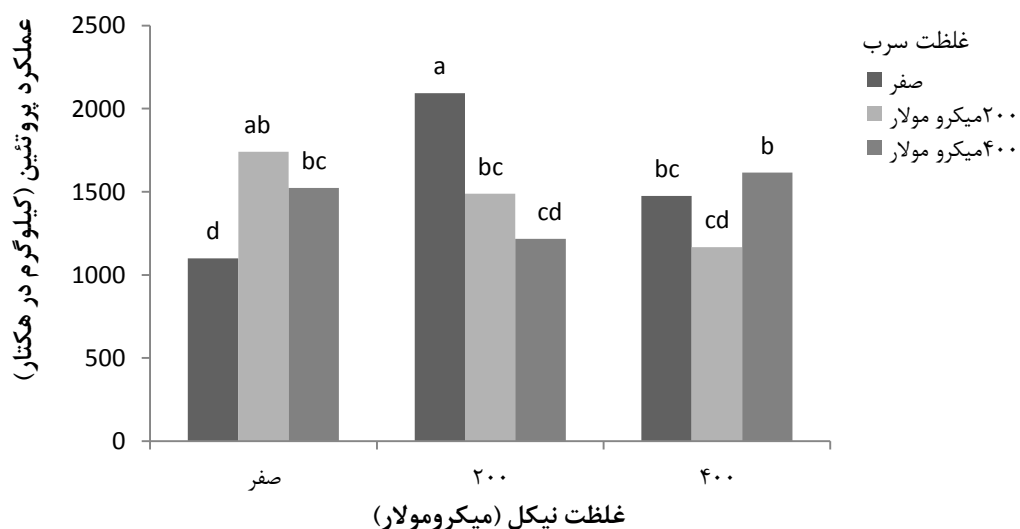
شکل ۴-۴۶- مقایسه میانگین درصد پروتئین بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

اینگل و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی گیاه *Alyssum lesbiacum* L. پس از تیمار با نیکل تغییراتی را در پروتئین‌های گیاه مشاهده نمودند.

۴-۳-۴- عملکرد پروتئین غلاف سبز

برآیند نتایج حاصل از عملکرد غلاف سبز و درصد پروتئین غلاف سبز این گونه رقم خورد که تأثیر نیکل و سرب و نیز اثر متقابل سه جانبه بر عملکرد پروتئین معنی‌دار نشد ولی تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک ($p < 0.05$) بر عملکرد پروتئین معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۵). به طوری که تیمار با اسید آسکوربیک سبب افزایش ۱۲/۷۷ درصدی عملکرد پروتئین نسبت به شاهد شد (جدول پیوست ۱۶).

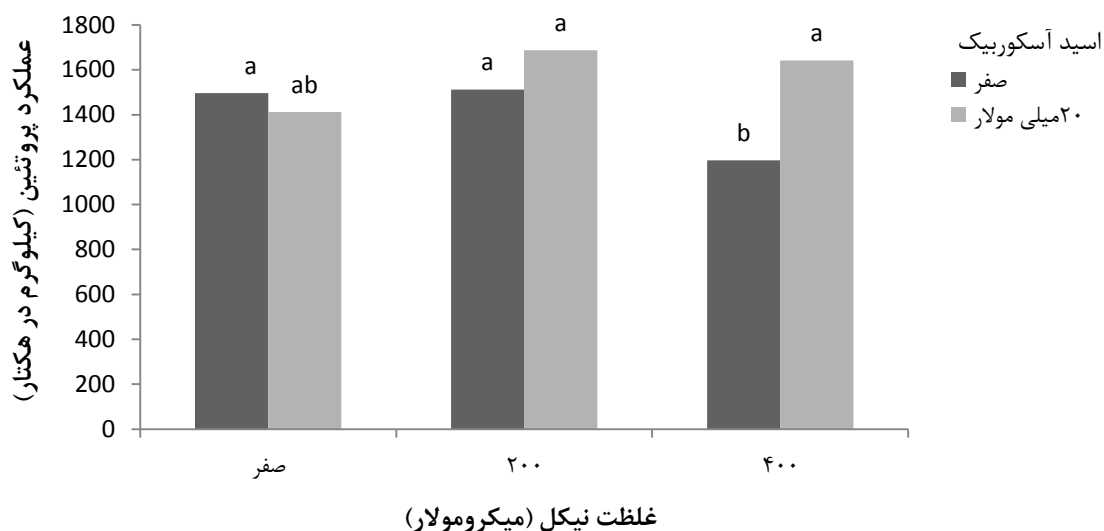
نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در ترکیب تیماری نیکل و سرب، بیش‌ترین عملکرد پروتئین با ۲۰۹۲/۶۶ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار نیکل ۲۰۰ میکرومولار به تنهایی بود که نسبت به شاهد افزایش ۹۰/۲۴ درصدی داشت و اختلاف آماری با سرب ۲۰۰ میکرومولار و عدم حضور نیکل نداشت و کم‌ترین عملکرد پروتئین با ۱۰۹۹/۹۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به شاهد بود (شکل ۴-۴۷).



شکل ۴-۴۷- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

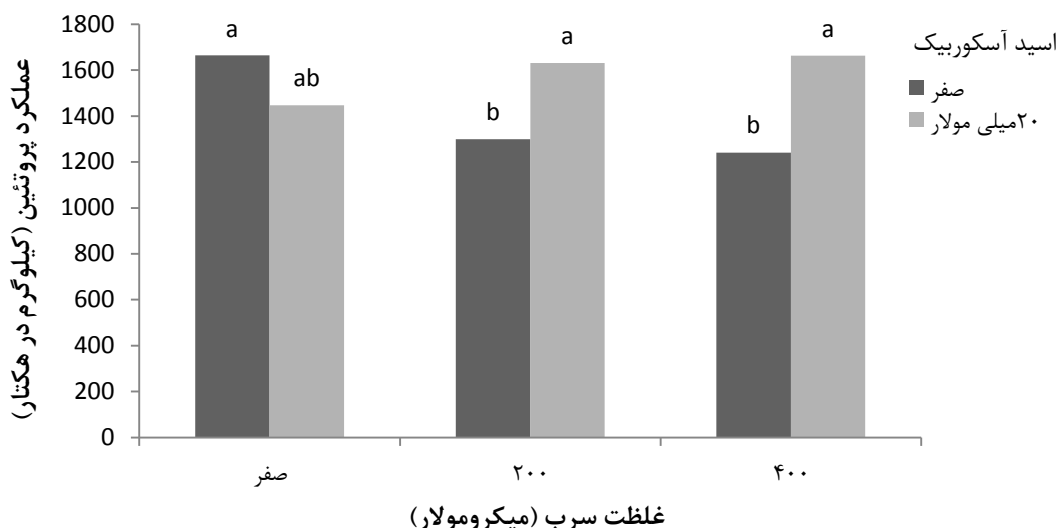
در اثر متقابل اسید آسکوربیک و نیکل مشاهده گردید که محلول پاشی اسید آسکوربیک در غلظت ۴۰۰ میکرومولار نیکل موجب بهبود در عملکرد پروتئین گردید، به ویژه زمانی که غلظت بالای نیکل منجر به کاهش قابل توجه در عملکرد پروتئین گردید محلول پاشی با اسید آسکوربیک این صفت را به

طور معنی داری افزایش داد و به حد شاهد رساند. به جز ترکیبات تیماری نیکل ۴۰۰ میکرومولار × اسید آسکوربیک صفر و اسید آسکوربیک به تنهایی که کمترین مقدار را دارا بود بین سایر ترکیبات تیماری اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۴-۴۸).



شکل ۴-۴۸- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و نیکل

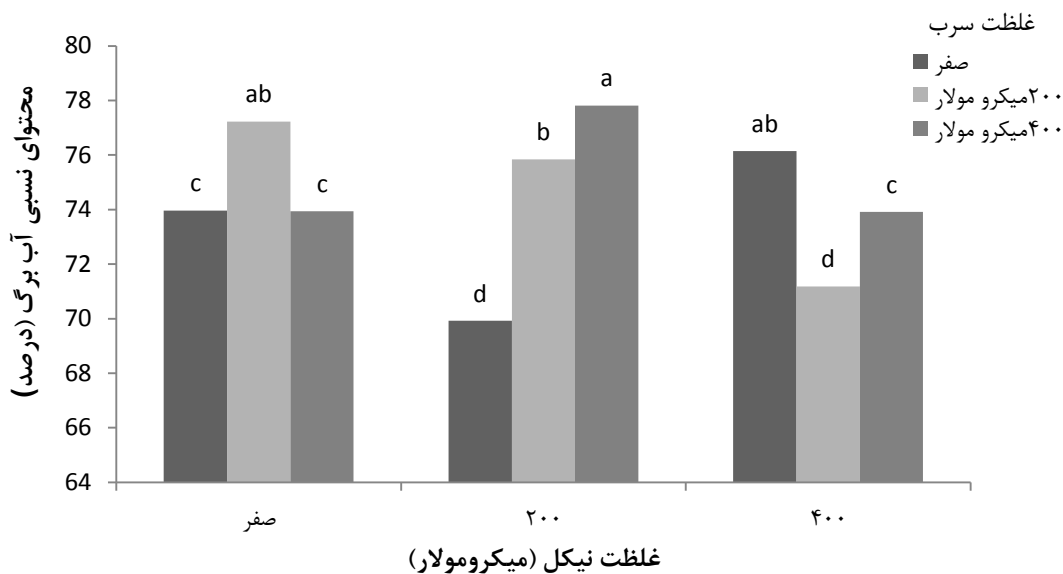
در اثر متقابل اسید آسکوربیک و سرب نیز محلول پاشی اسید آسکوربیک در دو غلظت پایین و بالای سرب موجب افزایش معنی داری در عملکرد پروتئین گردید. هر دو غلظت سرب در عدم حضور اسید آسکوربیک تقریباً به یک اندازه و حدود ۳۴ درصد نسبت به شاهد عملکرد پروتئین را کاهش دادند ولی محلول پاشی اسید آسکوربیک آن‌ها را به اندازه‌ای بهبود بخشید که با شاهد اختلافی نداشتند (شکل ۴-۴۹).



شکل ۴-۴۹- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین غلاف بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

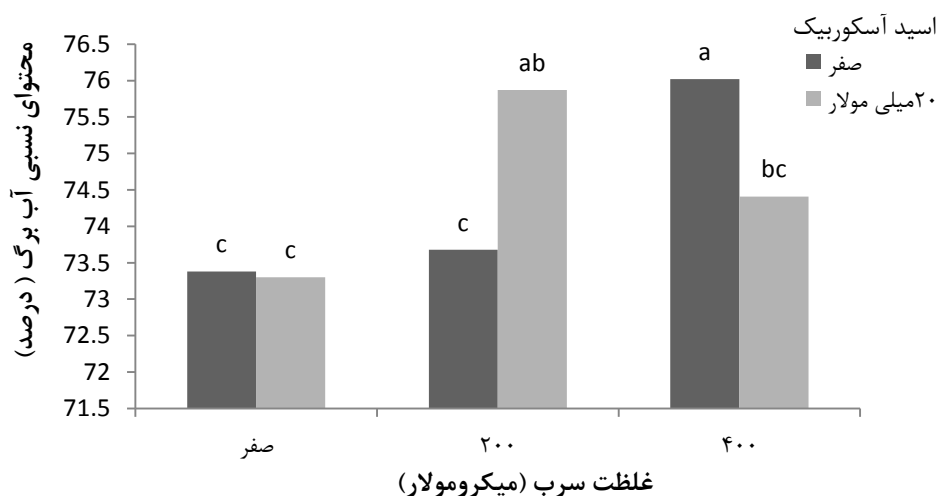
۴-۳-۴- محتوای نسبی آب برگ

تأثیر سرب و اثر متقابل آن با نیکل بر مقدار نسبی آب برگ معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۵). کاربرد نیکل سبب کاهش آب نسبی برگ شد. در مقابل سرب، این صفت را به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول پیوست ۱۵). البته همان‌طور که در شکل ۴-۵۰ مشاهده می‌شود افزایش قابل توجه ناشی از سرب در سطح نیکل ۲۰۰ میکرومولار اتفاق افتاد به طوری که بالاترین مقدار آب نسبی برگ با میانگینی معادل ۷۷/۸ درصد در ترکیب تیماری نیکل ۲۰۰ × سرب ۴۰۰ میکرومولار ثبت گردید. پایین‌ترین مقدار این صفت نیز (۶۹/۹ درصد) در همین سطح از نیکل یعنی ۲۰۰ میکرومولار منتهی در عدم حضور سرب مشاهده گردید. توأم شدن سرب در هر دو غلظت با غلظت ۴۰۰ میکرومولار نیکل محتوای آب برگ را به طور قابل توجهی کاهش داد به طوری که در ترکیب تیماری نیکل ۴۰۰ × سرب ۲۰۰ میکرومولار اختلاف معنی‌داری با کم‌ترین مقدار ثبت شده وجود نداشت. گزارش شده است نیکل با تأثیر منفی بر ساختار و عملکرد گیاه و کاهش سطوح جذب کننده آب و املاح، موجب کاهش جذب آب و ایجاد تنش خشکی ثانویه در گیاهان می‌شود (پریدا و همکاران، ۲۰۰۳).



شکل ۴-۵۰- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح نیکل و سرب

در مقایسه‌ای که بین ترکیبات تیماری حاصل از اسید آسکوربیک و سرب انجام شد ملاحظه می‌گردد که غلظت بالای سرب سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ به میزان $76/02$ درصد شد ولی محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک به طور معنی‌داری آن را کاهش داد. محلول‌پاشی اسید آسکوربیک تنها در تیمار 200 میکرومولار سرب سبب افزایش آب نسبی برگ شد در حالی که این غلظت از سرب وقتی به تنهایی استفاده شد اختلافی با شاهد نشان نداد (شکل ۴-۵۱).



شکل ۴-۵۱- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ بین ترکیبات تیماری حاصل از سطوح اسید آسکوربیک و سرب

در آثار سه جانبه، بیشترین مقدار نسبی آب برگ با ۷۸/۳۸ درصد مربوط به ترکیب تیماری نیکل
صفر × سرب ۲۰۰ با اسید آسکوربیک بود که نسبت به شاهد ۵/۳۵ درصد از مقدار نسبی آب بیشتری
برخوردار بود و کمترین آن ۶۷/۵۳ درصد مربوط به تیمار نیکل ۲۰۰ × سرب صفر با اسید آسکوربیک
بود (جدول پیوست ۱۷).

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این مطالعه به اختصار شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- محلول‌پاشی اسید آسکوربیک سبب افزایش معنی‌داری در برخی صفات از جمله درصد

پروتئین غلاف سبز، عملکرد پروتئین، میزان کاروتنوئید، تعداد دانه در غلاف و تعداد شاخه

فرعی شد.

۲- محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک سبب کاهش معنی‌داری در جذب سرب و برخی غلظت‌های

نیکل توسط برگ شد.

۳- غلظت بالای سرب (۴۰۰ میکرومولار) موجب افزایش معنی‌داری در اجزاء عملکرد، شاخص

سطح برگ، آب نسبی برگ، وزن خشک غلاف، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و درصد

پروتئین غلاف شد.

۴- نیکل ۲۰۰ میکرومولار سبب افزایش درصد پروتئین غلاف، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی-

فرعی و کاهش وزن خشک غلاف، وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه شد.

۵- محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار اسید آسکوربیک در غلظت ۴۰۰ میکرومولاری نیکل و سرب در

صفات مهمی از جمله عملکرد پروتئین و عملکرد غلاف سبز سبب بهبود شده است.

پیشنهادهات

- ۱- در این پژوهش اثر سرب روی برخی صفات لوبیا سبز دارای نتایج مثبت بود لذا باید غلظت-
های مختلف سرب آزمایش گردد تا محدوده‌ای که برای گیاه سمی است، یافت شود.
- ۲- در این آزمایش ۲ سطح اسید آسکوربیک و ۳ سطح سرب و ۳ سطح نیکل مورد مطالعه قرار
گرفت، پیشنهاد می‌شود طیف وسیع‌تری از غلظت‌های این مواد مورد بررسی قرار گیرند.

منابع

- ۱- احمدی‌زاده، م. ۱۳۷۶. سم شناسی صنعتی "فلزات سنگین"، نشر هزاران، چاپ اول، ۱۴۴ صفحه.
- ۲- اسماعیلی، م. و بیداری، ا. ۱۳۷۱. مسمومیت‌ها و حوادث محیطی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۲۷ صفحه.
- ۳- امینی، ف. و امیرجانی، م. ۱۳۹۰. اثر تیمار نیکل و سرب بر محتوای کلروفیل و تجمع این فلزات در گیاه یونجه (*Medicago sativa*). مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، سال دوم، شماره ششم، صفحه ۹-۲۰.
- ۴- ایرانبخش، ع.، مجد، ا. و نقوی، ف. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر کلرید روی و کلرید سرب بر جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست‌های سویا (*Glycine max* L.). فصلنامه پژوهش‌های گیاهی، شماره پیاپی ۲۰، سال پنجم، شماره ۴، صفحه ۶۳-۷۳.
- ۵- باغدادسریان، ی. ۱۳۸۳. اندازه‌گیری فلزات سنگین و هیدروکربن‌های نفتی در آب و رسوبات منطقه سواحل قشم. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال.
- ۶- برادران، س.، رجبیان، ط.، برادران، م. و اولیا، پ. ۱۳۸۹. بررسی اثر سمیت نیکل بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک و کلروفیل برگ سویا. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ۲-۴ مرداد. صفحه ۴۵۴۲-۴۵۴۰.
- ۷- بغدادی، ح. ۱۳۸۴. بررسی خصوصیات زراعی و عملکرد دانه لاین‌های امید بخش عدس در شرایط دیم. چکیده مقالات اولین همایش ملی حبوبات. پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۹ و ۳۰ آبان. صفحه ۱۷۶ تا ۱۷۸.
- ۸- بیات، ر. ۱۳۸۳. سهم بندی منابع تولید آلودگی هوای شهر تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شریف. دانشکده مهندسی عمران.
- ۹- پارسا، م. و باقری، ع. ۱۳۸۷. حبوبات. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۵۲۲ صفحه.
- ۱۰- پژومند، ع. و شریعت، ا. ۱۳۷۷. تشخیص و درمان مسمومیت‌ها، مرکز نشر دانشگاهی. چاپ اول، ۷۰۰ صفحه.
- ۱۱- جعفری، ر. ۱۳۸۲. تأثیر بر همکنش کادمیوم و اسید سالیسیلیک بر رشد و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه لوبیا. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت معلم تهران.
- ۱۲- چاپارزاده، ن. و قدرتی، م. ۱۳۹۰. کاهش اثرات اکسیداتیو تنش مس به وسیله آسکوربیک اسید در پیاز. اولین همایش ملی گیاه پالایی. کرمان. ۲۷ بهمن. صفحه ۱۱۰-۱۰۶.
- ۱۳- خطیب، م.، راشد محصل، م.ح.، گنجعلی، ع. و لاهوتی، م. ۱۳۸۷. تأثیر غلظت‌های مختلف نیکل بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه جعفری (*Petroselinum crispum*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۶، شماره ۲، صفحه ۲۹۵-۳۰۲.
- ۱۴- سالار دینی، ع. و مجتهدی، م. ۱۳۶۷. اصول تغذیه گیاه. جلد دوم. مرکز نشر دانشگاهی. ۳۰۹ صفحه.

- ۱۵- سعیدی سار، س.، خاوری نژاد، ر.، فهیمی، ح.، قربانلی، م. و مجد، ا. ۱۳۸۵. نقش حفاظتی اسید آسکوربیک در مقابل تنش اکسیداتیو ناشی از نیکل در گیاه سویا. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۷۰. صفحات ۸۷-۸۰.
- ۱۶- شرفی، م.، رنجبر فردوئی، ا.، بیگی هرچگانی، ح. و ایرانی پور، ر. ۱۳۸۹. اثر کبالت خاک بر برخی شاخص های رشد لوبیا چیتی. مجله پژوهش های خاک. الف. جلد ۲۷. شماره ۱. صفحه ۸۵-۹۶.
- ۱۷- غلامی پور فرد، ک.، قاسمی عمران، س.، فتوحی یزدی، ر.، حمید اوغلی، ی.، جعفریان، ی. و سریری، ی. ۱۳۸۸. تأثیر محلول پاشی برگی اسید آسکوربیک روی برخی از ویژگی های فیزیولوژیک و مورفولوژیک نشاهای گوجه فرنگی در شرایط تنش خشکی. اولین همایش ملی تنش های محیطی در علوم کشاورزی. دانشگاه بیرجند. بهمن ماه.
- ۱۸- کافی، م. و مهدوی دامغانی، ع. ۱۳۸۱. مکانیسم های مقاومت گیاهان به تنش های محیطی (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۷ صفحه.
- ۱۹- کوچکی، ع. و بنایان اول، م. ۱۳۸۱. زراعت حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۳۶ صفحه.
- ۲۰- کریمی، ن.، خان احمدی، م. و مرادی، ب. ۱۳۹۱. اثر غلظت های مختلف سرب بر برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه کنگر فرنگی. مجله پژوهش های تولید گیاهی. جلد بیستم. شماره اول. صفحه ۶۲-۴۹.
- ۲۱- مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۷. زراعت و تولید حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی شعبه واحد تهران. چاپ چهارم. ۲۸۳ صفحه.
- ۲۲- مظفری، ا.، حبیبی، د.، ملکی، ع. و بابایی، ف. ۱۳۸۹. ارزیابی توان چند گونه زراعی در کاهش آلودگی خاک به فلز سنگین کادمیوم. مجله زراعت و اصلاح نباتات. جلد ۸. شماره ۳. صفحه ۱۴-۱.
- 23- Abdel Latif, E.A., Rabie, H., Abo-shelbeya, M.A.M. and Nofal, M.A. 1988. The effect of nickel on plants. 1. Effect of seed soaking in Ni- sulphate solutions on growth and chemical composition of Sorghum. J. Agric. Res. Dev. 10(1): 33-46.
- 24- Agarwal, S. and Pandey, V. 2004. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. Biol. Plant. 48:555-560.
- 25- Aldrich, C. and Feng, D. 2000. Removal of heavy metals- From waste water effluents by biosorption flutation, Minerals Engineering, 13(10): 1199-1138.
- 26- Alloway, B.J. 1990. "Heavy metals in soils", John wiley and sons Inc., New York, pp 20-27.
- 27- Amin, A.A., Rashad, E.M. and Gharib, A.E. 2008. Changes in morphological, physiological and reproductive characters of Wheat plants as affected by foliar application with salicylic acid and ascorbic acid. Aust. J. of Basic. and Appli. Sci., 2(2): 252-261.
- 28- Amodio – Cocieri, R. and Fiore, P. 1987. Lead and cadmium concentration in Liver stock bred in campania, Italy. Bulletin of Environ. of Contamination and Toxicology, 460- 464.
- 29- Amoli, M.M., Moosavizade, R. and Larijani, B. 2005. Optimizing conditions for rat pancreatic islets isolation. Cytotechnology, 48:75-78.

- 30- **An, Y.J., Kim, Y.M., Kwon, T.I. and Jeong, S.W. 2004.** Combined effect of copper, cadmium, and lead upon *Cucumis sativus* growth and bioaccumulation. *Sci. Total Environ.* 326: 85-93.
- 31- **Antonopoulou, 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*). *Sci. Hort.*, 106: 268-272.
- 32- **Arduini, I., Godbold, D.L. and Onnis, A. 1994.** Cadmium and copper change root growth and morphology of *Pinus pinea* and *Pinus pinaster* seedlings. *Physiol. Plantarum.* 92:675-680.
- 33- **Arrigoni, O. 1994.** Ascorbate system in plant development. *J. of Bioenerg. Biomembr.* 26: 407-419.
- 34- **Arrigoni, O. and De Tullio, M.C. 2002.** Ascorbic acid: much more than just an antioxidant. *Biochimica Biophysica Acta.* 1569: 1- 9.
- 35- **Asada, K. 1992.** Ascorbate peroxidase – hydrogen peroxide-scavenging enzyme in plant. *Physiol. Plant*, 85:235-241.
- 36- **Asada, K. 1994.** Production and action of active oxygen in photosynthetic tissues. In: C.H., Foyer, Mullineaux, P.M. (Eds.), *Causes of photooxidative stress in plants and amelioration of defence system.* CRC Press, Boca Raton. pp. 77-109.
- 37- **Asada, K. 1999.** The water-water cycle in chloroplasts. Scavenging of active oxygen's and dissipation of excess photons. *Annu. Rev. Plant physiol.*, 50:601-639.
- 38- **Atal, C. and kapur, K. 1998.** Cultivation and utilization of medicinal plant. *Jamu/tawi, India*, 78p.
- 39- **Azmat, R., Haider, S. and Askari, S. 2006.** Phytotoxicity of Pb I: Effect of Pb on germination, growth, morphology and histomorphology of *Phaseolus mungo* and *Lens culinaris*. *Pak. J. Biol. Sci.* 9: 979-984.
- 40- **Bajguz, A. and Hayat, Sh. 2008.** Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses. *Plant Physiol.* 10: 1016-1020.
- 41- **Barcelo, J., Cabot, C. and Poschenrieder, C. 1986.** Cadmium induced decrease of water stress resistance in bush beanplants (*Phaseolus vulgaris* L. cv Contender), II. effects of Cd on endogenous abscisic acid levels. *J. of Plant Physiol.* 125: 27–34.
- 42- **Baycu, G., Doganay, T., Hakan, O. and Sureyya, G. 2006.** Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul. *Environ. Pollution.* 143:545-554.
- 43- **Blokhina, O., Virolainen, E. and Fagerstedt, K.V. 2003.** Antioxidant, oxidative damage and oxygen deprivations stress. A Review. *Ann. Bot.*, 91:179-194.
- 44- **Boussama, N., Ouariti, A., Suzuki, A. and Ghorbal, M.H. 1999.** Cd-stress on nitrogen assimilation. *J. Plant Physiol.* 155: 310-317.
- 45- **Bruzynski, M. 1987.** The influence of lead and cadmium on the absorption and distribution of potassium, calcium, magnesium and iron in cucumber seedlings. *Acta Physiologia Plantarum.* 9: 229-238.
- 46- **Burzynski, M. 1988.** The uptake and accumulation of phosphorus and nitrates and the activity of nitrate reductase in cucumber seedlings. *Acta Soc. Bot. Pol.* 57: 349-359.

- 47- **Cakmak, I. and Horst, W. 1991.** Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glysin max*). Plant Physiol. 83: 463-468.
- 48- **Carrasco-Luna, J., Calatayud, A., Gonzalez-Daros, F. and de Valle-Tascon, S. 1995.** Hexacyanoferrate (III) stimulation of elongation in coleoptile segments from *Zea mays* L. Protoplasma. 184: 63-71.
- 49- **Chaoui, A. and Ferjani, E. 2005.** Effects of cadmium and copper on antioxidant capacities, lignification and auxin degradation in leaves of Pea (*Pisium sativum* L.) seedlings. Comptes Rendus Biologies. 328:23-31.
- 50- **Chashschin, V.P., Artunina, P.A. and Norseth, T. 1994.** Congenital defects, abortion and other health effects in nickel refinery workers. Science Total Environ. 148:287–291.
- 51- **Chen, W.P., Li, P.H. and Chen, T.H.H. 2000.** Glycinebetaine increases chilling tolerance and dissipation of excess photons. Annu. Rev. Plant Physiol., 50:601-639.
- 52- **Choudhory, S. and Panda, S. 2004.** Introduction of oxidative stress and ultrastructural changes in moss *Taxithelium nepalense* (Schwaegr). Broth. Under lead and arsenic Phytotoxicity. Curr. Sci., 87(3): 342-348.
- 53- **Cobley, L. S. 1996.** An introduction to the botany of tropical crops. New York, London, Longman.
- 54- **Clemens, S. 2001.** Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis. Planta. 212:475-486.
- 55- **Comba, M.E., Benavides, M.P. and Tomaro, M.L. 1998.** Effect of salt stress on antioxidant defence system in soybean root nodules. Aust. J. Plant Physiol. 25: 665-671.
- 56- **Dat, J.F., Lopez_ Delgado, H., Foyer, C.H. and Scott, I.M. 1998.** Parallel changes in H₂O₂ and catalasen during the thermo tolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. Plant physiол., 116:1351-1375.
- 57- **Dave, G. and Xiu, R. 1991.** Toxicity of mercury, copper, nikel, lead and cobalt to embryos and Larvae of zebrafish, Yodanio brach rerio. Archives of Environ. Toxicology, 21: 126-134.
- 58- **Davis, P.J. 2005.** Plant hormones biosynthesis, signal transduction, action springer. Germany. 750 pp.
- 59- **Davis, M.A. and Boyd, R.S. 2000.** Dynamic of Ni-based defence and organic defence in the Ni hyperaccumulator, *Streptanthus polygaloides* (Brassicaceae). New Physiologist. 146:211-217.
- 60- **Del Rio, L.A., Sevilla, F., Sandalio, L.M. and Palma, J.M.L. 1991.** Nutritional effects and of superoxide dismutase: induction and gene expression expression, diagnostics, prospective protection against oxygen toxicity. - Free Radical Res. Commun. 12-13: 819-828.
- 61- **Dolatabadian, A., Modarres Sanavy, S.A.M. and Sharifi, M. 2009.** Alleviation of water deficit stress effects by foliar application of ascorbic acid on *Zea mays* L. J. of Agron. & crop sci., 195:347-355.
- 62- **Dixit, V., Pandey, V. and Shyam, R. 2001.** Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea. J. of Exp. Bot. 52: 71-81.

- 63- **Drazkiewicz, M. 1994.** Chlorophyll-occurrence, functions, mechanism of action, effects of internal and external factors. *Photosynthetica* 30: 321-331.
- 64- **El-Banna, E.N., Ashour, S.A. and Abd-El-Salam, H.Z. 2006.** Effect of foliar application with organic compounds on growth, yield and tubers quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *J. Agric. Sci.*, 31(2): 1165-1173.
- 65- **El-Quesni Fatma, E.M., Abd El-Aziz Nahed, G. and Magda M. Kandil. 2009.** Some studies on the effect of ascorbic acid and tocopherol on the growth and some chemical composition of *Hibiscus rosa sineses* L. at Nubaria. *Ozean J. of Appl. Sci.*, 2(2):1943-2429.
- 66- **Eltner, E.F. 1991.** Mechanism of oxygen activation in different compartments of plant cell. In: Pell, E.J., Steffen, K.L. (eds.): *Active Oxygen/Oxidative Stress and Plant Metabolism*. Amer. Soc. Plant Physiol., Rockville. pp. 13-25.
- 67- **El-Tayeb, M.A. 2005.** Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul.*, 45:215-225.
- 68- **El-Tohamy, W.A., El-Abgay, H.M. and El-Greadly, N.H.M. 2008.** Studies on the effect of putrescine, yeast and vitamin C on growth, yield and physiological response of Eggplant (*Solanum melongena* L.) under sandy soil conditions". *Aus. J. of Basic. and Appl. Sci.*, 2(2): 296-300.
- 69- **Farahat, M.M., Ibrahim, M.M., Lobna, S.L. and Fatma, E.M. 2007.** Response of vegetative growth and some chemical constituents of *Suprassus sempervirens* L. to foliar application of ascorbic acid and zinc at Nurbaria. *World. J. of Agric. Sci.*, 3(3): 282-288.
- 70- **Fecht Christoffers, M.M., Maier, P. and Horst, W.J. 2003.** Apoplastic peroxidase and ascorbate are involved in manganese toxicity and tolerance of *Vigna unguiculata*. *J. of Plant Physiol.* 117: 237-244.
- 71- **Fontes, R.L.S. and Cox, F.R. 1998.** Zinc toxicity in soybean grown at high iron concentration in nutrient solution. *Crop Sci.* 21:1723-1730.
- 72- **Foyer, C.H. and Halliwell. B. 1976.** The presens of glutathione and glutathione reductase in chloroplast: a proposed role in ascorbic acid metabolism. *Planta.* 133:21-25.
- 73- **Fuentes, D., Disante, K.B., Valdecantos, A., Cortina, J. and Ramon Vallejo, V. 2006.** Response of *Pinus halepensis* Mill. Seedlings to biosolids enriched with Cu, Ni and Zn in three mediterranean forest soils. *Environ. Pollut.* 145(1): 316-323.
- 74- **Gadallah, M.A.A. 1994.** Interactive effect of heavy metals and temperature on the growth and chlorophyll, saccharides and soluble nitrogen contents in *Phaseolous vulgaris* . *Biol. Plant.* 36:373-382.
- 75- **Gaspar, G.M. and Anton, A. 2002.** Heavy metal uptake by two radish varieties, Hungarian congress on Plant Physiol., 46 (34):113-114.
- 76- **Geebelen, W., Vangronsveld, J., Adriano, D.C., Van Poucke, L.C. and Clijsters, H. 2002.** Effects of Pb-EDTA and EDTA on oxidative stress reactions and mineral uptake in *Phaseolus vulgaris*. *Physiologi a Plantarum* 115: 377-384.

- 77- **Goyer, R. 1991.** Toxic effects of metals, In: Amdur, M.O., J.D. Doull and C.D. Klaassen, (eds), Casarett and Doull's Toxicology, 4th ed., Pergamon Press, New York. PP: 623-680.
- 78- **Gregory, R.P.G. and Bradshaw, A.D. 1965.** Heavy metal tolerance in population of *Agrostis tenuis* Sibth. and other grasses. New Phytologist. 61:131-143.
- 79- **Gressel, J. and Galun, E. 1994.** Genetic controls of photooxidant tolerance. In: C.H., Foyer, Mullineaux, P.M. (Eds.): causes of photooxidative stress and amelioration of defence systems in plants. CRC Press, Boca Raton, pp. 237-274.
- 80- **Groppa, M.D., Tomaro, M.L. and Benarides, M.P. 2007.** Polyamines and heavy metal stress: the antioxidant behavior of spermine in cadmium and copper treated wheat leaves. Biometals, 20:185-195.
- 81- **Guo, Z., Tan, H., Zhu, Z., Lu, S. and Zhou, B. 2005.** Effect of intermediates on ascorbic acid and oxalate biosynthesis of rice and in relation to its stress resistance. Plant Physiol. and Biochem., 43(10-11): 955-962.
- 82- **Gupta, S.P., Gupta, V.K. and Kala, R. 1996.** A note on effect of nickel application on rabi cereals. New Botanist. 23:237-239.
- 83- **Hagar, H., Ueda, N. and Shal, S.V. 1996.** Role of reactive oxygen metabolites in DNA damage and cell death in chemical hypoxic injury LLC-PK1 cells. - Amer. J. Physiol. 271: 209-215.
- 84- **Haider, H., Kanwal, S., Uddin, F. and Azmat, R. 2006.** Phytotoxicity of Pb. II: Changes in chlorophyll absorption spectrum due to toxic metal Pb stress on *Phaseolus mungo* and *Lens culinaris*. Pak. J. Biol. Sci. 9: 2062-2068.
- 85- **Hall, J.L. 2002.** Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. J. of Exp. Bot. 53:1-11.
- 86- **Han, W.Y., Zhao, F.J., Shi, Y.Z., Ma, L.F. and Ruan, J.Y. 2006.** Scale and causes of lead contamination in Chinese tea. Environ. Pollution 139: 125- 132.
- 87- **Hartley, J.J., Cairney, W., Freestone, P., Woods, P. and Meharg, A.A. 1999.** The effects of multiple metal contaminations on ectomycorrhizal Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings. Environ. Pollution. 106:413-424.
- 88- **Heckathorn, S.A., Mueller, J.K., LaGuidice, S., Zhu, B., Barrett, T., Blair B. and Dong, A. 2004.** Chloroplast small heat-shock proteins protect photosynthesis during heavy metal stress. Ame. J. Bot. 91: 1312-1318.
- 89- **Hendawy, S.F. and Ezz EL-Din, A.A. 2010.** Growth and yield of *Foeniculum vulgar* var.azoricum as influenced by some vitamins and amino acids. Ozean J. of Appli. Sci., 3(1): 113-123.
- 90- **Hernandez, J.A., Jimenez, A., Mullineaux, P. and Sevilla, F. 2000.** Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long term salt stress is associated with induction of antioxidant defences. Plant Cell Environ. 23: 853-862.
- 91- **Hu, J.Z., Shi, G.X., Xu, Q.S., Wang, X., Yuan, Q.H. and Du, K.H. 2007.** Effect of Pb on the active oxygen scavenging enzyme activities and ultra structure in *Potamogeton crispus* leaves. Russian J. of Plant Physiol. 54: 414-419.
- 92- **Ingle, R.A., Smith, J.A.C. and Sweetlove, L.J. 2005.** Responses to nickel in the proteome of the hyperaccumulator plant *Alyssum lesbiacum*. BioMetals. 18: 627-641.

- 93- Jayakumar, K., Jaleel, A.C. and Vijayarangan, P. 2007. Changes in growth, biochemical constituents, and antioxidant potentials in radish *Raphanus sativa* L. under cobalt stress. Turk. J. of Bot. 31:127-136.
- 94- Jiang, M. and Zhang, J. 2001. Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. Plant Cell Physiol. 42: 1265- 1273.
- 95- Jiang, L.Y., Yang, X.E. and He, Z.L. 2004. Growth response and phytoextraction of copper at different levels in soils by *Elsholtzia splendens*, Chemosphere. 55:1179-1187.
- 96- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. 1984. Trace elements in soils and plants, CRS Press. Inc., Boca Raton, Florida.
- 97- Kambhampati, M.S., Begonia, G.B., Begonia, M.F.T and. Bufford, Y. 2005. Morphological and physiological responses of Morning glory (*Ipomoea lacunose* L.) grown in a lead- and chelate-amended soil. Inter. J. of Environ. Res. Public Health 2: 299-303.
- 98- Kamel, H.A. 2008. Lead accumulation and its effect on photosynthesis and free amino acids in *Vicia faba* grown hydroponically. Aust. J. of Basic and Appl. Scie. 2(3): 438-446.
- 99- Kang, G., Wang, C., Sun, G. and Wang, Z. 1973. Salicylic acid changes activities of H₂O₂ metabolizing enzymes and increase the chilling tolerance of banana seedling. Environ. Exp. Bot. 50:9-15.
- 100- Kramer, P.S. 1983. Water relation of plants. Academic Press. PP. 342-415.
- 101- Knasmüller, W., Lum, W.B., Jakwer, F., Roth, K. and Vla deva, I. 1998. Effects of soil properties and cultivar on heavy metals accumulation in wheat grain. Z.Pflanzenernähr Bodenkd , 159: 609 – 614.
- 102- Kopyra, M. and Gwzdz, EA. 2003. Nitric oxide stimulates seed germination and counteracts the inhibitory effect of heavy metals and salinity on root growth of *Lupinus luteus*, Plant Physiol. Biochem., 41:1011-1017.
- 103- Larcher, W. 2001. Physiological plant ecology. Springer. verlag Berlin Heidelberg New York Germany: 513p.
- 104- Laspina, N.V. and Groppa, M.D. 2005. Nitric oxide protects sunflower leaves against Cd- induced oxidative stress. Plant sci., 169:323-330.
- 105- Lee, C.W., Choi, J.M. and Pak, C.H. 1996. Micronutrient toxicity in seed germination. J. of the Ame. Society for hort. Sci. 121:77-82.
- 106- Madhava Rao, O.K.V. and Sresty, T.V.S. 2000. Antioxidative parameters in the seedling of pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) in response to Zn and Ni stresses. Plant Sci.157:113-128.
- 107- Malik, R.S., Kala, R., Gupta, S.P. and Dahiya S.S. 2003. Background level of micronutrients and heavy metals in sewage-irrigated soils and crops in Haryana. Ind. J. of Agric. Sciences. 74:156-158.
- 108- Mathe-Gaspar, G. and Anton, A. 2002. Heavy metal uptake by two radish varieties. Acta Biologica Szegediensis. 46:113-114.
- 109- Measues, J.C. 1975. Role of amino acids in osmoregulation of non-halophilic bacteria. Nature, 257: 398-400.

- 110- Manio, T., Stentiford, E.I. and Millner, P.A. 2003. The effect of heavy metals accumulation on the chlorophyll concentration of *Typha latifolia* plants, growing in substrate containing sewage sludge compost and watered with metaliferous water. Ecological Engineering. 20:65-74.
- 111- Merian, E., Anke, M., Ihnat, M. and Stoeppler, M. 2004. Elements and their Compounds in the Environment, 2nd, WILEY-VCH verlag GmbH & Co. KGaA, weinheim. 279p.
- 112- Mishra, S., Srivastava, S. and Tripathi, P.D. 2006. Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in *Baccopa monnieri* L., Plant Physiol. Biochem., 44:25-37.
- 113- Molas, J. and Baran, S. 2004. Relationship between the chemical form of nickel applied to the soil and its uptake and toxicity to barley plants (*Hordeum vulgare* L.). Geoderma. PP: 247-255.
- 114- Molas, J. 2002. Canges of chloroplast ultra structure and total chlorophyll concentration in cabbage leaves caused by excess of organic Ni (II) complexes. Environ. Exp. Bot. 47: 115-126.
- 115- Monni, S., Uhlig, C., Junttila, O., Hansen, E. and Hynynen, J. 2001. Chemical composition and ecophysiological responses of *Empetrum nigrum* to above ground element application. Environ. Pollu. 112: 417–426.
- 116- Niebore, E. and Richardson, D.H.S. 1980. The replacement of the non-descript term heavy metals by a biologically and chemically signification classification of metal ions. Environ. Pollu (Series B). 1:3-26.
- 117- Noctor, G. and Foyer, C.H. 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Annu. Rev. Plant physiol. 49:249-279.
- 118- Nriogo, J.O. 1979. Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere. Nature. 279: 409-411.
- 119- Nyitrai, P., Bóka, K., Gáspár, L., Sárvári, E., Lenti, K and. Karesztes, A. 2003. Characterization of the stimulating effect of low-dose stressors in maize and bean seedlings. J. of Plant Physiol. 160: 1175-1183.
- 120- Oncel, I., Keles, Y. and Ustun, A. S. 2000. Interactive effects of temperature and heavy metal stress on the growth and some biochemical compounds in wheat seedlings. Environ. Pollu. 107: 315–320.
- 121- Orcutt, D.M. and Nilsen, E.T. 2000. The physiology of plants under stress, soil and biotic factors. John Wiley, New York, 696p.
- 122- Ouzoundi, G., Ciamprova, M., Moustakas, M. and Karataglis, S. 1995. Responses of maize (*Zea mays* L.) plants to copper stress. I. Growth, mineral content and ultra structure of roots. Environ. and Exp. Bot. 35:167-176.
- 123- Oven, M., Grill, E., Golan-Goldhirsh, A., Kutchan, T.M. and Zenk, M.H. 2002. Increase of cysteine and citric acid in plant cells exposed to cobalt ions. Phytochem., 60: 467-474.
- 124- Panda, S.K. and Patra, H.K. 1997 Physiology of chromium toxicity in plants- a review. Plant Physiol.and Biochem. 24(1): 10-17.

- 125- **Panda, S.K. and Khan, M.H. 2003.** Antioxidant efficiency in rice (*Oryza sativa* L.) leaves under heavy metal toxicity. *Plant Biol.* 30: 23-29.
- 126- **Papazoglou, E.G., Karantounias, G.A., Vemmos, S.N. and Bouranis, D.L. 2005.** Photosynthesis and growth responses of giant reed (*Arundo donax* L.) to the heavy metals Cd and Ni. *Environ. Inter.* 31:243-249.
- 127- **Para, O. 2007.** Green Beans Module. Departamento de Salud Pablica de California.
- 128- **Parida, B.K., Chhibba, I.M. and Nayyar, V.K. 2003.** Influence of nickel-contaminated soils on fenugreek (*Trigonella corniculata* L.) growth and mineral composition. *Sci. Hortic.* 98:113-119.
- 129- **Paul, M. and Hasegawa, A. 1996.** Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Ann. Rev. of Plant Physiol.*, 51: 463-499.
- 130- **Pendias, A.K. and Pendias, H. 2001.** Trace Elements in Soils and Plants. Boca roten, London, CRC Press, 413 p.
- 131- **Peralta-Videa, J.R., Gardea-Torresdey, J.L., Gomez, E., Tiemann, K.J., Parsons, J.G. and Carrillo, G. 2002.** Effect of mixed cadmium, copper, nickel and zinc at different pHs upon alfalfa growth and heavy metal uptake *Environ. Pollu.* 119:291-301.
- 132- **Peralta-Videa, J.R., De la Rosa, G., Gonzalez, J.H. and. Gardea-Torresdey, J.L. 2004.** Effects of the growth stage on the heavy metal tolerance of alfalfa plants. *Adva. in Environ. Res.* 8: 679-685.
- 133- **Piechalak, A., Tomaszewska, B., Baralkiewicz, D. and Malecka, A. 2002.** Accumulation and detoxification of lead ions in legumes. *Phytochem.*, 60: 153–162.
- 134- **Pignocchi, C. and Foyer, CH. 2003.** Apoplastic ascorbate metabolism and its role in the regulation of cell signaling. *Current Opinion in Plant Biol.* 6: 379–389.
- 135- **Prasad, M.N.V. 1997.** Plant ecophysiology. Wiley, New York. 552p.
- 136- **Prasad, M.N.V. and Freitas, H. 2003.** Metal hyper accumulation in plants- Biodiversity prospecting for phytoremediation technology. *Electronic. J. Biototechnol.* 6:275-321.
- 137- **Prasad, S., Dwivedi, R., Zeeshan, M. and Singh, R. 2004.** UV-B and cadmium induced changes in pigments, photosynthetic electron transport activity, antioxidant levels and antioxidative enzyme activities of *Riccia* sp, *Acta Physiol. Plant*, 26: 423-430.
- 138- **Prochazka, S., Machaackova, I., Kreekule, J. and Sebanek, J. 1998.** Plant physiology. Academia. Praha. 484 PP.
- 139- **Rauser, W.E. 1995.** Phytochelatins and related peptides. Structure, Biosynthesis, and function. *Plant Physiol.* 109: 1141-1149.
- 140- **Rayle, D.L. and Clelend, R.E. 1992.** The acid growth theory of auxin-induced cell elongation is alive and well. *Plant Physiol.* 99: 1271-1274.
- 141- **Reser, P. and Emerson, P. 2007.** Growth, root and leaf structure and biomass allocation in leucanthemum vulgare as affected by heavy-metals-containing salg. *Plant soil.* 59:2461-2467.
- 142- **Rich, P.R. and Bonner, W.D. 1978.** The sites of superoxide anion generation in higher plant mitochondria. *Arch. Biochem. Biophys.* 188: 206-213.

- 143- **Robinson, J.M. and Bunce, J.A. 2000.** Influence of drought-induced water stress on soybean and spinach leaf ascorbate-dehydroascorbate level and redox status. *Inter. J. of Plant Sc.*, 161(2): 271-279.
- 144- **Ruley, A.T., Nilesh, C.S. and Shivendra, V.S. 2004.** Antioxidant defense in a lead accumulating plants, *Sesbania dormancies*. *Plant Physiol. and Biochem.*, 41: 899-906.
- 145- **Ryder, E.J. and Waycott, W. 1993.** New directions in salad crops: New forms, new tools, and old philosophy. In: Janick, J. and Simon, J.E. (eds). *New crops*. pp. 528-532. Wiley, New York.
- 146- **Salin, M.L. 1991.** Chloroplast and mitochondrial mechanism for protection against oxygen toxicity. *Free Radical Res. Commun.* 12-13: 851-855.
- 147- **Sarvari, E., Gaspar, L., Fodor, L., Cseh, E., Kropfl, K., Varga, A. and Baron, M. 2002.** Comparison of the effects of Pb treatment on thylakoid development in poplar and cucumber plants. *Acta Biologica Szeged*. 46: 163-165.
- 148- **Senaranta, T., Touchell, D., Bunns, E. and Dixon, K. 2000.** Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regul.*, 30:15-161.
- 149- **Sengar, R.S. and Pandey, M. 1996.** Inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in greening *Pisum sativum* leaf segments. *Biologia Plantarum.*, 38: 459-462.
- 150- **Setia, R.C., Kaila, J. and Malik, C.P. 1988.** Effect of NiCl₂ toxicity on stem growth and early development in *Triticum aestivum* L. *Phytomorphology*. 38:21-27.
- 151- **Shah, J. and Klessig, D.F. 1999.** Salicylic acid: signal perception and transduction. In: Hooykaas, P.P.J., Hall, M.A. and Libbenga, K.R. (eds). *Biochemistry and molecular biology of plant hormones*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, PP. 513-541.
- 152- **Shalata, A. and Neumann, P.B. 2001.** Exogenous ascorbic acid (vitamin C) increases resistance to salt stress and reduces lipid peroxidant. *J . Exp. Bot.* 52:2207-2211.
- 153- **Shanker, K.A., Cervantes, C., Loza-Taversa, H. and Avudainayagam, S. 2005.** Chromium toxicity in plants. *Environ. Inter.*, 31:739-753.
- 154- **Sharma, S.S. and Gaur, J.P. 1995.** Potential of *Lemna polyrrhiza* for removal of heavy metals. *Ecol. Eng.* 4:37-43.
- 155- **Sharma, P. and Dubey, R. S. 2005.** Lead toxicity in plants, *Brazilian J. of Plant Physiol.* 17: 35–52.
- 156- **Sharon, D. A. 2003.** Dry bean production guide. North Dakota State University.
- 157- **Shimada, N., Ando, T., Tomiyama, M. and Kaku, H. 1980.** Role of nickel in plant nutrition. I. Effects of nickel on growth of tomato and soybean. *Nippon Dojo Hiriyogaku Zasshi*. 51:487-492.
- 158- **Shimada, N. and Ando, T. 1980.** Role of nickel in plant nutrition. II. Effect of nickel on the assimilation of urea by plants. *Nippon Dojo Hiriyogaku Zasshi*. 51:493-496.
- 159- **Skryptez, S. 2004.** Dry pea situation and outlook. Agriculture and agri-food Canada, market analysis division. *Biweekly Bulletin*, 17:1-10.
- 160- **Smialowicz, R.J., Rogers, R.R, Riddle, M.M. and Scott, G.A. 1984.** Immunologic effects of nickel: I. Suppression of cellular and humoral immunity. *Environ. Res.* 33:413–427.

- 161- Smialowicz, R.J., Rogers, R.R. and Rowe, D.G. 1988. The effects of nickel on immune function in the rat. *Toxicology*. 44:271–281.
- 162- Sanita di Toppi, L. and Gabbrielli, R. 1999. Response to cadmium in higher plants. *Environ. Exp. Bot.*, 41:105-130.
- 163- Smirnoff, N. 1998. Plant resistance to environmental stress, *Curr. Opin. Biotech.*, 9:214-219.
- 164- Smirnoff, N. 2005. Ascorbate, tocophwrol and carotenoids: metabolism, Pathway engineering and function. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. pp. 53-86.
- 165- Soltani, F., Ghorbanli, M., and Manouchehri-kalantari, K.H. 2006. Effect of cadmium on photosynthetic pigments, sugars and malondealdehyde content in *Brassica napus* L. *Iran. J. Biol.* 2: 136-145.
- 166- Song, W.Y., Sohn, E.J., Martinoia, E., Lee, Y.J., Yang, Y.Y., Jasinski, M., Forestier, C., Hwang, I. and Lee, Y. 2003 Engineering tolerance and accumulation of lead and cadmium in transgenic plants. *Nature Biotechnol.* 21: 914-919.
- 167- Van, F. and Clijsters, H. 1990. Biotechnology for the production of secondary metabolites. *Plant Cell. Environ.*, 13:195-206.
- 168- Verma, P., George, K.V., Singh, H.V. and Singh, R.N. 2007. Modeling cadmium accumulation in radish, carrot, spinach and cabbage, *Applied Mathematical Modelling*, 31:1652–1661.
- 169- Vig, K., Megharaj, M., Sethunathan, N. and Naidu, R. 2003. Bioavailability and toxicity of cadmium to microorganisms and their activities in soil: A review. *J. Environ. Res.* 8: 121-135.
- 170- Wadhawan, K. 1995. Nickel availability and its uptake by plant as influenced by nitrogen and zinc application. M.Sc Thesis. Punjab Agricultural University, Ludhiana, India.
- 171- Wallace, D.M. 1987. Large and small scale phenol extraction. *Methods in enzymology*, 152: 33-41.
- 172- Walter, H. and Breckle, S.W. 1985. Ecological systems of the geobiosphere. Vol. 1: ecological principles in global perspective. *Ecological systems of the geobiosphere*, 1. Springer: 242 p.
- 173- Weryszko-Chmielewska, E. and Hwil, M. 2005. Lead-induced histological and ultrastructural changes in the leaves of soybean (*Glycine max* (L.) Merr). *Soil Sci. and Plant Nutr.* 51:203-212.
- 174- Witt-claus, P., Tiller-sarah, A., Talor-Mark, A. and Davieshoward, V. 2002. Addition of nickel to murashige and skoog medium in plant tissue culture activates urease and may reduce metabolic stress. *Plant Cell Tissue and Orang Cult.* 68:103-104.
- 175- Yang, X., Baligar, V.C., Martens, D.C. and Clark, R.B. 1996. Plant tolerance to Ni toxicity. I. Influx, transport and accumulation of Ni in four species. *J. Plant Nutr.* 19:73–85.
- 176- Youssef, A.A. and Talaat, I.M. 2003. Physiological response of rosemary plants to some vitamins. *Egypt. Pharm. J.*, 1:81-90.

- 177- Zengin, F.K. and Munzuroglu, O. 2005.** Effects of some heavy metals on chlorophyll, proline and some antioxidant and chemicals in Bean (*Phaseolus vulgaris* L) seedlings. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica. 47(2):157–164.
- 178- Zhang, W.H. and Tyerman, S.D. 1999.** Inhibition of water channels by HgCl₂ in intact wheat root cells. Plant Physiol. 120:849-857.
- 179- Zhu, J.K. 2000.** Genetic analysis of plant salt tolerance using Arabidopsis. Plant Physiol. , 124:941-948.
- 180- Zho, J.K. 2002.** Salt and drought stress signal transduction in plant. Annu. Rev. plant physiol. 53:247-278.
- 181- Zhou, Z.S., Huang, S.Q., Guo, K., Mehta, S.K., Zhang, P.C. and Yang, Z.M. 2007.** Metabolic adaptation to mercury-induced oxidative stress in roots of medicago sativa. J. of Inorganic Biochem. 101:1-9.

پیوست‌ها

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات ارتفاع ساقه اصلی، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی و شاخه فرعی فرعی تحت تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و جذب برگی سرب و نیکل

منبع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع ساقه اصلی	قطر ساقه	شاخه فرعی	شاخه فرعی فرعی
بلوک	۲	۰/۷۴	۰/۰۰۶	۰/۱۹	۰/۲۹
نیکل	۲	۳/۷ **	۱/۶۲ **	۰/۴۱ *	۵/۵۷ **
سرب	۲	۲/۱۳ *	۰/۳۸ *	۰/۸۳ **	۵/۱۷ **
اسید آسکوربیک	۱	۱/۳	۰/۲۲	۰/۵ *	۱/۲۶
نیکل × سرب	۴	۳/۵۶ **	۰/۲۲	۰/۴۱ **	۶/۹۹ **
نیکل × اسید آسکوربیک	۲	۵/۰۳ **	۱/۲۹ **	۰/۰۰۲	۲/۰۱ **
سرب × اسید آسکوربیک	۲	۱/۳۹	۰/۰۵	۰/۵۶ **	۵/۹۳ **
نیکل × سرب × اسید آسکوربیک	۴	۴/۱۴ **	۰/۷۲ **	۰/۱۲	۱/۱۴ *
خطا	۳۴	۰/۴۳	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۳۶
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۷۲	۵/۹۹	۶/۶۶	۵/۲۷

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

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی و تعداد شاخه فرعی فرعی تحت تأثیر اسید آسکوربیک و جذب برگی سرب و نیکل

تیمار	ارتفاع ساقه (سانتی متر)	قطر ساقه (میلی متر)	تعداد شاخه فرعی در بوته	تعداد شاخه فرعی فرعی در بوته
سطوح نیکل (میکرومولار)				
صفر	۱۰/۲ a	۶/۰۷ a	۴/۴ b	۱۱/۰۷ b
۲۰۰	۹/۳۳ b	۵/۸۸ a	۴/۴ b	۱۲/۰۴ a
۴۰۰	۹/۹۹ a	۵/۴۸ b	۴/۶۶ a	۱۲/۰۹ b
سطوح سرب (میکرومولار)				
صفر	۱۰/۲۳ a	۵/۹۳ a	۴/۷۲ a	۱۱/۵ a
۲۰۰	۹/۷۱ b	۵/۶۵ b	۴/۳ b	۱۰/۸۲ b
۴۰۰	۹/۵۸ b	۵/۸۵ ab	۴/۴۳ b	۱۱/۸۸ a
LSD5%	۰/۴۴	۰/۲۳	۰/۲	۰/۴
اسید آسکوربیک (میلی مولار)				
صفر	۹/۶۸	۵/۷۵	۴/۳۹ b	۱۱/۵۵
۲۰	۹/۹۹	۵/۸۷	۴/۵۸ a	۱۱/۲۵
LSD5%			۰/۱۶	

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۳- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه، قطر ساقه و تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر ترکیبات تیماری اسید آسکوربیک و جذب برگ سرب و نیکل

تیمارهای آزمایشی	ارتفاع ساقه اصلی (سانتی متر)	قطر ساقه (میلی متر)	تعداد شاخه فرعی فرعی در بوته
سطح نیکل (میکرومولار)	سطح سرب (میکرومولار)	اسید آسکوربیک (میلی مولار)	
۱۰/۴۸	۵/۷۶	۱۲/۵۶	صفر
۹/۷۴	۶/۶۳	۱۰/۲۷	۲۰
۱۱/۶۶	۵/۴۵	۹/۴۴	صفر
۱۱/۳۲	۶/۰۲	۹/۴۴	۲۰
۱۲/۶۶	۵/۹۷	۹/۷۷	صفر
۱۰/۵۵	۶/۵۹	۹/۷۱	۲۰
۱۱/۴۹	۵/۹۴	۸/۸۳	صفر
۱۲/۴۴	۶/۳۱	۸/۸۳	۲۰
۱۰/۸۳	۵/۹۸	۱۰/۱۶	صفر
۱۱/۶۶	۵/۶۲	۹/۴۱	۲۰
۱۳/۴۹	۶/۳	۸/۴۴	صفر
۱۲/۳۶	۵/۱۴	۱۰/۳۳	۲۰
۱۱/۴۳	۵/۷	۸/۸۳	صفر
۱۳/۴۱	۵/۲۳	۱۲/۰۸	۲۰
۱۰/۱۶	۵/۴۴	۹/۹۱	صفر
۹/۳۳	۵/۳۸	۹/۹۱	۲۰
۱۱/۸۱	۵/۱۹	۹/۲۵	صفر
۱۰/۴۴	۵/۹۶	۱۰	۲۰
۰/۹۹۵۶	۰/۵۷۴۸	۱/۰۸۸	LSD5%

جدول پیوست ۴ - میانگین مربعات وزن خشک غلاف، برگ و ساقه و شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و جذب برگی سرب و نیکل

منبع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک غلاف	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	شاخص سطح برگ
بلوک	۲	۱۲/۷۲	۳۲/۰۱	۰/۷۲	۰/۰۲
نیکل	۲	۳۱۲/۶۶ **	۴۷۶/۶۸ **	۹۶/۵ **	۰/۰۸ **
سرب	۲	۸۰۲/۱۶ **	۱۰۴۴/۹ **	۲۲۸/۶۶ **	۰/۱۴ **
اسید آسکوربیک	۱	۳۱۷/۷۹ *	۲۹/۶۲	۶	۰/۰۰۱
نیکل × سرب	۴	۱۵۷۵/۵۸ **	۴۱۷/۹ **	۱۹۶/۰۸ **	۰/۱۳ **
نیکل × اسید آسکوربیک	۲	۵۰۴/۵۱ **	۳۵۸/۹ **	۱۵۳/۵ **	۰/۱۷ **
سرب × اسید آسکوربیک	۲	۶۵۷/۴۶ **	۵۸۳/۴۶ **	۴۲/۸۸ *	۰/۰۲ **
نیکل × سرب × اسید آسکوربیک	۴	۲۱۱/۷۶ **	۲۶۸/۴ **	۶۶/۶۳ **	۰/۱ **
خطا	۳۴	۵۰/۰۳	۷/۸	۹/۷۶	۰/۰۰۴
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۷۵	۴/۴۴	۶/۱۷	۸/۲۸

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

جدول پیوست ۵ - مقایسه میانگین وزن خشک غلاف، برگ و ساقه و شاخص سطح برگ تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگی سرب و نیکل

تیمار	وزن خشک غلاف	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	شاخص سطح برگ
(گرم در متر مربع)				
سطوح نیکل (میکرومولار)				
صفر	۹۵/۹۴ a	۶۸/۱۱ a	۵۳/۲۲ a	۰/۸۸ a
۲۰۰	۸۸/۲۷ b	۵۷/۸۳ c	۴۹/۳۸ b	۰/۷۴ c
۴۰۰	۸۹/۲۷ b	۶۲/۵ b	۴۹/۰۵ b	۰/۸۰ b
سطوح سرب (میکرومولار)				
صفر	۹۲/۴۴ a	۶۶/۰۵ b	۵۲/۴۴ a	۰/۸۱ b
۲۰۰	۸۳/۹۴ b	۵۴/۱۱ c	۴۶/۴۴ b	۰/۷۲ c
۴۰۰	۹۷/۱۱ a	۶۸/۲۷ a	۵۲/۷۷ a	۰/۸۹ a
LSD5%	۴/۷۹	۱/۸۹	۲/۱۱	۰/۰۴
اسید آسکوربیک (میلی مولار)				
صفر	۹۳/۵۹ a	۶۳/۵۵	۵۰/۸۸	۰/۸۰
۲۰	۸۸/۷۴ b	۶۲/۰۷	۵۰/۲۲	۰/۸۱
LSD5%	۳/۹۱			

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۶- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف، برگ و ساقه و شاخص سطح برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری اسید آسکوربیک و جذب برگی سرب و نیکل

تیمارهای آزمایشی	وزن خشک غلاف وزن خشک برگ وزن خشک ساقه شاخص سطح برگ				(گرم در مترمربع)	
	سطح نیکل (میکرومولار)	سطح سرب (میکرومولار)	اسید آسکوربیک (میلی مولار)			
		صفر	صفر	۸۶/۶۶	۶۵	۵۶
			۲۰	۹۳/۶۶	۷۳/۳۳	۴۷
	صفر	۲۰۰	صفر	۷۲/۳۳	۵۴/۶۶	۴۷
			۲۰	۸۷	۵۲	۴۴
		۴۰۰	صفر	۱۲۳/۶۶	۹۹	۶۶/۶۶
			۲۰	۱۱۲/۳۳	۶۴/۶۶	۵۸/۶۶
		صفر	صفر	۸۷/۶۶	۶۹	۵۳/۶۶
			۲۰	۸۷	۶۶	۵۵/۶۶
	۲۰۰	۲۰۰	صفر	۹۲	۴۱	۴۲
			۲۰	۱۰۴	۶۳/۳۳	۵۳
		۴۰۰	صفر	۸۷	۵۱/۳۳	۴۵
			۲۰	۷۲	۵۶/۳۳	۴۷
		صفر	صفر	۹۷/۳۳	۶۳/۶۶	۵۴
			۲۰	۱۰۲/۳۳	۵۹/۳۳	۴۸/۳۳
	۴۰۰	۲۰۰	صفر	۸۷	۵۳/۳۳	۴۹
			۲۰	۶۱/۳۳	۶۰/۳۳	۴۳/۶۶
		۴۰۰	صفر	۱۰۸/۶۶	۷۵	۴۴/۶۶
			۲۰	۷۹	۶۳/۳۳	۵۴/۶۶
	LSD5%			۱۱/۷۴	۴/۶۳	۵/۱۸۴
						۰/۱۰۴۹

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات اجزاء عملکرد و عملکرد غلاف تحت تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و جذب برگی سرب و نیکل

منبع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	عملکرد نهایی دانه	عملکرد غلاف سبز
بلوک	۲	۰/۲۴	۱/۵۶	۴/۷۵	۷۲۱۷/۸۳	۵۶۴۳۵۴/۶۵
نیکل	۲	۳۵/۱ **	۰/۱۴	۳۸۵/۱۵ **	۷۲۵۷۶۲/۱۶ **	۱۱۹۸۹۰/۶۲
سرب	۲	۲۴/۷۴ **	۰/۰۱	۶۴۵/۳ **	۴۹۲۶۶۹/۴۴ **	۲۴۹۸۰۸۲/۳۱ *
اسید آسکوربیک	۱	۲/۸	۰/۸۳ *	۲۱/۰۹	۲۱۶۹۷/۲۲	۹۴۲/۱۷
نیکل × سرب	۴	۳۲/۶۱ **	۰/۳	۴۰۱/۴۵ **	۹۴۴۱۷۹/۷۶ **	۱۱۸۸۹۸۶۸/۱۵ **
نیکل × اسید آسکوربیک	۲	۰/۴۵	۰/۰۲	۵۰۱/۴۸ **	۱۴۳۶۹۶/۵۳ **	۸۶۹۸۴۹۹/۵۸ **
سرب × اسید آسکوربیک	۲	۰/۹۶	۰/۲	۶۱/۵۶	۲۵۹۳۵۷/۱۵ **	۳۸۸۳۲۱۸/۵۱ **
نیکل × سرب × اسید آسکوربیک	۴	۸/۳۱ **	۰/۱۵	۳۹۷/۶۵ **	۲۹۲۸۸۵۳/۳۷ **	۲۶۰۰۶۵۰/۷ **
خطا	۳۴	۰/۸۲	۰/۱۵	۲۹/۳۹	۴۹۱۸۸۲/۶۵	۶۵۱۶۲۷/۷
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۳۵	۱۰/۱	۲/۷۸	۷/۱۲	۱۲/۴

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

جدول پیوست ۸— مقایسه میانگین اجزاء عملکرد و عملکرد غلاف تحت تأثیر اسید آسکوربیک و جذب برگ‌ی سرب و نیکل

تیمار	تعداد غلاف در بوته	متوسط تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد نهایی (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد غلاف (کیلوگرم در هکتار)
سطوح نیکل (میکرومولار)					
صفر	۱۲/۳۸a	۳/۹۲	۱۹۸/۲۲ a	۱۹۰۰/۱۰ a	۶۵۶۷/۳
۲۰۰	۹/۶۵ c	۳/۸۶	۱۹۶/۰۵ a	۱۵۰۰/۳۳ c	۶۴۱۸/۷
۴۰۰	۱۰/۵ b	۴/۰۳	۱۸۹/۳۵ b	۱۶۶۷/۰۷ b	۶۵۳۴/۴
سطوح سرب (میکرومولار)					
صفر	۹/۸۳ c	۳/۹۷	۱۹۹/۶۲ a	۱۶۱۸/۴۴ b	۶۴۹۴/۷ ab
۲۰۰	۱۰/۵۶ b	۳/۹۲	۱۸۷/۹۴ b	۱۵۷۰/۸۵ b	۶۸۸۹/۶ a
۴۰۰	۱۲/۱۳ a	۳/۹۷	۱۹۶/۰۵ a	۱۸۷۵/۲۱ a	۶۱۴۵/۰ b
LSD5%	۰/۶۱		۳/۶۷	۸۱/۴۸	۵۴۶/۸۳
اسید آسکوربیک (میلی‌مولار)					
صفر	۱۱/۰۷	۳/۸۱b	۱۹۳/۹۱	۱۶۶۹/۱۲	۶۵۰۵
۲۰	۱۰/۶۱	۴/۰۶ a	۱۹۵/۱۶	۱۷۰۹/۲۱	۶۵۱۴
LSD5%		۰/۲۲			

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

جدول پیوست ۹- مقایسه میانگین اجزاء عملکرد و عملکرد غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری اسید آسکوربیک و جذب برگ سبز و نیکل

تیمارهای آزمایشی	تعداد غلاف در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد نهایی دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد غلاف سبز (کیلوگرم در هکتار)
سطح نیکل (میکرومولار)	سطح سرب (میکرومولار)	اسید آسکوربیک (میلی مولار)		
	صفر	صفر	۱۵۹۲	۶۴۴۴/۷۵
		۲۰	۲۰۳۸	۴۲۵۳/۸۷
صفر	۲۰۰	صفر	۱۳۳۱	۸۵۵۱/۲۵
		۲۰	۱۹۸۴	۶۵۵۳/۵
	۴۰۰	صفر	۲۶۹۴	۷۰۳۴/۸۳
		۲۰	۱۷۶۲	۶۶۱۹/۳۷
	صفر	صفر	۱۵۱۴	۸۳۲۴/۲۵
		۲۰	۱۱۵۲	۸۰۶۷/۲۵
۲۰۰	۲۰۰	صفر	۱۵۹۰	۵۴۸۲/۵
		۲۰	۱۶۷۲	۶۹۶۵/۰۷
	۴۰۰	صفر	۱۱۶۰	۴۸۵۵/۱۲
		۲۰	۱۹۱۴	۴۸۱۸
	صفر	صفر	۱۷۹۱	۵۹۰۶
		۲۰	۱۶۲۳	۵۹۷۲
۴۰۰	۲۰۰	صفر	۱۴۴۲	۵۹۴۵/۷۵
		۲۰	۱۴۰۶	۶۸۳۹/۷۵
	۴۰۰	صفر	۱۹۰۸	۵۰۰۶
		۲۰	۱۸۳۱	۸۵۳۶/۸۲
LSD5%				
			۱۹۹/۶	۱۳۳۹

جدول پیوست ۱۰- میانگین مربعات کلروفیل و کاروتنوئید تحت تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و جذب برگی سرب و نیکل

منبع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	مجموع کلروفیل	کاروتنوئید
بلوک	۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱
نیکل	۲	۰/۰۱ *	۰/۰۱ *	۰/۰۱ *	۰/۰۰۰۵ *
سرب	۲	۰/۰۰۰۷	۰/۰۲ **	۰/۰۳ **	۰/۰۰۱ **
اسید آسکوربیک	۱	۰/۰۰۴	۰/۰۱ *	۰/۰۳ *	۰/۰۰۱ **
نیکل×سرب	۴	۰/۰۱ **	۰/۰۳ **	۰/۰۸ **	۰/۰۰۰۷ **
نیکل×اسید آسکوربیک	۲	۰/۰۱	۰/۰۶ **	۰/۰۸ **	۰/۰۰۰۱
سرب×اسید آسکوربیک	۲	۰/۰۲ *	۰/۰۷ **	۰/۰۷ **	۰/۰۰۰۷ **
نیکل×سرب×اسید آسکوربیک	۴	۰/۰۱ *	۰/۰۸ **	۰/۱ **	۰/۰۰۰۸ **
خطا	۳۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۷۵	۷/۶۹	۵/۲۷	۷/۹۷

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

جدول پیوست ۱۱- مقایسه میانگین اثرات اصلی کلروفیل و کاروتنوئید تحت تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و جذب برگی سرب و نیکل

تیمار	کلروفیل a	کلروفیل b	مجموع کلروفیل	کاروتنوئید
(میلی گرم در گرم وزن تر)				
سطوح نیکل (میکرومولار)				
صفر	۰/۷۶ a	۰/۶۵ a	۱/۴۱ a	۰/۱۵ a
۲۰۰	۰/۷۱ b	۰/۶۴ a	۱/۳۵ b	۰/۱۴ b
۴۰۰	۰/۷۶ a	۰/۶۰ b	۱/۳۷ b	۰/۱۴ b
سطوح سرب (میکرومولار)				
صفر	۰/۷۳	۰/۶۱ b	۱/۳۵ b	۰/۱۳ b
۲۰۰	۰/۷۵	۰/۶۸ a	۱/۴۳ a	۰/۱۵ a
۴۰۰	۰/۷۴	۰/۶۱ b	۱/۳۶ b	۰/۱۵ a
LSD5%	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۰۷
اسید آسکوربیک (میلی مولار)				
صفر	۰/۷۵	۰/۶۵ a	۱/۴ a	۰/۱۴ b
۲۰	۰/۷۳	۰/۶۲ b	۱/۳ b	۰/۱۵ a
LSD5%		۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۰۶

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۱۲- مقایسه میانگین کلروفیل و کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری اسید آسکوربیک و جذب برگی سرب و نیکل

تیمارهای آزمایشی	کلروفیل a	کلروفیل b	مجموع کلروفیل	کاروتنوئید
سطح نیکل (میکرو مولار)	سطح سرب (میکرو مولار)	اسید آسکوربیک (میلی مولار)	(میلی گرم در گرم وزن تر)	
صفر	صفر	صفر	۰/۷۳	۰/۱۶
۲۰	۲۰	۲۰	۰/۷۶	۰/۱۵
صفر	۲۰۰	صفر	۰/۸۷	۰/۱۵
۲۰	۲۰	۲۰	۰/۷۶	۰/۱۶
صفر	۴۰۰	صفر	۰/۷۸	۰/۱۳
۲۰	۲۰	۲۰	۰/۶۷	۰/۱۶
صفر	صفر	صفر	۰/۷۱	۰/۱۲
۲۰	۲۰	۲۰	۰/۷۷	۰/۱۴
صفر	۲۰۰	صفر	۰/۷۵	۰/۱۳
۲۰	۲۰	۲۰	۰/۵۵	۰/۱۶
صفر	۴۰۰	صفر	۰/۷	۰/۱۵
۲۰	۲۰	۲۰	۰/۷۷	۰/۱۵
صفر	صفر	صفر	۰/۶۹	۰/۱۱
۲۰	۲۰	۲۰	۰/۷۶	۰/۱۳
صفر	۲۰۰	صفر	۰/۷۵	۰/۱۳
۲۰	۲۰	۲۰	۰/۸۱	۰/۱۶
صفر	۴۰۰	صفر	۰/۸	۰/۱۷
۲۰	۲۰	۲۰	۰/۷۷	۰/۱۴
LSD5%				
			۰/۰۳۳۱۹	۰/۰۷۴۲۱
			۰/۱۱۷۳	۰/۰۱۶۵۹

جدول پیوست ۱۳ - میانگین مربعات سرب برگ، نیکل برگ و نیکل غلاف تحت تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک تحت شرایط جذب برگی سرب و نیکل

منبع تغییر	درجه آزادی	سرب برگ	نیکل برگ	نیکل غلاف
بلوک	۲	۰/۱	۱/۸	۰/۲۵
نیکل	۲	۲۰/۲۵ *	۳۳۶/۸۸ **	۴۱۱/۱۸ **
سرب	۲	۳۳۶۷/۲۸ **	۲/۳۵	۰/۶۸
اسید آسکوربیک	۱	۱۱۳/۵۳ **	۵/۰۴ *	۰/۴
نیکل×سرب	۴	۸۶/۹۷ **	۳/۸۵ **	۱/۱۹ **
نیکل×اسید آسکوربیک	۲	۷/۰۲	۱/۶۲	۰/۳۱
سرب×اسید آسکوربیک	۲	۲۸/۴۴ **	۴/۸۸ **	۰/۷۵
نیکل×سرب×اسید آسکوربیک	۴	۴/۰۲	۱/۹	۰/۵۷
خطا	۳۴	۴/۳۲	۰/۷۶	۰/۲۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۵۷	۱۸/۵۴	۹/۲۳

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

جدول پیوست ۱۴ - مقایسه میانگین عناصر نیکل و سرب در برگ و غلاف تحت تأثیر اسید آسکوربیک تحت شرایط جذب برگی سرب و نیکل

تیمار	سرب برگ	نیکل برگ	نیکل غلاف
(میلی گرم در کیلوگرم)			
سطوح نیکل (میکرومولار)			
صفر	۱۴/۸۷ a	۰ c	۰ c
۲۰۰	۱۳/۰۴ b	۵/۶۵ b	۷/۷۶ b
۴۰۰	۱۴/۸۸a	۸/۵ a	۸/۷ a
LSD5%	۱/۴	۰/۵۹	۰/۳۴
سطوح سرب (میکرومولار)			
صفر	۰ c	۴/۳	۵/۶
۲۰۰	۱۵/۵۳ b	۴/۹	۵/۲۶
۴۰۰	۲۷/۲۶a	۴/۹۵	۵/۶
LSD5%	۱/۴	۰/۵۹	
اسید آسکوربیک (میلی مولار)			
صفر	۱۵/۷۱a	۵/۰۲ a	۵/۴
۲۰	۱۲/۸۱b	۴/۴۱ b	۵/۵۷
LSD5%	۱/۱۵	۰/۵	

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۱۵- میانگین مربعات درصد پروتئین غلاف، عملکرد پروتئین و آب نسبی برگ تحت تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگی سرب و نیکل

منبع تغییر	درجه آزادی	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین	محتوای نسبی آب برگ
بلوک	۲	۱۳۵/۳۳	۷۲۷۴۱۵/۴۶	۸/۱۴
نیکل	۲	۵۳/۴۲ *	۱۶۵۱۲۱/۹۸	۷/۷۱
سرب	۲	۳۰/۰۱	۵۷۳۶۷/۷۹	۱۷/۱۹ **
اسید آسکوربیک	۱	۹۴/۰۱ *	۴۳۲۵۳۶/۷۵ *	۰/۴۴
نیکل×سرب	۴	۴۵/۴۸ *	۱۰۴۸۸۱/۱ **	۷۱/۳۵ **
نیکل×اسید آسکوربیک	۲	۸/۴۸	۳۱۴۵۰۶ *	۵/۶۱
سرب×اسید آسکوربیک	۲	۴۱/۷۲	۵۳۷۹۹۵/۷۷ **	۱۶/۸۴ **
نیکل×سرب×اسید آسکوربیک	۴	۳۹/۴	۶۷۱۰۸/۳۹	۱۳/۵۸ **
خطا	۳۴	۱۶/۱۱	۹۶۷۸۴/۰۹	۲/۵۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۷/۵۱	۲۰/۸۶	۲/۱۳

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

جدول پیوست ۱۶ - مقایسه میانگین درصد پروتئین غلاف، عملکرد پروتئین و محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر اسید آسکوربیک و شرایط جذب برگی سرب و نیکل

تیمار	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)
سطوح نیکل (میکرومولار)			
صفر	۲۱/۸۱ b	۱۴۵۴/۵	۷۵/۰۴
۲۰۰	۲۴/۹ a	۱۵۹۹/۶	۷۴/۵۲
۴۰۰	۲۲/۰۴ b	۱۴۱۸/۸	۷۳/۷۴
سطوح سرب (میکرومولار)			
صفر	۲۳/۶۱	۱۵۵۵/۷	۷۳/۳۴ b
۲۰۰	۲۱/۴۳	۱۴۶۵/۵	۷۴/۷۵ a
۴۰۰	۲۳/۷۱	۱۴۵۱/۷	۷۵/۲۲ a
LSD5%	۲/۷۱		۱/۰۷
اسید آسکوربیک (میلی مولار)			
صفر	۲۱/۶ b	۱۴۰۱/۴۶ b	۷۴/۳۴
۲۰	۲۴/۲۴ a	۱۵۸۰/۴۵ a	۷۴/۵۳
LSD5%	۲/۲۲	۱۷۲/۰۷	

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۱۷- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری اسید آسکوربیک و جذب برگ سرب و نیکل

تیمارهای آزمایشی	سطح نیکل (میکرومولار)	سطح سرب (میکرومولار)	اسید آسکوربیک (میلی مولار)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)
		صفر	صفر	۷۳/۰۳
			۲۰	۷۴/۹
صفر		۲۰۰	صفر	۷۶/۰۹
			۲۰	۷۸/۳۸
		۴۰۰	صفر	۷۴/۶۷
			۲۰	۷۳/۲۱
		صفر	صفر	۷۲/۳۱
			۲۰	۶۷/۵۳
۲۰۰		۲۰۰	صفر	۷۵/۲۶
			۲۰	۷۶/۴۱
		۴۰۰	صفر	۷۷/۶۵
			۲۰	۷۷/۹۷
		صفر	صفر	۷۴/۸
			۲۰	۷۷/۴۸
۴۰۰		۲۰۰	صفر	۶۹/۵۵
			۲۰	۷۲/۸۱
		۴۰۰	صفر	۷۵/۷۵
			۲۰	۷۲/۰۷
LSD5%				۲/۶۳

Effect of ascorbic acid foliar application on the physiological and morphologic traits of green beans subjected to Lead and Nickel foliar absorption

Abstract

The toxic elements such as lead and nickel increased by industrial and environmental pollution that it made risk for human. One of the best ways to deal with injuries toxic metals in plants is the use of antioxidant material. For this purpose, a field experiment was carried out in Shahrood University to evaluate the effects of heavy metals in acid rain and ascorbic acid foliar application on some physiological and morphological characteristics of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Treatments were three levels of nickel (0, 200 and 400 mM) as the first factor, three levels of lead (0, 200 and 400 mM) as the second factor and two levels of ascorbic acid foliar application (0 and 20 mM) as the third factor. These treatments arranged in factorial experiment based on randomized complete block design with three replications. Heavy metals and ascorbic acid foliar application were, 54 and 61 days after planting respectively. Sampling was performed 1 week after ascorbic acid foliar application. The results showed that nickel decreased stem height, stem diameter, dry weight of leaves, stems and pods, leaf area index, total chlorophyll, carotenoids and increased pods protein. Lead caused to increase in leaf area, leaf relative water content, total chlorophyll, carotenoids. High lead concentration (400 mM) reduced the pod yield. Ascorbic acid foliar application decreased the absorption of nickel and lead in plant leaves. The most amount of protein (25.5 %) and the highest pod yield (8195.75 kg/ha) and lowest LAI and leaf water content was observed in the treatment of 200 mM Ni $\times$ 0 mM Pb. Generally, 20 mM concentration of ascorbic acid couldn't improve injury of lead and nickel while lead concentration of 200 mM improved the physiological parameters in green beans.

Key words: Ascorbic acid, Lead, Nickel and *Phaseolus vulgaris* L.



Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Department of Agronomy

M. Sc. Thesis

**Effect of ascorbic acid foliar application on the physiological and morphologic
traits of green beans subjected to Lead and Nickel foliar absorption**

Zahra Mohammadkhani

Supervisor

M. Baradaran Firouzabadi

Advisors

H. Ghorbani

M. Parseiyan