بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين الرحمن الرحيم مالك يوم الدين
اهدنا الصراط المستقيم صراط الذين
انعمت عليهم غير المغضوب عليهم
ولا الضالين

دانشکده کشاورزی
گروه زراعت

عنوان پایان نامه ارشد

تاثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک سویا تحت تنش کادمیوم

دانشجو
مریم اکبری

اساتید راهنما
دکتر مهدی برادران فیروز آبادی
دکتر حمیدرضا اصغری

اساتید مشاور
دکتر هادی قربانی
دکتر ناصر فرخی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
فروردین ۱۳۹۰

الهی.....

مرا مدد کن تا دانش اندک من

نه نردبانی باشد برای فزونی تکبر و غرور

نه حلقه ای برای اسارت

و نه دست مایه ای برای تجارت

بلکه گامی باشد برای تجلیل از تو و مسئلی ساختن خود و دیگران

آمین

تقدیم به همراهان صبور تمام لحظات زندگی ام

تکیه گاه استوار پدرم

اسطوره عشق و ایثار مادرم

همراه صبور همسرم

یاران با محبت خواهر و برادرم

در برابر وجود گرامی شان زانوی ادب بر زمین می نهم و با قلبی مملو از عشق و محبت بر دستان پر مهرشان بوسه می زنم

تشکر و قدردانی

سپاس و ستایش خدای را سزاست که آدمیان را اندیشیدن و تفکر آموخت تا به سرانگشت معرفت، اسرار هستی را یک به یک پرده بردارند خداوندی که هر پرسشی را به پاسخی ختم نمود و ذهن پویای بشر را مشتاق یافتن این پاسخ ها قرار داد. پروردگاری که در سایه رحمت بی پایانش توانستم گامی دیگر بردارم و وجود خویش را به زینت علم بیارایم. باشد که به خود آیم، شاکر باشم، اندیشه ای کنم و طریقی گزینم.

اکنون که خداوند متعال بر بنده حقیر خود منت نهاده و از سر لطف و کرم مرا لایق فراگیری علم قرار داده، چنانچه این مختصر تلاشم شایسته ارزشی باشد، شایسته تر آن است که زحمات استاد بزرگوارم **آقای دکتر مهدی برادران فیروز آبادی** را ارج نهم که در سایه راهنمایی های عالمانه ایشان، سعی و تلاش بی حد و حصرشان، دلسوزی های صبورانه و همکاری های بی دریغشان، این بار گران به منزل رسید.

بر خود لازم میدانم از زحمات استاد فرزانه ام **آقای دکتر حمیدرضا اصغری** که همواره الگوی من در متانت بوده اند، تشکر کنم. صمیمانه ترین مراتب قدردانی خود را از اساتید مشاور **آقای دکتر هادی قربانی** و **آقای دکتر ناصر فرخی** که شاگردی در محضرشان برایم کمال امتنان است، ابراز می دارم. از محضر اساتید محترم داور **آقای دکتر احمد غلامی** و **آقای دکتر حسن مکاریان** و نیز از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی **دکتر شاهین شاهسونی** و نیز سایر اساتید بزرگوار گروه زراعت تشکر می کنم.

از دوستان و هم کلاسی های بسیار خوبم خانم ها قاضوی، کاظمی، احمدی، حسنی، شاه حسینی، نقی پور، دلفانی و قاضی زاده و آقایان شاه حسینی و شمس آبادی که جای جای این پایان نامه نشانی از حضور پاک و صمیمی آنهاست قدردانی می کنم. از آقای مهندس مهدی بیاری و نیز کارکنان بخش مزرعه آقایان حسین پور، محمدی و شفقی سپاسگزارم. از پدر، مادر، خواهر و برادرم که با فراهم آوردن محیطی آرام و صمیمی یاریمودن این راه را برایم آسان کردند، متشکرم.

مریم اکبری

فروردین ۹۵

چکیده

آلودگی خاک با عناصر فلزی سنگین از جمله کادمیوم یکی از موانع موجود بر سر راه تولید محصول مطلوب در کشاورزی است. تحرک بالای این فلز در سیستم خاک-گیاه ورود آن را به زنجیره های غذایی آسان تر می کند. از جمله مکانیسم های دفاعی گیاهان برای مقابله با صدمات ناشی از کادمیوم می توان به تولید مولکول های سیگنالی تنش نظیر اسید سالیسیلیک اشاره کرد. به منظور بررسی اثر این ماده بر تنش کادمیوم آزمایشی در دو بخش مزرعه ای و گلدانی در دانشکده کشاورزی شاهرود اجرا شد. در بخش مزرعه ای تیمارها شامل سه رقم سویا (سحر، گرگان ۳ و DPX)، سه غلظت اسید سالسیلیک (صفر، ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار) و دو سطح دفعات محلول پاشی (۱ بار و ۲ بار محلول پاشی) و در بخش گلدانی تیمارها شامل سه غلظت کادمیوم (صفر، ۱۰ و ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک)، سه غلظت اسید سالیسیلیک (صفر، ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار) و دو سطح دفعات محلول پاشی (۱ بار و ۲ بار محلول پاشی) بودند که با سه تکرار در قالب آزمایش اسپلیت پلات – فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی اجرا گردیدند . در بخش مزرعه ای، محلول پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش جزئی در عملکرد و تعداد غلاف در بوته ارقام DPX و گرگان ۳ و کاهش درصد پروتئین در هر سه رقم گردید. افزایش غلظت اسید سالیسیلیک موجب کاهش ارتفاع بوته و طول شاخه های فرعی شد. در ابتدای فصل رشد میزان کلروفیل در بوته های محلول پاشی شده اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴ میلی مولار بیشتر بود در حالی که بوته های محلول پاشی شده با غلظت ۰/۸ میلی مولار در انتهای فصل رشد دارای دوام سطح برگ بیشتری بودند تکرار محلول پاشی نیز در تمام فصل رشد تاثیر منفی بر میزان کلروفیل برگ داشت . در بخش گلدانی، محلول پاشی اسید سالیسیلیک باعث کاهش وزن خشک ریشه، درصد پروتئین، عملکرد دانه، مقدار نسبی آب برگ و افزایش ارتفاع بوته شد. همچنین وجود تیمارهای کادمیوم در محیط رشد گیاه سبب افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه فرعی، عملکرد دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن و پروتئین دانه و نیز کاهش وزن خشک ریشه، ارتفاع بوته و طول شاخه فرعی گردید. تکرار محلول پاشی بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و عملکرد پروتئین دانه تاثیر منفی داشت محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴ میلی مولار سبب کاهش انباشت کادمیوم در برگ به میزان ۳۳/۲ درصد گردید.

کلمات کلیدی: سویا، اسید سالیسیلیک، کادمیوم، صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- تاثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر کلروفیل و برخی صفات مورفولوژیک سویا-یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران-تهران- دانشگاه شهید بهشتی، ۲ الی ۴ مرداد ۱۳۸۹

فهرست مطلب ها

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	۱
فصل دوم: بررسی منابع	۵
۲-۱- سویا	۶
۲-۱-۱- گیاه شناسی	۶
۲-۱-۲- مراحل رشد و نمو	۷
۲-۱-۳- نیاز غذایی	۹
۲-۱-۴- سازگاری	۱۰
۲-۱-۵- ارزش غذایی دانه	۱۱
۲-۲- عناصر سنگین	۱۳
۲-۲-۱- تنش عناصر سنگین	۱۳
۲-۲-۲- کادمیوم	۱۵
۲-۲-۲-۱- اثرات کادمیوم بر بدن انسان	۱۵
۲-۲-۲-۲- منابع تولید کادمیوم	۱۶
۲-۲-۲-۳- جذب و انتقال کادمیوم در گیاه	۱۷
۲-۲-۲-۴- تنش کادمیوم	۱۸
۲-۳- تنظیم کننده ها	۲۰
۲-۳-۱- اسید سالیسیلیک	۲۲
۲-۳-۱-۱- تاثیر اسید سالیسیلیک روی تنش های زنده و غیر زنده	۲۴
۲-۳-۱-۲- تاثیر اسید سالیسیلیک روی تنش عناصر سنگین	۲۸
۲-۳-۱-۳- تاثیر اسید سالیسیلیک روی تنش کادمیوم	۲۸
فصل سوم: مواد و روش ها	۳۱
۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش	۳۲
۳-۲- خصوصیات خاک محل آزمایش	۳۲
۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی	۳۴
۳-۴- عملیات اجرایی	۳۵
۳-۴-۱- آماده سازی زمین در بخش مزرعه ای	۳۵
۳-۴-۲- آماده سازی گلدان ها برای کاشت در بخش گلدانی	۳۶
۳-۴-۳- کاشت	۳۷
۳-۴-۴- داشت	۳۷
۳-۴-۵- اعمال تیمارها	۳۷
۳-۴-۶- برداشت	۳۸
۳-۵- صفات زراعی و مورفولوژیک در بخش مزرعه ای	۳۸
۳-۵-۱- ارتفاع بوته	۳۸
۳-۵-۲- تعداد شاخه فرعی	۳۹

۳-۵-۳- عملکرد و اجزای عملکرد ۴۰
۳-۶- صفات فیزیولوژیک در بخش مزرعه ای ۴۰
۳-۶-۱- کلروفیل ۴۰
۳-۶-۲- سنجش میزان و عملکرد روغن بذر ۴۰
۳-۶-۳- سنجش میزان و عملکرد پروتئین بذر ۴۰
۳-۷- صفات زراعی و مورفولوژیک در بخش گلدانی ۴۲
۳-۷-۱- ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی ۴۲
۳-۷-۲- میانگین طول ساقه های فرعی در بوته ۴۲
۳-۷-۳- عملکرد و اجزای عملکرد ۴۳
۳-۷-۴- وزن خشک ریشه ۴۳
۳-۸- صفات فیزیولوژیک در بخش گلدانی ۴۳
۳-۸-۱- کلروفیل ۴۳
۳-۸-۲- سنجش میزان و عملکرد روغن و پروتئین بذر ۴۳
۳-۸-۳- سنجش میزان کادمیوم موجود در برگ ۴۴
۳-۸-۴- مقدار نسبی آب برگ ۴۵
۳-۹- تجزیه و تحلیل داده ها ۴۵

فصل چهارم: نتایج و بحث ۴۶
۴-۱- صفات مورفولوژیک سویا در بخش مزرعه ای ۴۷
۴-۱-۱- ارتفاع بوته ۴۷
۴-۱-۲- تعداد شاخه فرعی ۴۸
۴-۱-۳- اجزای عملکرد ۴۹
۴-۱-۴- عملکرد ۵۲
۴-۲- صفات فیزیولوژیک سویا در بخش مزرعه ای ۵۳
۴-۲-۱- کلروفیل ۵۳
۴-۲-۲- درصد و عملکرد روغن دانه ۵۸
۴-۲-۳- درصد و عملکرد پروتئین دانه ۵۸
۴-۳- صفات مورفولوژیک سویا در بخش گلدانی ۶۱
۴-۳-۱- ارتفاع بوته ۶۱
۴-۳-۲- تعداد شاخه فرعی ۶۴
۴-۳-۳- میانگین طول شاخه های فرعی ۶۶
۴-۳-۴- وزن خشک ریشه ۶۷
۴-۳-۵- اجزای عملکرد ۶۸
۴-۳-۶- عملکرد ۷۰
۴-۴- صفات فیزیولوژیک سویا در بخش گلدانی ۷۳
۴-۴-۱- کلروفیل ۷۳
۴-۴-۲- درصد و عملکرد روغن دانه ۷۶
۴-۴-۳- درصد و عملکرد پروتئین دانه ۸۰
۴-۴-۴- مقدار نسبی آب برگ ۸۳

۴-۴-۵- میزان کادمیوم موجود در برگ ۸۶
۴-۵- نتیجه گیری ۸۹
۴-۶- پیشنهاد ها ۸۹
منابع ۹۰
پیوست ۹۸

فهرست شکل ها

شکل **صفحه**

۲-۱- مراحل رشد و نمو سویا بر اساس تقسیم بندی فهر و کاونیس (۱۹۷۷) ۹

۲-۲- مسیر بیوسنتز اسید سالیسیلیک (حیات و همکاران، ۲۰۱۰) ۲۳

۲-۳- ساختار مولکولی اسید سالیسیلیک (حیات و همکاران، ۲۰۱۰) ۲۴

۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده در بخش مزرعه ای ۳۴

۴-۱- مقایسه ارتفاع بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام و غلظت های اسید سالیسیلیک ۴۸

۴-۲- مقایسه تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام و غلظت های اسید سالیسیلیک ۴۹

۴-۳- مقایسه تعداد غلاف در بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام سویا و غلظت های اسید سالیسیلیک ۵۰

۴-۴- مقایسه میانگین عملکرد تحت تاثیر ترکیبات حاصل از ارقام و غلظت های اسید سالیسیلیک ۵۳

۴-۵- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر ارقام سویای مورد مطالعه ۵۷

۴-۶- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک ۵۷

۴-۷- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک ۵۷

۴-۸- مقایسه درصد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام و غلظت های اسید سالیسیلیک ۶۰

۴-۹- مقایسه درصد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک ۶۰

۴-۱۰- مقایسه عملکرد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام و غلظ ت های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط مزرعه ای ۶۱

۴-۱۱- مقایسه ارتفاع بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های اسید سالیسیلک و دفعات محلول پاشی ۶۳

۴-۱۲- مقایسه تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلک ۶۵

۴-۱۳- مقایسه تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف اسید سالیسیلک و دفعات محلول پاشی ۶۵

۴-۱۴- مقایسه میانگین طول شاخه فرعی در بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف اسید سالیسیلک و دفعات محلول پاشی ۶۶

۴-۱۵- مقایسه وزن خشک ریشه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک ۶۸

۴-۱۶- مقایسه تعداد غلاف در بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و دفعات محلول پاشی ۶۹

۴-۱۷- مقایسه عملکرد تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی ۷۲

۴-۱۸- مقایسه عملکرد تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و اسید ۷۲

سالیسیلیک در شرایط گلدانی
۴-۱۹- مقایسه عملکرد تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و دفعات محلول پاشی ۷۳
۴-۲۰– مقایسه مقدار کلروفیل برگ در ۱۰۷ روز پس از کاشت تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در شرایط گلدانی ۷۴
۴-۲۱ - روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر غلظت های مختلف کادمیوم در بخش گلدانی ۷۵
۴-۲۲- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی ۷۵
۴-۲۳- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی ۷۵
۴-۲۴- مقایسه درصد روغن دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی ۷۷
۴-۲۵- مقایسه درصد روغن دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی ۷۷
۴-۲۶- مقایسه عملکرد روغن دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غ لظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در شرایط گلدانی ۷۹
۴-۲۷- مقایسه عملکرد روغن دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی ۷۹
۴-۲۸- مقایسه عملکرد روغن دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی ۸۰
۴-۲۹- مقایسه درصد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی ۸۱
۴-۳۰- مقایسه عملکرد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی ۸۲
۴-۳۱- مقایسه عملکرد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی ۸۲
۴-۳۲- مقایسه عملکرد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی در بخش گلدانی ۸۳
۴-۳۳- مقایسه مقدار نسبی آب برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی در بخش گلدانی ۸۵

فهرست جدول ها

جدول	صفحه
۲-۱- مراحل رشد و نمو سویا بر اساس تقسیم بندی فهر و کاونیس (۱۹۷۷)	۸
۲-۲- درصد اسید های چرب اشباع و غیر اشباع موجود در روغن سویا	۱۳
۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش	۳۴
۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش در بخش مزرعه ای	۳۶
۳-۳ - ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش در بخش گلدانی	۳۷
۴-۱- مقایسه میانگین ارتفاع و تعداد شاخه فرعی بوته تحت تاثیر تیمار های مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در بخش مزرعه ای	۴۷
۴-۲ - مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در شرایط مزرعه ای	۵۲
۴-۳- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام سویا و غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک همچنین دفعات محلول پاشی و غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک در اندازه گیری های مختلف	۵۶
۴-۴- مقایسه میانگین درصد روغن و پروتئین بذر تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در شرایط مزرعه ای	۵۹
۴-۵- مقایسه میانگین ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، طول شاخه فرعی و وزن خشک ریشه تحت تاثیر غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در شرایط گلدانی	۶۳
۴-۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تاثیر غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی	۷۰
۴-۷- مقایسه میانگین مقدار نسبی آب برگ تحت تاثیر غلظت های مختلف کادمیوم، غلظت و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در شرایط گلدانی	۸۵
۴-۸- مقایسه میانگین مقدار کادمیوم جذب شده در برگ تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و کادمیوم در شرایط گلدانی	۸۷
۴-۹- مقایسه میانگین مقدار کادمیوم جذب شده در برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری سه جانبه حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم، اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی	۸۸

فهرست جدول های پیوست

پیوست ۱- میانگین مربعات ارتفاع و تعداد شاخه فرعی بوته تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در بخش مزرعه ای ۹۹

پیوست ۲- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در بخش مزرعه ای ۹۹

پیوست ۳- میانگین مربعات کلروفیل برگ تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در نمونه برداری های مختلف در بخش مزرعه ای ۱۰۰

پیوست ۴- مقایسه میانگین کلروفیل برگ تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در نمونه برداری های مختلف در بخش مزرعه ای ۱۰۱

ادامه پیوست ۴- مقایسه میانگین کلروفیل برگ تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در نمونه برداری های مختلف در بخش مزرعه ای ۱۰۱

پیوست ۵- میانگین مربعات درصد روغن و پروتئین دانه تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در بخش مزرعه ای ۱۰۲

پیوست ۶- میانگین مربعات برخی صفات مورفولوژیک تحت تاثیر غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی ۱۰۲

پیوست ۷- مقایسه میانگین های مربوط به ارتفاع بوته و طول شاخه فرعی تحت تاثیر ترکیبات تیماری سه جانبه حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم، اسید سالیسیلیک و دفع ات محلول پاشی در بخش گلدانی ۱۰۳

پیوست ۸- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر تیمارهای مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی ۱۰۴

پیوست ۹- میانگین مربعات کلروفیل برگ تحت تاثیر تیمارهای مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف در شرایط گلدانی ۱۰۴

پیوست ۱۰– مقایسه میانگین کلروفیل برگ (واحد اسپد) تحت تاثیر تیمارهای مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف در شرایط گلدانی ۱۰۵

پیوست ۱۱- میانگین مربعات درصد روغن و پروتئین دانه تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و کادمیوم در بخش گلدانی ۱۰۵

پیوست ۱۲- مقایسه میانگین درصد روغن و پروتئین دانه تحت تاثیر تیمارهای مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی ۱۰۶

پیوست ۱۳- مقایسه میانگین های مربوط به درصد روغن دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری سه جانبه حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم، اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی ۱۰۷

پیوست ۱۴- میانگین مربعات مقدار نسبی آب برگ تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و کادمیوم در بخش گلدانی ۱۰۸

پیوست ۱۵- میانگین مربعات مقدار کادمیوم جذب شده در برگ تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و کادمیوم در بخش گلدانی ۱۰۹

فصل اول

مقدمه

روند افزایش سالیانه جمعیت در جهان موجب شده است که افزایش تولید غذا به یکی از دغدغه های انسان تبدیل گردد. بیش از دو سوم جمعیت دنیا در کشورهای در حال توسعه زندگی می کنند و بیش از ۲۰٪ کشورهای توسعه نیافته در فقر و قحطی به سر می برند که متجاوز از ۵۰٪ آنها فقر غذایی دارند (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). علم کشاورزی به ویژه دانش زراعت عهده دار تولید محصولات بیشتر و با کیفیت بهتر است طوری که بتواند جوابگوی افزایش جمعیت باشد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

رشد گیاه یکی از پیچیده ترین و حساس ترین پدیده های حیاتی نسبت به پارامتر های محیطی می باشد که بازتاب پاسخ گیاه نسبت به متغیر های محیطی است. کاهش رشد تحت شرایط نامناسب محیطی به قطع ارتباط بین فرآیندهای گیاه نسبت داده می شود. لذا رشد گیاه نیاز به ارتباطمناسب بین فرآیند های متابولیسمی بخش های مختلف دارد (برودان و اگلی، ۲۰۰۳). واژه تنش به معنای از بین رفتن شرایط طبیعی در سطوح مختلف از جمله محیط، گیاه، سلول و حتی اجزای سلولی است (بلوم، ۱۹۸۱). رطوبت، دما، تشعشع، مواد غذایی و گازها بسته به مقدارشان در محیط می توانند رشد و نمو گیاهان را افزایش یا کاهش دهند. مقدار یا غلظت نامناسب این عوامل باعث ایجاد تنش در گیاه می شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷). عوامل تنش زا اغلب با تغییر در فرآیند های فیزیولوژیک گیاه باعث ایجاد صدمه و کاهش عملکرد می شوند. تاثیر هر عامل تنش زا بر فرآیند های فیزیولوژیک در یک گونه گیاهی همواره ثابت نیست بلکه یک گیاه ممکن است در مراحل مختلف رشد نسبت به یک عامل حساسیت های متفاوتی نشان دهد (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). شرایط تنش می تواند به صورت دائم یا موقت حادث شود و لزوما مرگ آنی گیاه را در پی ندارد. به طوری که اگر تنش پس از مدت کوتاهی حذف شود، گیاه به حالت طبیعی باز می گردد و چنانچه تنش فراتر از محدوده تحمل گیاه باشد، آسیب و یا حتی مرگ گیاه را در پی خواهد داشت(کوچکی و همکاران،۱۳۷۶). تنش های محیطی در مجموع به دو دسته شامل تنش های زنده و تنش های غیرزنده تقسیم می شوند از جمله تنش های زنده می توان به تنش ناشی از آفات و بیماری ها اشاره کرد و از تنش های غیرزنده می

توان تنش های کم آبی، شوری، گرما، سرما، عناصر سنگین و غیره را نام برد که به صورت طبیعی موجب کاهش عملکرد گیاهان می شوند (حیات و همکاران، ۲۰۱۰).

عناصر فلزی سنگین نظیر نیکل، سرب، کادمیوم، سلنیوم و غیره که در سطح کلوئیدهای خاک ذخیره می شوند، بسیار خطرناک هستند و با ورود به چرخه غذایی زیان های جبران ناپذیری را به جای می گذارند. مقاومت و پایداری عناصر سنگین در خاک نسبت به سایر آلاینده ها بسیار طولانی می باشد و آلودگی خاک توسط عناصر سنگین تقریبا دائمی است. اثرات زیان بار این عناصر بر موجودات زنده به اثبات رسیده است. برخی از این اثرات شامل اختلال فعالیت های بیولوژیک خاک، اثرات سمی بر گیاهان، جانوران و انسان ها در اثر ورود مواد به زنجیره غذایی است (جعفری، ۱۳۸۲). آلومینیوم که از جمله این عناصر می باشد در تقسیم سلولی نوک ریشه و ریشه های جانبی، تنفس ریشه و جذب، انتقال و استفاده از چندین عنصر غذایی ضروری مانند آهن، پتاسیم، فسفر و کلسیم اختلال ایجاد می کند و همچنین موجب لوله شدن برگ های جوان، زردی و مرگ برگ ها می گردد مهمترین نشانه سمیت آلومینیوم جلوگیری از رشد ریشه می باشد (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). بالا بودن غلظت مس در گیاه موجب جلوگیری کامل از رشد گیاه می گردد (کوپیتکی و همکاران، ۲۰۰۷). غلظت های بالای مس قادر به تاثیر روی واکنش های فتوسیستم II، کاهش واکنش های فتوسنتزی و در نهایت کاهش عملکرد گیاه هستند (اورکات و نیلسون، ۲۰۰۰). جیوه میل ترکیبی زیادی با گروه های سولفیدریل دارد و بنابراین بر بسیاری از پروتئین ها و سیستم های آنزیمی در گیاه تاثیر گذار است (اورکات و نیلسون، ۲۰۰۰). سرب نیز اثرات منفی متعددی بر گیاهان دارد . از جمله می توان به کاهش مقدار کلروفیل، کاروتنوئید ها و پروتئین ها اشاره کرد. کادمیوم قادر است از رشد ریشه و اندام هوایی جلوگیری کند و بر جذب و همگن سازی عناصر تاثیر گذار باشد (یاندی و همکاران، ۲۰۰۷). کادمیوم می تواند موجب اختلالات واضح در مورفولوژی و فیزیولوژی گیاه نظیر پیچیدگی برگ ها، کاهش رشد اندام هوایی و ریشه و قهوه ای شدن نوک برگ ها (عبدالباسط و همکاران،۱۹۹۵) گردد.

گزارش ها حاکی از آن است که متاسفانه برخی از خاک های زراعی در کشور ما نیز آلوده به عناصر سنگین هستند. لذا به دلیل اهمیت افزایش تولید در گیاهان زراعی و نیز تامین غذای سالم، مطالعه تاثیر این عناصر بر ویژگی های فیزیولوژیک، مرفولوژیک و نیز تولید گیاهان ضروری است.

گیاه سویا که امروزه به عنوان یک منبع غذایی روغنی و پروتئینی پر اهمیت مطرح است، به سمیت کادمیوم حساس بوده و رشد و نمو آن توسط این عنصر تحت تأثیر قرار می گیرد (درازیک و میهالووچ، ۲۰۰۵). با توجه به مصرف کودهای فسفره در مناطق عمده کشت سویا در شمال کشور و نیز گاها مصرف بی رویه این کود، همچنین پایین بودن pH خاک، احتمال آلودگی خاک های این مناطق به عناصر سنگین به ویژه کادمیوم را افزایش می دهد. لذا یافتن راهکاری به منظور کاهش میزان تنش وارده به گیاه یا افزایش تحمل گیاه به تنش فلزات سنگین ضروری به نظر می رسد. با توجه به نقش اسید سالیسیلیک درون زاد در کنترل تنش ها (حیات و همکاران، ۲۰۱۰)، احتمال می رود که کاربرد خارجی آن نیز بتواند به عنوان یکی از روش های کاهش دهنده اثرات تنش روی گیاهان مفید باشد. لذا در این مطالعه به بررسی نقش احتمالی محلول‌پاشی برگی با اسید سالیسیلیک در کاهش اثرات مخرب کادمیوم در گیاه سویا پرداخته شد. در قالب این پژوهش اهداف زیر مطرح و دنبال گردید:

۱- کاشت کدام رقم سویا از ارقام متداول در منطقه استان گلستان می تواند در شاهرود موفقیت آمیز باشد.
۲- بررسی عکس العمل ارقام مختلف سویا به محلول پاشی با اسید سالیسیلیک درغلظت ها و دفعات متفاوت.
۳- بررسی تاثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلک بر خصوصیات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد سویا.
۴- بررسی تاثیر تنش کادمیوم بر پارامترهای فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد سویا.
۵- مقایسه میزان تاثیر گذاری محلول پاشی با غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک در یک مرحله و دو مرحله در ایجاد تحمل به تنش کادمیوم در سویا.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- سویا

۲-۱-۱- گیاه شناسی

سویا با نام علمی *Glycine max* که در ایران آن را با نام سوژا نیز می شناسند، از دانه های روغنی است که حداقل از حدود ۲۸۰۰ سال پیش از میلاد مسیح در چین کشت می شده و از گیاهان مقدس به شمار می رفته است. سویا در دهه دوم قرن اخیر به ایران آورده شد ولی بررسی های انجام شده روی آن موفقیت آمیز نبود. در سال ۱۳۴۱ گروه صنعتی بهشهر مقداری بذر سویا وارد کرد و به توسعه کشت آن در شمال کشور پرداخت (خواجه پور، ۱۳۸۵).

سویا گیاهی است دیپلوئید (۲n=۴۰)، یکساله و از تیره باقلا (*Fabaceae*) که به صورت بوته ای استوار و نسبتا پر شاخ و برگ رشد می کند. این گیاه روز کوتاه است و بیش از هر محصول زراعی دیگر نسبت به طول روز حساسیت نشان می دهد. مقدار رشد رویشی و طول دوره رشد به رقم، طول روز، دمای محیط و تاریخ کاشت بستگی دارد ولی بسیاری از ارقام مورد کاشت در ایران سیکل زندگی خود را طی ۹۰ تا ۱۴۵ روز به اتمام می رسانند (خواجه پور، ۱۳۸۵).

گل های سویا در زاویه اتصال برگ ها به ساقه تشکیل شده و هر گل سبب تشکیل صفر تا۳ بذر و به ندرت ۴ تا ۵ بذر می شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷). طول دوره گلدهی ۳ تا ۴ هفته ادامه یافته و معمولا ۲۵ تا ۵۰ درصد گل های تشکیل شده تولید نیام می کنند (مجتهدی و لشگری، ۱۳۶۰). رنگ گل ها سفید، بنفش یا ارغوانی است. گل ها خوشه ای بوه و معمولا در هر خوشه۸ الی ۱۶ گل ظاهر می شوند. ارقامی که برای تولید روغن کشت می شوند دارای بذر هایی به رنگ زرد و آنهایی که برای مصارف مستقیم (آجیلی) کشت می شوند بذرهایی به رنگ زرد کاهی یا سبز زیتونی دارند و نوع علوفه ای آن دارای بذر های قهوه ای یا سیاه هستند (مجتهدی و لشگری، ۱۳۶۰). برگ های اولیه سویا با کرک های کوچک پوشیده شده اند (لطیفی، ۱۳۷۲). ارقام علوفه ای ساقه های ظریف دارند و شاخ و برگ آنها در مقایسه با ارقام روغنی بیشتر است (کریمی، ۱۳۶۸).

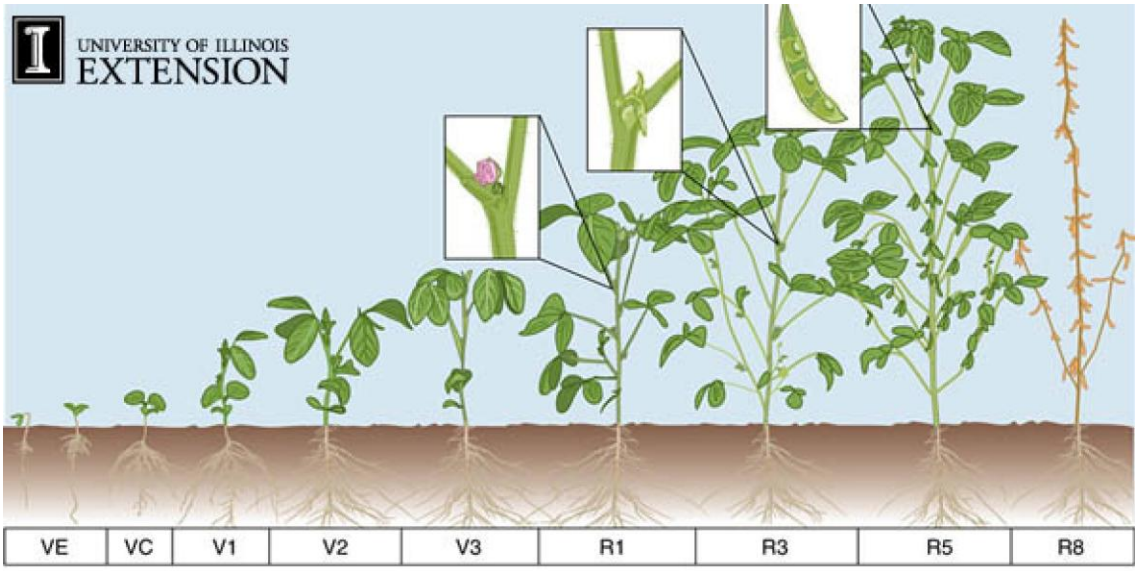
حداکثر محصول سویا تا حدود زیادی بستگی به وجود سیستم ریشه ای گسترده همراه با گره-های تثبیت کننده نیتروژن دارد. گسترش حجم ریشه در صورت وجود آب و عناصر غذایی کافی در خاک و تهیه بستر مناسب امکان پذیر است (لطیفی، ۱۳۷۲). گیاه سویا دارای یک ریشه اصلی است که ریشه های افقی حدود ۴۰ تا ۵۰ سانتی متر موازی سطح خاک رشد می نمایند و سپس تا عمق ۱۵۰ سانتی متر در خاک نفوذ می کنند. رشد ریشه تا زمان تشکیل دانه ادامه می یابد و قبل از ورود دانه به مرحله بلوغ فیزیولوژیک متوقف می گردد (لطیفی، ۱۳۷۲).

۲-۱-۲- مراحل رشد و نمو

فهر و همکاران (۱۹۷۲) و فهر و کاونیس (۱۹۷۷) مراحل رشد ونمو سویا را به دو صورت تقسیم بندی نمودند. در حال حاضر تقسیم بندی سال ۱۹۷۷ بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد(جدول ۲-۱ و شکل ۲-۱). در این طبقه بندی ها مراحل رشد و نمو سویا به دو دوره رویشی و زایشی تقسیمو هر یک از این دوره ها نیز تقسیم بندی خاص خود را دارند. تعیین مراحل رشد رویشی و زایشی نیازمند تشخیص گره ها می باشد. گره قسمتی از ساقه است که برگ ها روی آن رشد می کنند و پس از ریزش برگ ها، گره ها به صورت یک زائده کوچک مشخص می شوند (فهر و کاونیس، ۱۹۷۷). رشد رویشی از ابتدای جوانه زدن تا ظهور گل ها روی ساقه ادامه دارد. رشد زایشی از ابتدای ظهور گل ها شروع و تا رسیدن دانه ها ادامه خواهد داشت. اجزای عمده عملکرد در سویا شامل تعداد نیام، تعداد دانه در نیام و وزن هزاردانه می باشد لذا میزان عملکرد سویا بستگی به تعداد و اندازه دانه دارد تعداد دانه در هر گیاه نیز به تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در هر نیام بستگی دارد (یزدی صمدی و عبد میشانی، ۱۳۷۳).

جدول ۲-۱- مراحل رشد و نمو سویا بر اساس تقسیم بندی فهر و کاونیس (۱۹۷۷)

مراحل رشد	عنوان مرحله	توصیف
رویشی (V)		
V_e	سبز شدن	لپه ها در سطح خاک ظاهر می شوند.
V_c	لپه ای	برگ ساده گره به اندازه کافی باز شده است.
V_1	اولین گره	برگ های ساده گره به اندازه کافی باز شده اند، زیرا لبه های برگ به هم متصل نیستند.
V_2	دومین گره	برگ های سه برگچه ای در بالای گره برگ های ساده به اندازه کافی توسعه یافته اند.
V_3	سومین گره	سه گر ه در ساقه اصلی با برگ های کاملا توسعه یافته وجود دارد، شمارش از گره برگ های ساده آغاز می شود.
V_n	گره n ام	تعداد n گره با برگ های توسعه یافته روی ساقه اصلی وجود دارد . n می تواند هر شماره ای را شامل گردد در صورتی که از مرحله اولین گره شمارش شده باشد.
زایشی (R)		
R_1	شروع گلدهی	حداقل یک گل باز شده در یکی از گره های ساقه اصلی دیده می شود.
R_2	پایان گلدهی	گل باز شده در یکی از دو گره انتهایی ساقه اصلی با برگ توسعه یافته کامل دیده می شود.
R_3	شروع نیام دهی	نیامی با طول ۵ میلی متر در یکی از ۴ گره انتهایی ساقه اصلی دارای برگ توسعه یافته دیده می شود.
R_4	پایان نیام دهی	نیامی در یکی از ۴ گره انتهایی ساقه اصلی دارای برگ توسعه یافته دیده می شود.
R_5	شروع تشکیل دانه	بذری با طول ۳ میلی متر در یکی از ۴ گره انتهایی ساقه اصلی دارای برگ توسعه یافته دیده می شود.
R_6	پر شدن کامل نیام ها	نیام حاوی یک بذر سبز است که حفره نیام را پر کرده و در یکی از ۴ گره انتهایی ساقه اصلی دارای برگ توسعه یافته دیده می شود.
R_7	شروع رسیدگی	یک نیام دارای رنگ رسیدگی در ساقه اصلی دیده می شود.
R_8	رسیدگی کامل	۹۵ درصد از نیام ها رسیده اند.



شکل ۲-۱- مراحل رشد و نمو سویا بر اساس تقسیم بندی فهر و کاونیس (۱۹۷۷)

۲-۱-۳- نیاز غذایی

سویا بیش از سایر حبوبات به مواد غذایی احتیاج دارد . تثبیت نیتروژن هوا توسط باکتری رایزوبیوم جاپونیکوم[1] می تواند تا حدود ۸۰ درصد نیاز سویا را به نیتروژن جهت دستیابی به عملکرد های بالا تامین نماید. در خاک های ایران این باکتری به طور طبیعی یافت نمی شود و لازم است از کودهای بیولوژیک موجود در بازار حاوی نژادهای مختلفی از این باکتری استفاده گردد (خواجه پور، ۱۳۸۵). در صورتی که نتایج آزمایش خاک برای محاسبه مقدار کود مورد نیاز در دسترس نباشد، می توان بر اساس عملکردهای مورد انتظار و تخمین وضعیت حاصلخیزی خاک (بر مبنای سوابق مزرعه) مقدار کودهای مورد نیاز را تعیین کرد. برای عملکردهای بین ۲ تا ۳ تن دانه در هکتار تحت شرایط کشت آبی به حدود ۲۰ تا ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (در صورت تثبیت نیتروژن توسط باکتری های رایزوبیوم، به صورت پیش کاشت و به عنوان آغازگر رشد [2]) نیاز است. در صورت عدم تثبیت نیتروژن، کل کود مورد نیاز برای تولید ۲ تا ۳ تن دانه در هکتار معادل ۱۲۰ تا ۱۸۰ کیلوگرم در

1- *Rhizobium japonicum*

2- Starter

هکتار تخمین زده می شود . بهتر است یک سوم این مقدار به صورت پیش کاشت و بقیه به صورت سرک و در مرحله شروع گلدهی به محصول داده شود. مقدار فسفر مورد نیاز بستگی بسیار زیادی به موجودی فسفر خاک دارد و بین ۳۰ تا ۴۰ کیلوگرم در هکتار تخمین زده می شودمقدار کود پتاسیم مورد نیار برای تولید ۲ تا ۳ تن دانه در هکتار، ۵۰ کیلوگرم در هکتار می باشد . کودهای فسفر و پتاسیم به صورت پیش کاشت در خاک قرار داده می شوند (خواجه پور، ۱۳۸۵). ۷۰ تا ۸۰ درصد از نیتروژن و فسفر و نیز ۶۰ درصد از پتاسیم گیاه در دانه ذخیره می گردد. بدیهی است که میزان ذخیره کانی ها در دانه رسیده و نیز میزان انباشتگی هر یک از مواد غذایی ثابت نیست (ناصری، ۱۳۷۰). در صورتی که سویا در تناوب با گیاهان قرار گیرد که پر نیاز باشند و به آنها کود کافی داده شده باشد و در صورت استفاده از بذر ضدعفونی شده، کشت سویا به مواد غذایی کمتری نیاز پیدا می کند. شواهد متعدد حاکی از آن است که ارقام جدید سویا نه تنها از نظر واکنش به مقادیر مختلف مواد غذایی، بلکه از نظر واکنش به هر یک از عناصر غذایی نیز با یکدیگر متفاوت هستند (ناصری، ۱۳۷۰).

۲-۱-۴- سازگاری

فعالیت های به نژادی روی گیاه سویا منجر به تولید ارقام بسیار متفاوتی از لحاظطول دوره رشد شده است و طیف سازگاری اقلیمی این گیاه را افزایش داده است . در حال حاض ر سویا از عرض جغرافیایی ۴۰ درجه جنوبی تا بیش از ۵۰ درجه شمالی و ارتفاع صفر تا بیش از ۲۱۰۰ متر از سطح دریا کشت می شود . سویا گیاهی روز کوتاه است که بیش از هر محصول زراعی دیگر نسبت به طول روز حساسیت نشان می دهد . ولی میزان حساسیت به طول روز در ارقام مختلف بسیار متفاوت می باشد (خواجه پور، ۱۳۸۵). این گیاه به خسارت تگرگ حساس می باشد . سویا در گروه گیاهان گرمادوست قرار دارد و در مناطقی که ذرت کشت می شود، قابل کشت است. این گیاه به گرما و نور

فراوان نیاز دارد و به سایه اندازی و رقابت علف های هرز حساس است. سرمای خفیف را در مرحله گیاهچه و مرحله رسیدگی دانه کمی بهتر از ذرت تحمل می کند (خواجه پور، ۱۳۸۵).

حداقل دما برای رشد سویا ۱۰ درجه سانتی گراد و دمای کشنده‌برای آن ۲- درجه سانتی گراد می باشد. دماهای حداکثر بیش از ۳۵ درجه سانتی گراد برای رشد سویا نامطلوب به شمار می روند و دمای بیش از ۳۸ درجه موجب کاهش و تاخیر در رشد می شود. رشد مطلوب سویا هنگامی حاصل می شود که میانگین شبانه روزی دما بین ۲۲ تا ۲۵ درجه سانتی گراد باشد. دمای مطلوب برای گلدهی بیشتر ارقام سویا نیز ۳۰ تا ۳۳ درجه سانتی گراد است.

مقاومت این گیاه به خشکی کمی از آفتابگردان کمتر می باشد و همانند ذرت در گروه گیاهان حساس به خشکی قرار می گیرد . ظاهرا ارقام پرکرک به خشکی مقاوم ترند. حداکثر عملکرد سویا زمانی به دست می آید که رطوبت خاک طی تمامی فصل رشد از ۵۰ درصد حد ظرفیت زراعی پایین تر نرود. نیاز گیاه به رطوبت خاک از شروع گلدهی تا شروع رسیدگی زیاد است . مقدار آب مورد نیاز برای رشد بین ۴۵۰۰ تا ۸۲۵۰ متر مکعب در هکتار تخمین زده شده است‌کشت دیم سویا در نواحی ساحل خزر با حدود ۱۰۰۰ میلی لیتر باران سالیانه یا بیشتر امکان پذیر می باشد (خواجه پور، ۱۳۸۵). این گیاه بر خلاف تصور مقاومت زیادی به خشکی هوا دارد. همچنین مقاومت آن نسبت به باد خوب است. ارقام رشد محدود و رشد نامحدود مورد کشت در ایران به ندرت دچار خوابیدگی می شوند، مگر اینکه فراوانی رطوبت خاک و تراکم بوته موجب ارتفاع بیش از حد بوته ها گردد (خواجه پور، ۱۳۸۵).

سویا به سله و تراکم خاک بسیار حساس است. بهترین رشد را در خاک های دارای بافت متوسط مانند لوم، لوم شنی ریز، لوم سیلتی و سیلتی با زهکشی مناسب دارد. مقاومت آن به کمبود اکسیژن در خاک متوسط به شمار می رود در عین حال به آب ایستادگی حساس است. مرطوب ماندن سطح خاک موجب توسعه بیماری های پوسیدگی طوقه و ریشه و نیز بوته میری می گردد (خواجه پور، ۱۳۸۵).

سویا به فراوانی عنصر بر در خاک بسیار حساس می باشد همچنین گیاه سویا در زمره گیاهان حساس به شوری به شمار می آید. مقاومت سویا در برابر شوری از پنبه کمتر و اندکی از ذرت بیشتر است (خواجه پور، ۱۳۸۵).

اسیدیته مطلوب برای کشت سویا بین ۶ تا ۶/۵ می باشد (خنثی تا کمی اسیدی) و pH پائین تر از آن فعالیت باکتری های گره و نیز قابلیت دسترسی به منیزیم و کلسیم را کاهش می دهد (خواجه پور، ۱۳۸۵).

۲-۱-۵- ارزش غذایی دانه

دانه خشک سویا دارای ۱۸ تا ۲۵ درصد روغن و ۳۰ تا ۵۰ درصد پروتئین می باشد درصد روغن و پروتئین تحت تاثیر شرایط محیطی رشد، عملکرد و میزان تثبیت نیتروژن هوا یا مقدار نیتروژن خاک قرار دارد (خواجه پور، ۱۳۸۵). به طور میانگین از هر تن دانه ارقام روغنی (با استخراج توسط حلال) حدود ۱۸۰ کیلوگرم روغن و ۷۶۰ کیلوگرم کنجاله حاوی۴۴ درصد پروتئین به دست می آید دانه سویا از لحاظ مواد غذایی قابل هضم، کلسیم، آهن و ویتامین ها غنی می باشد و ارزش بالایی در تغذیه انسان دارد. وجود ماده فیتواستروژن در پروتئین حاصل از سویا نقش قابل توجهی در کاهش کلسترول خون دارد. دانه سویا دارای انواع اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع می باشد(جدول ۲-۲) ولی فاقد کلسترول است. زیاد بودن اسیدهای لینولئیک و لینولنیک در روغن سویا سبب بالا بودن خاصیت خشک شوندگی و ناپایداری این روغن شده است و آن را برای مصرف مستقیم نامناسب ساخته است. از طریق هیدروژنه سازی انتخابی و جداسازی اجزای روغن، انواع مختلفی از روغن سویا جهت طباخی، تولید مارگارین و مایونز به وجود آمده اند. مصرف سویا به عنوان مکمل پروتئینی در جیره غذایی طیور به دلیل بالا بودن درصد پروتئین و پایین بودن درصد فیبر کنجاله بسیار مطلوب است. به طور کلی سویا از نظر ترکیب اسیدهای آمینه بیش از سایر حبوبات به پروتئین حیوانی شباهت دارد (خواجه پور، ۱۳۸۵).

جدول ۲-۲- درصد اسید های چرب اشباع و غیر اشباع موجود در روغن سویا (رضوی و مظاهری تیرانی، ۱۳۷۴)

اسید چرب اشباع	درصد	اسید چرب غیر اشباع	درصد
پالمتیک اسید	۱۰/۶	لینولئیک اسید	۵۱/۲
استئاریک اسید	۲/۴	لینولنیک اسید	۲۳/۵
آراشیدیک اسید	۲/۴	اولئیک اسید	۸/۵
میریستیک اسید	۰/۴	پالمیت اولئیک اسید	۱
مجموع	۱۵/۸	مجموع	۸۴/۲

۲-۲- عناصر سنگین

بر اساس تقسیم بندی نایبر و ریچاردسون (۱۹۸۰) عناصر سنگین به تعدادی از فلزات و یون های آنها اطلاق می شود که عدد اتمی آنها بیش تر از ۲۰ باشد. از جمله عناصر سنگین می توان به کادمیوم، روی، سرب، مس، نیکل، جیوه و کروم اشاره کرد. به صورت کاملا تئوری هر۱۰۰۰ کیلوگرم خاک معمولی حاوی ۲۰۰ گرم کروم، ۸۰ گرم نیکل، ۱۶ گرم سرب، ۰/۵ گرم جیوه و ۰/۲ گرم کادمیوم می باشد. حتی محصولات زراعی تولیدی در مناطق کاملا 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 می شوند که محدود به معدنی شدن معمول آنها می باشد و به آسانی قابل استفاده نمی باشند. اشکال قابل استفاده بیولوژیکی در نتیجه فعالیت انسان است. وجود آنها در هوا، خاک و آب حتی در مقادیر ناچیز می تواند موجب بروز مشکلات جدی در جانداران گردد . تجمع زیستی فلزات سنگین در زنجیره غذایی می تواند بسیار خطرناک باشد (جعفری، ۱۳۸۲).

۲-۲-۱- تنش عناصر سنگین

فلزات سنگین از مهمترین آلاینده های محیط زیست می باشند و خطری جدی برای موجودات زنده محسوب می شوند (بودی و همکاران،۱۹۹۵). این فلزات در غلظت های زیاد بر رشد، نمو و عملکرد گیاه اثر می گذارند (مادهاوا راو و استرستی، ۲۰۰۰) برای مثال علی رغم اینکه امروزه نیکل یکی از عناصر کم مصرف مورد نیاز گیاهان محسوب می شود (بناروبا و همکاران، ۲۰۰۴) و نقش آن در رشد و به ویژه فعالیت آنزیم اوره آز به اثبات رسیده است (ویت کلاز و همکاران، ۲۰۰۲)، ولی به عنوان یک فلز سنگین، به ویژه در غلظت های بالا، از طریق کاهش وزن تر و خشک برگ ها و ساقه (فونتس و همکاران، ۱۹۹۸)، همچنین تأثیر منفی بر طول ساقه (ژو، ۲۰۰۲) موجب کاهش در رشد عمومی گیاهان می گردد. ازدیاد روی (Zn) درگیاه می تواند موجب افزایش کمبود مس (Cu) و منگنز (Mn) در اندام هوایی گیاهان گردد (فونتس و کوکس، ۱۹۹۸). از دیگر علائم سمیت روی در گیاهان، برگ های قرمز متمایل به بنفش می باشد که به کمبود فسفر نسبت داده می شود (لی و همکاران، ۱۹۹۶). جیوه می تواند از طریق ترکیب با پروتئین های کانالی موبوط به ورود آب، موج ب تحریک بسته شدن روزنه ها و انسداد فیزیکی جریان آب و نیز اختلال در فعالیت میتوکندری و تحریک آسیب اکسیداتیو در گیاهان گردد (ژانگ و همکاران، ۱۹۹۹).

زیادی مس در خاک نیز می تواند موجب کاهش رشد و کلروز برگ ها گردد (لویس و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج تحقیقات نشان می دهد تجمع جیوه (Hg) می تواند سمی باشد و سطوح سمی آن آسیب های واضح و ناهنجاری های فیزیولوژیکی در گیاهان را موجب می گردد (ژو و همکاران ، ۲۰۰۷). آثار سمی فلزات سنگین بر گیاهان ناشی از تولید انواع مختلف اکسیژن فعال (ROS)[۱] مانند سوپراکسید ($O_2^{\cdot -}$)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال هیدروکسیل ($OH^{\cdot}$) می باشد (فدور و همکاران، ۱۹۹۵). این اشکال مختلف اکسیژن فعال معمولا با ایجاد آسیب های غشایی (مادهاوا راو و استرستی، ۲۰۰۰) فرآیند های مختلف سلولی را دچار اختلال می نمایند (ژو و همکاران، ۲۰۰۷).

[۱]- Reactive Oxygen Species

بروز تنش ناشی از این عناصر علائم و خسارات متعدد در گیاهان را در پی دارد. از جمله اینکه این عناصر قادر به جلوگیری از طویل شدن ریشه ها، کاهش فتوسنتز و فعالیت های آنزیمی و نیز وارد شدن آسیب اکسیداتیو به غشاء ها می باشند (شا و کلیزیگ، ۱۹۹۹). این اثرات ممکن است موجب حساسیت بیشتر گیاهان به سایر تنش ها گردند که بیشتر در ارتباط با تاثیر فلزات سنگین بر فرآیند های فیزیولوژیک تاثیر گذار در تنظیم آب گیاه می باشد . برای مثال تنش فلزات سنگین از طریق کاهش ظرفیت جذب آب در سیستم ریشه ای و احتمالا بلوکه شدن روزنه های آبی [1] و نیز کاهش کارایی مصرف آب، می تواند موجب بروز تنش خشکی در گیاه گردد (ریسر و امرسون،۲۰۰۷). با این حال مطالعات معدودی وجود دارند که نشان دهنده همزمانی اثرات تنش خشکی و تنش عناصر سنگین باشند. این مطالعات معدود نیز اکثرا در مقیاس آزمایشگاهی انجام شده اند و نتایج مبهمی حاصل گردیده است (پوشنریدر و بارسلو، ۲۰۰۴). در آزمایشی که روی *Phaseolus vulgaris* کشت شده در پرلیت به عمل آمد، تاثیر کروم (Cr) در پاسخ گیاه به تنش خشکی در بین برگ های مختلف متفاوت بود. در حالی که وقتی این بوته ها در معرض کادمیوم قرار گرفتند تحت شرایط تنش آبی ضعیف، فشار تورگر کاهش یافت (بارسلو، ۱۹۸۶). تاثیر آلومینیوم نیز تحت شرایط تنش خشکی در میان ارقام مختلف آفتابگردان متفاوت بود (کریزک و همکاران، ۱۹۸۸). به طور کلی تاثیر ترکیب تنش ها می تواند متفاوت از تاثیر هر کدام از آنها به تنهایی باشد (ریژسکی و همکاران، ۲۰۰۲). درک اثر متقابل بین تنش ها جهت اصلاح اراضی آلوده به فلزات سنگین مهم است (جانسون و استیونسون ، ۱۹۹۴).

۲-۲-۲- کادمیوم

این فلز در گروه 2B جدول تناوبی قرار دارد. ظرفیت معمولی آن II می باشد. عدد اتمی آن۴۸ و دارای ۸ ایزوتوپ طبیعی و تعدادی ایزوتوپ مصنوعی است. کادمیوم در طبیعت بیشتر به صورت

[2]- Aquaporins

سولفید دیده می شود. این فلز بسیار شبیه روی است و به مقدار اندک به همراه روی یا همراه با سنگ معادن فلزاتی نظیر سرب و مس یافت می شود . تمامی نمک های کادمیوم نظیر انواعی از کمپلکس های کلرید کادمیوم ($CdCl_2$)، سولفات کادمیوم ($CdSO_4$) و یا فرم اکسید کادمیوم(CdO) می توانند موجب ورود کادمیوم به بدن گردند (جعفری، ۱۳۸۲).

۲-۲-۲-۱- اثرات کادمیوم بر بدن انسان

کادمیوم فلزی بسیار خطرناک است و نقشی در متابولیسم بازی نمی کند. تا کنون هیچ آنزیمی یافت نشده است که به عنوان کوفاکتور به کادمیوم احتیاج داشته باشد. این فلز از راه های متعددمی تواند وارد بدن گردد. ولی غذا و سیگار دو منبع مهم ناقل این فلز به بدن انسان به شمار می روند. به طور کلی انسان روزانه در حدود ۴۰-۲۰ میکروگرم کادمیوم از طریق بلع و تنفس وارد بدن می کند و از این مقدار ۵ تا ۱۰ درصد جذب بدن می شود. در مجموع جذب از طریق تنفس۳۰ درصد بیشتر از جذب از راه بلع می باشد (کرانتو و همکاران، ۲۰۰۸). مسمومیت حاد با کادمیوم در اثر خوردن مقدار زیادی از این ماده رخ می دهد. هوا، آب آشامیدنی و خاک عوامل آلوده کننده ای می باشند که نسبت به غذا و سیگار از اهمیت کمتری برخوردارند . دفن زباله های حاوی کادمیوم و استفاده از کود های شیمیایی فسفاته موجب آلودگی خاک به این فلز می گردد. آب آشامیدنی نیز از طریق لحیم های استفاده شده در لوله های انتقال دهنده آب آلوده می شود و در صورتی که آب اندکی اسیدی باشد فلز را در خود حل می کند. همچنین فاضلاب ها به ویژه فاضلاب های صنعتی نیز از جمله منابع مهم آلاینده آب و خاک به کادمیوم می باشند و مخصوصا در مناطقی که از این منابع در راستای تولید محصولات زراعی استفاده می گردد، می تواند با انتقال کادمیوم به زنجیره غذایی انسان مشکلا ت عدیده ای را ایجاد نماید. کادمیوم پس از ورود به جریان خون در تمام بدن پخش می شود اما عمدتا در کبد و کلیه ها انباشته می گردد (جعفری، ۱۳۸۲).

۲-۲-۲-۲- منابع تولید کادمیوم

مصارف کادمیوم در گذشته نسبت به زمان حال کمتر بوده است و بیشتر در تهیه آلیاژها و برای جلوگیری از فرسایش و ایجاد مقاومت در آنها در برابر فرسودگی مورد استفاده قرار می گرفته است . کادمیوم با چگالی برابر ۸/۶ گرم بر سانتی متر مکعب، یکی از فلزات سنگین متداولی است که توسط کارخانه های برق، سیستم های گرمایی، آبکاری فلزات، لحیم ها، کوره های مخصوص سوزاندن زباله ها، ترافیک شهری، کارخانه های سیمان، فرمولاسیون رنگ ها، ساخت باطری های نیکل- کادمیوم، تثبیت پلی وینیل کلراید، تولید پلاستیک، ساخت اتومبیل، صنایع نظامی، صنایع هوا-فضا، قارچ کش ها، حفاظ رآکتور های هسته ای، تولید کودهای فسفاته، فرآیند معدنی شدن سنگ ها، تولید روغن موتور و معادن تولید می شود. کادمیوم در محیط های طبیعی به صورت یک عنصر مجزا وجود ندارد بلکه به عنوان فلز همراه، در معدنی شدن Pb/Zn موثر می باشد (پودیال و همکاران، ۲۰۰۷).

در سال های اخیر میزان استفاده از این فلز ۵ تا ۱۰ درصد افزایش یافته است. کادمیوم فلزی سمی است در عین حال از لحاظ صنعتی بسیار حائز اهمیت می باشد. این عنصر به عنوان ماده پوششی استفاده گسترده ای دارد. رنگ کادمیوم در طبیعت سفید، نقره ای و براق است اما قابلیت کدر شدن دارد (پودیال و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۲-۲-۳- جذب و انتقال کادمیوم در گیاه

تجمع کادمیوم می تواند برای تمام موجودات زنده خطرناک باشد به طوری که غلظت های بالا ی آن ممکن است سرطان زا و جهش زا باشد. در محلول های خاک دارای غلظت های کادمیوم۳۵ میلی مولار غالبا تنها گونه های متراکم کننده کادمیوم توان رویش دارند. برای مثال از میان گیاهان عالی از تیره براسیکاسه، گیاه *Thlaspi caerulescens* دارای این ویژگی می باشد . می‌زان جذب کادمیوم توسط گیاهان، وابسته به غلظت آن در خاک، قابلیت زیست فراهمی ترکیب ، pH خاک ، پتانسیل ردوکس، دما و غلظت دیگر عناصر می باشد. به نظر می رسد جذب یون ه‌ای کادمیوم با ناقل های

عناصری مثل پتاسیم، منیزیوم، کلسیم، آهن، منگنز، مس، روی و نیکل در رقابت باشد (ریسر و امرسون، ۲۰۰۷).

تکنیک های متعددی برای تخمین سرعت جریان عناصر سمی یا ضروری در سلول های گیاهی ابداع شده اند. به عنوان مثال میکرو الکترود های حساس به کادمیوم برای اندازه گیری جریان کادمیوم در ریشه های گیاهان عالی ساخته شدند . پیشنهاد شده که کادمیوم پس از وارد شدن به سلول های ریشه از طریق بافت پوستی ابتدا از طریق مسیر آپوپلاستی[۱] یا سیم پلاستی[۲] به آوند های چوبی می رسد و سپس به مولکول های کلات گیاهی[۳] متصل شده و در نهایت به صورت فسفات کادمیوم یا در کریستال های اگزالات کلسیم رسوب می کند (اورکات و نیلسون، ۲۰۰۰).

ساز و کارهای تحمل که در مواجهه با سطوح بالای کادمیوم مشاهده می شود شامل تجمع در دیواره سلولی ریشه ها و اندام های هوایی، ساخت ترکیبات کلاتی پلی پپتیدی مانند کلات های گیاهی و ذخیره کادمیوم به صورت کمپلکس در سیتوپلاسم یا به صورت کمپلکس های غیر قابل حل از فسفات در سلول های اپیدرمی ساقه می باشند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۲-۲-۴- تنش کادمیوم

مقدار مجاز کادمیوم موجود در خاک، حداکثر ۳ پی پی ام می‌باشد اما این مقدار امروزه به دلیل فعالیت های انسانی رو به فزونی است (سالت و همکاران، ۱۹۹۵). تحرک بالای این فلز در سیستم خاک-گیاه ورود آن را به زنجیره های غذایی آسانتر می کند(متوالی و همکاران،۲۰۰۳). این عنصر به راحتی توسط بافت کورتکس ریشه گیاه جذب می شود و برای انتقال به برگ ها در آوندهای چوبی بارگذاری می شود (سالت و همکاران، ۱۹۹۵).

[1]-Apoplast
[2]-Symplast
[۳]-Phytochelatines

مطالعات زیادی در مورد اثرات سمیت کادمیوم بر متابولیسم گیاه صورت گرفته است. از جمله این اثرات میتوان به کاهش جذب عناصر غذایی (ساندالیو و همکاران، ۲۰۰۱)، تغییر در متابولیسم نیتروژن (بوساما و همکاران، ۱۹۹۹)، جلوگیری از فتوسنتز از طریق تاثیر بر متابولیسم کلروفیل و ساختار کلروپلاست، فعالیت فتوسیستم II و آنزیم های مربوط به متابولیسم کربن فتوسنتزی اشاره کرد (کرانتو و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین کادمیوم از طریق تغییر در ترکیبات لیپیدی گیاه موجب تغییراتی در عملکرد غشاء های زیستی می گردد و این مسئله می تواند موجب تاثیر بر فعالیت برخی آنزیم های مربوط به غشاء نظیر H^+-ATPase گردد (فدور و همکاران، ۱۹۹۵).

گونه های مختلف گیاهی دامنه وسیعی از انعطاف پذیری در مقابل کادمیوم نشان می دهند. به طوری که در این میان می توان گونه هایی با حساسیت بسیار بالا تا ژنوتیپ هایی با قابلیت تجمع کادمیوم در مقادیر بالا مشاهده نمود. برای مثال لگوم ها نسبت به غلات و گراس ها تحمل کمتری در برابر مسمومیت کادمیومی دارند (دات و همکاران، ۱۹۹۸). همچنین دو لپه ای هایی مانند اسفناج یا کاهو در مقایسه با تک لپه ای هایی مانند یولاف و گندم، کادمیوم را بیشتر جذب می کنند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸).

سمیت کادمیوم در گیاهان منجر به پیچیدگی برگ ها، کلروز و کاهش رشد ریشه و ساقه، اختلال در تعادل آبی گیاه و آسیب به تشکیلات فتوسنتزی می شود (کوستا و مورل،۱۹۹۴). یکی از اثرات مخرب تنش کادمیوم، تحریک تنش اکسیداتیو می باشد که در اثر آن گونه های فعال اکسیژن (ROS) تولید می گردند. ROS تولید شده در سلول ها در طبیعت بسیار فعال می باشند و باعث از بین بردن عملکرد طبیعی و متابولیسم سلول می‌شوند. کادمیوم موجب افزایش فعالیت برخی از آنزیم های آنتی اکسیدان نظیر کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون رداکتاز و نیز ترکیبات غیر آنزیمی نظیر آسکوربات، گلوتاتیون و آلفا توکوفرول می گردد (حیات و همکاران، ۲۰۰۵). پاسخ های متفاوت به تنش اکسیدایتو حاصل از کادمیوم را می توان به مقدار کادمیوم و نیز غلظت گروه های تیول موجود یا تحریک شده در اثر کادمیوم مربوط دانست. تیول ها دارای خواص آنتی اکسیدانی

کافی برای بی اثرکردن تنش اکسیداتیو هستند (پوشنریدر و همکاران، ۲۰۰۴). کادمیوم به راحتی توسط ریشه ها جذب و به قسمت های هوایی منتقل می شود و در آنجا می تواند با مقادیر زیاد تجمع یابد.

از مهمترین اثرات سمیت کادمیوم، کلروز (زرد شدن) برگ ها می باشد. به نظر می رسد این پدیده رابطه نزدیکی با عملکرد سمی کادمیوم دارد زیرا غلظت آن در بافت اندام های هوایی، به دقت از طریق اندازه گیری سطح کلروفیل اندام هوایی قابل محاسبه است (بودی و همکاران، ۱۹۹۵). مکانیسمی که از طریق آن کادمیوم موجب کلروز برگ ها می گردد، ناشناخته است. به نظر می رسد که کادمیوم می تواند تاثیر مستقیم روی آنزیم های دخیل در مسیر بیوسنتز کلروفیل داشته باشد (بودی و همکاران، ۱۹۹۵) یا از طریق تاثیر بر کمپلکس های پروتئین رنگیزه های مربوط به فتوسیستم ها تاثیر گذار باشد (هورواس و همکاران، ۱۹۹۶). به علاوه غلظت های بالای کادمیوم در بافت برگ به طور غیر مستقیم از طریق ایجاد اختلال متابولیکی، باعث تسهیل در ریزش برگ ها (واسیلیو و همکاران، ۱۹۹۷)، آسیب اکسیداتیو (سوماسککارو، ۱۹۹۲)، افزایش فعالیت کاتابولیک (عبدالباسط و همکاران، ۱۹۹۵) یا ناکافی بودن برخی عناصر ضروری نظیر Fe یا Mg (سیدلکا و کروپا، ۱۹۹۹)، بر میزان کلروفیل تاثیر می گذارد. جایگزینی یون Mg مرکزی در مولکول کلروفیل با کادمیوم می تواند مکانیسم دیگری در رابطه با تخریب کلروفیل باشد (درازیک و همکاران، ۲۰۰۶).

اثرات متعدد و متفاوت کادمیوم در مطالعات مختلف را می توان مربوط به گونه های مختلف گیاهی و تیمار های متفاوت کادمیوم در آزمایش ها دانست. از طرف دیگر، اثرات کاهیوم روی فعالیت های فتوسنتزی نیز بحث برانگیز است. نتایج برخی مطالعات حاکی از آن است که کادمیوم بازدارنده ای قوی برای فعالیت های فتوشیمیایی کلروپلاست ها، به ویژه فتوسیستم II می باشد (گریگر و اورگن، ۱۹۹۱). در مقابل، مطالعات دیگر نشان داده است واکنش های نوری‌فتوسنتز به تنش کادمیوم حساس نیستند (زالونتای، ۱۹۹۹). همچنین مشخص شده که روزنه ها و آنزیم های چرخه کالوین، اولین هدف هایی هستند که کادمیوم بر آنها تاثیر می گذارد (کروپا، ۱۹۹۹). تاکید می شود که

تناقض در نتایج آزمایش های مربوط به اثرات کادمیوم روی ساختار های‌فتوسنتزی، احتمالا با شرایط آزمایش ها مرتبط باشد به طوری که اعمال تیمار کادمیوم از مطالعه ای به مطالعه دیگر متفاوت است (باریلا و همکاران، ۲۰۰۱)

۲-۳- تنظیم کننده ها

تحمل در برابر تنش های محیطی، پدیده ای بسیار پیچیده چه در سطح سلول و چه در کل گیاه می باشد (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). این پیچیدگی تا حدی مربوط به اثرات متقابل بین عوامل ایجاد تنش و پدیده های مختلف مولکولی، شیمیایی و فیزیولوژیکی تاثیر گذار بر رشد و نمو گیاهان است (ژو، ۲۰۰۲). لذا امروزه تلاش برای تولید گیاهان مقاوم به تنش های محیطی راهی امید بخش می باشد. از این رو تولید گیاهانی با قابلیت تحمل در برابر تنش ها نیازمند اطلاع از مکانیسم های فیزیولوژیکی و کنترل ژنتیکی و سایر ویژگی های مرتبط در مراحل مختلف نموی گیاه است . در دو دهه اخیر تحقیقات بیوتکنولوژی، اطلاعات قابل توجهی در مورد مکانیسم های تحمل گیاهان در سطح مولکولی در برابر تنش ها فراهم آورده است (اشرف و فولاد،۲۰۰۷). برای مثال اگرچه مکانیسم های تحمل به تنش ممکن است از گونه ای به گونه دیگر و نیز در مراحل مختلف نموی متفاوت باشد (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷)، ولی پاسخ های اصلی سلولی به تنش های مختلف زیستی در بین گونه های مختلف گیاهی یکسان است. به علاوه عوامل ایجاد تنش های مختلف غیر زنده می توانند موجب تحریک تنش اسمزی، تنش اکسیداتیو، تحریک تولید پروتئین های مربوط به تنش و نیز تسهیل عملکرد سیستم های جاروب کننده[1] رادیکال های فعال اکسیژن گردد (ژو، ۲۰۰۲).

یکی از عمومی ترین پاسخ ها به تنش در گیاهان تولید انواع مختلفی از ترکیبات آلی سازگار است (سراج و سینکلر، ۲۰۰۲). این ترکیبات وزن مولکولی پایین دارند و غیر سمی هستند و موجب افزایش غلظت شیره سلولی می شوند که گیاهان را از تنش های غیر زیستی مختلف محافظت می

1- Scavenging

کنند. مکانیسم عمل آن‌ها در نهایت منجر به تنظیم اسمزی، سمیت زدایی و حفظ انسجام غشاء می شوند. این مواد در واکنش های بیوشیمیایی نرمال دخالت ندارند و در عوض جایگزین آب در واکنشهای بیوشیمیایی می گردند (پاریدا و بندهوداس، ۲۰۰۴). از طرف دیگر از آنجایی که برخی از این مواد می توانند ترکیبات سلولی را از آسیب دهیدراسیون محافظت کنند، به آنها حفاظت کننده های اسمزی[۱] نیز می گویند. این ترکیبات انواع مختلفی داشته و شامل پرولین، اسید سالیسیلیک ، ساکارز، پلی یول ها، تری هالوزها و ترکیبات آمونیوم چهار تایی (QACs)[۲] مانند بتائین گلایسین ، آلانین بتائین، پرولین بتائین و غیره می باشند (هانسون ، ۱۹۹۳).

اگرچه تلاش های بسیاری با استفاده از مهندسی ژنتیک در زمینه تولید گیاهانی به عمل آمده است که بتوانند مقادیر زیادی از این ترکیبات را در خود تولید کنند، ولی موفقیت های ناچیزی در این زمینه حاصل گردیده است. در برخی گیاهان ایجاد مقاومت در مقابل تنش های غیر زیستی از طریق کاربرد خارجی این ترکیبات حاصل گردیده است (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷).

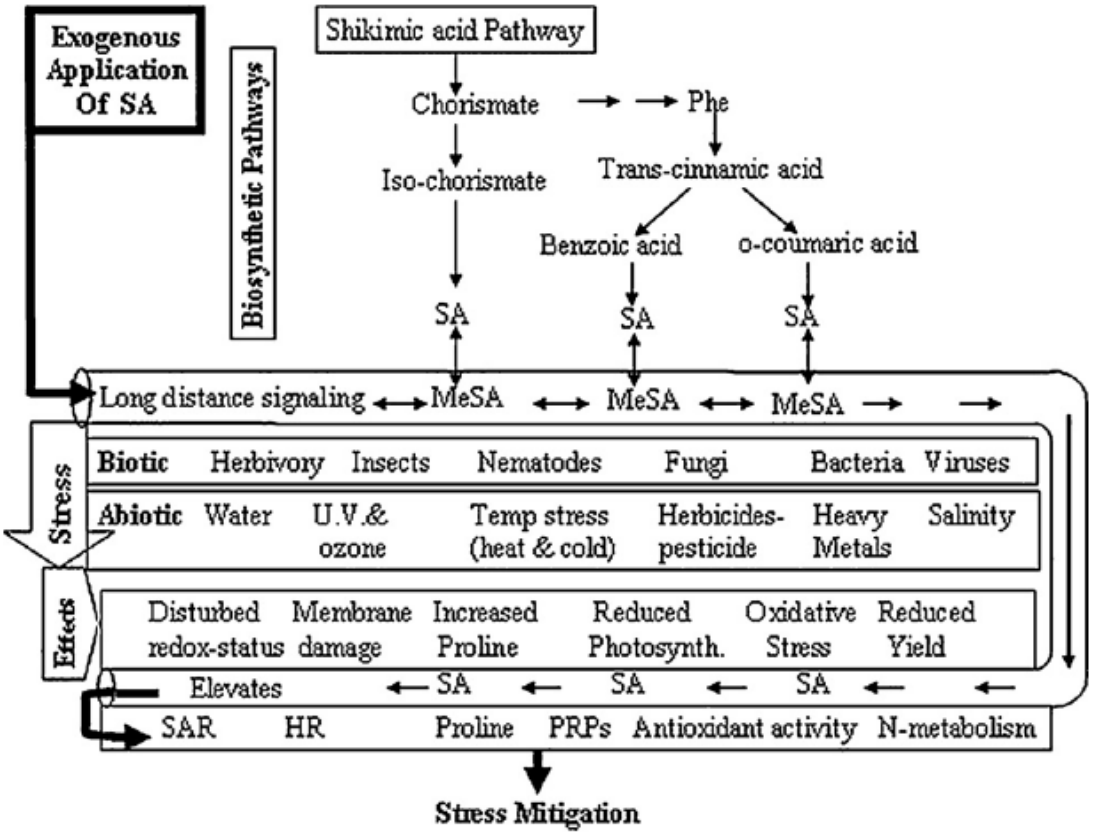
۲-۳-۱- اسید سالیسیلیک

اسید سالیسیلیک[۳] یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید ترکیبی است مربوط به یک گروه از ترکیبات فنولی (ال تایب ، ۲۰۰۵) که به صورت درون زاد[۴] به وسیله سلول های ریشه و میکروارگانیسم های گوناگون تولید می گردد. میکروارگانیسم های مختلف، اسید سالیسیلیک را از مسیر کوریزمیک اسید[۵] که یک حد واسط مهم مسیر شیکیمیک اسید[۶] است (شکل ۲-۲)، سنتز و به بیرون ترشح می کنند. اسید سالیسیلیک در حالت آزاد به صورت پودر کریستاله سفید رنگ وجود دارد که نقطه ذوب آن ۱۵۷ تا ۱۵۹ درجه سانتی گراد و pH آن ۲/۴ و سوزش آور می باشد. فرمول

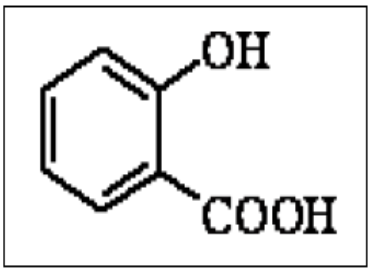
---

۱ -Osmo Protectants
2 - Quadratic Amonium Compounds
۳ - Salicylic Acid
٤- Endogenous
5-Chorismic Acid
6 -Shikimic Acid

مولکولی این ماده $C_7H_6O_3$ می باشد. جرم مولکولی آن ۱۳۸/۱۲ گرم بر مول و چگالی آن۱/۴۴۳ گرم بر سانتی متر مکعب است (حیات و همکاران، ۲۰۱۰). ساختار مولکولی اسید سالیسیلیک در شکل۲-۳ نشان داده شده است. مقدار زیادی از این ماده در نمونه های خاک برداشت شده از ریزوسفر ذرت و لوبیا گزارش شده است (ال تایب، ۲۰۰۵). اسید سالیسیلیک تولید شده توسط گیاهان اثر آللوپاتیک روی سایر گیاهان اعمال می نماید (راسکین، ۱۹۹۲). هارپر و بالک (۱۹۸۱) در تحقیقی روی بافت های ریشه جوی دو سر گزارش دادند که میزان مهار کنندگی اسید سالیسیلیک به غلظت آن و pH وابسته است زیرا جذب اسید سالیسیلیک تحت تاثیر pH است. به طوری که با کاهش pH خاصیت مهارکنندگی اسید سالیسیلیک افزایش می یابد.



شکل ۲-۲- مسیر بیوسنتز اسید سالیسیلیک (حیات و همکاران، ۲۰۱۰)



شکل ۲-۳- ساختار مولکولی اسید سالیسیلیک (حیات و همکاران، ۲۰۱۰)

گزارش هایی از اثر اسید سالیسیلیک بر افزایش عملکرد در برخی از گیاهان مانند نخود فرنگی (کومار و همکاران، ۱۹۹۷)، لوبیای چشم بلبلی (سینگ، ۱۹۸۰) و سویا (کومار و همکاران ، ۱۹۹۹) منتشر شده است. همچنین سالیسیلیک اسید موجب افزایش سطح برگ و وزن خشک در ذرت و سویا شده است (خان و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج برخی دیگر از مطالعات نشان می دهد تیمار بذور گندم قبل از کاشت موجب افزایش جوانه زنی و رشد گیاهچه گندم می گردد(شاکیروا، ۲۰۰۷). فرید الدین و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند تجمع ماده خشک در گیاه *Brassica junicea* پس از محلول پاشی با غلظت های پایین تر اسید سالیسیلیک بیشتر بود. در مطالعه ای دیگر (خوداری، ۲۰۰۴)، محلول پاشی برگی ذرت با اسید سالیسیلیک موجب افزایش شاخص های رشد، مقدار رنگیزه ها، سرعت فتوسنتز و مقدار کربوهیدرات ها گردید. در آزمایشی گلدانی روی گندم (حسین و همکاران، ۲۰۰۷)، اسید سالیسیلیک موجب افزایش تولید و نیز افزایش ارتفاع گیاه، تعداد و سطح برگ گیاه، قطر و وزن خشک ساقه شد. همچنین گیاهانی که تیمار اسید سالیسیلیک دریافت کرده بودند، مقدار پرولین بیشتری داشتند.

عناصر غذایی موجود در خاک از طریق سیستم ریشه ای وارد گیاه می شوندر کنار سایر فاکتور های مهم، وجود یک سیستم ریشه ای سالم نقشی کلیدی در افزایش رشد و تولید گیاهان ایفا می کند (حیات و همکاران، ۲۰۱۰). باسو و همکاران (۱۹۶۹) مشاهده کردند ریشه زایی در نوعی ماش پس از تیمار با سیلیکات ها افزایش می یابد . در مطالعه دیگری که توسط لارگو ساودرا و همکاران

(۱۹۷۵) انجام شد، تیمار گیاهچه های لوبیا با آسپرین (آنالوگ اسید سالیسیلیک) موجب افزایش ریشه زایی گردید. استفاده از اسید سالیسیلیک در سویا نیز به طور محسوس طول ریشه را افزایش داد (گوتیرز کوروندادو و همکاران، ۱۹۹۸). به علاوه مشخص شده استفاده خارجی اسید سالیسیلیک موجب تغییر سطح عناصر غذایی و در نتیجه کاهش جذب فسفات و پتاسیم توسط ریشه ها می گردد که به نظر می رسد این کاهش وابسته به pH باشد (حیات و احمد، ۲۰۰۷). این نتایج موجب شده است که امروزه اسید سالیسیلیک به عنوان یکی از مهمترین، موثرترین و اقتصادی ترین فیتوهورمون ها در تولید ریشه برای سبزیجات محسوب گردد (جاندا و همکاران، ۲۰۰۳).

گلدهی پارامتر مهم دیگری است که مستقیما با عملکرد در گیاهان مرتبط می باشدگزارش شده است که اسید سالیسیلیک موجب تحریک تولید گل در برخی گیاهان نظیر Lemna می شود(کللند و اجامی، ۱۹۷۴). کاربرد اسید سالیسیلیک در سویا به صورت محلول پاشی برگی، افزایش تولید گل و نیام را در پی داشته است (کومار، ۱۹۹۷).

امروزه این واقعیت به خوبی روشن شده است کهاسید سالیسیلیک به طور بالقوه موجب بروز یک سری پاسخ های متابولیکی در گیاهان می گردد و از طرف دیگر بر پارامتر های فوتسنتزی و نیز روابط آبی گیاه نیز تاثیرگذار است (حیات و همکاران، ۲۰۱۰). حیات و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند مقدار رنگیزه و کلروفیل در گیاهچه های گندم حاصل از بذوری که با غلظت های پائین اسید سالیسیلیک ($۱۰^{-۵}$M) تیمار شده بودند، افزایش یافت در حالی که غلظت های بالا به صورت بازدارنده عمل کردند. همچنین این ماده موجب افزایش مقدار فتوسنتز خالص، غلظت CO_2 داخلی، کارایی مصرف آب، هدایت روزنه ای و مقدار تعرق در *Brassica juncea* گردید (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳). به علاوه خان و همکاران (۲۰۰۳) نیز به این نتیجه رسیدند که با کا ربرد برگی اسید سالیسیلیک در سویا و ذرت، شاهد افزایش مقدار تنفس و هدایت روزنه ای خواهیم بود . در مطالعه دیگری روی سویا، مشخص گردید کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت محلول پاشی برگی موجب بهبود کارایی مصرف آب، مقدار تعرق و غلظت CO_2 داخلی می شود (کومار و همکاران، ۲۰۰۰). ولی

از طرف دیگر نتایج متناقضی نیز مشاهده گردیده است. به طوری که لارک ساودرا (۱۹۷۹) گـزارش داد پس از محلول پاشی برگی با اسید سالیسیلیک در *Phaseolus vulgaris* و *Commelina communis* مقدار تعرق کاهش یافت و این کاهش را می توان مربوط به این واقعیت دانست که این ماده موجب تحریک بسته شدن روزنه ها می گردد . لسلیو و رامونی (۱۹۸۸) نشان دادند که سالیسیلیک اسید موجب جلوگیری از بیوسنتز اتیلن در سلول های بافت گلابی می گردد. این ماده گسترش، تقسیم و مرگ سلولی را تنظیم کرده و در واقع بین رشد و پیری تعادل برقرار می نماید (حیات و همکاران، ۲۰۱۰). اسید سالیسیلیک به دلیل داشتن گروهOH آزاد روی حلقه بنزوئیک اسید قادر به کلاته کردن فلزات می باشد، بنابراین با کلاته کردن آهن موجود در آنزیم ACC اکسیداز موجب بلوکه شدن این آنزیم و در نهایت مهار بیوسنتز اتیلن می شود (راسکین، ۱۹۹۲).

۲-۳-۱-۱- تاثیر اسید سالیسیلیک بر تنش های زنده و غیر زنده

گیاهان ممکن است همیشه در معرض خطر حمله پاتوژن ها قرار داشته باشند. آنها به منظور دفاع در برابر این حملات واجد مکانیسم هایی هستند . یکی از این مکانیسم ها شامل تجمع مقادیر زیادی از اسید سالیسیلیک می باشد.

اسید سالیسیلیک می تواند نقشی محوری در مقاومت گیاهان نسبت به بیماری، به ویژه مقاومت همه گیر اکتسابی (SAR)[1] داشته باشد (امبوراب، ۲۰۰۲). در توتون (مالامی و همکاران ، ۱۹۹۰) و کدو (راسموسن و همکاران، ۱۹۹۱) مقدار اسید سالیسیلیک پس از آلوده شدن گیاه بهعامل بیماری زا تا چند برابر افزایش می یابد، که این افزایش مرتبط با مقاومت همه گیر اکتسابی می باشد (امبوراب، ۲۰۰۲). اسمیت و همکاران (۱۹۹۱) با مطالعه روی خیار آلوده به دو نوع قارچ و یا ویروس عامل نکروز در تنباکو، افزایش سطح اسید سالیسیلیک درون زاد در شیره سلولی را مشاهده کردند . مالامی و همکاران (۱۹۹۰) با بررسی ارقام مختلف تنباکوی مقاوم در برابر ویروس موزائیک، تجمع

1- Systemic Acquired Resistance

مقادیر فراوانی از اسید سالیسیلیک در برگ ها را گزارش دادند. این یافته ها افق جدیدی در رابطه با کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در ایجاد مقاومت در مقابل پاتوژن های مختلف باز کردند . امروزه تاثیر کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در ایجاد سیگنال های دفاعی در بسیاری از گیاهان به اثبات رسیده است. استفاده از اسید سالیسیلیک و استیل سالیسیلیک اسید به صورت خارجی موجب تحریک مقاومت در برابر ویروس موزائیک تنباکو گردید (آنتونی و وایت، ۱۹۹۰). استفاده از این ماده به صورت خارجی موجب تحریک بیان ژن های PR[1] (ژن های وابسته به پاتوژن ها) گردیده و نیز ایجاد مقاومت در برابر انواع پاتوژن های ویروسی، باکتریایی، قارچی و غیره در طیف وسیعی از گیاهان دولپه (شا و کلیزیگ، ۱۹۹۲) و نیز تک لپه (ماکاندار و همکاران، ۲۰۰۶) را موجب می گردد.

گزارش هایی در رابطه با تاثیر اسید سالیسیلیک در ایجاد مقاومت در برابر انواع تنش های غیر زیستی نیز وجود دارد. برای مثال شوری بالا موجب اختلال متابولیکی جدی در گیاهان می گردد به طوری که با تولید مولکول های ROS که موجب اختلال در سیستم ردوکس سلولی می شوند، تنش اکسیداتیو حادث گردیده و می تواند سبب تخریب DNA، غیر فعال شدن آنزیم ها و در نتیجه پراکسیداسیون لیپید ها گر دد (اسمیرنف، ۱۹۹۳). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک قادر به بهبود اثرات مخرب ناشی از شوری در گیاهان تحت تنش می باشد. برای مثال گیاهچه های گندم (همدا و الحکیمی، ۲۰۰۱) و نیز گوجه فرنگی (زیپسی، ۲۰۰۵) حاصل از بذور پیش تیمار شده با اسید سالیسیلیک مقاومت بیشتری در برابر شوری نشان دادند. مقاومت به تنش شوری تحت تیمار اسید سالیسیلیک توسط شاکیرووا و بزروکوا (۱۹۹۷) نیز گزارش شد به طوری که گیاهانی که در معرض محیط های دارای تنش (مثل شوری زیاد) قرار می گیرند، فعالیت متابولیکی در آنها کاهش می یابدو به طور کلی رشد کم می شود(راماگوپال، ۱۹۸۷) و به هنگام تنش استفاده ازاسید سالیسیلیک تا حد زیادی این کاهش را جبران می نماید (شاکیروا، ۲۰۰۷). در آزمایشی که به منظور بررسی اثر کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک روی رشد، فعالیت های فیزیولوژیکی و آنتی اکسیدانی هوچ تحت شرایط

[1]- Pathogenesis-related

تنش شوری و سمیت بر انجام شد، اسید سالیسیلیک به طور معنی داری موجب افزایش رشد، وزن خشک ریشه، مقدار کاروتنوئید ها و آنتوسیانین و نیز افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی اندام هوایی و ریشه گردید. همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک سبب افزایش پرولین و کاهش تجمع یون های سمی کلر و بر در اندام هوایی و زیر زمینی می گردد هرچند نتایج برخی مطالعات نشان می دهد که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک موجب تعویق ظهور برگ و نیز کاهش رشد برگ ها و ریشه در جو بعضی غلظت ها می گردد (پانچوا و همکاران، ۱۹۹۶).

اسید سالیسیلیک نقشی کلیدی در ایجاد مقاومت در برابر تنش دمایی دارد به طوری که استفاده خارجی آن با غلظت های پائین روی برگ های خردل سبب افزایش مقاومت در برابر تنش گرمایی گردید (دات و همکاران، ۱۹۹۸). همچنین از مطالعه روی بذور گوجه فرنگی پیش تیمار شده با غلظت های پائین اسید استیل سالیسیلیک تحت تنش دماهای بالا نیز نتایج مشابهی حاصل گردید (لوپز دلگادو و همکاران، ۱۹۹۸).

علاوه بر ایجاد مقاومت در برابر تنش دماهای بالا، اسید سالیسیلیک قادر به ایجاد مقاومت در برابر تنش سرما و یخ زدگی نیز می باشد. جاندا و همکاران (۱۹۹۹) افزایش مقاومت در برابر سرما در گیاهچه های ذرت را در محلول های هیدروپونیک حاوی ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک گزارش دادند. نتایج مشابه دیگری از مطالعه روی گندم (زالایی و همکاران، ۲۰۰۲)، لوبیا (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۰) و موز (کانگ و همکاران، ۲۰۰۳) به دست آمده است.

مقدار تشعشعات UV[1] در محیط هر روز افزایش می یابد و گیاهان که به صورت مستقیم از نور خورشید برای فتوسنتز استفاده می کنند، از مضرات آن مصون نمی مانند. تشعشعات UV موجب ایجاد اثرات نامطلوبی بر فتوسنتز و سایر فرآیند های فیزیولوژیک گیاهان می گردن د (راجندیران و رامانوجام، ۲۰۰۳). به طور مشابه ازون نیز از دیگر آلاینده های هواست که می تواند سبب کاهش عملکرد محصولات کشاورزی گردد (موزرال و ونگ، ۲۰۰۱) بنابراین مکانیسم هایی که می توانند

[1] -Ultra Violet

گیاهان را در برابر اثرات نامطلوب ازون و UV محافظت کنند، بسیار مورد توجه هستند . مطالعات نشان دادند گیاهان به هنگام مواجهه با تنش ازون یا تشعشعات UV مقادیر زیادی از اسید سالیسیلیک را در خود تجمع می دهند (شارما و همکاران، ۱۹۹۶).

به هنگام قرار گرفتن گیاهان در معرض تنش آبی، در بسیاری از فرآیند های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از جمله فشار تورگر، رشد، مقدار فتوسنتز و هدایت روزنه ای اختلال ایجاد می گردد (جاندا و همکاران، ۲۰۰۳). مطالعات نشان می دهد اسید سالیسیلیک می تواند در ایجاد مقاومت در برابر تنش آبی (تنش خشکی و تنش غرقابی) در گیاهان نقش مهمی داشته باشد. حیات و همکاران (۲۰۰۸) به مطالعه رشد گیاه گوجه فرنگی تحت تنش کم آبی در پاسخ به کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار گیاهان تحت تنش بامغلظت های پائین اسید سالیسیلیک موجب بهبود اثرات نامطلوب ناشی از تنش آبی نظیرکاهش پتانسیل آبی، کاهش پارامترهای فتوسنتزی، کاهش انسجام غشاء و کاهش فعالیت آنزیم هایی نظیر نیترات رداکتاز و کربونیک آنهیدراز گردید. مقاومت بیشتر در مقابل تنش خشکی از طریق پیش تیمار بذور گوجه فرنگی با محلول های حاوی اسید استیل سالیسیلیک حاصل گردید (همدا و الحکیمی، ۲۰۰۱).

۲-۳-۱-۲- تاثیر اسید سالیسیلیک بر تنش عناصر سنگین

حضور عناصر سنگین در خاک و به تبع آن جذب آنها توسط گیاه، گیاهان را مجبور به توسعه مکانیسم هایی به منظور کاهش اثرات مخرب این عناصر کرده است از جمله این مکانیسم ها می توان به تجمع درون زاد اسمولیت هایی نظیر اسید سالیسیلیک اشاره کرد. در مورد نقش اسید سالیسیلیک در تخفیف و نیز بهبود اثرات مخرب عناصر سنگین گزارش هایی ارائه گردیده است. میشرا و خوداری (۱۹۹۹) مشاهده کردند پیش تیمار بذور برنج با اسید سالیسیلیک و همچنین کاربردبرگی آن تخریب غشائی ناشی از سرب و جیوه را بهبود بخشید. این محققین گزارش دادند تخریب غشائی در برگ های برنج که در نتیجه افزایش فعالیت لیپوکسی ژناز در برگ می باشد، در اثر تنش سرب و جیوه تحریک

می گردد و با کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت خارجی کاهش می یابد. همچنین کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک موجب افزایش مقاومت گیاه *Cassia tora* در برابر سمیت آلومینیوم گردید(علوی و همکاران، ۲۰۰۷). ژو و همکاران (۲۰۰۷) گزارش دادند اسید سالیسیلیک موجب کاهش سمیت ناشی از جیوه و حفاظت از ریشه های یونجه از آسیب اکسیداتیو تحت تنش جیوه می گردد . این محققین عقیده دارند حفاظت در برابر تنش اکسیداتیو از طریق افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان انجام می شود.

۲-۳-۱-۳- تاثیر اسید سالیسیلیک بر تنش کادمیوم

طی آزمایش هایی مشخص گردید که استفاده از اسید سالیسیلیک موجب بهبود اثرات مخرب ناشی از تنش کادمیوم در ذرت (پال و همکاران، ۲۰۰۲) و جو (متوالی و همکاران، ۲۰۰۳) می شود. این نتایج گویای آن بود که اسید سالیسیلیک موجب حفاظت گیاه از پراکسیداسیون لیپیدی ناشی از تنش کادمیوم و در نتیجه افزایش وزن تر ریشه و اندام های هوایی گردیده است. چنین نقش تعدیل کنندگی در گیاه سویا تحت تنش کادمیوم توسط درازیک و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش گردید. در مطالعه دیگری توسط درازیک و همکاران (۲۰۰۶) پیش تیمار بذرهای یونجه با اسید سالیسیلیک در شرایط غلظت های پائین کادمیوم، افزایش رشد ریشه و اندام های هوایی را در پی داشت . به علاوه تیمار بذر با اسید سالیسیلیک موجب حفظ هموستازی یونی نیز گردید.

بهبود قابل ملاحظه پارامترهای رشد به همراه کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و نیز کاهش تراوش الکترولیت ها در اثر تنش کادمیوم از طریق پیش تیمار بذور ذرت با اسید سالیسیلیک حاصل گردید (کرانتو و همکاران، ۲۰۰۸). در بررسی مشابه دیگری که توسط پاندا و همکاران (۲۰۰۴) انجام شد، بروز تنش اکسیداتیو در برنج ناشی از سمیت کادمیوم که منجر به کاهش رشد طولی و ماده خشک ریشه در اثر تجمع این ماده می گردد، با استفاده از اسید سالیسیلیک تعدیل شد. تیمار بذرهای برنج با اسید سالیسیلیک قبل از کاشت، از طریق کاهش سطح پراکسیداسیون لیپیدها، کاهش تولید H_2O_2

و کاهش تولید رادیکال های سوپراکسید موجب کاهش اثرات سمی کادمیوم و حفظ انسجام غشاء ها گردید (میشرا و خوداری، ۱۹۹۹).

همچنین در گیاه ذرت تیمار اسید سالیسیلیک موجب کاهش تاثیر منفی کادمیوم روی فتوسنتز گردید (کرانتو و همکاران، ۲۰۰۸). در این مطالعه تغییرات سطح پارامتر های مهم مربوط به تنش اکسیداتیو به ویژه H_2O_2 و تولید پرولین، پراکسیداسیون لیپیدی، نشت الکترولیت ها و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد قرار گرفتن گیاهچه های ذرت در معرض کادمیوم موجب کاهش تدریجی در تجمع وزن خشک ریشه و اندام هوایی گردیدسطح کلروفیل نیز با تیمار اسید سالیسیلیک بهبود یافت. از طرف دیگر مقدار تثبیت CO_2 در گیاهان قرار گرفته تحت تیمار کادمیوم کمتر بود. فعالیت آنزیم های PEP کربوکسیلاز و RUBP کربوکسیلاز در گیاهان تحت تیمار کادمیوم کمتر شد در حالی که پیش تیمار با اسید سالیسیلیک موجب بهبود اثرات بازدارندگی کادمیوم بر فعالیت های آنزیمی گردید. تولید پرولین و اکسیداسیون لیپیدی و تراوش الکترولیت ها تحت تیمار کادمیوم افزایش یافت در حالی که مقدار این پارامتر ها در گیاهان تحت تیمار اسید سالیسیلیک به مراتب کمتر بود. تیمار کادمیوم سبب کاهش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز گردید اما فعالیت آنزیم کاتالاز بسیار افزایش یافت. بنابراین می توان نتیجه گرفت احتمالا اسید سالیسیلیک موجب حفاظت سلولی در برابر آسیب اکسیداتیو و فتوسنتز تحت تنش کادمیوم می گردد.

فصل سوم

مواد و روش

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود- آزادشهر) اجرا شد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ 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 میلی متر است و بارندگی ها عمدتاً در فصل پاییز و زمستان رخ می دهد . حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۹/۶- و ۴۰ درجه سانتی گراد است. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شاهرود، در سال زراعی ۸۸-۸۷ مجموع بارندگی در این منطقه ۲۰۳/۶ میلی متر و میانگین حداقل و حداکثر دمای روزانه به ترتیب ۵/۹ و ۱۹/۵ درجه سانتی گراد بوده است

۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

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

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

پارامتر های اندازه گیری شده	مقدار	واحد
درصد اشباع(S.P)	۳۰/۶	درصد
هدایت الکتریکی ($EC \times 10^3$)	۸/۰۹	دسی زیمنس بر متر
اسیدیته گل اشباع(pH of paste)	۷/۸۹	–
درصد مواد خنثی شونده(T. N. V.)	۲۷/۰	درصد
کربن آلی(O.C)	۰/۷۹	درصد
نیتروژن کل(Total N)	۰/۰۵۷	درصد
فسفر قابل جذب(P(ava	۱۴/۰	پی پی ام
پتاسیم قابل جذب(K(ava	۱۴۳/۰	پی پی ام
رس (Clay)	۲۲/۴	درصد
سیلت (Silt)	۴۴/۷	درصد
شن (Sand)	۳۲/۹	درصد
درصد رطوبت	۱/۵	درصد
نسبت جذب سدیم(SAR)[1]	4/1	–
مجموع کاتیون ها	۸۱/۲	میلی اکی والان در لیتر
Na^+	۲۲/۲	میلی اکی والان در لیتر
Mg^{2+}	۲۶/۰	میلی اکی والان در لیتر
Ca^{2+}	۳۳/۰	میلی اکی والان در لیتر
مجموع آنیون ها	۸۰/۶	میلی اکی والان در لیتر
SO_4^{2-}	۲۸/۶	میلی اکی والان در لیتر
Cl^-	۴۷/۵	میلی اکی والان در لیتر
HCO_3^-	۴/۵	میلی اکی والان در لیتر
CO_3^{2-}	۰/۰	میلی اکی والان در لیتر
Cadmium	۰/۰۰۴	پی پی ام

[1] - Sodium Absorption Ratio

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

این آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در۳ تکرار در دو بخش گلدانی و مزرعه ای روی گیاه سویا انجام شد.

تیمارها در بخش مزرعه ای شامل سه رقم سویا سحر (a_1)، گرگان ۳ (a_2) و DPX (a_3) به عنوان فاکتور اصلی و سه غلظت اسید سالسیلیک شامل صفر (b_1)، ۰/۴ (b_2) و ۰/۸ (b_3) میلی مولار و دو سطح دفعات محلول پاشی، شامل یک مرتبه (c_1) و دو مرتبه (c_2) محلول پاشی به عنوان فاکتورهای فرعی بودند (جدول ۳-۲). تعداد تیمارها در مجموع ۱۸ و تعداد کل کرت های آزمایشی۵۴ کرت بود. نقشه کشت در شکل ۳-۱ مشاهده می گردد.

در بخش گلدانی فاکتور ا صلی سه غلظت کادمیوم شامل صفر (a_1)، 10 (a_2) و50 (a_3) میلی گرم در کیلوگرم خاک بود. فاکتور های فرعی سه غلظت اسید سالسیلیک شامل صفر (b_1)، ۰/۴ (b_2) و ۰/۸ (b_3) میلی مولار و دو سطح دفعات محلول پاشی، شامل یک مرتبه (c_1) و دو مرتبه (c_2) محلول پاشی بودند (جدول ۳-۳). آزمایش بخش گلدانی روی رقم سحر انجام شد.

تکرار ۱	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_3	a_3	a_3	a_3	a_3	a_3
	b_1	b_1	b_2	b_2	b_3	b_3	b_2	b_2	b_3	b_3	b_1	b_1	b_3	b_3	b_1	b_1	b_2	b_2
	c_1	c_2	c_2	c_1	c_1	c_2	c_2	c_1	c_1	c_2	c_2	c_1	c_1	c_2	c_2	c_1	c_1	c_2
تکرار ۲	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_3	a_3	a_3	a_3	a_3	a_3
	b_3	b_3	b_1	b_1	b_2	b_2	b_1	b_1	b_2	b_2	b_3	b_3	b_2	b_2	b_3	b_3	b_1	b_1
	c_2	c_1	c_1	c_2	c_2	c_1	c_1	c_2	c_2	c_1	c_1	c_2	c_2	c_1	c_1	c_2	c_2	c_1
تکرار ۳	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_3	a_3	a_3	a_3	a_3	a_3
	b_2	b_2	b_3	b_3	b_1	b_1	b_3	b_3	b_1	b_1	b_2	b_2	b_1	b_1	b_2	b_2	b_3	b_3
	c_1	c_2	c_2	c_1	c_1	c_2	c_2	c_1	c_1	c_2	c_2	c_1	c_1	c_2	c_2	c_1	c_1	c_2

شکل ۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده در بخش مزرعه ای

جدول ۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش در بخش مزرعه ای

عدم محلول پاشی در شرایط کشت رقم سحر	$a_1b_1c_1$
عدم محلول پاشی در شرایط کشت رقم سحر	$a_1b_1c_2$
یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط کشت رقم سحر	$a_1b_2c_1$
دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط کشت رقم سحر	$a_1b_2c_2$
یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط کشت رقم سحر	$a_1b_3c_1$
دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط کشت رقم سحر	$a_1b_3c_2$
عدم محلول پاشی در شرایط کشت رقم گرگان ۳	$a_2b_1c_1$
عدم محلول پاشی در شرایط کشت رقم گرگان ۳	$a_2b_1c_2$
یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط کشت رقم گرگان ۳	$a_2b_2c_1$
دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط کشت رقم گرگان ۳	$a_2b_2c_2$
یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط کشت رقم گرگان ۳	$a_2b_3c_1$
دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط کشت رقم گرگان ۳	$a_2b_3c_2$
عدم محلول پاشی در شرایط کشت رقم DPX	$a_3b_1c_1$
عدم محلول پاشی در شرایط کشت رقم DPX	$a_3b_1c_2$
یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط کشت رقم DPX	$a_3b_2c_1$
دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط کشت رقم DPX	$a_3b_2c_2$
یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط کشت رقم DPX	$a_3b_3c_1$
دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط کشت رقم DPX	$a_3b_3c_2$

۳-۴- عملیات اجرایی

۳-۴-۱- آماده سازی زمین در بخش مزرعه ای

زمین در سال قبل به صورت آیش و سال قبل از آن زیر کشت گندم بود ۱۶روز قبل از کاشت در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ۱۳۸۸ اقدام به آماده سازی زمین با استفاده از گاوآهن برگردان دار و دیسک گردید. سپس پشته هایی با فاصله خطوط ۵۰ سانتی متر در کل مزرعه ایجاد شد.

۳-۴-۲- آماده سازی گلدان ها برای کاشت در بخش گلدانی

مقدار ۹ کیلوگرم خاک به صورت دو سوم خاک مزرعه و یک سوم پرلیت برای هر گلدان آماده گردید. ابتدا خاک هر گلدان روی پلاستیک پهن شد و غلظت های مورد نظر کادمیوم (به صورت نیترات کادمیوم) در هوای آرام و با استفاده از افشانه به خاک افزوده کاملا مخلوط گردید و سپس به گلدان ها منتقل شد. جهت فراهم کردن تعداد بوته لازم برای آزمایش تعداد گلدان ها سه‌برابر در نظر گرفته شد. در مجموع ۱۸ ترکیب تیماری وجود داشت که در جدول ۳-۳ نشان داده شده است.

جدول ۳-۳ - ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش در بخش گلدانی

عدم محلول پاشی در شرایط عدم کاربرد کادمیوم	$a_1b_1c_1$
عدم محلول پاشی در شرایط عدم کاربرد کادمیوم	$a_1b_1c_2$
یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط عدم کاربرد کادمیوم	$a_1b_2c_1$
دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط عدم کاربرد کادمیوم	$a_1b_2c_2$
یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط عدم کاربرد کادمیوم	$a_1b_3c_1$
دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط عدم کاربرد کادمیوم	$a_1b_3c_2$
عدم محلول پاشی در شرایط غلظت ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم	$a_2b_1c_1$
عدم محلول پاشی در شرایط غلظت ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم	$a_2b_1c_2$
یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط غلظت ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم	$a_2b_2c_1$
دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط غلظت ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم	$a_2b_2c_2$
یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط غلظت ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم	$a_2b_3c_1$
دو بار محلول پاشی باغلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط غلظت ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم	$a_2b_3c_2$
عدم محلول پاشی در شرایط غلظت ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم	$a_3b_1c_1$
عدم محلول پاشی در شرایط غلظت ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم	$a_3b_1c_2$
یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط غلظت ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم	$a_3b_2c_1$
دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط غلظت ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم	$a_3b_2c_2$
یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط غلظت ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم	$a_3b_3c_2$
دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط غلظت ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم	$a_3b_3c_2$

۳-۴-۳- کاشت

عملیات کاشت در بخش مزرعه ای در تاریخ ۶ خرداد ۱۳۸۸ با دست و در عمق ۵ سانتی متری انجام شد. بذر های هر سه رقم سویا (سحر، گرگان ۳ و DPX) چند دقیقه قبل از کاشت به باکتری همزیست با سویا[1] آغشته شدند. در هر کرت آزمایشی ۶ خط کاشت به طول ۲/۵ متر قرار داشت . فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی متر و فاصله بین بوته ها روی ردیف ۵ سانتی متر بود دو خط کناری به عنوان حاشیه و ۴ خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد.

در بخش گلدانی در تاریخ ۲ مرداد ۱۳۸۸، تعداد ۱۰ بذر از رقم سحر پس از آغشته شدن به باکتری به صورت دستی و در عمق ۱/۵ سانتی متری در هر گلدان کشت شد. پس از سبز شدن و استقرار کامل بوته ها جهت دستیابی به تراکم مطلوب (۴۰ بوته در متر مربع) تعداد ۵ بوته در هر گلدان حفظ گردید. گلدان ها تا فرا رسیدن سرما در پاییز در محیط باز قرار داده شدند و پس از آن تا رسیدگی فیزیولوژیک به گلخانه منتقل شدند.

۳-۴-۴- داشت

در بخش مزرعه ای آبیاری به صورت جوی و پشته ای انجام شد. تا زمان سبز شدن آبیاری به صورت هفتگی و سپس هر ۱۰ روز یک بار صورت گرفت. مقادیر آب مصرفی برای تمام تیمارها یکسان بود. طی دوران داشت، دو بار وجین کامل علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد.

در بخش گلدانی نیز آبیاری به صورت دستی و هر دو روز یک بار انجام شد. علف های هرز رشد یافته در داخل گلدان ها به صورت دستی برداشته شدند.

۳-۴-۵- اعمال تیمارها

در بخش گلدانی، غلظت های مختلف کادمیوم شامل صفر، ۱۰ و ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک قبل از کاشت و به طور یکنواخت در خاک هر گلدان اعمال شدند. پس از استقرار بوته ها در هر دو بخش گلدانی و مزرعه ای اقدام به اعمال تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک گردید . تیمار اسید

[1]- *Bradyrhizobium japonicum*

سالیسیلیک در مزرعه حدود ۳۰ و ۶۰ روز پس از کاشت به عنوان نخستین و دومین مرحله محلول پاشی و در بخش گلدانی۷۲ و ۱۰۲روز پس از کاشت اعمال گردید برای این منظور غلظت های ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار از اسید سالیسیلیک تهیه و در زمان های مذکور روی گیاه محلول پاشی شد. محلول پاشی ها در ابتدای صبح و در هوای صاف و ملایم انجام شد. طوری که برگ های گیاه کاملاً خیس شوند. به منظور بهبود جذب برگی اسید سالیسیلیک، از تریتونX100 با غلظت ۰/۰۱ درصد به عنوان روکنشگر[1] استفاده گردید. همچنین به منظور جلوگیری از پاشیده شدن اسید سالیسیلیک روی زمین، سطح خاک با پلاستیک پوشانده شد.

۳-۴-۶- برداشت

رسیدگی ارقام کاشته شده در مزرعه متفاوت بود، لذا عمل برداشت در زمان های متفاوت انجام گرفت. رقم زودرس DPX در تاریخ ۲۵ آبان ۱۳۸۸برداشت گردید. با توجه به سرد شدن هوا و احتمال بروز خطر سرمازدگی، روی کرت های مربوط به دو رقم دیگر با پلاستیک پوشانیده شد. ارقام سحر و گرگان ۳ در تاریخ ۳ دی ۱۳۸۸ برداشت گردیدند. برداشت رقم سحر در بخش گلدانی نیز در تاریخ۴ دی ۱۳۸۸ انجام شد.

۳-۵- صفات زراعی و مرفولوژیک در بخش مزرعه ای

۳-۵-۱- ارتفاع بوته

به هنگام برداشت، تعداد ۵ بوته از هرکرت پس از در نظر گرفتن حاشیه، انتخاب و اقدام به اندازه گیری ارتفاع بوته به وسیله متر و بر حسب سانتی متر گردید. سپس از ارتفاع این بوته ها میانگین گرفته شد و عدد نهایی ثبت گردید.

۳-۵-۲- تعداد شاخه فرعی

تعداد شاخه های فرعی نیز در ۵ بوته انتخابی مورد شمارش قرار گرفته و میانگین گیری شدند.

[1] -Surfactant

۳-۵-۳- عملکرد و اجزای عملکرد

از هر کرت آزمایشی تعداد ۲۰ بوته با در نظر گرفتن حاشیه و به منظور تعیین عملکرد نهایی برداشت گردید. مساحت اشغال شده توسط این ۲۰ بوته محاسبه و عملکرد نهایی برحسب متر مربع برآورد گردید.

اجزای عملکرد در یک گیاه زراعی مؤلفه های میزان تولید نهایی گیاه می باشند و در هر گیاه زراعی دارای اجزای خاص خود است. اجزای عملکرد در گیاه سویا شامل تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در هر غلاف و وزن هزار دانه می باشند که در ۲۰ بوته برداشت شده اندازه گیری شدند.

۳-۶- صفات فیزیولوژیک در بخش مزرعه ای

۳-۶-۱- کلروفیل

اندازه گیری کلروفیل برگ از ۳۹ روز پس از کاشت آغاز و هر هفته تا نزدیک زمان برداشت (۱۳ هفته) انجام شد. در هر کرت تعداد ۳ بوته متوالی در هر خط به عنوان معیار کرت علامت گذاری و اندازه گیری ها تا پایان روی این بوته ها انجام شد . در هر اندازه گیری تعداد سه برگ (بالا، وسط و پائین کانوپی) از هر بوته انتخاب شده و کلروفیل آن توسط دستگاه SPAD502 تعیین و میانگین آنها محاسبه گردید. در نهایت میانگین کلروفیل ۳ بوته در هر کرت بر حسب واحد SPAD (هیسکوکس و ایسرالیستام، ۱۹۷۸) برای محاسبات استفاده شد.

۳-۶-۲- سنجش درصد و عملکرد روغن بذر

روغن موجود در بذر در هر دو بخش گلدانی و مزرعه ای با استفاده از دستگاه سوکسله تعیین گردید. برای این منظور نمونه ها از قبل به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۸ درجه سانتی گراد قرار گرفتند و سپس پودر شدند . مقدار ۳ گرم از هر نمونه در کاغذ صافی پیچیده شده و داخل اکسترکتور دستگاه قرار داده شد . بالن ها به مدت ۲ تا ۳ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد داخل آون خشک شدند . سپس به دسیکاتور منتقل و پس از هم دما شدن با محیط توزین شدند و

روی صفحه گرم کننده[1] دستگاه قرار گرفتند. داخل بالن ها با مقدار مشخصی پترولیوم اتر به عنوان حلال آلی پر شد. اکسترکتور روی دهانه بالن قرار گرفت و سپس مبردروی اکسترکتور قرار داده شد دستگاه با کلید اصلی روشن و دما برای همه نمونه ها روی۶۰ درجه سانتی گراد تنظیم گردید فرآیند استخراج ۸ ساعت به طول انجامید. پس از این مدت، دستگاه خاموش و حلال جمع شده در داخل اکسترکتور از طریق شیر مخصوص تخلیه خارج گردید. بالن ها به زیر هود منتقل شدند تا باقیمانده اتر از بین برود. آنها را به آون منتقل کرده و به مدت ۱ ساعت با دمای ۷۰ و سپس به مدت ۱/۵ ساعت با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شدند. بالن ها به دسیکاتور منتقل و بعد از سرد شدن توزین گردیدند. برای محاسبه درصد روغن موجود در نمونه ها از رابطه ۳-۱ استفاده گردید.

(رابطه ۳-۱) ۱۰۰ × (وزن نمونه / وزن اولیه بالن - وزن ثانویه بالن) = درصد روغن موجود در نمونه

برای محاسبه عملکرد روغن بذر از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن بذر استفاده گردید.

۳-۶-۳- سنجش درصد و عملکرد پروتئین بذر

مقدار نیتروژن موجود در بذر پس از برداشت در هر دو بخش گلدانی و مزرعه ای به روش کجلدال[2] تعیین گردید. برای مرحله هضم کجلدال از اجاق هضم کننده Digester 2040 از شرکت Foss tecator و برای مراحل تقطیر و تیتراسیون از دستگاه تمام خودکار Kjeltec Analysis Unit 2300 از همان شرکت استفاده گردید. برای انجام عمل هضم مقدار ۱ گرم از نمونه بذر پودر شده را درون فلاسک های شیشه ای مخصوص کجلدال ریخته و یک عدد قرص کاتالیزور شامل ۱/۵ گرم سولفات پتاسیم و ۰/۱۵گرم سولفات مس به هر فلاسک اضافه گردید. سپس به هر فلاسک ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۹۸٪ افزوده شد و فلاسک ها درون اجاق مخصوص قرار داده شدند. دمای اجاق به آرامی و هر بار ۴۰ درجه سانتی گراد افزایش یافت تا به دمای ۳۸۰ درجه سانتی گراد رسید. این شیوه برای جلوگیری از جوشش و کف کردن مواد درون فلاسک ها بسیار موثر بود. پایان عمل هضم پس از ۲ تا ۲/۵ ساعت و با تبدیل محلول سیاهرنگ درون فلاسک ها به محلولی نسبتا زلال به رنگ

[1]-Hot plate
[2]- kjeldahl

سبز بسیار کمرنگ مشخص می شد. مقدار نیتروژن نمونه ها پس از سرد شدن در دمای آزمایشگا ه توسط دستگاه کجلدال سنجیده شد. دستگاه دارای سه مخزن آب مقطر، سود سوز آور۴۰ درصد و محلول دریافت کننده بود. محلول دریافت کننده از ترکیب ۱۰۰ میلی لیتر برومو کروزول سبز (۰/۱ گرم برومو کروزول سبز در ۱۰۰ میلی لیتر الکل)، ۷۰ میلی لیتر متیل قرمز (۰/۱ میلی گرم متیل قرمز در ۱۰۰ میلی لیتر الکل) و ۱۰ لیتر اسید بوریک ۱ درصد تشکیل شده بود.

پس از قرارگیری فلاسک ها در دستگاه به ترتیب ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی لیتر سود سوز آور ۴۰ درصد به نمونه اضافه شده و با فشار بخار آب عمل تقطیر انجام گرفت طی مرحله تقطیر نیتروژن موجود در نمونه به صورت گاز آمونیاک متصاعد شده و رنگ محلول حاوی نمونه به قهوه ای سوخته تبدیل می گردد. گاز آمونیاک حاصل به ظرفی حاوی محلول دریافت کننده منتقل شده و به همراه اسید بوریک، بورات آمونیوم را تشکیل می دهد که معرف های موجود در محلول دریافت کننده آن را به صورت رنگ سبز نمایان می سازند عمل تیتراسیون نیز توسط دستگاه صورت گرفت طی این عمل بورات آمونیوم حاصل در محلول دریافت کننده توسط مقدار کافی از محلول تیتریزول اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال و تا رسیدن به رنگ ارغوانی تیره تیتر شد. مقدار نیتروژن موجود در نمونه بر اساس مقدار اسید کلریدریک مصرف شده در تیتراسیون توسط دستگاه مشخص گردید. از رابطه ۳-۲ به منظور تبدیل مقدار اسید کلریدریک ۰/۱ مولار مصرف شده در تیتراسیون به نیتروژن نمونه ذکر شده است.

درصد نیتروژن نمونه = (A × ۰/۱۴) / وزن نمونه (گرم) (رابطه ۳-۲)

در این رابطه A حجم اسید کلریدریک ۰/۱ مولار مصرفی بر حسب میلی لیتر می باشد. برای تبدیل درصد نیتروژن به درصد پروتئین از رابطه ۳-۳ استفاده گردید.

درصد پروتئین نمونه = درصد نیتروژن × ضریب تبدیل نیتروژن (رابطه۳-۳)

ضریب تبدیل پروتئین برای سویا ۶/۲۵ می باشد. برای محاسبه عملکرد پروتئین بذر از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین بذر استفاده گردید.

۳-۷- صفات زراعی و مرفولوژیک در بخش گلدانی

۳-۷-۱- ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی

این صفات همانند بخش مزرعه ای روی ۵ بوته انتخاب شده از هر ترکیب تیماری در هر تکرار اندازه گیری گردید.

۳-۷-۲- میانگین طول ساقه های فرعی در بوته

در بوته هایی که جهت اندازه گیری ارتفاع بوته انتخاب شده بودند، میانگین طول ساقه های فرعی با متر و بر حسب سانتی متر اندازه گیری شد.

۳-۷-۳- عملکرد و اجزای عملکرد

تعداد ۱۰ بوته از هر ترکیب تیماری در هر تکرار به منظور تعیین میزان عملکرد و اجزای عملکرد برداشت گردید و از آنجایی که تعداد غلاف های حاصل و در نتیجه میزان دانه به دست آمده در هر گلدان کم بود، عملکرد نهایی بر حسب گرم در متر مربع محاسبه شد.

۳-۷-۴- وزن خشک ریشه

پس از برداشت غلاف ها از گلدان ها، ریشه های مربوط به ۵ بوته در هر ترکیب تیماری از هر تکرار (یک گلدان) بعد از شستشو به آزمایشگاه منتقل شده و به مدت۷۲ ساعت در آون با حرارت۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. سپس نمونه ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ توزین شدند.

۳-۸- صفات فیزیولوژیک در بخش گلدانی

۳-۸-۱- کلروفیل

اندازه گیری کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه SPAD502 از ۸۶ روز پس از کاشت (حدود ۲ هفته پس از اولین محلول پاشی) آغاز و برای ۴ هفته متوالی ادامه یافت.

۳-۸-۲- سنجش درصد و عملکرد روغن و پروتئین بذر

در بخش گلدانی نیز روغن و پروتئین بذر به همان روش بخش مزرعه ای اندازه گیری گردید.

۳-۸-۳- سنجش میزان کادمیوم موجود در برگ

پس از گذشت دو هفته از محلول پاشی دوم، نمونه برداری برگی برای اندازه گیری مقدار کادمیوم ذخیره شده در برگ صورت گرفت. برای این منظور از دستگاه ICP[1] (مدل GBC Integra XL sequential ساخت کشور استرالیا) استفاده گردید. ICP یا طیف سنجی 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 محیطی مغناطیسی در مسیر های 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 یابدنمونه از میان یک مجرای باریک مکنده به وسیله جریان آرگون در پلاسما پخش و سپس انرژی الکترون ها و یون ها به نمونه منتقل و باعث اتمی شدن و برانگیختگی آن می شود. به این ترتیب پرتو هایی 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 قسمت در 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 شده و مجددا به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد قرار داده شد. این مرحله دو بار تکرار شد. در مرحله بعد ۲ میلی لیتر آب مقطر دو بار تقطیر و ۳ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳۰٪ به محلول اضافه شد و به مدت۵ الی ۶ دقیقه در همان دمای ۹۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت. پس از گذشت مدت زمان لازم مجددا یک میلی لیتر

[1]- Inductively Coupled Plasma

آب اکسیژنه ۳۰٪ افزوده شد و محلول به مدت ۳ الی ۴ دقیقه در ۹۵ درجه سانتی گرادقرار گرفت. در مرحله آخر، ۵ میلی لیتر کلریدریک اسید و ۱۵ میلی لیتر 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 میلی لیتری، با آب دو بار تقطیر به حجم رسانیده شد. محلول آماده شده، برای قرائت توسط دستگاه ICP توسط دستگاه پمپ خلا[۱] و کاغذ سلولز استات ۰/۰۲ (کاغذ صافی مخصوصICP) صاف شد.

۳-۸-۴- مقدار نسبی آب برگ[۲]

مقدار نسبی آب برگ ۲ روز پس از دومین محلول پاشی (۹۸ روز پس از کاشت) برحسب درصد اندازه گیری شد. برای این منظور از هر ترکیب تیماری۳ بوته به طور تصادفی انتخاب شد و از هر بوته یک برگ کاملاً گسترده و رشد یافته قطع گردید . هر یک از ۳ بوته انتخاب شده بهعنوان یک واحد نمونه‌گیری در نظر گرفته شد و هر کدام در یک پوشش پلاستیکی داخل فلاسک یخ به آزمایشگاه منتقل و با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ وزن شدند (وزن تر) و سپس به مدت ۲۴ ساعت (حبیبی، ۱۳۷۲) در آب مقطر و در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار داده شدند (کرامر، ۱۹۸۳). سپس آب روی آنها با کاغذ صافی خشک شد و مجدداً وزن شدند (وزن اشباع). پس از آن به مدت۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده شده و سپس وزن شدند (وزن خشک). محاسبه مقدار نسبی آب برگ با استفاده از رابطه زیر صورت گرفت (توحیدلو، ۱۳۷۸).

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

۳-۹- تجزیه و تحلیل داده ها

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTATC و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار EXCEL انجام شد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

---

۱ - Holder

۲ - Relative Leaf Water Content

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- صفات مرفولوژیک سویا در بخش مزرعه ای

۴-۱-۱- ارتفاع بوته

ارتفاع بوته به طور بسیار معنی داری تحت تاثیر رقم و غلظت اسید سالیسیلیک قرار گرفت(جدول پیوست ۱). رقم DPX دارای بیشترین ارتفاع بوته بود که در مقایسه بادو رقم دیگر درگروه متفاوتی از لحاظ آماری قرار گرفت. در اثر افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از سطح صفر تا ۰/۴ و از ۰/۴ تا ۰/۸ میلی مولار، ارتفاع بوته به ترتیب حدود ۷/۴۵ و ۸/۸ سانتی متر کاهش یافت که معنی دار نیز بود (جدول ۴-۱).

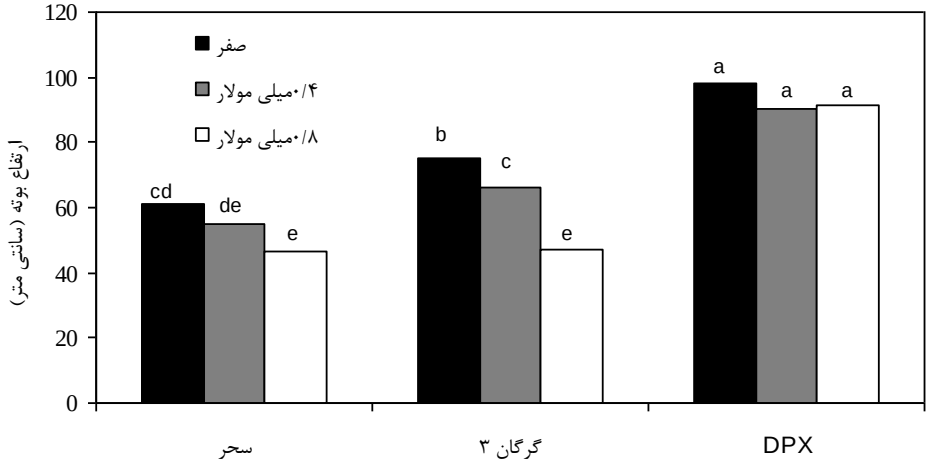
جدول ۴-۱- مقایسه میانگین ارتفاع و تعداد شاخه فرعی بوته تحت تاثیر تیمار های مختلف اسید سالیسیلیک، رقم و دفعات محلول پاشی در بخش مزرعه ای

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد شاخه فرعی در بوته
رقم		
سحر	۵۴/۲۱۷ b	۳/۹۸۳
گرگان۳	۶۲/۸۳۳ b	۳/۹۵۰
DPX	۹۳/۱۷۸ a	۵/۴۸۸
LSD 5%	۱۰/۹۸	۲/۱۵
غلظت اسید سالیسیلیک(میلی مولار)		
صفر	۷۷/۹۸۳ a	۶/۴۲۷ a
۰/۴	۷۰/۵۳۳ b	۳/۹۸۳ b
۰/۸	۶۱/۷۱۱ c	۳/۰۱۱ c
LSD 5%	۵/۱۷	۰/۵۶
دفعات محلول پاشی		
یک بار	۷۰/۴۳۳	۴/۵۶
دو بار	۶۹/۷۱۹	۴/۳۸
LSD 5%	۴/۲۲	۰/۴۶

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

از بین اثرات متقابل، تنها ترکیب تیماری رقم در غلظت اسید سالیسیلیک بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۱). بلند ترین بوته ها به ارتفاع ۹۰ تا ۱۰۰ سانتی متر مربوط به رقم DPX در هر سه سطح اسید سالیسیلیک بودند و کوتاه ترین بوته ها به ارتفاع حدود۴۵

سانتی متر در بین ارقام سحر و گرگان ۳ محلول پاشی شده با بیشترین غلظت اسید سالیسیلیک مشاهده گردیدند (شکل ۴-۱). در مجموع در شکل ۴-۱ مشاهده می گردد که کاربرد اسید سالیسیلیک در هر سه رقم و افزایش غلظت اسید سالیسیلیک محلول پاشی شده در دو رقم سحر و گرگان ۳ منجر به کوتاه شدن ساقه اصلی گیاهان گردید. اختلاف بین ترکیبات تیماری در دو رقم مذکور به ویژه گرگان ۳ از لحاظ آماری معنی دار بود. اسید سالیسیلیک به صورت طبیعی در گیاهان وجود دارد. به طور کلی گیاهانی که رشد رویشی بیشتری دارند در مقابل تنش های محیطی آسیب پذیرتر می باشند. اسید سالیسیلیک درون زاد[1] به عنوان یکی از تنظیم کننده های رشد گیاه مطرح است که به هنگام مواجهه گیاه با شرایط تنش، به تخفیف اثرات مخرب ناشی از تنش کمک می نماید شاید بتوان گفت محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در گیاه حالتی پیشگیرانه در مقابل تنش های احتمالی ایجاد کرده است. به طوری که احتمالا گیاه با کاهش رشد طولی هزینه انرژی خ ود را کم کرده است.



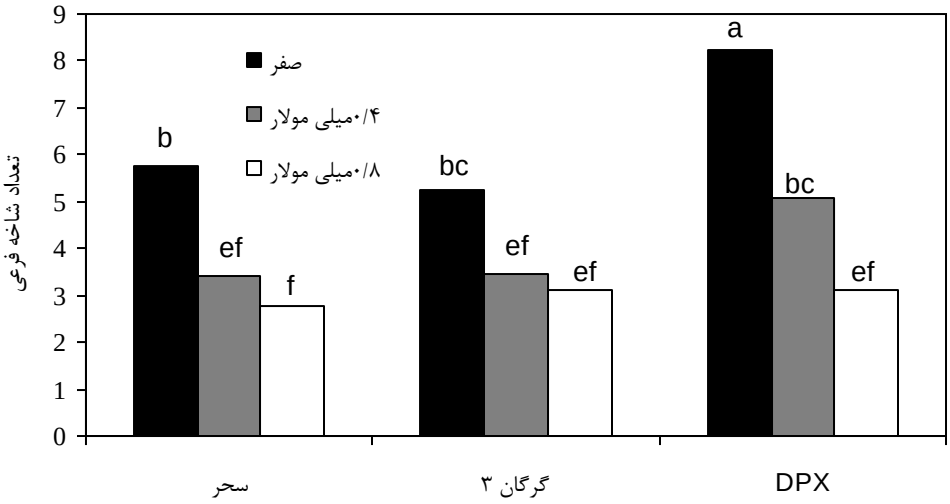
شکل ۴-۱- مقایسه ارتفاع بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام و غلظت های اسید سالیسیلیک در شرایط مزرعه ای

1 -Endogenous

۴-۱-۲- تعداد شاخه فرعی

اثر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک بر تعداد شاخه فرعی در بوته در سطح ۱ درصد معنی دار شد، ولی تعداد دفعات محلول پاشی اثر معنی داری بر این صفت نداشت (جدول پیوست ۱). دو غلظت ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد به طور معنی داری موجب کاهش تعداد شاخه فرعی در بوته به ترتیب معادل ۲/۴ و ۳/۴ شاخه گردیدند (جدول ۴-۱).

با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل رقم در غلظت اسید سالیسیلیک (جدول پیوست ۱) مقایسه ای بین این ترکیبات انجام گردید که در شکل ۴-۲ نشان داده شده است. محلول پاشی اسید سالیسیلیک در هر سه رقم موجب کاهش چشمگیر و معنی دار در تعداد شاخه فرعی بوته گردید . کاهش این صفت در اثر افزایش غلظت از سطح ۰/۴ به ۰/۸ میلی مولار تنها در رقم DPX معنی دار بود. در مجموع بیشترین تاثیر پذیری از محلول پاشی با اسید سالیسیلیک مربوط به رقم DPX بود، چرا که این رقم در شرایط عادی به طور متوسط حدود ۸ شاخه فرعی در بوته تولید کرد که از لحاظ آماری برتر بود. محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار به طور قابل توجهی تعداد شاخه فرعی را در بوته های این رقم کاهش داد. تاثیر منفی بالاترین غلظت اسید سالیسیلیک روی این رقم به حدی بود که تعداد شاخه فرعی آن برابر با دو رقم دیگر در پایین ترین سطح آماری قرار گرفت. همانطور که در مورد ارتفاع بوته ذکر کردیم، احتمالا در این صفت هم گیاه عکس العمل مشابهی نشان داده است.

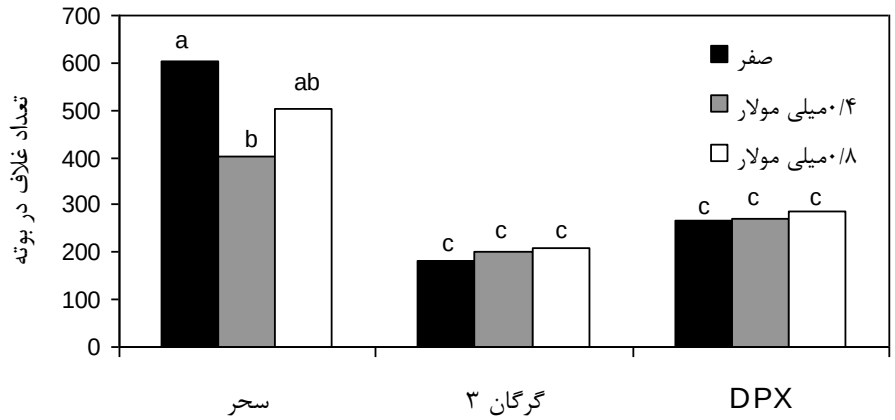


شکل ۴-۲- مقایسه تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام و غلظت های اسید سالیسیلیک در شرایط مزرعه ای

۴-۱-۳- اجزای عملکرد

تعداد غلاف در هر بوته تحت تاثیر رقم ($p < ۰/۰۱$) و اثر متقابل رقم در غلظت اسید سالیسیلیک ($p < ۰/۰۵$) قرار گرفت (جدول پیوست ۲). همانطور که در شکل۴-۳ ملاحظه می گردد بیشترین تعداد غلاف در بوته از رقم سحر در شرایط عدم محلول پاشی اسید سالیسیلیک و کمترین تعداد از رقم گرگان ۳ در شرایط عدم محلول پاشی اسید سالیسیلیک حاصل شداگرچه تفاوت معنی داری بین ترکیبات تیماری حاصل از دو رقم گرگان ۳ و DPX با سطوح اسید سالیسیلیک دیده نشد ولی افزایش بسیار جزئی در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک و افزایش غلظت آن در تعداد غلاف موجود در بوته مشاهده شد. به گونه ای که از سطح صفر تا ۰/۴ میلی مولار و از ۰/۴ تا ۰/۸ میلی مولار، تعداد غلاف در بوته به ترتیب معادل ۲۱/۱۶ و ۶/۳۴ عدد در رقم گرگان ۳ و ۴/۸۳ و ۱۷/۳۴ عدد در رقم DPX بیشتر شد. در رقم سحر محلول پاشی اسید سالیسیلیک سبب کاهش تعداد غلاف د ر بوته

نسبت به شاهد گردید. شدت این کاهش در اثر محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار (۱۹۸/۱۷ غلاف در بوته) بیشتر از شدت کاهش در اثر محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار (۹۷/۱۷) بود.



شکل ۴-۳- مقایسه تعداد غلاف در بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام سویا و غلظت های اسید سالیسیلیک در شرایط مزرعه ای

اثر هیچ یک از منابع تغییر بر تعداد دانه در غلاف معنی دار نشد(جدول پیوست ۲). با این وجود مقایسه بین غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک حاکی از افزایش ۶/۷ درصدی تعداد دانه در غلاف در غلظت ۰/۸ میلی مولار نسبت به غلظت صفر بود (جدول ۴-۲).

وزن هزار دانه نیز به طور معنی داری($p < ۰/۰۵$) تحت تاثیر رقم قرار گرفت(جدول پیوست ۶). به طوری که وزن هزار دانه در رقم DPX حدود ۱/۸ برابر نسبت به دو رقم دیگر بیشتر بود و در گروه متفاوتی به لحاظ آماری قرار گرفت (جدول ۴-۲). تعداد دفعات محلول پاشی اثر معنی داری بر این صفت نداشت (جدول پیوست ۲). با این وجود همان طور که در جدول ۴-۲ ملاحظه می گردد، تکرار محلول پاشی وزن هزار دانه را حدود ۱۰ گرم بهبود بخشید. در مطالعه ای که توسط مجد و همکاران (۱۳۸۵) روی دو رقم نخود (رقم های هاشم و بیونیچ) انجام شد، مشخص گردید محلول پاشی گیاه نخود با غلظت های ۰/۱ و ۰/۷ میلی مولار اسید سالیسیلیک تاثیر مطلوبی بر عملکرد بوته و اجزاء آن در هر دو رقم داشته است . در مجموع غلظت ۰/۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک به طور معنی داری وزن صد دانه و عملکرد بوته را در هر دو رقم نسبت به گیاهان شاهد افزایش داد.

جدول ۴-۲ - مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در شرایط مزرعه ای

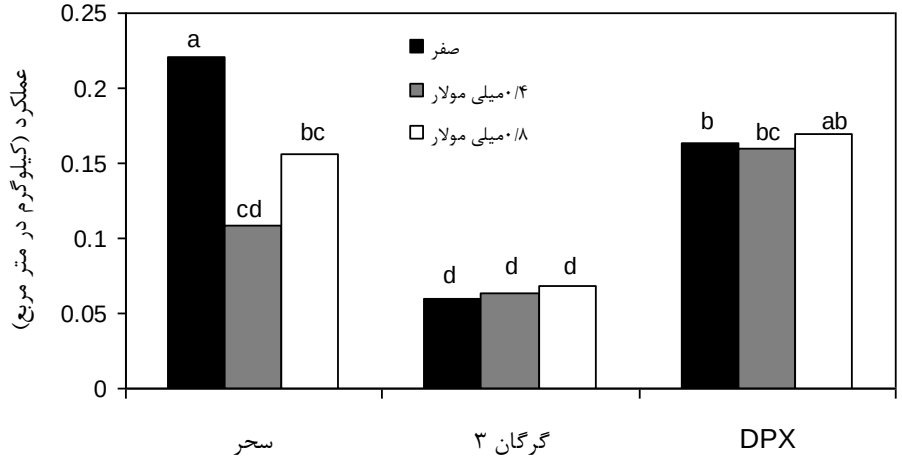
تیمار		تعداد غلاف در بوته	متوسط تعداد دانه در هر غلاف	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد (کیلوگرم در متر مربع)
رقم					
	سحر	۵۰۳/۰۶ a	۲/۰۹۷	۶۱/۸۲۴ b	۰/۱۶ ab
	گرگان۳	۲۷۴/۳۳ b	۱/۹۷۷	۶۰/۱۷۲ b	۰/۰۶ b
	DPX	۱۹۷/۷۲ b	۲/۰۹۷	107/ 822 a	۰/۱۶ a
LSD 5%		۱۹۱/۷	۰/۲۵۴	۲۶/۴۱	۰/۰۹۸
غلظت اسید سالیسیلیک	(میلی مولار)				
	صفر	۳۴۹/۴۴	۱/۹۷۷	۸۲/۲۰۷	۰/۱۴
	۰/۴	۲۹۲/۰۶	۲/۰۱	۷۱/۲۸۷	۰/۱۱
	۰/۸	۳۳۳/۶۱	۲/۱۱	۷۶/۳۲۴	۰/۱۳
LSD 5%		۶۲/۴۹	۵۱/۰۲	۱۳/۷۰۱	۰/۰۳۲
دفعات محلول پاشی					
	یک بار	۲/۰۳	۲/۰۳	۷۱/۵۹۳	۰/۱۲۷
	دو بار	۲/۰۴	۲/۰۴	۸۱/۶۱۹	۰/۱۳۲
LSD 5%		۰/۲۲	۰/۱۸	۱۱/۱۸۷	۰/۰۲۶

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

۴-۱-۴- عملکرد

اختلاف عملکرد بین ارقام مورد مطالعه بسیار معنی دار بود (جدول پیوست ۲). از میان اثرات متقابل نیز تنها اثر متقابل رقم در غلظت اسید سالیسیلیک در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۲). همان طور که در شکل ۴-۴ مشاهده می گردد رقم گرگان ۳ در هر سه سطح اسید سالیسیلیک عملکرد بسیار پائینی تولید نمود. این افت عملکرد از لحاظ آماری نسبت به دو رقم دیگر معنی دار بود. این نتیجه در جدول ۴-۲ نیز قابل مشاهده است. بین دو رقم سحر و DPX از لحاظ میانگین عملکرد تولیدی اختلاف چندانی وجود نداشت (جدول ۴-۲). ولی در مقایسه بین ترکیبات تیماری بیشترین میزان عملکرد از رقم سحر (۰/۲۲ کیلوگرم در متر مربع) در شرایط عدم محلول پاشی با اسید سالیسیلیک به دست آمد. هماهنگ با نتایج به دست آمده برای تعداد غلاف در بوته (شکل ۴-۳)، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت سبب افت شدید عملکرد در رقم

سحر گردید. این میزان کاهش در غلظت ۰/۴ میلی مولار به حدود ۶۰ درصد نسبت به غلظت صفر رسید. دو رقم گرگان ۳ و DPX واکنش قابل توجه و معنی داری به اسید سالیسیلیک نشان ندادند و عملکرد آنها از سطح صفر تا ۰/۸ میلی مولار به مقدار بسیار جزئی بهبود یافت (شکل ۴-۴).



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین عملکرد تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام و غلظت های اسید سالیسیلیک در شرایط مزرعه ای

۴-۲- صفات فیزیولوژیک سویا در بخش مزرعه ای

۴-۲-۱- کلروفیل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفت کلروفیل برگ در ۱۳ اندازه گیری انجام شده در مزرعه در جدول پیوست ۳ آورده شده است. تاثیر رقم در تمام اندازه گیری ها در سطح احتمال۱ درصد معنی دار شد. غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک به جز۳۹، ۷۴ و ۸۱ روز پس از کاشت در سایر زمان ها اثر معنی داری بر کلروفیل برگ داشتند. اثر تعداد دفعات محلول پاشی بر این صفت در کمتر از نیمی از اندازه گیری های انجام شده معنی دار گردید . میانگین های مربوط به اثرات اصلی ذکر شده در جدول پیوست ۴ نشان داده شده است.

در شکل های ۴-۵، ۴-۶ و ۴-۷ نیز روند تغییرات کلروفیل برگ طی فصل رشد بین تیمارهای مختلف مورد مطالعه مقایسه شده است. در هر سه شکل در بازه اندازه گیری های انجام شده با

گذشت فصل رشد روند نزولی در مقدار کلروفیل برگ مشاهده شد که البته بین تیمارهای مختلف تفاوت هایی وجود داشت. به عنوان مثال از بین ارقام مورد مطالعه، رقم سحر در کل فصل رشد بیشترین مقدار کلروفیل را داشت و در عین حال دارای کمترین نوسان از لحاظ این صفت بود. مقدار کلروفیل برگ در رقم گرگان ۳ از ۷۴ روز پس از کاشت در سطح پایین تری نسبت به دو رقم دیگر قرار گرفت (شکل ۴-۵).

در شکل ۴-۶ مشاهده می گردد که تا حدود ۶۰ روز پس از کاشت محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک تاثیر افزایشی قابل توجهی بر کلروفیل برگ داشت . در حالی که در همین محدوده زمانی غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک تفاوت چشمگیری با شاهد نداشت. از این زمان به بعد تفاوت بین غلظت های مورد مطالعه چندان قابل توجه نبود. در کل فصل رشد تکرار محلول پاشی تاثیر منفی بر کلروفیل برگ داشت (شکل ۴-۷).

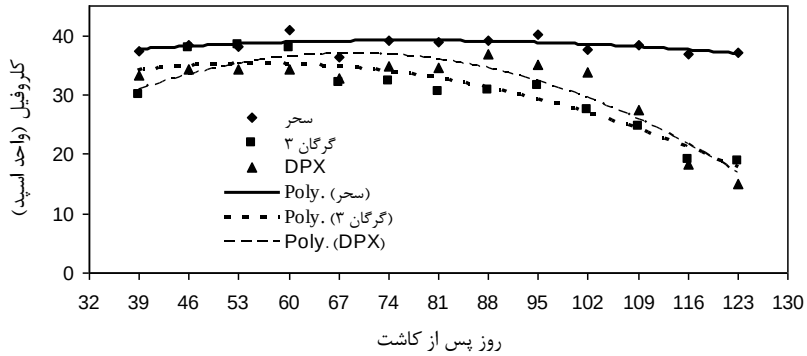
از بین اثرات متقابل، اثر متقابل رقم در غلظت اسید سالیسیلیک از ۵۳ روز پس از کاشت به بعد و اثر متقابل دفعات محلول پاشی در غلظت اسید سالیسیلیک در تمام اندازه گیری ها به جز اندازه گیری های دوم، سوم و چهارم معنی دار بودند . دو اثر متقابل دیگر نیز در تعدادی از اندازه گیری ها معنی دار شدند (جدول پیوست ۳). در جدول ۴-۳ میانگین اثرات متقابل دو جانبه رقم در غلظت های اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی در غلظت های اسید سالیسیلیک مشاهده می گردد. تا ۶۰ روز پس از کاشت بالاترین مقادیر کلروفیل از برگ بوته های سحر و گرگان۳ محلول پاشی شده با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک به دست آمد. از ۶۷ تا ۱۰۲ روز پس از کاشت باز هم در رقم سحر بالاترین میزان کلروفیل مربوط به غلظت ۰/۴ بود ولی در رقم گرگان ۳ افزایش غلظت تا ۰/۸ میلی مولار منجر به افزایش در میزان کلروفیل گردید از ابتدای اندازه گیری تا۱۰۲ روز پس از کاشت محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۸ میلی مولار اثر منفی بر کلروفیل برگ در رقم سحر داشت. رقم DPX نیز در کل رفتار متفاوتی نشان داد. به طوری که کلروفیل برگ این رقم تنها تا۶۰ روز پس از کاشت در اثر محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بهبود یافت. پس از آن تا ۱۰۹ روز پس از

کاشت کلوبرد این ماده و افزایش غلظت آن سبب کاهش قابل توجه در مقدار کلروفیل برگ گردیددر آخرین اندازه گیری (۱۲۳ روز پس از کاشت) بیشترین مقادیر کلروفیل در رقم گرگان ۳ در غلظت ۰/۴ میلی مولار و در ارقام سحر و DPX در غلظت ۰/۸ میلی مولار مشاهده شد. یعنی در این غلظت ها دوام سطح برگ در ارقام مذکور بیشتر شد که می تواند در صورت عدم مواجهه با سرمای آخر فصل در پر شدن دانه ها مفید باشد.

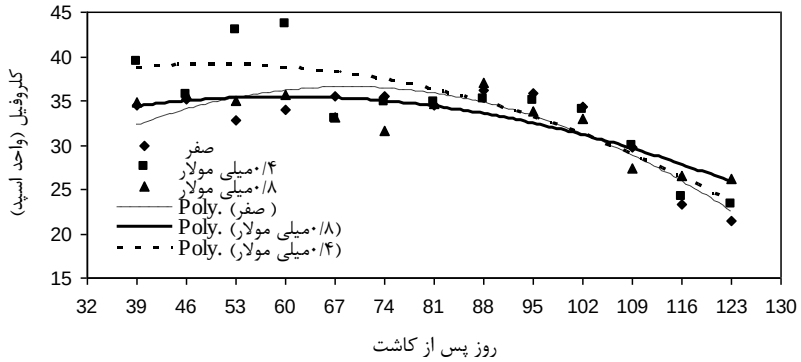
بررسی اثر متقابل دفعات و غلظت محلول پاشی با اسید سالیسیلیک نشان داد که یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ اثر منفی بر مقدار کلروفیل برگ داشت در حالی که یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار موجب افزایش کلروفیل برگ تقریبا در تمام فصل رشد گردیداثر منفی ناشی از تکرار محلول پاشی در هر دو غلظت تا ۶۰ روز پس از کاشت دیده شد. پس از آن کلروفیل برگ در گیاهان دو بار محلول پاشی شده در برخی اندازه گیری ها در غلظت ۰/۴ و در برخی دیگر در غلظت ۰/۸ میلی مولار بیشتر بود.

جدول ۴-۳- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ (واحد اسپد) تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام سویا و غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک همچنین دفعات محلول پاشی و غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک در اندازه گیری های مختلف

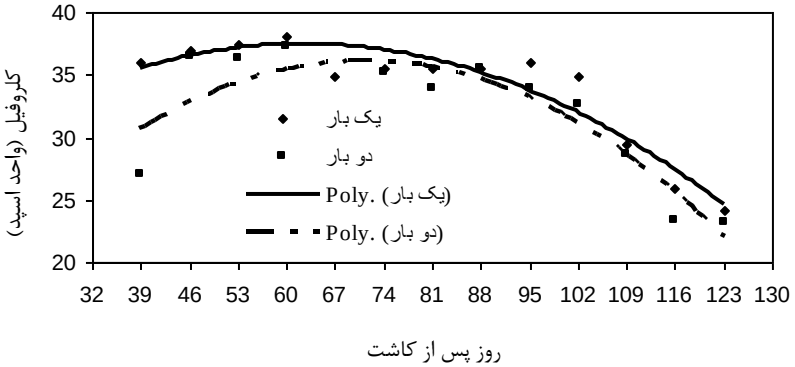
ترکیب تیماری		۳۹	۴۶	۵۳	۶۰	۶۷	۷۴	۸۱	۸۸	۹۵	۱۰۲	۱۰۹	۱۱۶	۱۲۳ روز پس از کاشت
رقم	غلظت اسید سالیسیلیک													
سحر	صفر	۳۶/۴۲	۳۷/۷۷	۳۵/۶۱	۳۸/۵۵	۳۷/۶	۳۹/۵۶	۳۸/۵۱	۳۹/۳۶	۴۰/۶۷	۴۰/۴۷	۳۴/۷۸	۳۷/۷۶	۳۷/۳۱
	۰/۴	۴۰/۶۱	۴۰/۴۱	۴۳/۸۹	۴۷/۹۳	۳۶/۳۳	۴۰/۶۲	۳۹/۳	۳۸/۸۸	۴۱/۴۷	۴۰/۵۳	۳۳/۱	۳۶/۰۹	۳۵/۲۷
	۰/۸	۳۴/۹۲	۳۷/۲۸	۳۵/۲	۳۶/۶۳	۳۵/۱۹	۳۶/۹۷	۳۸/۹۱	۳۹/۱۶	۳۸/۳۹	۳۸/۸۸	۳۶/۷	۳۶/۲۲	۳۸/۷۵
گرگان۳	صفر	۳۶/۶۱	۳۴	۲۹/۵۷	۲۹/۶۳	۳۰/۷۳	۳۱/۰۱	۲۸/۹۷	۲۹/۹۸	۲۸/۶۶	۲۵/۹۱	۲۱/۸۳	۱۶/۶۶	۱۵/۲۵
	۰/۴	۴۳/۳۳	۴۳/۹۸	۴۹/۰۳	۴۶/۵۸	۳۰/۷۱	۳۱/۲۹	۳۰/۵۱	۲۹/۸۹	۲۸/۱۳	۲۶/۷۱	۳۰/۰۳	۱۹/۹۶	۲۰/۶۶
	۰/۸	۳۴/۵	۳۵/۹۸	۳۶/۳۱	۳۷/۵۶	۳۵/۰۱	۳۴/۲۲	۳۲/۳۱	۳۲/۲۵	۳۱/۳۵	۲۹/۸۲	۲۲/۴۴	۲۰/۶۶	۲۰/۴۶
DPX	صفر	۳۰/۵۷	۳۳/۴۹	۳۳/۳۸	۳۳/۶۵	۳۸/۲۱	۳۶/۰۰	۳۶/۴۲	۳۹/۳۱	۳۸/۱۸	۳۶/۸۱	۳۲/۵۴	۱۵/۵۴	۱۱/۹۴
	۰/۴	۳۴/۰۶	۳۳/۵۳	۳۵/۸۱	۳۶/۳۳	۳۱/۷۳	۳۲/۶۳	۳۴/۶	۳۶/۹۹	۳۵/۳	۳۴/۵۳	۲۶/۴۵	۱۶/۳۹	۱۳/۹۵
	۰/۸	۳۵/۱۸	۳۴/۰۳	۳۳/۵۱	۳۲/۹۱	۲۸/۷۶	۳۶/۲۳	۳۲/۵۷	۳۳/۹۳	۳۱/۸۴	۳۰/۴	۲۳/۴	۲۲/۹۵	۱۹/۱۹
LSD 5%		۶/۱۰۵	۵/۴۰۷	۴/۵۵۹	۶/۹۱۱	۳/۰۸۴	۱/۸۴۶	۱/۹۹۴	۱/۴۳۰	۱/۸	۱/۳۱۸	۲/۶۸۶	۲/۱۸۱	۳/۳۶۰
دفعات محلول پاشی	غلظت اسید سالیسیلیک													
یک بار	صفر	۳۴/۷۲	۳۴/۹۲	۳۳/۵۳	۳۴/۴۳	۳۶/۴۳	۳۶/۲۳	۳۶/۰۰	۳۶/۳۸	۳۶/۴۶	۳۵/۹۱	۳۰/۷۲	۲۵/۳۶	۲۳/۴۱
	۰/۴	۳۴/۳۵	۳۵/۲۶	۳۲/۱۸	۳۳/۴۵	۳۴/۶	۳۴/۸۱	۳۳/۲۶	۳۶/۰۶	۳۵/۲۱	۳۲/۸۷	۲۸/۷۱	۲۱/۲۸	۱۹/۵۹
	۰/۸	۳۶/۴۸	۳۸/۰۶	۴۲/۰۹	۴۱/۸۲	۳۵/۸۴	۳۵/۱۹	۳۶/۵۷	۳۵/۸۵	۳۷/۰۴	۳۵/۵۲	۳۱/۱۳	۲۵/۷	۲۳/۰۵
دو بار	صفر	۴۲/۱۹	۴۰/۵۵	۴۳/۷۳	۴۵/۴۱	۳۰/۰۱	۳۴/۵	۳۳/۰۴	۳۴/۶۶	۳۲/۸۹	۳۲/۳۳	۲۸/۵۹	۲۲/۵۹	۲۳/۵۴
	۰/۴	۳۶/۹۱	۳۷/۷۴	۳۶/۹	۳۸/۶۴	۳۲/۴۹	۳۵/۱۵	۳۳/۸۷	۳۴/۳۷	۳۴/۳۱	۳۳/۳۵	۲۶/۴۵	۲۶/۸۴	۲۵/۹۵
	۰/۸	۳۲/۸۲	۳۳/۷۸	۳۳/۱۱	۳۲/۷۶	۳۳/۴۸	۳۶/۴۶	۳۵/۳۲	۳۵/۸۶	۳۳/۴۲	۳۲/۷۲	۲۸/۵۸	۲۶/۳۸	۲۶/۳۱
LSD 5%		۴/۹۸۵	۴/۴۱۵	۳/۷۲۲	۵/۶۴۲	۲/۵۱۸	۱/۵۰۷	۱/۶۲۸	۱/۱۶۷	۱/۴۷۰	۱/۰۷۶	۲/۱۹۳	۱/۷۸۰	۲/۷۴۳



شکل ۴-۵- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر ارقام سویای مورد مطالعه



شکل ۴-۶- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک



شکل ۴-۷- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک

در مطالعه ای که توسط خوداری(۲۰۰۴) روی ذرت انجام گرفت‌مشخص شد محلول پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش شاخص های رشد،مقدار رنگیزه و سرعت فتوسنتز می گرددفرید الدین و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش کردند که محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت های پایین تر روی *Brassica juncea*. موجب افزایش معنی دار مقدار کلروفیل می شود.

۴-۲-۲- درصد و عملکرد روغن دانه

از بین منابع تغییر تنها اثر رقم در سطح احتمال ۱ درصد بر درصد روغن دانه معنی دار بود (جدول پیوست ۵). رقم گرگان ۳ با میانگین ۱۵/۹۸ درصد بیشترین میزان روغن دانه را دارا بود که نسبت به ارقام سحر و DPX به ترتیب ۱/۶۴ و ۲/۰۸ درصد بیشتر بود و در گروه آماری متفاوتی قرار گرفت (جدول ۴-۴).اگرچه غلظت های اسید سالیسیلیک تاثیر معنی داریبر روغن دانه نداشتند ولی همان طور که در جدول ۴-۴ ملاحظه می گردد، غلظت ۰/۴ میلی مولار این صفت را به میزان۰/۷۴ درصد بهبود بخشید که البته با افزایش غلظت محلول پاشی دوباره کاهش یافت.

عملکرد روغن دانه از حاصلضرب عملکرد در درصد روغن دانه به دست آمد همانند درصد روغن دانه، تنها اثر رقم در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد روغن دانه معنی دار بود (جدول پیوست ۵). اگرچه درصد روغن دانه در رقم گرگان ۳ بالاتر بود ولی به دلیل عملکرد پائین، میزان عملکرد روغن در واحد سطح در این رقم حدود ۱/۳ کیلوگرم نسبت به دو رقم دیگر کمتر بود که از لحاظ آماری نیز معنی دار بود. محلول پاشی اسید سالیسیلیک نیز علی رغم غیر معنی دار بودن، عملکرد روغن دانه را کاهش داد (جدول ۴-۴).

۴-۲-۳- درصد و عملکرد پروتئین دانه

تاثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک بر درصد پروتئین دانه در سطح ۱ درصد، اثر متقابل رقم در غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک در سطح ۵ درصد و همچنین اثر متقابل رقم و تعداد

دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در سطح ۱ درصد معنی دار شد(جدول پیوست۵). در هر سه رقم محلول پاشی با اسید سالیسیلیک موجب کاهش درصد پروتئین دانه گردید در محلول پاشی رقم گرگان ۳ با غلظت ۰/۸ میلی مولار این کاهش معنی دار بود به طوری که درصد پروتئین دانه در این ترکیب تیماری تنها ۲۱/۸۵ درصد بود که ۶/۵۸ درصد کمتر از عدم محلول پاشی در همین رقم بود. در رقم سحر محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار موجب کاهش ۴/۲۶ درصدی در پروتئین دانه نسبت به شاهد گردید در حالی که غلظت ۰/۸ میلی مولار تنها ۱ درصد میزان پروتئین دانه در رقم سحر را کاهش داد (شکل ۴-۸).

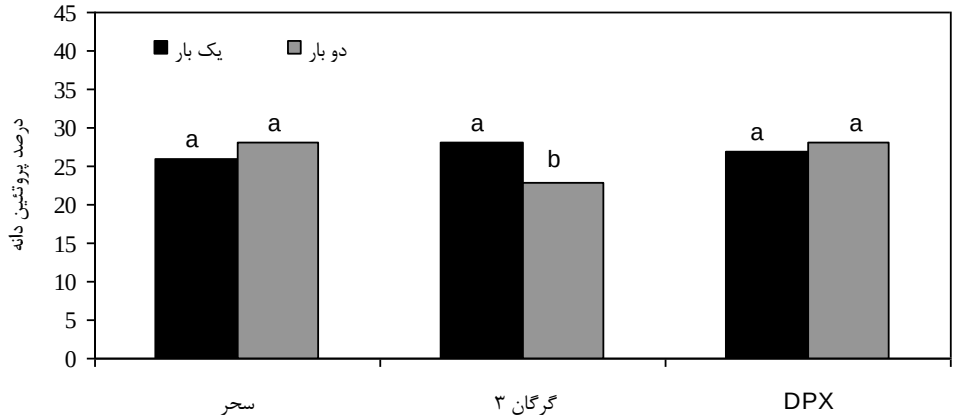
مقایسه اثر متقابل رقم و تعداد دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک نشان داد که کمترین مقدار پروتئین از رقم گرگان ۳ در شرایط دو بار محلول پاشی با اسید سالیسیلیک حاصل شد که در گروه آماری متفاوتی نسبت به سایر ترکیبات تیماری قرار گرفت (شکل ۴-۹).

جدول ۴-۴- مقایسه میانگین درصد و عملکرد روغن و پروتئین بذر تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در شرایط مزرعه ای

تیمار	درصد روغن دانه	عملکرد روغن دانه (کیلوگرم در متر مربع)	درصد پروتئین دانه	عملکرد پروتئین دانه (کیلوگرم در متر مربع)
رقم				
سحر	۱۴/۳۴ b	۲/۳۱ a	۲۷/۰۲	۴/۴۸ a
گرگان۳	۱۵/۹۸ a	۱/۰۲ b	۲۵/۴۸	۱/۵۹ b
DPX	۱۳/۹۰ b	۲/۲۷ a	۲۷/۴۳	۴/۵۷a
LSD 5%	۰/۷۵	۱/۳۲	۱/۷۲	۳/۰۵
غلظت اسید سالیسیلیک(میلی مولار)				
صفر	۱۴/۴۷	۲/۰۶	۲۸/۶۹ a	۴/۳ a
۰/۴	۱۵/۱۴	۱/۶۵	۲۵/۶۳ b	۲/۸۷ ab
۰/۸	۱۴/۶۱	۱/۸۹	۲۵/۶ b	۳/۴۷ b
LSD 5%	۰/۷۳	۰/۴۶	۱/۷۲	۰/۹۴
دفعات محلول پاشی				
یک بار	۱۴/۶۶	۱/۸۲	۲۶/۹۶	۳/۴۵
دو بار	۱۴/۸۲	۱/۹۱	۲۶/۳۳	۳/۶۵
LSD 5%	۰/۶	۰/۳۸	۱/۴	۰/۷۷

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

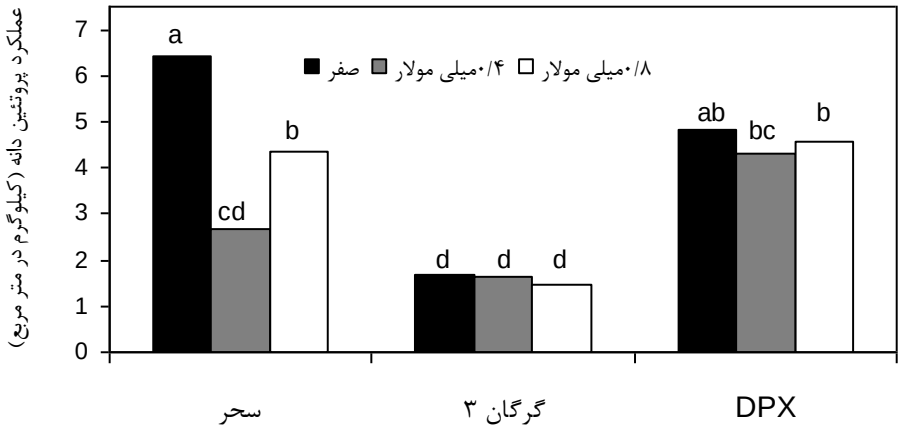
شکل ۴-۸- مقایسه درصد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام و غلظت های اسید سالیسیلیک در شرایط مزرعه ای



شکل ۴-۹- مقایسه درصد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط مزرعه ای

عملکرد پروتئین دانه در شرایط مزرعه ای از حاصلضرب عملکرد در واحد سطح در درصد پروتئین دانه به دست آمد. نتایج نشان داد اثر رقم در سطح ۱ درصد و نیز اثر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک در سطح ۵ درصد بر عملکرد پروتئین دانه معنی دار بود(جدول پیوست ۵). از میان اثرات متقابل، اثر متقابل رقم و غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک در سطح۵ درصد معنی دار بود

(جدول پیوست ۵). در مجموع همانند عملکرد روغن، کمترین عملکرد پروتئین دانه نیز مربوط به رقم گرگان ۳ با میانگین ۱/۵۹ کیلوگرم در متر مربع بود. در این رقم تفاوت معنی داری بین سطوح مختلف اسید سالیسیلیک مشاهده نشد. در رقم سحر محلول پاشی با غلظت ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار موجب کاهش معنی دار به ترتیب معادل ۵۸/۱۹ و ۳۱/۹۸ درصد در این صفت نسبت به شاهد گردید عملکرد پروتئین دانه در رقم DPX نیز در سطح ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک به ترتیب معادل ۱۰/۸۱ و ۴/۵۷ درصد نسبت به شاهد کمتر بود. رقم DPX با میانگین ۴/۵۶ کیلوگرم در متر مربع بیشترین میزان عملکرد پروتئین دانه را دارا بود.



شکل۴-۱۰- مقایسه عملکرد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از ارقام و غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط مزرعه ای

۴-۳- صفات مورفولوژیک سویا در بخش گلدانی

۴-۳-۱- ارتفاع بوته

ارتفاع بوته به طور معنی داری ($p < ۰/۰۱$) تحت تاثیر غلظت های کادمیوم قرار گرفت (جدول پیوست ۶). به طوری که بیشترین ارتفاع بوته در غلظت صفر کادمیوم (۳۰/۵۴ سانتی متر) و کمترین ارتفاع از غلظت ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک (۲۵/۸۸ سانتی متر) به دست آمد و این در حالی بود

که بین غلظت ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک (۲۸/۷۲ سانتی متر) و صفر از نظر آماری تفاوتی مشاهده نشد (جدول۴-۵).

اثر غلظت اسید سالیسیلیک ($p < ۰/۰۱$) و دفعات محلول پاشی ($p < ۰/۰۵$) نیز بر ارتفاع بوته معنی دار شد. کاربرد اسید سالیسیلیک به طور معنی داری ارتفاع بوته را افزایش داد (جدول ۴-۵). احتمالا غلظت ۱۰ میلی گرم کادمیوم نسبت به غلظت ۵۰ میلی گرم برای گیاه سویا آنقدر سمیت ایجاد نکرده است که مکانیسم های مقابله با تنش در گیاه تحریک شوند ولی در غلظت بالاتر کادمیوم گیاه واکنش نشان داده و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک توانسته است کاهش ارتفاع بوته را کم کند.

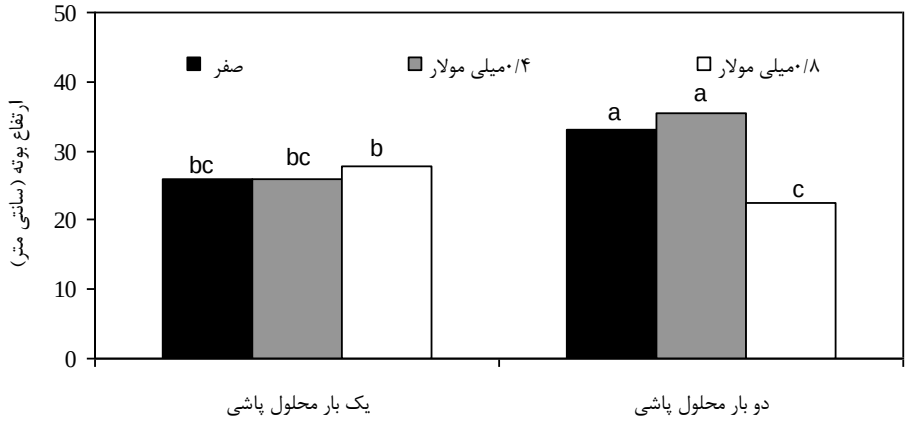
ترکیبات تیماری ناشی از غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی و همین طور ترکیبات تیماری سه جانبه اثر بسیار معنی داری بر ارتفاع بوته داشتند (جدول پیوست۶). دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار سبب افزایش معنی دار در ارتفاع بوته به میزان ۵/۳۹ سانتی متر نسبت به یکبار محلول پاشی با این غلظت شد . در حالی که در غلظت ۰/۸ میلی مولار افز ایش تعداد دفعات محلول پاشی سبب کاهش معنی دار در ارتفاع بوته به میزان ۱۲/۹۴ سانتی متر گردید (شکل ۴-۱۱).

در اثر متقابل سه جانبه بیشترین ارتفاع بوته از یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط عدم وجود کادمیوم و کمترین ارتفاع از دو بار محلول پاشی در همین شرایط به دست آمد (جدول پیوست ۷) که باز هم نشان دهنده تاثیر منفی کاربرد بیش از حد اسید سالیسیلیک است.

جدول ۴-۵- مقایسه میانگین ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، طول شاخه فرعی و وزن خشک ریشه تحت تاثیر غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در شرایط گلدانی

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد شاخه فرعی در بوته	طول شاخه فرعی (سانتی متر)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)
غلظت کادمیوم(میلی گرم در کیلوگرم خاک)				
صفر	۳۰/۵۴ a	۲/۵۵ b	۲۰/۱۶ a	۴/۲
۱۰	۲۵/۸۸b	۳/۱۱a	۱۶/۵۵ b	۳/۹۳
۵۰	۲۸/۷۲ a	۳/۰۰a	۲۰/۲۲ a	۳/۵۲
LSD 5%	۲/۳۴	۰/۵۵	۲/۴۲	۱/۰۶
غلظت سالیسیلیک اسید(میلی مولار)				
صفر	۲۵/۸۱ b	۲/۸۸	۱۷/۷۲	۵/۶۱ a
۰/۴	۳۰/۴۱ a	۲/۸۸	۱۹/۶۹	۴/۰۰ b
۰/۸	۲۸/۹۱ a	۲/۸۸	۱۹/۵۲	۲/۰۳ c
LSD 5%	۳/۰۲	۰/۴۲	۳/۲۹	۰/۸۲
دفعات محلول پاشی				
یک بار	۲۹/۶۴ a	۳/۱۸ a	۱۹/۶۸	۴/۰۳
دو بار	۲۷/۱۲ b	۲/۵۹ b	۱۸/۲۷	۳/۷۴
LSD 5%	۲/۴۷	۰/۳۴	۲/۶۸	۰/۶۷

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



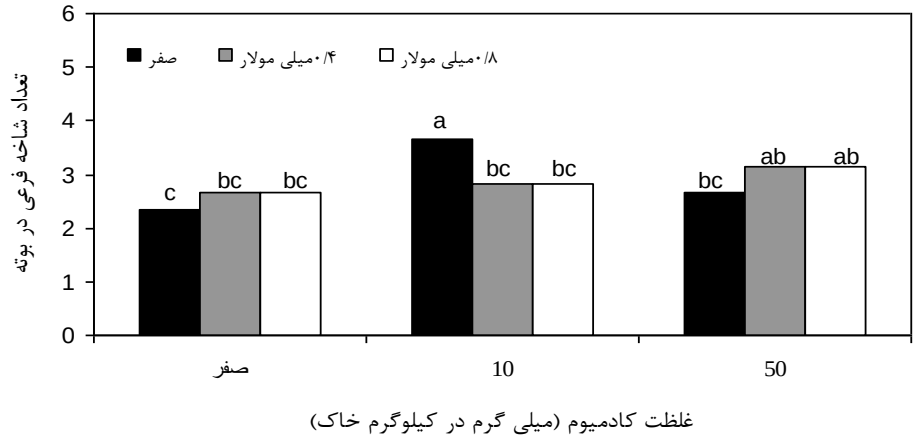
شکل ۴-۱۱- مقایسه ارتفاع بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های اسید سالیسیلک و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی

۴-۳-۲- تعداد شاخه فرعی

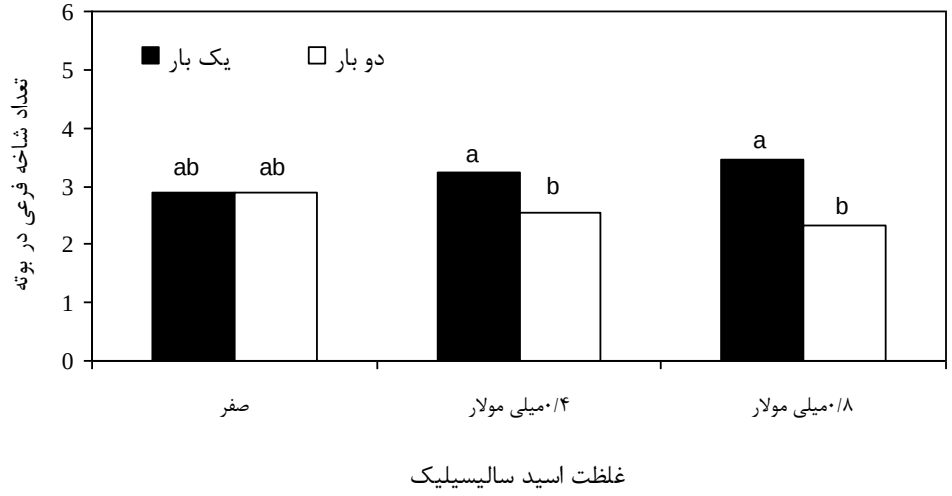
تجزیه واریانس داده های حاصل از شمارش تعداد شاخه های فرعی حاکی از معنی دار بودن اثر غلظت های کادمیوم ($p < ۰/۰۵$) و نیز اثر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک ($p < ۰/۰۱$) بر این صفت بود (جدول پیوست ۶). از میان اثرات متقابل، اثر متقابل غلظت کادمیوم و غلظت اسید سالیسیلیک ($p < ۰/۰۵$) و نیز اثر متقابل غلظت اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی ($p < ۰/۰۱$) معنی دار بود (جدول پیوست ۶). در شکل ۴-۱۲ مشاهده می گردد که بیشترین تاثیر محلول پاشی با اسید سالیسیلیک مربوط به سمی ترین غلظت کادمیوم (۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) بود به طوری که در این غلظت از کادمیوم تعداد شاخه فرعی در بوته های محلول پاشی شده با غلظت های ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک نسبت به غلظت صفر آن به طورمتوسط ۰/۵ عدد بیشتر بود. در شرایط عدم وجود کادمیوم (غلظت صفر) نیز محلول پاشی با غلظت های ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک، تعداد شاخه فرعی را به طور متوسط به میزان ۰/۳۳ شاخه در بوته بهبود بخشید. همین غلظت های اسید سالیسیلیک در شرایط وجود ۱۰ میلی گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک نیز به مقدار جزئی و غیر معنی دار تعداد شاخه فرعی را نسبت به غلظت صفر کادمیوم افزایش دادند ولی در این سطح از کادمیوم به دلایل نا معلوم مقدار این صفت در غلظت صفر اسید سالیسیلیک به طور قابل توجهی بیشتر بود. تکرار محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار تاثیر منفی قابل توجه و معنی داری بر تعداد شاخه فرعی در بوته سویا داشت به طوری که در این دو غلظت با تکرار محلول پاشی به ترتیب و به طور متوسط تعداد ۰/۶۷ و ۱/۱۱ شاخه فرعی از هر بوته کاسته شد (شکل ۴-۱۳).

مظاهری تیرانی و همکاران (۱۳۸۷) نشان دادند که اسید سالیسیلیک در غلظت های یک میلی مول و پایین تر به عنوان ترکیب ضد تنش موجب کاهش اثرات اکسیداتیو ناشی از تولید اتیلن می شود، ولی غلظت ۱/۵ میلی مول اثرات تنش ناشی از اتیلن را تشدید می کند . حیات و همکاران

(۲۰۱۰) نیز اعلام کردند کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت های بالا می تواند موجب افزایش سطح تنش در گیاهان شود.



شکل ۴-۱۲- مقایسه تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلک در شرایط گلدانی

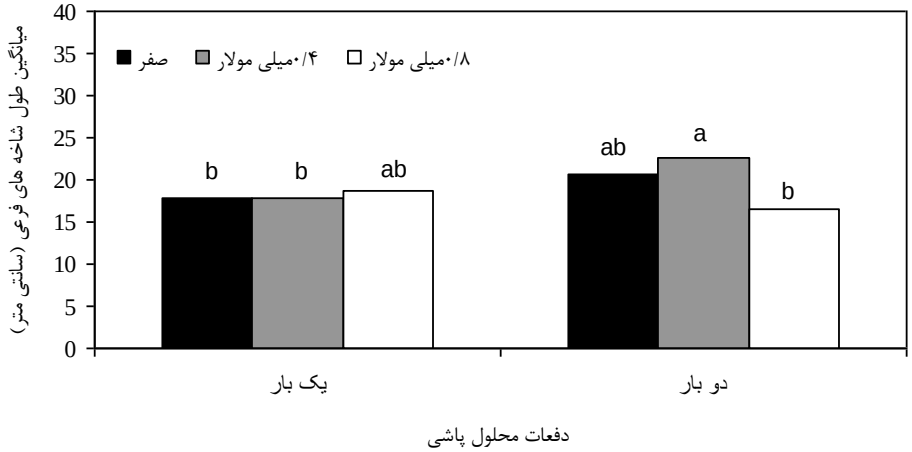


شکل ۴-۱۳- مقایسه تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف اسید سالیسیلک و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی

۴-۳-۳- میانگین طول شاخه های فرعی

اثر غلظت های کادمیوم، اثر متقابل غلظت اسید سالیسیلیک در دفعات محلول پاشی و اثر متقابل سه جانبه تیمارها بر میانگین طول شاخه های فرعی در سطح ۵ درصد معنی دار بود(جدول پیوست ۶). بیشترین طول شاخه های فرعی با میانگین ۲۰/۲۲ و ۲۰/۱۶ سانتی متر به ترتیب مربوط به غلظت های کادمیوم ۵۰ و صفر میلی گرم بود و بین آنها تفاوت آماری وجود نداشت. کمترین طول شاخه های فرعی نیز از غلظت ۱۰ میلی گرم کادمیوم معادل ۱۶/۵۵ سانتی متر به دست آمد که نسبت به تیمارهای صفر و ۵۰ میلی گرم کادمیوم به ترتیب ۳/۶ و ۳/۷ سانتی متر کمتر بود(جدول ۴-۵). بوته های قرار گرفته در این سطح از کادمیوم تعداد شاخه فرعی بیشتری داشتند (شکل ۴-۱۲). بنابراین مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به رشد هر شاخه محدودتر می گردد و احتمالا به همین دلیل طول شاخه های فرعی در این تیمار به طور قابل توجهی کاهش یافت.

افزایش دفعات محلول پاشی فقط در غلظت ۰/۴ میلی مولار سبب افزایش معنی دار در طول شاخه های فرعی گردید. در بالاترین غلظت اسید سالیسیلیک تکرار محلول پاشی سبب کاهش این صفت تقریبا به میزان ۲ سانتی متر شد (شکل ۴-۱۴).



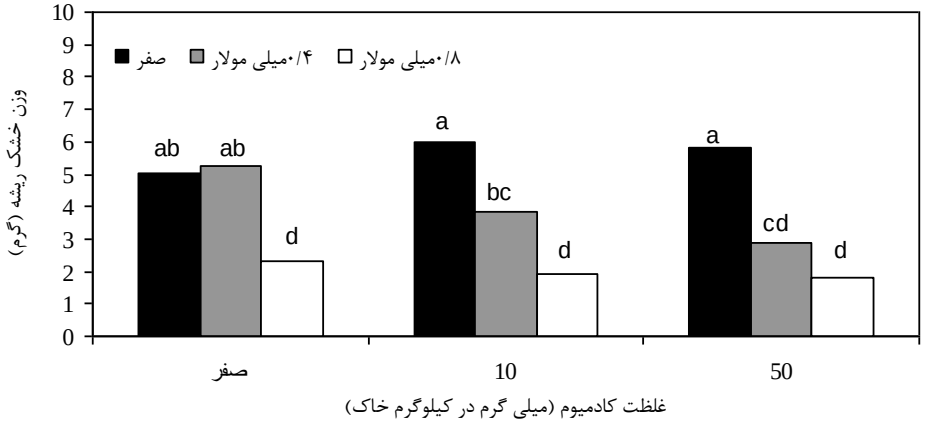
شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین طول شاخه فرعی در بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف اسید سالیسیلک و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی

۴-۳-۴- وزن خشک ریشه

وزن خشک ریشه به طور بسیار معنی داری از غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک تاثیر پذیرفت (جدول پیوست ۶). اثر متقابل غلظت کادمیوم در اسید سالیسیلیک نیز بر این صفت معنی دار بود . سایر منابع تغییر تاثیر قابل توجهی بر این صفت نداشتند (جدول پیوست۶). در شکل ۴-۱۵ مشاهده می گردد که در مجموع افزایش میزان کادمیوم در خاک سبب کاهش فعالیت ریشه و در نتیجه تجمع ماده خشک در ریشه گردیده و به طور مشخص وزن خشک ریشه بوته های رشد کرده در دز های۱۰ و ۵۰ میلی گرم کادمیوم نسبت به عدم وجود این عنصر به ترتیب ۶/۴ و ۱۶/۲ درصد کمتر بود (جدول ۴-۵). برادران و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند وزن خشک ریشه سویا تحت تاثیر فلز نیکل قرار گرفت به طوری که با افزایش غلظت این فلز وزن خشک ریشه کاهش یافت.

در شرایطی که گیاهان در معرض عنصر کادمیوم در خاک قرار گرفتند، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک نه تنها موجب بهبود تجمع ماده خشک در ریشه نشد بلکه به طور قابل توجه و معنی داری این صفت را کاهش داد. میزان کاهش مشاهده شده در غلظت ۰/۸ میلی مولار نسبت به غلظت صفر اسید سالیسیلیک در سطح ۱۰ میلی گرم کادمیوم معادل ۶۷/۷ درصد و در سطح۵۰ میلی گرم کادمیوم معادل ۶۸/۷۲ درصد بود (شکل ۴-۱۵). دلیل این نتیجه احتمالا اختصاص اسیمیلات بیشتر به بخش هوایی در نتیجه محلول پاشی با اسید سالیسیلیک است. به طوری که در شکل ۴-۱۲ و جدول ۴-۵ نیز ملاحظه گردید، در مجموع با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تعداد شاخه فرعی در بوته و طول این شاخه ها افزایش یافت. پانچوا و همکاران (۱۹۹۶) نیز کاهش رشد ریشه در جو را در شرایط کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک گزارش کردند.

تکرار محلول پاشی نیز به نوعی دیگر اثر منفی اسید سالیسیلیک را بر رشد ریشه نشان داد به طوری که علی رغم غیر معنی دار بودن با تکرار محلول پاشی تجمع ماده خشک در ریشه حدود۰/۲۹ گرم معادل ۷/۲ درصد کمتر شد (جدول ۴-۵).



شکل ۴- ۱۵- مقایسه وزن خشک ریشه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در شرایط گلدانی

۴-۳-۵- اجزای عملکرد

تعداد غلاف در بوته در سطح ۱ درصد تحت تاثیر غلظت های مختلف کادمیوم قرار گرفت (جدول پیوست ۸). اثر متقابل غلظت های کادمیوم و دفعات محلول پاشی نیز در سطح ۵ درصد بر این صفت معنی دار بود (جدول پیوست ۸). افزایش غلظت کادمیوم از سطح شاهد به ۵۰ میلی گرم موجب افزایش ۶۲ درصدی در تعداد غلاف بوته گردید که این اختلاف معنی دار نیز بود (جدول ۴-۶). احتمالا این سطح از کادمیوم برای گیاه سویا آنقدر سمیت ایجاد نکرده است که موجب کاهش در اجزای عملکرد گردد و تنها به واسطه کاهشی که در وزن و حجم ریشه اتفاق می افتد مواد فتوسنتزی بیشتری برای رشد بخش های رویشی و زایشی مهیا گردیده است.

شکل ۴-۱۶ نشان می دهد که انجام یک بار محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در شرایط وجود ۱۰ میلی گرم کادمیوم در کیلوگرم خاک تاثیری بر تعداد غلاف در بوته نداشت ولی همین محلول پاشی در غلظت بالاتر کادمیوم این صفت را به طور قابل توجهی بهبود بخشید. در شرایط غلظت ۱۰ میلی گرم کادمیوم تکرار محلول پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش تعداد غلاف در بوته به میزان ۴۱/۲۵ درصد گردید. این در حالی است که در غلظت ۵۰ میلی گرم کادمیوم تکرار محلول پاشی

تغییر معنی داری در تعداد غلاف ایجاد نکرد (شکل ۴-۱۶). برای صفت تعداد دانه در هر غلاف هیچکدام از اثرات اصلی معنی دار نبود (جدول پیوست ۸).

وزن هزار دانه تحت تاثیر هیچ یک از منابع تغییر قرار نگرفت(جدول پیوست ۸). با این وجود از میان غلظت های مختلف کادمیوم سنگین ترین دانه ها متعلق به غلظت ۱۰ میلی گرم بود. محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و تکرار محلول پاشی وزن هزار دانه را کاهش داد (جدول ۴-۶).

شکل ۴-۱۶- مقایسه تعداد غلاف در بوته تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی

جدول ۴-۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تاثیر غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی

تیمار	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در هرغلاف	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد (گرم در متر مربع)
غلظت کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم خاک)				
صفر	۱/۹ b	۰/۷۷	۵۰/۹	۲/۷۱ b
۱۰	۲/۲۷ ab	۰/۹۷	۵۳/۲۷	۴/۴۸ a
۵۰	۳/۰۸ a	۰/۷۲	۵۱/۵۵	۴/۴ a
LSD 5%	۰/۹۷	۰/۵۴	۷/۷	۲/۸۱
غلظت سالیسیلیک اسید (میلی مولار)				
صفر	۲/۶۶	۰/۸۶	۵۳/۱۹	۴/۴۸ a
۰/۴	۲/۲۱	۰/۷۶	۵۱/۰۱	۳/۳۷ b
۰/۸	۲/۳۸	۰/۸۵	۵۱/۵۲	۳/۷۳ b
LSD 5%	۰/۵۴	۰/۱۱	۳/۰۴	۰/۹۱
دفعات محلول پاشی				
یک بار	۲/۲۲	۰/۸۳	۵۲/۲۵	۳/۵۲
دو بار	۲/۶۲	۰/۸۱	۵۱/۵۶	۴/۲
LSD 5%	۰/۴۴	۰/۰۹	۲/۴۸	۰/۷۴

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

۴-۳-۶- عملکرد

تمام اثرات اصلی (به جز اثر دفعات محلول پاشی) و نیز تمام اثرات متقابل برای این صفت معنی دار شدند (جدول پیوست ۸). در شکل ۴-۱۷ تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از کاد میوم و دفعات محلول پاشی بر عملکرد مقایسه شده است. بیشترین عملکرد از ترکیب تیماری دو بار محلول پاشی در تیمار ۱۰ میلی گرم کادمیوم حاصل شده در حالی که در تیمار ۵۰ میلی گرم کادمیوم تکرار محلول پاشی سبب کاهش عملکرد گردید. بر خلاف انتظار مشاهده شد که میزان عملکرد در تیمارهای حاوی کادمیوم بیشتر از شاهد (عدم وجود کادمیوم) بود. در اثرات اصلی (جدول ۴-۶) نیز مشاهده شد که عملکرد در تیمارهای ۱۰ و ۵۰ میلی گرم کادمیوم نسبت به شاهد به ترتیب ۶۵/۳۱ و ۶۲/۹۶ درصد بیشتر بود. این نتایج فرضیه ابر جاذب بودن گیاه سویا را برای عنصر کادمیوم تقویت می کند چرا که در بیشتر موارد قرارگیری بوته ها در معرض عنصر کادمیوم در محدوده تیمارهای تعریف شده در این

آزمایش نه تنها موجب صدمه به ظاهر و عملکرد آنها نشد بلکه در مقادیر برخی از صفات افزایش نیز مشاهده شد.

گیاهان ابرجاذب گیاهانی هستند که به طور فعال مقادیر بالایی از یک یا چند فلز سنگین را از خاک جذب می‌کنند (ریوس، ۲۰۰۶). به طور کلی، سه شاخص اساسی‌شامل سرعت بالا در جذب فلز سنگین، انتقال بسیار سریع از ریشه به ساقه و توانایی بسیار بالا در سم یت‌زدایی و حبس فلزات سنگین در برگ ها ابرجاذب‌ها را از انواع غیر ابر جاذب مجزا می‌کند (راسکیو و ناواری آیزو،۲۰۱۰). از میان فرضیه‌های پیشنهادی برای توضیح عملکرد ابرجاذب‌ها، اغلب رویدادها توسط فرضیه دفاع [۱] توجیه می‌شوند. بر مبنای این فرضیه، این گیاهان با جذب بسیار بالای فلزات سنگین، از آن به عنوان یک مکانیسم دفاعی در مقابل دشمنان طبیعی از قبیل گیاه خواران استفاده می‌کنند. همچنین بر طبق فرضیه اثرات مشترک [۲]، فلزات سنگین با مشارکت در اجزای دفاعی آلی گیاه منجر به افزایش دفاع عمومی گیاه می‌شوند. گونه‌های گیاهی متعددی به عنوان ابرجاذب معرفی شدهند که می‌توان به *Alyssum Berkheya coddii*، *Brassica junca bertolonii* از تیره خردل (*Brassicaceae*) و لگوم ها اشاره کرد. اعتقاد بر این است که این گیاهان با ترشح موادی به نام Lixiviants [۳] موجب افزایش انحلال فلزات در خاک شده و قابلیت جذب آنها را افزایش می‌دهند (پاودیال و همکاران، ۲۰۰۷).

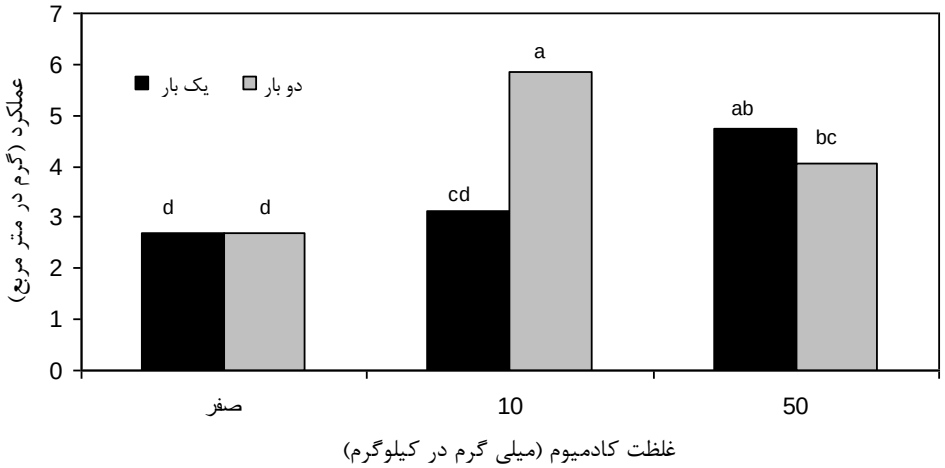
محلول پاشی برگی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در تیمار ۱۰ میلی گرم کادمیوم موجب افزایش و در دو تیمار دیگر کادمیوم سبب کاهش چشمگیر در عملکرد شد. همواره ترکیبات تیماری حاصل از غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک با تیمارهای کادمیوم کمتر ا ز ترکیبات تیماری حاصل از عدم محلول پاشی با تیمارهای کادمیوم بود (شکل ۴-۱۸).

---

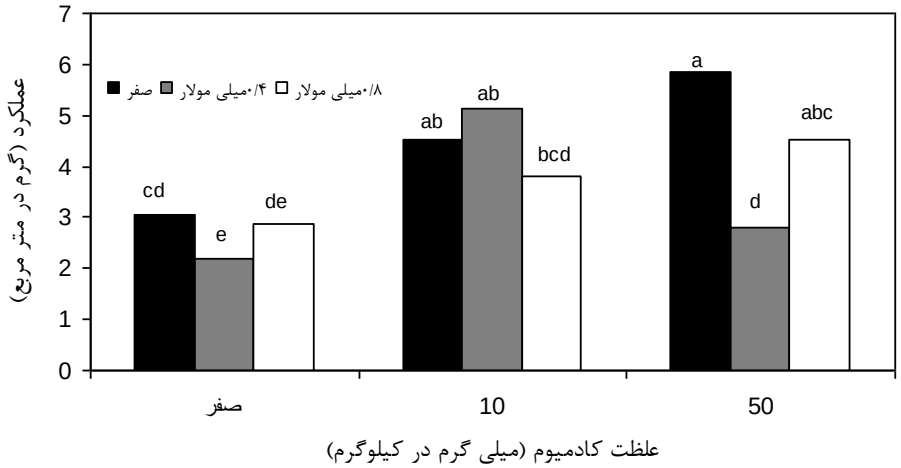
[1]- Elemental Defence
[2]- Joint Effects

3-حلال هایی هستند که به صورت اسیدی یا بازی در طبیعت یافت می شوند.

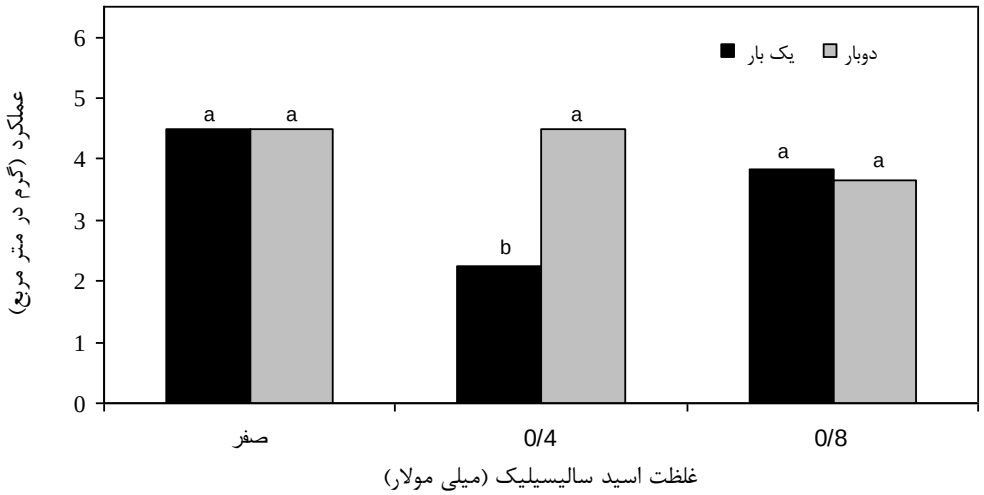
از بین ۶ ترکیب تیماری حاصل از غلظت و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک تنها گیاهان یک بار محلول پاشی شده با غلظت ۰/۴ میلی مولار کاهش عملکرد معنی دار نشان دادند. بین سایر ترکیبات تیماری از این لحاظ اختلاف معنی داری دیده نشد (شکل ۴-۱۹).



شکل ۴-۱۷- مقایسه عملکرد تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی



شکل ۴-۱۸- مقایسه عملکرد تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت ه ای مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در شرایط گلدانی



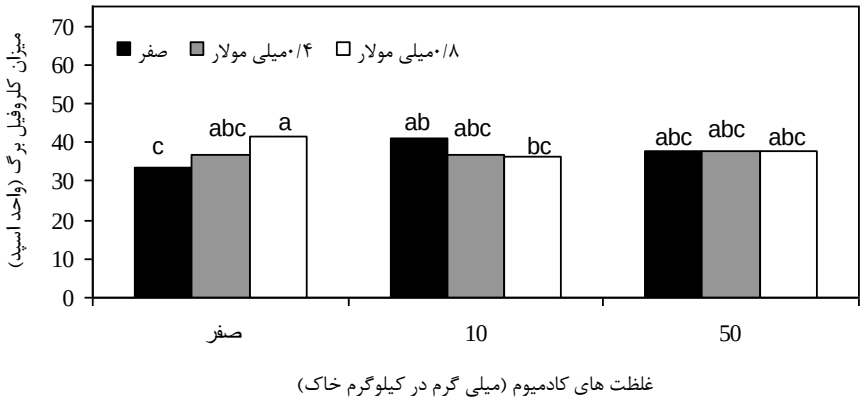
شکل ۴-۱۹- مقایسه عملکرد تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی

۴-۴- صفات فیزیولوژیک سویا در بخش گلدانی

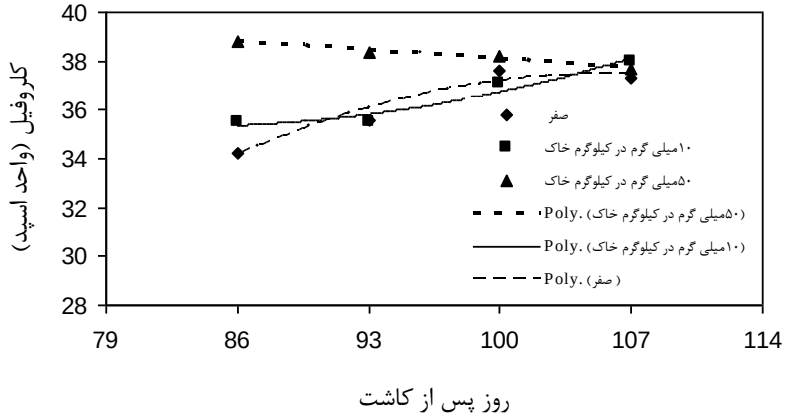
۴-۴-۱- کلروفیل

تجزیه داده های حاصل از اندازه گیری کلروفیل طی ۸۶، ۹۳، ۱۰۰ و ۱۰۷ روز پس از کاشت نشان داد که اثر تنش کادمیوم بر میزان کلروفیل برگ معنی دار نبود(جدول پیوست ۹). با این وجود مقایسه روند تغییرات کلروفیل بین تیمارهای مختلف کادمیوم حاکی از برتری میزان کلروفیل برگ در بالاترین غلظت کادمیوم تا حدود ۱۰۰ روز پس از کاشت بود (شکل ۴-۲۱). اگرچه بین غلظت های مختلف محلول پاشی با اسید سالیسیلیک اختلاف معنی داری از لحاظ تاثیر بر کلروفیل برگ دیده نشد (جدول پیوست ۹). ولی طی ۲۱ روز اندازه گیری این صفت، مقدار کلروفیل برگ در واکنش به محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک بیشتر بود(شکل ۴-۲۲). در بخش مزرعه‌ای نیز از ۱۱۵ روز پس از کاشت به بعد چنین نتیجه ای مشاهده شد (جدول پیوست ۴). تکرار محلول پاشی با اسید سالیسیلیک از حدود ۱۰۰ روز پس از کاشت به مقدار بسیار جزئی میزان کلروفیل برگ را بهبود بخشید (شکل ۴-۲۳).

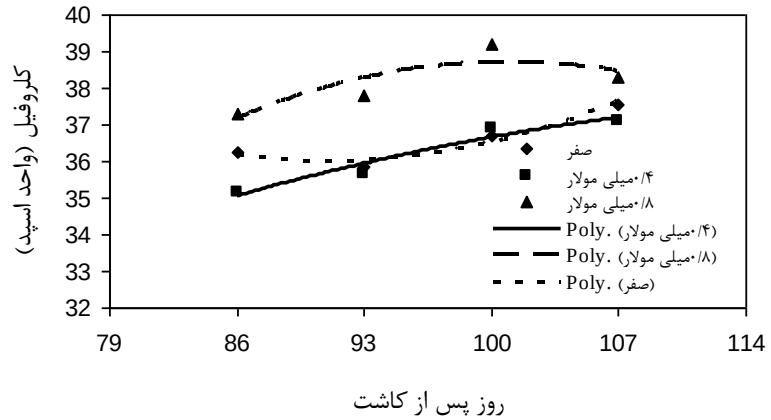
از میان اثرات متقابل تنها اثر متقابل کادمیوم و اسید سالیسیلیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت(دو هفته پس از دومین محلول پاشی) معنی دار بود (جدول پیوست ۹). در هر یک از تیمارهای کادمیوم تاثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک متفاوت بود (شکل ۴-۱۹). به عنوان مثال در شرایط عدم وجود کادمیوم، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و دو برابر شدن غلظت آن موجب بهبود میزان کلروفیل برگ گردید به طوری که میزان آن از حدود ۳۴ در غلظت صفر به حدود ۴۲ در غلظت ۰/۸ میلی مولار رسید. در تیمار ۱۰ میلی گرم کادمیوم نتیجه بر عکس بود به طوری که کلروفیل برگ از حدود ۴۲ در غلظت صفر به حدود ۳۶ در غلظت ۰/۸ میلی مولار کاهش پیدا کرد. در سمی ترین تیمار کادمیوم (۵۰ میلی گرم) تفاوتی بین غلظت های اسید سالیسیلیک دیده نشد (شکل ۴-۲۰). کرانتو و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه خود نشان دادند اگرچه اسید سالیسیلیک تاثیر معنی داری بر کلروفیل برگ ذرت نداشت ولی اثرات سمیت کادمیوم بر کلروفیل را کاهش داد و میزان کلروفیل در شرایط استفاده از اسید سالیسیلیک بیشتر از شرایط عدم استفاده از آن بود.



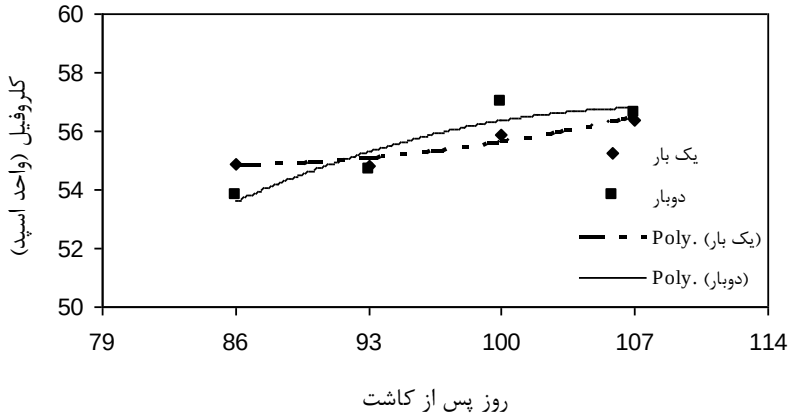
شکل ۴-۲۰- مقایسه مقدار کلروفیل برگ در ۱۰۷ روز پس از کاشت تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در شرایط گلدانی



شکل ۴-۲۱– روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر غلظت های مختلف کادمیوم در شرایط گلدانی



شکل ۴-۲۲ - روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط گلدانی



شکل ۴-۲۳- روند تغییرات کلروفیل تحت تاثیر دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در شرایط گلدانی

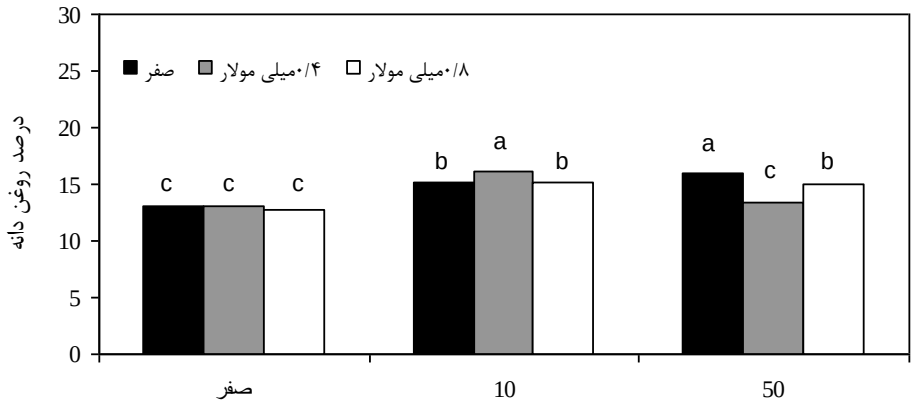
۴-۴-۲- درصد و عملکرد روغن دانه

اثر غلظت های کادمیوم ($p < ۰/۰۱$) و غلظت های اسید سالیسیلیک ($p < ۰/۰۵$) و نیز اثرات متقابل به جز اثر متقابل اسید سالیسیلیک در تعداد دفعات محلول پاشی بر درصد روغن دانه معنی دار شدند (جدول پیوست ۱۱). در مجموع درصد روغن دانه در تیمارهای وجود کادمیوم بیشتر از شاهد بود (شکل ۴-۲۴ و جدول پیوست ۱۳). تنها در شرایط تنش ملایم کادمیوم (غلظت ۱۰ میلی گرم)، محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴ میلی مولار روغن دانه را ۱/۰۲ درصد بهبود بخشید البته میزان روغن دانه در این ترکیب تیماری تفاوت معنی داری با روغن به دست آمده از ترکیب تیماری عدم محلول پاشی در ۵۰ میلی گرم کادمیوم نداشت بر خلاف نتیجه به دست آمده در این سطح از کادمیوم، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در سمی ترین غلظت کادمیوم (۵۰ میلی گرم) تاثیر منفی معنی داری داشت به طوری که محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار و ۰/۸ میلی مولار، روغن دانه را به ترتیب ۲/۶۳ درصد و ۰/۹ درصد کاهش دادند (شکل ۴-۲۴).

همان طور که در شکل ۴-۲۵ مشاهده می گردد وقتی فقط یک بار محلول پاشی با اسید سالیسیلیک انجام شد مقادیر بالایی از روغن دانه در تیمار ۵۰ میلی گرم کادمیوم مشاهده شد روغن دانه در این تیمار ۱/۶۷ درصد بیشتر از غلظت صفر کادمیوم بود. در حالی که تکرار محلول پاشی کاهش معنی داری در روغن دانه با افزایش غلظت کادمیوم موجود در خاک در پی داشت (شکل ۴-۲۵). علیرغم این نتیجه، در مجموع بالاترین درصد روغن دانه مربوط به دو بار محلول پاشی بود (شکل ۴-۲۵ و جدول پیوست ۱۳). از طرف دیگر تکرار محلول پاشی اسید سالیسیلیک با افزایش سطح کادمیوم از شاهد به ۰/۴ و از ۰/۴ به ۰/۸ میلی مولار موجب ایجاد روندی کاهشی معادل به ترتیب ۰/۷ و ۱/۲۳ درصد بر روغن دانه شد.

در مقایسه میانگین های مربوط به اثرات متقابل سه جانبه، بیشترین درصد روغن از ترکیب تیماری دو بار محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴ میلی مولار در شرایط وجود ۱۰ میلی گرم کادمیوم و کمترین درصد روغن از ترکیب تیماری دو بار محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت

۰/۴ در شرایط وجود ۵۰ میلی گرم کادمیوم به دست آمد (جدول پیوست ۱۴). در مطالعه ای که توسط سینها و همکاران (۲۰۱۰) انجام شد، مشخص گردید بوته های *Brassica juncea* رشد یافته در بسترهای آلوده به مس و آرسنیک تحت شرایط مزرعه ای یکسان، این عناصر را در برگ ها تجمع می دهند بدون اینکه در مقایسه با تیمار شاهد تاثیر محسوسی بر عملکرد روغن دیده شود . البته عنصر کروم و غلظت های بالای آرسنیک بر این صفت تاثیر منفی داشتند. به طوری که کاهش مقدار روغن در بوته های تیمار شده با کروم گزارش گردید. در مجموع از میان تیمارهای عناصر سنگین، کروم به عنوان سمی ترین عنصر در کاهش مقدار روغن، پارامتر های رشد و مقدار آنتی اکسیدان ها معرفی گردید.



شکل ۴-۲۴- مقایسه درصد روغن دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در شرایط گلدانی

شکل ۴-۲۵- مقایسه درصد روغن دانه ت حت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در شرایط گلدانی

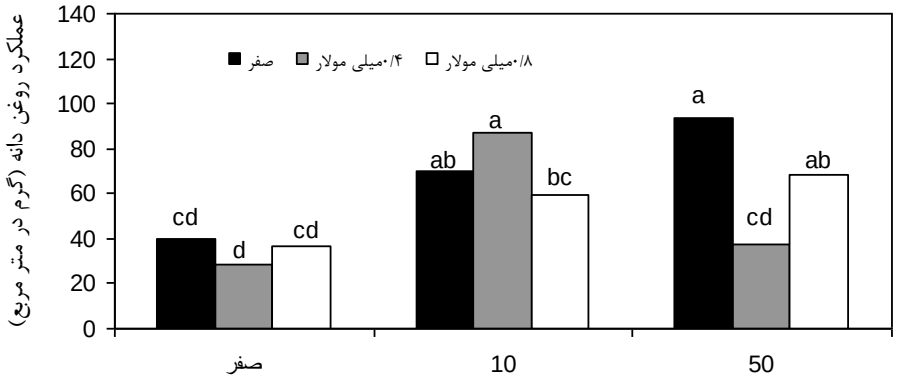
عملکرد روغن دانه از حاصلضرب عملکرد دانه (گرم درمتر مربع) در درصد روغن دانه به دست آمد. برای این صفت، اثر غلظت های کادمیوم در سطح ۱ درصد و تمام اثرات متقابل معنی دار شد (جدول پیوست ۱۱).

در مجموع در شرایط تنش کادمیوم عملکرد روغن دانه نسبت به شاهد بیشتر بود(جدول پیوست ۱۳، شکل ۴-۲۶ و ۴-۲۷). کاربرد اسید سالیسیلیک آن هم در غلظت ۰/۴ میلی مولار تنها در تیمار ۱۰ میلی گرم کادمیوم مفید بود به طوری که عملکرد روغن دانه را نسبت به شرایط عدم محلول پاشی در این سطح از کادمیوم حدود ۲۴/۲ درصد بهبود بخشید. در دو سطح دیگر کادمیوم محلول پاشی با اسید سالیسیلیک موجب کاهش در عملکرد روغن دانه گردید مقدار این کاهش در غلظت۵۰ میلی گرم کادمیوم معنی دار و برای محلول پاشی با غلظت های ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار نسبت به شاهد به ترتیب معادل ۵۹/۷ و ۲۷/۲۲ درصد بود (شکل ۴-۲۶). همانطور که مشاهده می گردد در سطح ۵۰ میلی گرم کادمیوم، غلظت بالای اسید سالیسیلیک نسبت به غلظت پائین آن به طور معنی داری عملکرد روغن دانه را افزایش داد.

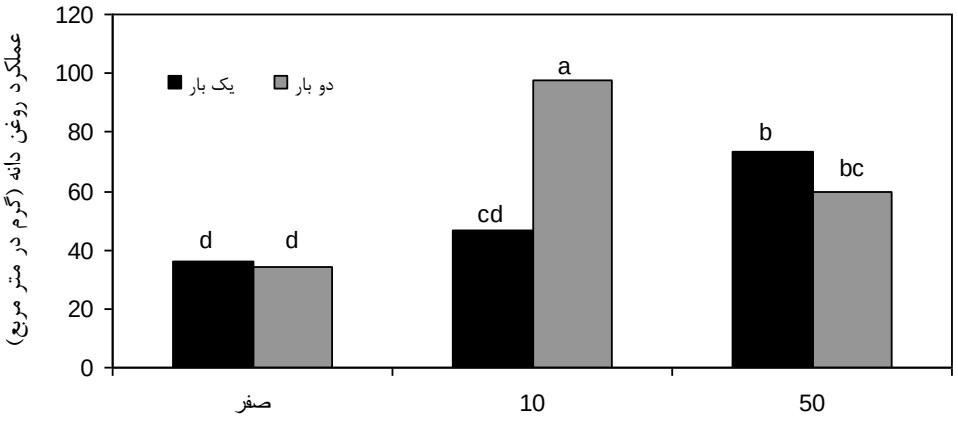
در مقایسه ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و دفعات محلول پاشی بالاترین عملکرد روغن دانه از ترکیب تیماری دو بار محلول پاشی در غلظت ۱۰ میلی گرم کادمیوم به دست آمد که اختلاف آن با سایر ترکیبات تیماری چشمگیر بود . در دو سطح دیگر کادمیوم تکرار محلول پاشی این صفت را البته به طور غیز معنی دار کاهش داد (شکل ۴-۲۷). شکل ۴-۲۸ نشان می دهد که اختلاف بین دفعات محلول پاشی مربوط به غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک می باشد. و در غلظت ۰/۸ میلی مولار تفاوتی بین دفعات محلول پاشی وجود ندارد و حتی یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اختلاف معنی داری با دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار نداشت.

در اثرات متقابل سه جانبه، بیشترین میزان عملکرد روغن دانه از ترکیب تیماری عدم محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در شرایط غلظت ۵۰ میلی گرم کادمیوم و کمترین میزان از ترکیب تیماری

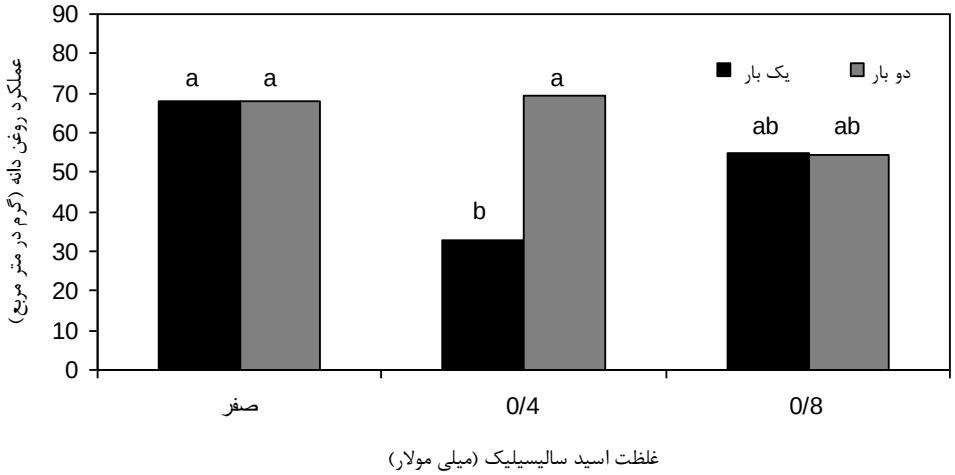
یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط عدم وجود کادمیوم حاصل شد (جدول پیوست۱۲).



شکل ۴-۲۶- مقایسه عملکرد روغن دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در شرایط گلدانی



شکل ۴-۲۷- مقایسه عملکرد روغن دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی



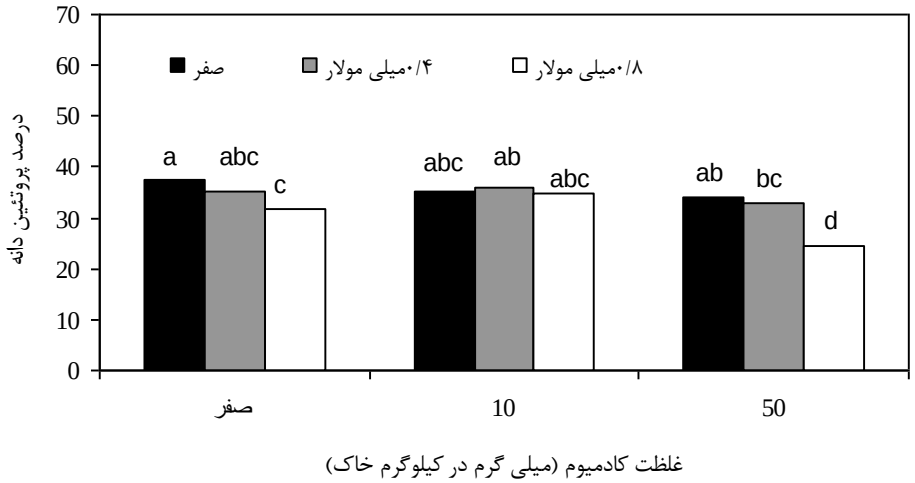
شکل ۴-۲۸- مقایسه عملکرد روغن دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی

۴-۴-۳- درصد و عملکرد پروتئین دانه

سویا به عنوان یک منبع پروتئینی نسبتا غنی از لحاظ غذایی حائز اهمیت است. لذا اطلاع از احتمال تاثیر شرایط نامناسب محیطی بر این صفت و چگونگی واکنش گیاه مهم می باشد. اثر غلظت های کادمیوم ($p < ۰/۰۱$)، غلظت های اسید سالیسیلیک ($p < ۰/۰۱$) و نیز اثر متقابل آنها ($p<۰/۰۱$) بر درصد پروتئین دانه معنی دار شد (جدول پیوست ۱۱). در مجموع غلظت کادمیوم ۵۰ میلی گرم درکیلوگرم خاک موجب کاهش ۴/۸ و ۴/۲ درصدی در پروتئین دانه به ترتیب نسبت به تیمارهای صفر و ۱۰ میلی گرم کادمیوم گردید (شکل ۴-۲۹ و جدول پیوست ۱۳). در حالی که در این شرایط درصد روغن دانه افزایش نشان داد (جدول پیوست ۱۳). در شکل ۴-۲۹ مشاهده می شود که تنها در تیمار ۱۰ میلی گرم کادمیوم، محلول پاشی با پایین ترین غلظت اسید سالیسیلیک (۰/۴ میلی مولار) سبب بهبود جزئی در پروتئین دانه نسبت به عدم کاربرد این ماده در این تیمار گردید . بیشترین پروتئین با میانگین ۳۷/۴۳ درصد از دانه گیاهانی به دست آمد که در معرض تنش کادمیوم قرار نگرفته و اسید سالیسیلیک دریافت نکردند. وجود هر دوی این تیمارها در شدیدترین غلظت یعنی

۵۰ میلی گرم کادمیوم و ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک موجب افت شدید پروتئین دانه گردید، به طوری که پروتئین این دانه ها معادل ۲۴/۶۵ درصد بود.

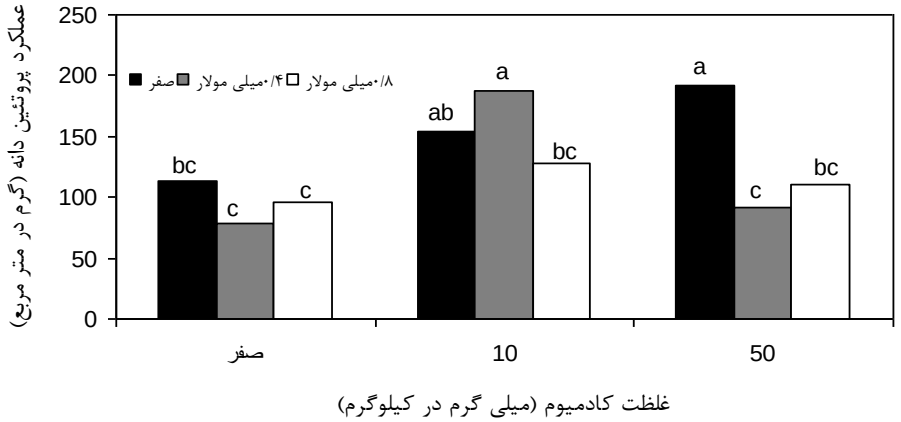
در دو تیمار صفر و ۵۰ میلی گرم کادمیوم، کاربرد اسید سالیسیلیک و افزایش غلظت آن تاثیر منفی بر پروتئین دانه داشت. میزان کاهش مشاهده شده از سطح صفر تا ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در این دو تیمار به ترتیب حدود ۵/۸۱ و ۹/۲۲ درصد بود (شکل ۴-۲۸).



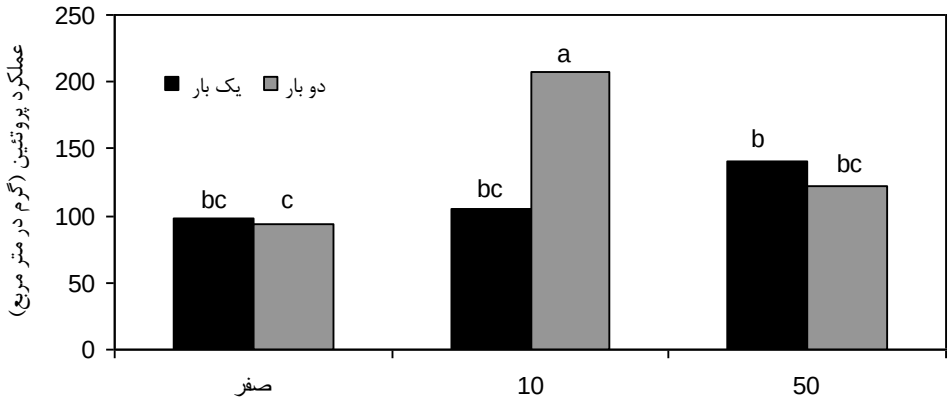
شکل ۴-۲۹- مقایسه درصد پروتئی ن دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی

برای صفت عملکرد پروتئین دانه، تمام اثرات اصلی و متقابل معنی دار بود (جدول پیوست ۱۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین برای این صفت بسیار شبیه به نتایج عملکرد روغن دانه بود . همان طور که در شکل های ۴-۳۰ و ۴-۳۱ مشاهده می شود محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و تکرار آن در دو سطح کادمیوم شاهد و ۵۰ میلی گرم سبب کاهش عملکرد پروتئین دانه گردید . در شرایط وجود ۱۰ میلی گرم کادمیوم، محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک و تکرار آن سبب افزایشی معنی دار در عملکرد پروتئین دانه گردید (شکل های ۴-۳۰ و۴-۳۲).

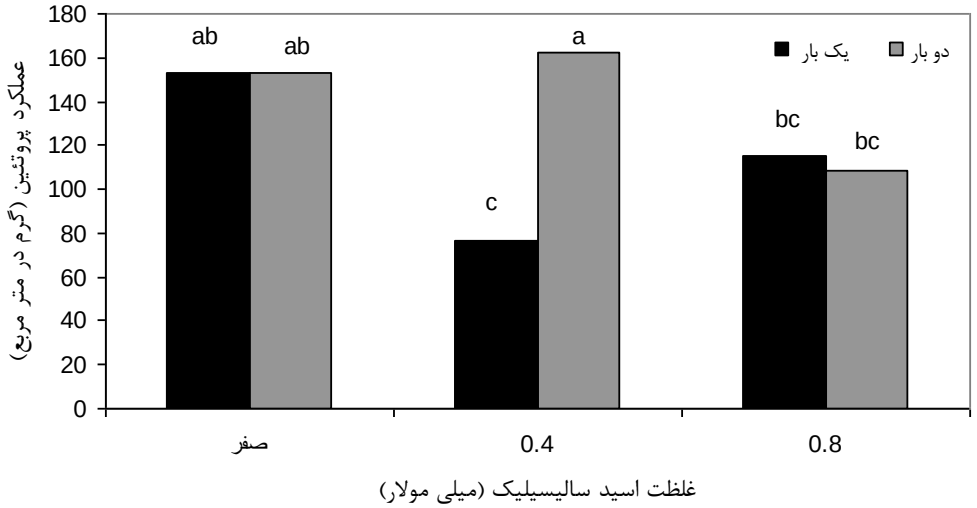
در اثرات متقابل سه جانبه نیز بیشترین عملکرد پروتئین دانه از ترکیب تیماری دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک و کمترین میزان از همین ترکیب در شرایط یک بار محلول پاشی حاصل گردید (جدول پیوست ۱۵).



شکل ۴-۳۰- مقایسه عملکرد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی



شکل ۴-۳۱- مقایسه عملکرد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی



شکل ۴-۳۲- مقایسه عملکرد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی در بخش گلدانی

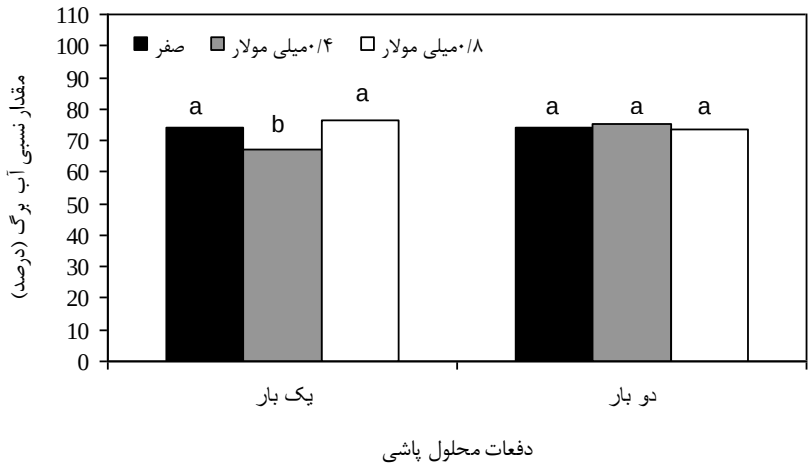
۴-۴-۴- مقدار نسبی آب برگ

مقدار نسبی آب برگ ۲ روز پس از دومین محلول پاشی (۹۸ روز پس از کاشت) برحسب درصد اندازه گیری شد. اگرچه اثر غلظت کادمیوم معنی دار نبود (جدول پیوست ۱۶) ولی با افزایش غلظت کادمیوم مقدار نسبی آب برگ کاهش یافت . به طوری که بیشترین میزان نسبی آب برگ در شرایط عدم کاربرد کادمیوم (۷۵/۷۹ درصد) و کمترین مقدار آن در بالاترین غلظت کادمیوم (۷۱/۰۵ درصد) مشاهده شد (جدول ۴-۷). این نتایج نشان می دهد که غلظت ۱۰ میلی گرم کادمیوم تنش قابل توجهی به گیاه سویا وارد نمی کند. تنش وارد شده در غلظت ۵۰ میلی گرم کادمیوم نیز اگرچه موجب کاهش ۴/۷۵ درصدی در مقدار نسبی آب برگ در مقایسه با شرایط عدم تنش گردید ولی خارج از تحمل این گیاه نبوده و صدمه برگشت ناپذیری به گیاه وارد نمی کند. بر اساس منابع موجود چنانچه مقدار نسبی آب بین ۷۰ تا ۱۰۰ درصد باشد، تنش وارده به گیاه جزئی بوده و به دلیل بسته شدن روزنه ها کاهش موقتی در فتوسنتز رخ می دهد که به سرعت قابل برگشت است ولی اگر مقدار آب نسبی بین ۳۵ تا ۷۰ درصد باشد تنش وارده به حدی است که ظرفیت فتوسنتزی برگ به ویژه در شدت های بالای نور کاهش قابل توجهی پیدا می کند و این وضعیت فقط با آب گیری مجدد و به

کندی بهبود می یابد. در مقادیر پایین تر از ۳۵ درصد صدمه وارده به دستگاه فتوسنتزی غیرقابل برگشت است (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).

اگرچه نتایج تجزیه واریانس حاکی از غیر معنی دار بودن اثر اسید سالیسیلیک بر این صفت بود (جدول پیوست ۱۶). ولی در مقایسات میانگین گروه بندی های متفاوتی از لحاظ آماری دیده شد که بیانگر اثر منفی محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار بود، به طوری که در این غلظت از اسید سالیسیلیک مقدار آب نسبی برگ معادل ۷۱/۴ درصد بود (جدول ۴-۷). شاید دلیل پائین بودن مقدار نسبی آب برگ در این تیمار جذب کمتر کادمیوم توسط برگ باشد (جدول پیوست ۱۶). یعنی گیاه در این تیمار اقدام به تنظیم اسمزی از طریق انباشتن کادمیوم در واکوئل های برگ نکرده است لذا آب کمتری به برگ وارد شده است. کاهش محتوای آب برگ در این تیمار در نهایت به شکل کاهش عملکرد بوته در غلظت بالای کادمیوم نمایان شد که در شکل ۴-۱۸ مشاهده گردید.

از میان اثرات متقابل تنها اثر متقابل غلظت اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی در سطح۱ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۱۶). همان طور که در شکل ۴-۳۳ ملاحظه می گردد یک بار محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴ میلی مولار موجب کاهش معنی دار در مقدار نسبی آب برگ در مقایسه با شاهد به میزان ۶/۹۱ درصد شد. در حالی که این وضعیت در دو بار محلول پاشی دیده نشد. یعنی تکرار محلول پاشی می تواند اثر منفی ناشی از غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک را بر آب برگ خنثی سازد. در حالی که فقط یک بار محلول پاشی با غلظت بالای این ماده کافی است.



شکل ۴-۳۳- مقایسه مقدار نسبی آب برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی

جدول ۴-۷- مقایسه میانگین مقدار آب نسبی برگ تحت تاثیر غلظت های مختلف کادمیوم، غلظت و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک درشرایط گلدانی

تیمار	مقدار نسبی آب برگ(درصد)
غلظت کادمیوم(میلی گرم در کیلوگرم در خاک	
صفر	۷۵/۷۹
۱۰	۷۴/۰۹
۵۰	۷۱/۰۵
LSD 5%	۷/۲۸
غلظت اسید سالیسیلیک(میلی مولار)	
صفر	۷۴/۳۳ ab
۰/۴	۷۱/۴ b
۰/۸	۷۵/۲ a
LSD 5%	۳/۴۶
دفعات محلول پاشی	
یک بار	۷۲/۸۱
دو بار	۷۴/۴۷
LSD 5%	۲/۸۳

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

۴-۴-۵- میزان کادمیوم موجود در برگ

تجزیه داده های حاصل از اندازه گیری میزان کادمیوم موجود در برگ نشان داد که اثر غلظت های مختلف کادمیوم و غلظت های مورد مطالعه اسید سالیسیلیک بر میزان کادمیوم برگ در سطح۱ درصد معنی دار بودند (جدول پیوست ۱۷).

در تیمار شاهد، کادمیوم جذب گیاه نشد که بیانگر عدم وجود کادمیوم یا مقادیر بسیار ناچیز کادمیوم در خاک مورد استفاده برای بستر آزمایش است. بین بوته هایی که در معرض دو غلظت۱۰ و ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم کادمیوم قرار داشتند، از نظر میزان کادمیوم جذب شده در برگ ها تفاوت آماری وجود نداشت. محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴ میلی مولار سبب کاهش انباشت کادمیوم در برگ به میزان ۳۳/۲ درصد شد در حالی که محلول پاشی با غلظت۰/۸ میلی مولار تفاوتی از این نظر با شاهد نداشت (جدول ۴-۸). نتایج تحقیقات نشان می دهد که کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت های پایین تر چه به صورت پیش تیمار بذور و چه به صورت محلول پاشی برگی سبب بهبود اثرات منفی ناشی از تنش در گیاهان می گردد (حیات و همکاران، ۲۰۱۰).

مقایسه میانگین اثرات سه جانبه نشان داد بیشترین میزان کادمیوم موجود در برگ ها مربوط به تیمار دو بار محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۸ میلی مولار در شرایط تنش م توسط کادمیوم (۱۰ میلی گرم) و کمترین میزان مربوط به دو بار محلول پاشی با غلظت پائین تر اسید سالیسیلیک در همین مقدار کادمیوم می باشد (جدول ۴-۹). از طرف دیگر در شرایط تنش شدید تر کادمیوم (۵۰ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار های عدم محلول پاشی اسید سالیسیلیک بیشت رین میزان جذب کادمیوم در برگ ها مشاهده گردید . این در حالی بود که یک بار محلول پاشی اسید سالیسلیک با غلظت ۰/۴ میلی مولار موجب کمترین تجمع کادمیوم در برگ ها در این سطح از کادمیوم شد (جدول ۴-۹).

جدول ۴-۸- مقایسه میانگین مقدار کادمیوم جذب شده در برگ تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و کادمیوم در شرایط گلدانی

تیمار	مقدار کادمیوم جذب شده در برگ (میلی گرم در کیلوگرم برگ)
غلظت کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	
صفر	۰/۰۰b
۱۰	۳/۰۱a
۵۰	۳/۶۵ a
LSD 5%	۰/۹۹
غلظت اسید سالیسیلیک (میلی مولار)	
صفر	۲/۵۹a
۰/۴	۱/۷۳ b
۰/۸	۲/۳۴a
LSD 5%	۰/۵۴
تعداد دفعات محلول پاشی	
یک بار	۲/۱۱
دو بار	۲/۳۲
LSD 5%	۰/۴۴

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

جدول ۴-۹- مقایسه میانگین مقدار کادمیوم جذب شده در برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری سه جانبه حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم، اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی

ترکیب تیماری			مقدار کادمیوم برگ (میلی گرم در کیلوگرم)
غلظت کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم)	اسید سالیسیلیک (میلی مولار)	دفعات محلول پاشی	
صفر	صفر	یک بار	۰/۰۰
		دو بار	۰/۰۰
	۰/۴	یک بار	۰/۰۰
		دو بار	۰/۰۰
	۰/۸	یک بار	۰/۰۰
		دو بار	۰/۰۰
۱۰	صفر	یک بار	۳/۳۸
		دو بار	۳/۳۸
	۰/۴	یک بار	۲/۶۲
		دو بار	۱/۹۴
	۰/۸	یک بار	۲/۲۲
		دو بار	۴/۵
۵۰	صفر	یک بار	۴/۴۱
		دو بار	۴/۴۱
	۰/۴	یک بار	۲/۱۱
		دو بار	۳/۷
	۰/۸	یک بار	۴/۳
		دو بار	۳/۰۰
LSD 5%			۱/۳۳

۴-۵- نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق به طور خلاصه شامل موارد زیر می باشد:

۱ -در بخش مزرعه ای، در اثر محلول پاشی با اسید سالیسیلیک ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، درصد و عملکرد پروتئین دارع کاهش یافت.

۲- در بخش مزرعه ای، غلظت های مورد مطالعه اسید سالیسیلیک تاثیر معنی داری بر درصد روغن دانه؛ تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه نداشتند.

۳- محلول پاشی با اسید سالیسیلیک موجب افت شدید عملکرد در رقم سحر گردید در حالی که دو رقم دیگر واکنش قابل توجهی نشان ندادند.

۴- در بخش گلدانی، محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت۰/۴ میلی مولار سبب کاهش‌معنی دار در انباشت کادمیوم در برگ به میزان ۳۳/۲ درصد گردید.

۵- در بخش گلدانی، در حالی که در اثر تنش کادمیوم ارتفاع بوته کاهش یافت، محلول پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش این صفت گردید.

۶- در شرایط تنش ۱۰ میلی گرم کادمیوم، محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اس ید سالیسیلیک و تکرار آن سبب افزایشی معنی دار در عملکرد پروتئین دانه گردید.

۴-۶- پیشنهاد ها

۱- تاثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک در مراحل مختلف رشد سویا مورد بررسی قرار گیرد.

۲- این تحقیق در بخش مزرعه ای روی سه رقم و در بخش گلدانی روی یک رقم انجام شد. مطالعه واکنش سایر ارقام متداول به تنش کادمیوم و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک، مفید خواهد بود

۳- از آنجایی که در این تحقیق ۳ غلظت از کادمیوم و اسید سالیسیلیک مورد مطالعه قرار گرفت، پیشنهاد می شود طیف وسیع تری از غلظت های این دو ماده مورد بررسی قرار گیرند.

۴- اثرسایر عناصر سنگین بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک سویا مورد مطالعه قرار گیرد.

منابع

۱ - **برادران فیروزآبادی، س.، رجبیان، ط. و برادران فیروزآبادی، م. ۱۳۸۸.** بررسی اثر نیکل بر رشد ریشه و کلروفیل برگ در گیاه سویا یازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید بهشتی ۲-۴ مردادماه ۱۳۸۹.

۲ -**توحیدلو، ق. ۱۳۷۸.** بررسی کارایی مصرف آب و برخی پارامتر های زراعی فیزیولوژیکی سه رگه چغندر قند درشرایط مطلوب و تنش خشکی، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

۳ -**جعفری، ر. ۱۳۸۲.** تاثیر برهمکنش کادمیوم و اسید سالیسلیک بر رشد و برخی پارامتر های فیزیولوژیکی گیاه لوبیا. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت معلم تهران.

۴ -**حبیبی، د. ۱۳۷۲.** انتخاب پروژنی های مقاوم به خشکی و شوری چغندر در مرحله جوانه زنی اولیه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

۵ -**خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۵.** گیاهان صنعتی (چاپ دوم). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان . ۵۶۴ صفحه.

۶ -**رضوی، م. و مظاهری تیرانی، م. ۱۳۷۴.** فراورده های غذایی سویا (ترجمه). چاپ اول . انتشارات جهاد دانشگاه‌ی مشهد. ۱۲۵ صفحه.

۷ -**سرمدنیا، غ. و کوچکی، ع. ۱۳۷۷.** جنبه های فیزیولوژِیک زراعت دیم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۸ -**کافی، م. و مهدوی دامغانی، ع. ۱۳۸۱.** مکانیسم های مقاومت گیاهان به تنش های محیطی (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۷ صفحه.

۹ -**کافی، م.، برزویی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ج. ۱۳۸۸.** فیزیولوژی تنش های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۰۲ صفحه.

۱۰ -**کریمی، ه. ۱۳۶۸.** گیاهان زراعی. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۹۳ صفحه.

۱۱ -**کوچکی، ع.، راشد محصل، م.، نصیری، م. و صدر آبادی، ر . ۱۳۶۷.** مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۶۸ صفحه.

۱۲ -**کوچکی، ع.، سلطانی، ا. و عزیزی، م. ۱۳۷۶.** اکوفیزیولوژی گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد . ۲۴۲ صفحه.

۱۳ -**لطیفی. ن.۱۳۷۲.** زراعت سویا (ترجمه). چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۸۷ صفحه.

۱۴ -**مجتهدی، ع. و لشگری، ح.۱۳۶۰.** زراعت سویا. چاپ ششم. شرکت سهامی خاص توسعه وکشت دانه های روغنی. ۲۸ صفحه.

۱۵ -**مجد، ا.، مداح، م.، فلاحیان، ف.، صباغ پور، ح. و چلبیان، ف . ۱۳۸۵.** بررسی مقایسه ای اثر اسید سالیسیلیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و مقاومت دو رقم نخ ود حساس و مقاوم نخود نسبت به قارچ *Ascochyta rabiei* . مجله زیست شناسی ایران. جلد ۱۹. شماره ۳. صفحات ۳۱۴-۳۲۴.

۱۶ -**مظاهری تیرانی، م.، منوچهری کلانتری، خ. و حسیبی، ن. ۱۳۸۷.** اثر متقابل اتیلن و اسید سالیسیلیک بر القای تنش اکسیداتیو و مکانیسم مقاومت به آن در گیاه کلزا. مجله زیست شناسی ایران. جلد ۲۱. شماره ۳. صفحات ۴۲۱ تا ۴۳۱.

۱۷ -**مودب شبستری، م. و مجتهدی، م. ۱۳۶۹.** فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). چاپ اول. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. ۴۲۶ صفحه.

۱۸ -**ناصری ، ف.۱۳۷۰.** دانه های روغنی(ترجمه). چاپ اول. انتشارات آستان قدس رضوی. ۵۰۳ صفحه.

۱۹ -**نور محمدی، ق. و سیادت، ع. و کاشانی، ع. ۱۳۸۰.** زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز . صفحه ۴۴۶.

۲۰ -**یزدی صمدی، ب. و عبد میشانی، س. ۱۳۷۳.** اصلاح نباتات زراعی . چاپ دوم . انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. ۲۸۷ صفحه.

21- **Abdel-Basset, R., Issa, A.A. and Adam, M.S. 1995.** Chlorophyllase activity: effects of heavy metals and calcium. Photosynthitica. 31:421-425.

22- **Amborabe, B.E. 2002.** Antifungal effects of salicylic acid and benzoic acid derivatives towards Eutypa Lata: Structure activity relationship. Plant Physiol. Biochem. 40:1051-1060.

23- **Antoniw, J.F. and White, R.F. 1990.** The effects of aspirin and polyacrylic acid on soluble leaf proteins and resistance to virus infection in five cultivars of tobacco. Phyto Pathol. 98:331-341.

24- **Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2007.** Roles of glycine betain and porolin in improving plant abiotic stress resistance. Environ. and Exp. Bot. 59: 206-216.

25- **Basu, R.N., Bose, T.K., Roy, B.N. and Mukhopadhyay, A. 1969.** Auxin synergist in rooting of cuttings. Physiol. Plant. 22:649-652.

26- **Barcelo, J., Poschenrieder, C., Andreu I. and Gaunse, B. 1986.** Cadmium-induced decrease of water stress resistence in bush bean plants. (*Phaseolus vulgaris* L.CV. Contender).1. Effects of Cd on water potential, relative water content and cell wall elasticity. Plant Physiol. 125:17-25.

27- **Baryla, A., Carrier, P., Franck, F., Coulomb, C., Sahut, C. and Havaux, M. 2001.** Leaf chlorosis in oilseed rape (*Brassica napus*) grown on cadmium-poluted soil: causes and consequences for photosynthesis and growth. Planta. 212:606-709.

28- **Benaroya, R.O., Tzin, V., Tel-or., E. and zamsk, .E. 2004.** Lead accumulation in the aquatic fern *Azolla filicuoides*. Plant Physiol. 42:639-645.

29- **Berevedan, R.E. and Egli, D.B. 2003.** Short periods of water stress during seedfilling, leaf senescence and yield of soybean. Crop Sci. 43:2083-2088.

30- **Blum, A. and Ebercon, A. 1981.** Membranes stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. Crop Sci. 21:43-47.

31- **Boddi, B., Oravecz, A.R. and Lehoczki, E. 1995.** Effects of cadmium on organization and photoreduction of protochlorophyllide in dark-grown leaves and etioplast inner membrane preparations of wheat. Photosynthetica. 31:411-420.

32- **Boussama, N., Quariti, O. and Ghorbal, M.H. 1999.** Changes in growth and nitrogen assimilation in barley seedling under cadmium stress. Plant Nutr. 22:731-75.

33- **Choudhury, S. and Panda, S.K. 2004.** Role of salicylic acid in regulating cadmium induced oxidative stress in *Oryza sativa* L. roots. Bulg. J. Plant Physiol. 30:95-110.

34- **Cleland, C.F. and Ajami, A. 1974.** Identification of the flower-inducing factor isolated from aphid honeydew as being salicylic acid. Plant Physiol. 54:904-906.

35- **Costa, G. and Morel, J.L. 1994.** Water relations, gas exchange and amino acid content in cadmium treated lettuce. Plant Physiol. Biochem. 32:561-570.

36- **Dat, J.F., Foyer, C.H. and Scott, I.M. 1998.** Changes in salicylic acid and antioxidants during induced thermotolerance in mustard seedling. Plant Physiol 118:1455-1461.

37- **Dat, J.F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C.H. and Scott, I.M. 1998.** Parallel changes in H_2O_2 and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. Plant Physiol. 116:1351-135.

38- **Drazic, G., Mihailovic, N. and Lojic, M. 2006.** Cadmium accumulation in *Medicago sativa* seedlings treated with salicylic acid. Biol. Plant. 50:239-244.

39- Drazic, G. and Mihailovic, N. 2005. Modification of cadmium toxicity in soybean seedlings by salicylic acid. Plant Physiol. 168:511-517.

40- Elmore, R.W. 1991. Soybean cultivar response to planting rate and tillage. Agron. 83:829-832.

41- El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regul. 45:215-225.

42- Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxilation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica. 41:281-284.

43- Feher, W.R. and Caviness, C.E. 1997. Stage of soybean development. Lowa satate. Uni. Press. PP:80.

44- Feher, W.R., Caviness, C.E., Burmood, D.T. and Pennington, J.S. 1972. Stage of development descriptions for soybeans. Crop Sci. 11: 929-931.

45- Fodor, A., Szabo-Nagy, A. and Erdei, L. 1995. The effect of cadmium on the fluidity and H^+-Atpase activity of plasma membrane from sunflower and wheat roots. Plant Physiol. 14:787-792.

46- 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.

47- Gutierrez-coronado, M., Trejo, C.L. and Larque-saavedra, A. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean.Plant Physiol. Biochem. 36:563-565.

48- Greger, M. and Ogren, E. 1991. Direct and indirect effects of Cd^{2+} on photosynthesis in sugar beet. Plant Physiol. 83:129-135.

49- Hamada, A.M. and Al-Hakimi, A.M.A. 2001. Salicylic acid versus salinity-drought induced stress on wheat seedlings. Rostl. Vyr. 47:444-450.

50- Hanson, W.D. 1993. Phenotypic recurrent selection for modified reproductive period in soybean. Crop Sci. 32:968-972.

51- Harper, S.R. and Balke, N.E. 1981. Characterization of the inhibition of K^+ absorption in oates roots by salicylic acid. Plant Physiol. 68:1349-1353.

52- Hayat, S. and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid a plant hormone. Springer publishers, Dordreckt,The Netherlands.

53- Hayat, S., Hasan, S.A., Farriddudin, Q. and Ahmad, A. 2008. Growth of tomato in response to salicylic acid under water stress. J. Plant Int. 3:297-304.

54- Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B. and Ahmad, A. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. Acta Agron. Hung. 53:433-437.

55- Hayat, Q., Hayat, SH., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effects of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Envi. and Exper. Botany. 68:14-25.

56- Hiscox, J.D. and Israelstam, G.F. 1978. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Can. J. Bot. 57:1332-1334.

57- Horvath, G., Droppa, M., Oravecz, A., Raskin, V.I. and Marder, J.B. 1996. Formation of the photosynthetic apparatus during greening of the cadmium-poisoned barley leaves. Planta. 199:238-243.

58- Hussein, M.M., Balba, L.K. and Gaballah, M.S. 2007. Salicylic acid and a possible role in the induction of chilling tolerance. Res. J. Agric. Biol. Sci. 3:321-328.

59- Janda, T., Horvath, G Szalai, G. and Paldi, E. 2003. Role of salicylic acid in the induction of abiotic stress tolerance. In: Hayat, S., A. Ahmad (eds.). Salicylic acid, a plant hormone. Spriger Publisher, Dordrecht, The Netherlands.

60- Janda, T., Szalai, G., Tari, I. and Paldi, E. 1999. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effect of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. Planta. 208:175-180.

61- Johnson, M.S. and Stevenson, J.K.W. 1994. Revegatation of metalliferous wastes and and after metal mining. In: Hester, R.E., Harison, R.M. (eds.), Mining and its environmental impact. Royal Society of Chemistry. London, pp. 31-48.

62- Kang, G.Z., Wang, C.H., Sun, G.C. and Wang, Z.X. 2003. Salicylic acid changes activities of H_2O_2- metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. Environ. Exp. Bot. 50:9-15.

63- Khan, W., Printhviraj, B. and Smith, D.L. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. J. Plant Physiol. 160:485-492.

64- Khodary, S.F.A. 2004. Effect of salicylic acid on growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. Int. J. Agric. Biol. 6:5-8.

65- Kopittke, P.M., Dart, P.J. and Menzies, N.W. 2007. Toxic effects of low concentrations of Cu on nodulation of cowpea (*Vigna unguiculata*). Environ. Pollution. 145: 309-315.

66- Kramer, P.S. 1983. Water relations of plants. Academic press. PP. 342-415.

67- Krantev, A., Yordanova, R., Janda, T., Szalai, G. and popova, L. 2008. Treatment with salicic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. Plant Physiol. 165:920-931.

68- Kriek, D.T., Foy, C.D. and wergin, W.P. 1988. Role of water stress in different Aluminium tolerance of six sunflower cultivars grown in an acid soil. Plant Nutr. 11:387-408.

69- Krupa, Z. 1999. Cadmium against higher plant photosynthesis- a verity of effects and where do they possibly come from?. Naturforsch. 54:723-729.

70- Kumar, P. 1997. Effect of salicylic acid on flowering, pod formation and yield of pea. In Abst National Seminar on plant physiology for sustainable agriculture. March 19-21. IARI, New Dehli, pp. 69.

71- Kumar, P., Dube, S.D. and Chauhan, V.S. 1999. Effect of salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean. Ind. J. Plant Physiol. 4:327-330.

72- Kumar, P., Lakshmi, N.J. and Mani, V.P. 2000. Interactive effects of salicylic acid and phytohormones on photosynthesis and grain yield of soybean. Physiol. Mol. Biol. Plant. 6:179-186.

73- Larque-saavedra, A. 1979. Stomatal closure in response to acetylsalicylic acid treatment. Physiol. 93:371-375.

74- Larque-saavedra, A., Wilkins, H. and Wain, R.L. 1975. Promotion of cress root elongation in white light by 3, 5-diiodo-4-hydroxybenzoic acid. Planta. 126:269-272.

75- Lee, C.W., Choi, J.M. and Pak, C.H. 1996. Michronutrient toxicity in seed germination. J. of the Ame. Society for hort. sci. 121:77-82.

76- Leslie, C.A. and Romani, R.J. 1988. Inhibition of ethylene biosynthesis by salicylic acid. Plant Physiol. 88:833-83.

77- Lopez-Delgado, H., Dat, J.F., Foyer, C.H. and Scott, I.M. 1998. Induction of thermotolerance in potato microplants by acetylsalicylic acid and H_2O_2. J. Exp. Bot. 49:713-720.

78- Lewis, S., Donkin, M.E. and Depledge, M.H. 2001. HSP 70 expression in *Enteromorpha intestinalis* (chlorophyta) exposed to environmental stresses. Aqua. Toxicol. 51:277-291.

79- Madhava Rao, O.K.V. and Sresty, T.V.S. 2000. Antioxidative parameters in the seedlings of pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) in response to Zn and Ni stresses. Plant Sci.157:113-128.

80- Makandar, R., Essing, J.S., Schapaugh, M.A., Trick, H.N. and Shah, J. 2006. Genetically engineered resistance to Fusarium head blight in wheat by expression of Arabidopsis NPR1. Mol. Plant-Microbe Interact. 19:123-129.

81- Malamy, J., Carr, J.P. and Klessig, D.F. 1990. Salicylic acid: a likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection. Crop Sci. 250:1002-1004.

82- Mauzerall, D.L. and Wang, X. 2001. Protecting agricultural crops from the effects of tropospheric ozone exposure: reconchiling science and standard setting in the united states, Europe and Asia. Ann. Rev. Energy Environ. 26:237-268.

83- Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M. and Dietz, K. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. Plant Physiol. 132:272-281.

84- Mishra, A. and Choudhuri, M.A. 1999. Effect of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. Biologia Plantarum. 42:409-415.

85- Nieboer, E. and Richardson, D.H.S. 1980. The replacement of the non-descript term "heavy metals" by a biologically and chemically significant classification of metal ions. Environmental Pollution, Serries B, 1:3-26.

86- Orcutt, D.M. and Nilsen, E.T. 2000. The physiology of plant under stress: soil and biotic fsctors. John Wiley Pob. Pp. 481-517.

87- Pal, M., Szalai, G., Horvath, E., Janda, T. and Paldi, E. 2002. Effect of salicylic acid during heavy metal stress. Acta. Biol. Szegediensis. 46:119-120.

88- Pancheva, T.V., Popova, L.P. and Uzunova, A.M. 1996. Effect of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. J. Plant Physiol. 149:57-63.

89- Panda, SK., Chaudhury, I. and Khan, M.H. 2002. Heavy metals induce lipid peroxidation and affect antioxidants in wheat leaves. Biologia Plantarum. 46:289-294.

90- Parida, A.K. and Bandhu Das, A. 2004. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxico. and Envi. Safty. 60:324-349.

91- Paudyal, S.P., Aryal, R.R., Chauhan, S.V.S. and Maheshwari, D.K. 2007. Effect of heavy metals on growth of rhizobium strains and symbiotic efficiency of two species of tropical legumes. Scientific World, 5:322-325.

92- Poschenrieder, C. and Barcelo, J. 2004. Water relations in heavy metal stressesd plants. In: pasad, M.(ed.), Heavy metal stress in plants from Biomolecules to Ecosystems, 2nd edn. Springer-verlag, New York. PP.249-263.

93- Rajendiran, K. and Ramanujam, M.P. 2003. Alleviation of ultraviolet-B radiation induced growth inhibition of green gram by triadimefon. Biol. Plant. 46:621-624.

94- Ramagopal, S. 1987. Salinity stress induced tissue specific proteins in barley seedlings. Plant Physiol. 84:324-331.

95- Rascio, N. and Navari-Izzo, F. 2010. Heavy metal hyper accumulating in plants: How and why do they do it? And what make them so interesting? J. of Plant Sci. 42:422-430.

96- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant physiol. Plant Mol. Biol. 43:439-463.

97- Rasmussen, J., Hammerschmidt, B. and Zook, M.N. 1991. Systemic induction of salicylic acid and accumulation in cucumber after inoculation with *Pseudomonas syringae* pv. syringae. Plant Physiol. 97:1342-1347.

98- Reeves, R.D., 2006. Hyperaccumulation of trace elements by plants, in: Morel, J.L., Echevarria, G. and Goncharova, N. (eds.), Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils, NATO Science Series. IV: Earth and Environmental Sciences, Springer NY, pp.1–25.

99- Reser, P. and Emerson, P. 2007. Growth, root and leaf structure and biomass allocation in leucanthemum vulgare as affected by heavy-metal-containing slag. Plant Soil. 59:2461-2467.

100- Rizhsky, L., Liang, H. and Mittler, R. 2002. The combined effect of draught stress and heat shock on gene expression in tobacco. Plant Physio. 130:1-9.

101- Salt, D.E., Prince, R.C., Pickering, I.J. and Raskin, I. 1995. Mechanisms of cadmium mobility and accumulation in indian mustard. Plant Physiol. 109:1427-1433.

102- Sandalio, L.M., Dalurzo, H.C., Gomes, M., Romero-Puertras, M. and del Rio, L.A. 2001. Cadmium induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants. Exp. Bot. 52:2115-2126.

103- Senaranta, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K. 2000. Acetylsalicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regul. 30:157-161.

104- Seraj, R. and Sinclair, T.R. 2002. Osmolyte accumulation can it really help increase crop yield under drought conditions? Plant Cell Environ. 25: 333-341.

105- 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, Amesterdam, Netherlands, pp. 513-541.

106- Shakirova, F.M. 2007. Role of hormonal system in the manisfestation of growth promoting and anti-stress action of salicylic acid. In: Hayat, S. and A. Ahmad (eds), salicylic acid, a plant hormone. Springer, Dordrecht, Netherland.

107- Shakirova, F.M. and Bezrukova, M.V. 1997. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. Biol. Bulletin. 24:109-112.

108- Sharma, Y.K., Leon, J., Raskin, I. and Davis, K.R. 1996. Ozone-induced responses in *Arabidopsis thaliana*:The role of salicylic acid in the accumulation of defence-related transcripts and induced resistance. Proc. Natle. Acod. Sci. U.S.A. 93:5099-5104.

109- Shaw, B.P., Sahu, S.K. and Mishra, R.K. 2004. Heavy metal induced oxidative damage in Terrestrial plants. In: Prasad, M.(ed.), Heavy metal stress in plants from Biomolecules to Ecosystems, 2nd edn. Springer –verlag, new york.

110- Siedlecka, A. and krupa, Z. 1999. Cd/Fe interactions in higher plants- it′s consequence for the photosynthetic apparatus. Photosynthetica. 36:321-331.

111- Singh, G. 1980. Effect of growth regulators on podding and yield of mung bean. Indian J. Plant Physiol. 23:366-370.

112- Sinha, S., Sinam, G., Mishra, R. and Mallick, SH. 2010. Metal accumulation, growth, antioxidants and oil yield of *Brassica junceae* L. exposed to different metals. Ecotoxicol. and Environ. of Safety . 73: 1352-1361.

113- Smirnoff, N. 1993. The role of active oxygen in response of plants to water deficit and desiccation. New Phytol. 125:27-58.

114- Smith, J.A., Hammerschmidt, R. and Fulbright, D.W. 1991. Rapid induction of systemic resistance in cucumber by pseudomonas syringae pv. Syringae. Physiol. Mol. Plant Pathol. 38:223-235.

115- Somashekaraiah, B.V., Padmaja, K. and Prasad, A.R.K. 1992. Phytotoxicity of cadmium ions on germinating seedlings of mungbean: involvement of lipid peroxides in chlorophyll degradation. Plant Physiol. 85:85-89.

116- Szalaie, G., Tari, I., Janda, T., Pestenacz, A. and Paldi, E. 2002. Effects of cold acclimation and salicylic acid on changes in ACC and MACC contents in maize during chilling. Biol. Plant. 43:637-640.

117- Szalontai, B., Horvath, L.I., Debreczeny, M., Droppa, M. and Horvath, G. 1999. Molecular rearrangments of thylakoids after heavy metal poisoning, as seen by fourier transform infrared (FTIR) and electron spin resonance (ESR) spectroscopy. Photosyn Res. 61:241-252.

118- Szepsi, A., Csiszar, J., Bajkan, SZ., Games, K., Horvath, F., Erdei, L., Deer, A., Simon, L.M. and Tari, I. 2005. Role of salicylic acid pretreatment on the acclimation of tomato plants to salt and osmotic stress. Acta Biol. Szegediensis. 49:123-125.

119- Vassilev, A., Yordanov, I. and Tsonev, T. 1997. Effects of Cd^{2+} on the physiological state and photosynthetic activity of young barley plants. Photosynthetica. 34:293-302.

120- Witte-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 Organ Cult. 68:103-104.

121- Yan-de, J., Zhen-li, H.E. and Xio-e, Y. 2007. Role of rhizobacteria in phytoremeation of heavy metal contaminated soil. J. of Zhejiang Univ. Sci. 8:192-207.

122- Zhang, W.H. and Tyerman, S.D. 1999. Inhibition of water channels by $HgCl_2$ in intact wheat root cells. Plant Physiol. 120:849-857.

123- 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.

124- Zho, J.K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 53:247-278.

پیوست

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات ارتفاع و تعداد شاخه فرعی بوته تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در بخش مزرعه ای

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی در بوته
تکرار	۲	۲۱۴/۶۴	۱/۹۸۴
رقم	۲	۷۵۳۹/۰۰۱**	۱۳/۹۰۸
خطا	۴	۱۴۰/۹۸۸	۵/۴۱۹
غلظت اسید سالیسیلیک	۲	۱۱۹۴/۳۵۸**	۵۵/۷۸۲**
دفعات محلول پاشی	۱	۶/۸۹۸	۰/۴۶۳
رقم ×غلظت اسید سالیسیلیک	۴	۲۲۵/۳۱۷ *	۳/۵۴۷**
رقم ×دفعات محلول پاشی	۲	۱/۲۰۴	۲/۰۳۱
غلظت اسید سالیسیلیک× دفعات محلول پاشی	۲	۵۳/۹۲۱	۱/۷۰۶
رقم × غلظت اسید سالیسیلیک×دفعات محلول پاشی	۴	۴۶/۱۰۴	۱/۱۲۱
خطا	۳۰	۵۷/۸۹۵	۰/۶۹۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۸۶	۱۸/۵۹

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۲- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و رقم‌در بخش مزرعه ای

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	متوسط تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	عملکرد
تکرار	۲	۴۱۶۹۳/۸۵*	۰/۰۰۶۴	۷۰۶/۲۷۱	۰/۰۱۹
رقم (V)	۲	۴۵۴۲۳۴۶۶۸**	۰/۰۶۶	۱۳۱۶/۳۰۸ *	۰/۱۱۸**
خطا	۴	۴۲۹۰۵/۳۷	۰/۰۷۵	۸۱۴/۸۹۹	۰/۰۴۴
غلظت اسید سالیسیلیک(S)	۲	۱۵۸۱۳/۱۲	۰/ ۰۷۲	۵۳۷/۶۲۵	۰/۰۱۲
تعداد دفعات محلول پاشی(T)	۱	۸۵۶۲/۹۶	۰/۰۰۱	۱۳۵۷/۱۰۹	۰/۰۰۲
V×S	۴	۲۲۵۷۹/۰*	۰/۱۰۹	۹۴/۱۵۷	۰/۰۲۶*
V×T	۲	۳۲۲۵/۳۵	۰/۰۲۶	۳۷۱/۳۷۹	۰/۰۰۴
S×T	۲	۸۷۹۳/۴۶	۰/۰۲۹	۲۴۸/۳۳۸	۰/۰۰۹
V×S×T	۴	۱۰۵۶۵/۵۱	۰/۱۷۳	۵۶۷/۴۴۷	۰/۰۰۲
خطا	۳۰	۸۴۲۶/۲۹۳	۰/۱۰۹۱	۴۰۵/۰۵۵	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (درصد)		۲۸/۲۴	۱۶/۱۷۴	26/ 27	۳۶/۰۵

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات کلروفیل برگ تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در نمونه برداری های مختلف در بخش مزرعه ای

تیمار	درجه آزادی	39	46	53	60	67	۷۴	۸۱	۸۸	۹۵	۱۰۲	۱۰۹	۱۱۶	۱۲۳ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۲۴/۰۵	۳۰/۲۸	۳۵۰۹	۱۸۴۵۵	۱۹۲۷	۰/۴۱	۱/۲۴	۲/۵۴	۳/۶۷	۰/۱۷۲	۶/۴۱	۴/۳۹	۴/۱۱
رقم (V)	۲	۱۲۲/۲۴**	۱۲۵/۶۲ **	۹۷/۷۴**	۲۰۴۷۵۷**	۱۸۲/۵۹**	۲۱۵/۳۹**	۳۱۰/۹۷**	۳۳۹/۲۶**	۵۲۵/۵۸**	۷۰۱/۲۹**	۴۹۱/۳**	۱۹۴/۱۶**	۲۵۱۷۹۹**
خطا	۴	۱۰/۹۲	۲۰/۷۲	۲۸۱۴	۹۴۱۰	۳۶/۵۵	۴/۷۹	۴/۸۸	۲/۱۱	۲/۳	۱/۰۰۱	۰/۹۱	۰/۸۲	۴/۷۵
غلظت اسید سالیسیلیک (S)	۲	۱۲۹/۲۷	۹۲/۴۳*	۵۰۵۰۴**	۴۷۷۷۱۷**	۷۸۴**	۴/۳۷	۰/۲۲	۶/۵۱*	۱۷/۶۴**	۸/۵۴**	۳۱/۰۸**	۵۲/۷۱**	۹۸۱۹**
تعداد دفعات محلول پاشی(T)	۱	۲/۳۶	۱/۹	۱۸۴۱	۱۶/۰۰۶	۶۶/۵۱**	۰/۹۶	۳۴/۶۵**	۰/۰۰۰۸	۵۹/۳۶**	۷۰/۷۲**	۸/۷۷	۸۷/۶۸**	۱۳/۱۵
V×S	۴	۴۲/۶۱	۴۶/۳۲	۱۱۸/۳۴**	۹۶۳۲۳ *	۲۹۲/۸۶**	۳۰/۰۳**	۱۹/۹۱**	۲۴/۱۵**	۳۸/۰۳**	۴۲/۷۵**	۱۲۱/۶۹**	۳۹/۳۳**	۳۰/۲۸**
V×T	۲	۴/۲۱	۲۱/۰۲	۲۸۷۱	۵/۶۸۲	۲۶/۴۳	۶/۷۹	۲/۳۷	۰/۵۱	۹/۶۴*	۲/۱۱	۱۴/۳۷	۵۸/۷۱**	۶/۸۱
S×T	۲	۱۱۰/۱۸*	۴۸/۵۱	۳۳/۴۲	۱۰۰/۸۶۲	۱۰۵۵۴۱**	۸/۹۸*	۳۲/۲۴**	۸/۴۸**	۱۴/۳۵**	۹/۲۸**	۲۹/۳۶**	۱۵/۸۱**	۲۶/۹۷*
V×S×T	۴	۵/۶۶	۵/۲۱	۶۰/۳۳**	۲۹/۸۷۱	۸۸۴*	۲۰/۶۹**	۲/۸۶*	۱۸/۵۴**	۱۷/۱۳**	۳۴/۶۴**	۱۶/۸۲*	۷/۶۸	۸/۱۲
خطا	۳۰	۲۶/۸۱	۲۱/۰۳	۱۴/۹۵	۳۴/۳۵۳	۶/۸۴	2/45	2/86	۱/۴۷	۲/۳۳	۱/۲۵	۵/۱۹	۳/۴۲	۸/۱۲
ضریب تغییرات(درصد)		۱۴/۲۸	۱۲/۴۸	۱۰/۴۷	۲۷/۲۶	۷/۷۳	۴/۴۳	۴/۸۸	۳/۴۲	۴/۳۷	۳/۳۲	۷/۸۴	۷/۴۸	۱۲/۲۵

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین کلروفیل برگ (واحد اسپد) تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در نمونه برداری های مختلف در بخش مزرعه ای

تیمار	۳۹	۴۶	۵۳	۶۰	۶۷	۷۴	۸۱ روز پس از کاشت
رقم							
سحر	۳۷/۳۱ a	۳۸/۴۹ a	۳۸/۲۳ a	۴۱/۰۳۹ a	۳۶/ ۳۷ a	۳۹/۰۵ a	۳۸/۹۱a
گرگان ۳	۳۸/۱۴ a	۳۷/۹۹ a	۳۸/۳ a	۲۷/۹۲۸ b	۳۲/۱۵ b	۳۲/۱۷ ab	۳۰/۶۰ab
DPX	۳۳/۲۷ b	۳۳/۶۸ b	۳۴/۲۳ b	۳۰/۰۳ ab	۳۲/۹۰ b	۳۴/۹۵ b	۳۴/۵۳b
LSD 5%	۳/۰۵	۴/۲۱	۴/۹۱	۲/۸۳	۲/۷۹	۲/۰۲	۲/۰۴
غلظت اسید سالیسیلیک (میلی مولار)							
صفر	۳۴/۵۳ b	۳۵/۰۹b	۳۲/۸۵ b	۳۳/۹۴b	۳۵/۵۱ a	۳۵/۵۲	۳۴/۶۳
۰/۴	۳۹/۳۳ a	۳۹/۳۱ a	۴۲/۹۱ a	۴۳/۶۱ a	۳۲/۹۲ b	۳۴/۸۴	۳۴/۸۱
۰/۸	۳۴/۸۷ b	۳۵/۷۶ b	۳۵/۰۰ b	۳۵/۷۰ b	۳۲/۹۹ b	۳۵/۸۰	۳۴/۶
LSD 5%	۳/۵۲	۳/۱۲	۲/۶۳	۳/۹۹	۱/۷۸	۱/۰۶	۱/۱۵
تعداد دفعات محلول پاشی							
یک بار	۳۶/۰۳	۳۶/۹۱	۳۷/۵۱	۳۸/۳	۳۴/۹۲ a	۳۵/۵۲	۳۵/۴۸ a
دو بار	۲۷/۰۰	۳۶/۵۳	۳۶/۳۴	۳۷/۲۱	۳۲/۷ b	۳۵/۲۵	۳۳/۸۸b
LSD 5%	۲/۸۷	۲/۵۴	۲/۱۴	۳/۲۵	۱/۴۵	۰/۸۷۱	۰/۹۴۱

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

ادامه جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین کلروفیل برگ (واحد اسپد) تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و رقمدر نمونه برداری های مختلف در بخش مزرعه ای

تیمار	۸۸	۹۵	۱۰۲	۱۰۹	۱۱۶	۱۲۳ روز پس از کاشت
رقم						
سحر	۳۹/۱۳ a	۴۰/۱۸ a	۳۹/۹۶ a	۳۴/۸۶a	۳۶/۶۹ a	۳۷/۱۱ a
گرگان ۳	۳۶/۷۴ b	۲۹/۳۸ab	۲۷/۴۸ ab	۲۴/۷۷ ab	۱۹/۰۹ b	۱۸/۷۹ b
DPX	۳۰/۷۱ ab	۳۵/۱۱ b	۳۳/۹۱ b	۲۷/۴۶b	۱۸/۲۹ b	۱۵/۰۳ ab
LSD 5%						
غلظت اسید سالیسیلیک (میلی مولار)						
صفر	۳۶/۲۲ a	۳۵/۸۴ a	۳۴/۳۹ a	۲۹/۷۲a	۲۳/۳۲ b	۲۱/۵ b
۰/۴	۳۵/۲۵ b	۳۴/۹۷ a	۳۳/۹۲ a	۲۹/۸۶ a	۲۴/۱۵ b	۲۳/۳ b
۰/۸	۳۵/۱۱ b	۳۳/۸۶ b	۳۳/۰۳ b	۲۷/۵۱ ab	۲۶/۶۱ a	۱۳/۲۶ a
LSD 5%						
تعداد دفعات محلول پاشی						
یک بار	۳۵/۵۳	۳۵/۹۴a	۳۴/۹۲a	۲۹/۴۳	۲۵/۹۷a	۲۴/۱۴
دو بار	۳۵/۵۲	۳۳/۸۴ b	۳۲/۶۴ b	۲۸/۶۳	۲۳/۴۲b	۲۳/۱۵
LSD 5%	۰/۶۷	۰/۸۴	۰/۶۲	۱/۲۶	۱/۰۲	۱/۶۱

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

جدول پیوست ۵- میانگین مربعات درصد و عملکرد روغن و پروتئین دانه تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و رقم در بخش مزرعه ای

تیمار	درجه آزادی	درصد روغن دانه	عملکرد روغن دانه	درصد پروتئین دانه	عملکرد پروتئین دانه
تکرار	۲	۰/۵۸	۰/۳۲	۵/۴۷	۰/۸۹
رقم	۲	۲۱/۶۸**	۱/۳۵**	۱۹/۰۵	۷/۲۴**
خطا	۴	۰/۶۷	۰/۲۸	۱۱/۱۸	۱/۵۲
غلظت اسید سالیسیلیک	۲	۲/۲۷	۰/۱۰۶	۵۶/۶۶**	۱/۳۱*
دفعات محلول پاشی	۱	۰/۳۶	۰/۰۱۴	۵/۲۸	۰/۰۷
رقم × غلظت اسید سالیسیلیک	۴	۱/۹۹	۰/۱۵۸	۲۵/۴۶*	۰/۸۵*
رقم × دفعات محلول پاشی	۲	۱/۸۸	۰/۰۱	۶۶/۸۵**	۰/۲
غلظت اسید سالیسیلیک × دفعات محلول پاشی	۲	۰/۲	۰/۰۱۴	۹۴/۵۲	۰/۱۹
رقم × غلظت اسید سالیسیلیک × دفعات محلول پاشی	۴	۱/۱۷	۰/۰۱۹	۳/۷۰	۰/۱۲
خطا	۳۰	۱/۱۶	۰/۰۶۶	۶/۴۱	۰/۲۷
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۳۲	۳۶/۵۶	۹/۵۰	۳۹

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح۵ و ۱ درصد می باشد

جدول پیوست ۶- میانگین مربعات برخی صفات مورفولوژیک تحت تاثیر غلظت های مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	طول شاخه های فرعی	وزن خشک ریشه
تکرار	۲	۱۵/۴۵	۰/۷۲	۳۱/۳۶	۱/۶۹
رقم (V)	۲	۹۸/۹۵**	۱/۵۵ *	۷۹/۴۶*	۲/۱۵
خطا	۴	۶/۴۴	۰/۳۶	۶/۸۹	۱/۳۱
غلظت اسید سالیسیلیک(S)	۲	۹۸/۹۳**	۰/۰۰۰۱	۲۱/۵۳	۵۷/۹۲ **
تعداد دفعات محلول پاشی(T)	۱	۸۶/۲۶*	۴/۷۴ **	۲۶/۷۴	۱/۱۷
V×S	۴	۲۰/۰۸	۱/۰۵ *	۱۷/۷۶	۴/۱۹*
V×T	۲	۲۹/۰۲	۰/۵۱	۵/۴	۰/۶۸
S×T	۲	۳۹۹/۲۱**	۱/۴*	۸۰/۶۹*	۱/۵۵
V×S×T	۴	۲۲۳/۵۴ **	۰/۱۸	۶۷/۰۷*	۱/۵۵
خطا	۳۰	۱۹/۸۳	۰/۳۹	۲۳/۳۶	۱/۴۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۶۹	۲۱/۶۸	۲۵/۴۶	۳۱/۰۵

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۷- مقایسه میانگین های مربوط به ارتفاع بوته و طول شاخه فرعی تحت تاثیر ترکیبات تی ماری سه جانبه حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم، اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی در بخش گلدانی

ترکیب تیماری			ارتفاع بوته (سانتی متر)	میانگین طول شاخه فرعی (سانتی متر)
غلظت کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم)	اسید سالیسیلیک (میلی مولار)	دفعات محلول پاشی		
صفر	صفر	یک بار	۲۶/۶۶	۱۹/۶۶
		دو بار	۲۶/۵۸	۱۹/۶۶
	۰/۴	یک بار	۲۸/۱۶	۱۶/۵
		دو بار	۳۷/۳۳	۲۱/۰۰
	۰/۸	یک بار	۴۶/۶۶	۲۵/۳۳
		دو بار	۱۹/۸۳	۱۸/۸۳
۱۰	صفر	یک بار	۲۵/۵	۱۴/۳۳
		دو بار	۲۵/۵	۱۴/۳۳
	۰/۴	یک بار	۳۱/۶۶	۲۲/۵
		دو بار	۲۳/۸۳	۱۵/۳۳
	۰/۸	یک بار	۲۳/۶۶	۱۶/۸۳
		دو بار	۲۵/۱۶	۱۶/۰۰
۵۰	صفر	یک بار	۲۵/۳۳	۱۹/۱۶
		دو بار	۲۵/۳۳	۱۹/۱۶
	۰/۴	یک بار	۲۳/۳۳	۱۷/۱۶
		دو بار	۳۸/۱۶	۲۵/۶۶
	۰/۸	یک بار	۳۷/۸۳	۲۵/۶۶
		دو بار	۲۲/۳۳	۱۴/۵
LSD 5%			۷/۴۲۶	۸/۰۵

جدول پیوست ۸- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر تیمارهای مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	عملکرد
تکرار	۲	۰/۵۲	۰/۷۱	۶۱/۶۳	۱۹/۶۶**
غلظت کادمیوم (C)	۲	۶/۴۵**	۰/۳	۲۷/۰۳	۱۸/۰۶**
خطا	۴	۱/۱	۰/۳۴	۶۹/۲۲	۹/۲۷
غلظت اسید سالیسیلیک(S)	۲	۰/۹	۰/۰۶	۲۳/۳۹	۵/۷۹*
تعداد دفعات محلول پاشی(T)	۱	۲/۱۲	۰/۰۰۴	۶/۵۱	۶/۲۶
C ×S	۴	۱/۲۴	۰/۰۲	۱۶/۳	۶/۱۵**
C ×T	۲	۲/۱۲*	۰/۰۰۸	۲۲/۸۹	۱۵/۰۸**
S×T	۲	۰/۹۶	۰/۰۰۷	۱۴/۳۴	۸/۰۴*
V×S×T	۴	۱/۲۶	۰/۰۲	۷/۱۷	۶/۱۹ **
خطا	۳۰	۰/۶۴	۰/۲۶	۱۹/۹۹	۱/۷۸۷
ضریب تغییرات (درصد)		۳۳/۲۳	۱۹/۷۷	۸/۶۱	۳۴/۵۷

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۹- میانگین مربعات کلروفیل برگ تحت تاثیر تیمارهای مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف در شرایط گلدانی

منابع تغییر	درجه آزادی	۸۶	۹۳	۱۰۰	۱۰۷ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۵۰/۵۹	۱۳۴/۷۵**	۷۲/۰۴	۹۳/۱۶**
غلظت کادمیوم (C)	۲	۹۶/۴۸	۴۷/۵۳	۵/۷۲	۲/۳۶
خطا	۴	۴۸/۸۹	۴۹/۱۶	۲۹/۲۱	۳۱/۵۳
غلظت اسید سالیسیلیک(S)	۲	۲۱/۴۵	۲۲/۹۴	۳۴/۲۳	۶/۵۶
تعداد دفعات محلول پاشی(T)	۱	۷/۳۳	۰/۰۷	۷/۵۵	۰/۲۹
C ×S	۴	۱/۷۸	۹/۸۷	۲۷/۷۲	۶۷/۱۶ **
C ×T	۲	۷/۷۷	۱/۲۳	۱/۸۹	۸/۵۲
S×T	۲	۱/۸۷	۰/۰۲	۴۴/۲	۱۵/۳۸
V×S×T	۴	۱۲/۰۸	۲/۹۲	۸/۴۲	۸/۸۸
خطا	۳۰	۱۵/۴	۱۹/۲۳	۲۳/۳۴	۱۹/۴۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۸۳	۱۲/۰۱	۱۲/۸۴	۱۷۷۲

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۱۰– مقایسه میانگین کلروفیل برگ (واحد اسپد) تحت تاثیر تیمارهای مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف در شرایط گلدانی

تیمار	۸۶	۹۳	۱۰۰	۱۰۷ روز پس ازکاشت
غلظت کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم خاک)				
صفر	۳۴/۴	۳۵/۵۹	۳۷/۶	۳۷/۲۷
۱۰	۳۵/۴۷	۳۵/۵۲	۳۷/۰۴	۳۸/۰۰
۵۰	۳۸/۸۳	۳۸/۳۷	۳۸/۱۷	۳۷/۷
LSD 5%	۶/۴۷	۶/۴۸	۶/۴۸	۵/۱۹۷
غلظت اسید سالیسیلیک (میلی مولار)				
صفر	۳۶/۲۴	۳۵/۸۴	۳۶/۷	۳۷/۵۷
۰/۴	۳۵/۱۴	۳۵/۸۴	۳۶/۹۲	۳۷/۱
۰/۸	۳۷/۳۲	۳۷/۸	۳۹/۱۶	۳۸/۳
LSD 5%	۲/۶۷	۲/۹۸	۲/۹۸	۳/۰۰۵
تعداد دفعات محلول پاشی				
یک بار	۳۶/۶	۳۶/۵۳	۳۷/۲۳	۳۷/۵۸
دو بار	۳۵/۸۷	۳۶/۴۵	۳۷/۹۸	۳۷۷۳
LSD 5%	۲/۱۸	۲/۴۳	۲/۶۸	۲/۲۲

جدول پیوست ۱۱- میانگین مربعات درصد و عملکرد روغن و پروتئین دانه تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و کادمیوم در بخش گلدانی

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد روغن دانه	عملکرد روغن دانه	درصد پروتئین دانه	عملکرد پروتئین دانه
تکرار	۲	۰/۲۶	۵۷۷۹/۳۳**	۱۶۷/۴۲**	۹۵۵۸/۵۵*
غلظت کادمیوم (C)	۲	۳۰/۵۳ **	۷۱۴۶/۱۶**	۱۲۸/۰۱**	۱۶۶۱۳/۳۶ **
خطا	۴	۱/۰۰۲	۲۶۶۳/۰۱	۵/۲۸	۱۰۷۲۸/۴۲
غلظت اسید سالیسیلیک(S)	۲	۱/۶۸ *	۱۴۱۴/۶	۱۳۹/۵۸**	۸۷۸۴/۱۸*
تعداد دفعات محلول پاشی (T)	۱	۰/۳۰	۱۹۳۲/۷۸	۰/۱۱	۹۴۷۳/۰۶*
C ×S	۴	۵/۷۹ **	۲۳۴۵/۱۸**	۳۴/۰۳ **	۷۵۱۰/۹۴*
C ×T	۲	۷/۲۰**	۵۳۹۶/۷۵**	۷/۳۶	۱۹۸۶۰/۱۵**
S×T	۲	۰/۶۶	۲۰۲۸/۵*	۱۲/۲۲	۱۱۹۶۶/۴**
V×S×T	۴	۳/۵۶ **	۲۰۷۲/۱۴**	۸/۲۳	۸۲۸۰/۸*
خطا	۳۰	۰/۴۵	۵۲۵/۷۱	۹/۹	۲۲۰۵/۱۸
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۶۸	۳۹/۵۷	۹/۳۸	۳۶/۶۶

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست۱۲- مقایسه میانگین های مربوط به عملکرد روغن دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری سه جانبه حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم، اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی

ترکیب تیماری			عملکرد روغن دانه (گرم در متر مربع)
غلظت کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم)	اسید سالیسیلیک (میلی مولار)	دفعات محلول پاشی	
صفر	صفر	یک بار	۴۰/۱۱۰
		دو بار	۴۰/۱۱۰
	۰/۴	یک بار	۲۶/۴۵
		دو بار	۳۱/۲۹
	۰/۸	یک بار	۴۱/۳۶
		دو بار	۳۱/۵۴
۱۰	صفر	یک با	۷۰/۱۲
		دو بار	۷۰/۱۲
	۰/۴	یک بار	۲۶/۶۷
		دو بار	۴۷/۵
	۰/۸	یک بار	۴۲/۴۳
		دو بار	۷۵/۶۱
۵۰	صفر	یک بار	۹۳/۷۳
		دو بار	۹۳/۷۳
	۰/۴	یک بار	۴۵/۸۸
		دو بار	۲۹/۶۵
	۰/۸	یک بار	۸۰/۷۶
		دو بار	۵۵/۶۱
LSD 5%			۳۸/۲۳

جدول پیوست ۱۳- مقایسه میانگین درصد و عملکرد روغن و پروتئین دانه تحت تاثیر تیمارهای مختلف کادمیوم و اسید سالیسیلیک در بخش گلدانی

تیمار	درصد روغن دانه	عملکرد روغن دانه (گرم در متر مربع)	درصد پروتئین دانه	عملکرد پروتئین دانه (گرم درمتر مربع)
غلظت کادمیوم(میلی گرم در کیلوگرم خاک)				
صفر	۱۲/۹۶ b	۳۵/۱۵ b	۳۵/۳۱a	۹۶/۲۱ b
۱۰	۱۵/۴۸ a	۷۲/۰۸ a	۳۴/۷۷ a	۱۵۶/۷۱a
۵۰	۱۴/۷۸ a	۶۶/۵۷ a	۳۰/۴۶ b	۱۳۱/۳a
LSD 5%	۰/۹۲	۴۷/۷۵	۲/۱۲	۹۵/۸۶
غلظت اسید سالیسیلیک (میلی مولار)				
صفر	۱۴/۷۵ a	۶۷/۹a	۳۵/۵a	۱۵۳/۲۴ a
۰/۴	۱۴/۱۸ b	۵۴/۵۶b	۳۴/۷۷ a	۱۱۹/۱۳ b
۰/۸	۱۴/۲۹ b	۵۱/۲۴ ab	۳۴/۷۲ b	۱۱۱/۸۶ b
LSD 5%	۰/۴۵	۱۵/۶	۲۱/۴	۳۱/۹۶
تعداد دفعات محلول پاشی				
یک بار	۱۴/۳۳	۵۱/۹۵	۳۳/۵۷	۱۱۴/۸۳ a
دو بار	۱۴/۴۸	۶۳/۹۱	۳۳/۴۷	۱۴۱/۳۲ b
LSD 5%	۰/۳۷	۲۶/۱	۱/۷۴	۳۴/۳۲

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

جدول پیوست ۱۴- مقایسه میانگین های مربوط به درصد روغن دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری سه جانبه حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم، اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی

ترکیب تیماری			درصد روغن دانه
غلظت کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم)	اسید سالیسیلیک (میلی مولار)	دفعات محلول پاشی	
صفر	صفر	یک بار	۱۳/۱۴
		دو بار	۱۳/۱۴
	۰/۴	یک بار	۱۳/۰۲
		دو بار	۱۳/۰۴
	۰/۸	یک بار	۱۳/۴۳
		دو بار	۱۱/۹۹
۱۰	صفر	یک با	۱۵/۱۶
		دو بار	۱۵/۱۶
	۰/۴	یک بار	۱۵/۴۳
		دو بار	۱۶/۹۳
	۰/۸	یک بار	۱۳/۹۹
		دو بار	۱۶/۲۳
۵۰	صفر	یک بار	۱۵/۹۶
		دو بار	۱۵/۹۶
	۰/۴	یک بار	۱۴/۹۷
		دو بار	۱۱/۶۹
	۰/۸	یک بار	۱۵/۲۶
		دو بار	۱۴/۸۶
LSD 5%			۱/۱۱۹

جدول پیوست ۱۵- مقایسه میانگین های مربوط به عملکرد پروتئین دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری سه جانبه حاصل از غلظت های مختلف کادمیوم، اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی در شرایط گلدانی

ترکیب تیماری			عملکرد پروتئین دانه (گرم در متر مربع)
غلظت کادمیوم (میلی گرم در کیلوگرم)	اسید سالیسیلیک (میلی مولار)	دفعات محلول پاشی	
صفر	صفر	یک بار	۱۱۳/۶۲
		دو بار	۱۱۳/۶۲
	۰/۴	یک بار	۷۳/۵۱
		دو بار	۸۴/۲۴
	۰/۸	یک بار	۱۰۷/۳۵
		دو بار	۸۴/۹
۱۰	صفر	یک با	۱۵۴/۵۸
		دو بار	۱۵۴/۵۸
	۰/۴	یک بار	۵۹/۷۴
		دو بار	۳۱۴/۱۶
	۰/۸	یک بار	۱۰۱/۷۸
		دو بار	۱۵۵/۴۱
۵۰	صفر	یک بار	۱۹۱/۵
		دو بار	۱۹۱/۵
	۰/۴	یک بار	۹۵/۲۵
		دو بار	۸۷/۸۵
	۰/۸	یک بار	۱۳۶/۱۲
		دو بار	۸۵/۵۸
LSD 5%			۷۸/۳۱

جدول پیوست ۱۶- میانگین مربعات مقدار نسبی آب برگ تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و کادمیوم در بخش گلدانی

منابع تغییر	درجه آزادی	مقدار نسبی آب برگ (درصد)
تکرار	۲	۹۹/۲۷
غلظت کادمیوم	۲	۱۰۳/۸۴
خطا	۴	۶۱/۹
غلظت اسید سالیسیلیک	۲	۷۱/۱۲
تعداد دفعات محلول پاشی	۱	۳۷/۲۸
غلظت کادمیوم× اسید سالیسیلیک	۴	۶۰/۳۵
غلظت کادمیوم× دفعات محلول پاشی	۲	۴۵/۶۸
غلظت اسید سالیسیلیک× دفعات محلول پاشی	۲	۱۴۳/۸۸**
غلظت کادمیوم× اسید سالیسیلیک× دفعات محلول پاشی	۴	۱۵/۱۰
خطا	۳۰	۲۵/۹۲
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۹۱

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول پیوست ۱۷- میانگین مربعات مقدار کادمیوم جذب شده در برگ تحت تاثیر تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک و کادمیوم در بخش گلدانی

منابع تغییر	درجه آزادی	مقدار کادمیوم جذب شده در برگ
تکرار	۲	۰/۸۱۶
غلظت کادمیوم	۲	۶۳/۶۳**
خطا	۴	۱/۱۶
غلظت اسید سالیسیلیک	۲	۳/۵۷**
تعداد دفعات محلول پاشی	۱	۰/۵۹
غلظت کادمیوم× اسید سالیسیلیک	۴	۱/۱
غلظت کادمیوم× دفعات محلول پاشی	۲	۰/۳۶
غلظت اسید سالیسیلیک× دفعات محلول پاشی	۲	۰/۱۵
غلظت کادمیوم× اسید سالیسیلیک× دفعات محلول پاشی	۴	۳/۲۹**
خطا	۳۰	۰/۶۴
ضریب تغییرات (درصد)		۳۶/۰۲

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.

Abstract

Soil pollution with heavy metals like Cadmium is one of the serious problems in optimum crop producing in agriculture. High mobility of this metal in plant-soil system accelerates its entrance to the food chains. Producing stress signaling molecules such as salicylic acid is one of the plant mechanisms to encounter with cadmium damages. In order to investigate the effects of salicylic acid on cadmium stress, an experiment was conducted in two sections (field and pot sections) in Agricultural Faculty of Shahroud. In field section, the treatments contained three varieties of soybean (Sahar, Gorgan 3 and DPX), three levels of salicylic acid (0, 0.4 and 0.8 mM) and two times of spraying (once and twice). In pot section, the treatments included three levels of cadmium concentrations (0, 10 and 50 mg/kg), three levels of salicylic acid (0, 0.4 and 0.8 mM) and two times of spraying (once and twice) as a split-plot factorial based on completely randomized blocks in three replications. In field section, spraying the salicylic acid caused a partial improvement in seed yield and number of plant pods in DPX and Gorgan 3 varieties. And also a decrease in protein percent was observed in all three varieties. The results indicates that increasing salicylic acid concentration caused the plant height and sub-branch length to decrease. At the beginning of the growth season, Chlorophyll content was higher in salicylic acid sprayed plants with 0/4 mM concentration. While sprayed plants with 0/8 mM of salicylic acid concentration had more leaf area duration at the end of the growth season. Spraying repetition had negative effect on leaf chlorophyll content in whole growth season. In pot section, root dry-weight, seed protein percent, relative water content and seed yield decreased and plant height increased through salicylic acid spraying. On the other hand presence of cadmium concentrations in plant growth medium caused the number of pods in plant, number of sub-branches, seed yield, seed oil percent, oil and protein yield to increase and root dry-weight, plant height and sub-branch length to decrease. Spraying repetition showed negative effect on plant height, number of sub-branches and protein yield. Applying salicylic acid with 0.4 mM concentration decreased cadmium accumulation in leaves up to 33.2 percents.

Key words: Soybean, Salicylic acid, Cadmium, Morphological and Physiological traits

Shahroud University Of Technology
Faculty Of Agronomy Science

Thesis M.Sc

Effect of foliar application of salicylic acid on the morphological and physiological traits of soybean subjected to cadmium stress

M. Akbari

Supervisors

Dr. M. Baradaran Firouzabadi

Dr. H.R. Asghari

Advisors

Dr. H. Ghorbani

Dr. N. Farokhi

March 2011