بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی کشاورزی

گروه زراعت

عنوان پایان‌نامه کارشناسی ارشد

تأثیر سیلیکون و سالیسیلیک اسید بر عملکرد کمی و کیفی برنج

دانشجو :

عادله ثقفی

استاد راهنما :

دکتر مصطفی حیدری

اساتید مشاور:

دکتر الهیار فلاح دکتر منوچهر قلی پور

اسفند ۱۳۹۴

تقدیم به

آموزگاران الفبای زندگی ام

پدر و مادر بزرگوارم

که همواره مشوق و پشتیبانم بوده اند

و همه آنان که مشوق من در کسب دانش و ادب بوده اند

تقدیر و سپاسگذاری

حمد و سپاس مخصوص خداوندی است که به وسیله قلم آنچه را که، بشر ندانست به او آموخت

بدین وسیله از زحمات **استاد راهنما**، جناب آقای دکتر حیدری که اینجانب را در پیشبرد اهداف

علمی و انجام رساله راهنمایی و مساعدت نموده اند، کمال تشکر و قدردانی می نمایم.

همچنین از **اساتید مشاور**، جناب آقای دکتر فلاح و جناب آقای دکتر قلی پور به خاطر راهنمایی

وحمایت هایشان قدردانی می نمایم.

در خاتمه از مساعدت و همراهی خانواده محترمم در طی دوران تحصیل کمال تشکر و قدردانی را

دارم.

تعهدنامه

- اینجانب **عادله ثقفی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی کشاورزی- زراعت** دانشکده **کشاورزی** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **تأثیر سیلیکون و سالیسیلیک اسید بر عملکرد کمی و کیفی برنج** تحت راهنمائی **دکتر مصطفی حیدری** متعهد می شوم.

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

تاریخ **امضای دانشجو**

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته‌شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

فهرست مطالب

فصل ۱ : مقدمه
۱-۱- مقدمه ۲
فصل ۲ : بررسی منابع
۲-۱- مشکلات کشاورزی ۶
۲-۲- برنج ۶
۲-۲-۱- گیاه‌شناسی ۶
۲-۲-۲- مراحل رشد و نمو ۷
۲-۲-۳- سازگاری ۹
۲-۲-۴- اهمیت برنج و برخی از مصارف آن ۱۰
۲-۳- عملیات زراعی ۱۱
۲-۳-۱- آماده سازی مزرعه ۱۱
۲-۳-۲- کاشت ۱۱
۲-۳-۳- داشت ۱۲
۲-۳-۴- برداشت ۱۲
۲-۳-۵- نیازهای کودی ۱۳
۲-۴- عنصر سیلیسیم ۱۴
۲-۴-۱- منابع سیلیسیم ۱۴
۲-۴-۲- جذب سیلیسیم در گیاه ۱۵
۲-۴-۳- نقش سیلیسیم در گیاه ۱۶
۲-۴-۴- علائم کمبود سیلیسیم ۱۹
۲-۴-۵- تاثیر سیلیسیم بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان ۱۹
۲-۵- سالیسیلیک اسید ۲۱
۲-۵-۱- بیوسنتز سالیسیلیک اسید ۲۱
۲-۵-۲- نقش سالیسیلیک اسید در گیاه ۲۲
۲-۵-۳- تاثیر سالیسیلیک اسید بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان ۲۴

۲-۶- تغذیه گیاهان از طریق محلول‌پاشی ۲۶
فصل ۳ : مواد و روش
۳-۱- مشخصات محل اجرای طرح ۳۰
۳-۲- خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش ۳۰
۳-۳- نوع و قالب طرح آزمایش ۳۰
۳-۴- مشخصات مواد آزمایشی ۳۰
۳-۵- نقشه اجرای طرح ۳۱
۳-۶- عملیات مزرعه ای ۳۱
۳-۶-۱- تهیه خزانه ۳۱
۳-۶-۲- عملیات کاشت و داشت ۳۱
۳-۶-۳- محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید ۳۲
۳-۷- نمونه گیری ۳۲
۳-۷-۱- نمونه گیری در مرحله گلدهی ۳۳
۳-۷-۲- نمونه گیری در مرحله برداشت ۳۳
۳-۸- اندازه گیری صفات فیزیولوژیک ۳۴
۳-۸-۱- اندازه گیری مقدار سیلیسیم ۳۴
۳-۸-۲- اندازه گیری نیتروژن دانه ۳۴
۳-۸-۳- اندازه‌گیری پتاسیم دانه ۳۶
۳-۸-۴- اندازه‌گیری فسفر دانه ۳۶
3-8-5- اندازه گیری کلروفیل ۳۷
۳-۹- محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری ۳۷
فصل ۴ : نتایج و بحث
۴-۱- صفات زراعی در مرحله گلدهی ۴۰
۴-۱-۱- ارتفاع بوته ۴۰
۴-۱-۲- تعداد پنجه ۴۰
۴-۱-۳- وزن خشک برگ ۴۱
۴-۱-۴- وزن خشک ساقه ۴۲

۴-۱-۵- وزن خشک خوشه ۴۳
۴-۱-۶- وزن خشک کل ۴۳
۴-۲- صفات زراعی در مرحله برداشت ۴۴
۴-۲-۱- طول خوشه ۴۴
۴-۲-۲- تعداد دانه پر در خوشه ۴۵
۴-۲-۳- تعداد دانه پوک در خوشه ۴۶
۴-۲-۴- تعداد کل دانه در خوشه ۴۸
۴-۲-۵- وزن هزار دانه ۵۰
۴-۲-۶- وزن خشک خوشه ۵۰
۴-۲-۷- وزن خشک کاه و کلش ۵۱
۴-۲-۸- وزن خشک کل ۵۱
۴-۳- عملکرد دانه ۵۳
۴-۴- صفات فیزیولوژیکی ۵۴
۴-۴-۱- کلروفیل ۵۴
۴-۴-۲- میزان نیتروژن دانه ۵۴
۴-۴-۳- میزان فسفر دانه ۵۶
۴-۴-۴- میزان پتاسیم دانه ۵۸
۴-۴-۵- میزان سیلیسیم برگ ۵۹
پیوست ها ۶۳
منابع ۷۳

فهرست اشکال

شکل ۴-۱- مقایسه میانگین اثر سیلیکون بر تعداد پنجه..... ۴۰
شکل۴-۲- مقایسه میانگین اثر متقابل سیلیکون و سالیسیلیک اسید بر وزن خشک برگ..... ۴۲
شکل۴-۳- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر وزن خشک ساقه..... ۴۳
شکل۴-۴- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر طول خوشه..... ۴۵
شکل۴-۵- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر تعداد دانه پر در خوشه..... ۴۶
شکل۴-۶- مقایسه میانگین اثر سیلیکون بر تعداد دانه پوک در خوشه ۴۷
شکل۴-۷- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر تعداد دانه پوک در خوشه..... ۴۸
شکل۴-۸- مقایسه میانگین اثر سیلیکون بر تعداد کل دانه در خوشه ۴۹
شکل۴-۹- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر تعداد کل دانه در خوشه..... ۵۰
شکل۴-۱۰- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر وزن خشک خوشه ۵۱
شکل۴-۱۱- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر وزن خشک کل..... ۵۳
شکل۴-۱۲- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد ۵۴
شکل۴-۱۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سیلیکون و سالیسیلیک اسید بر میزان نیتروژن دانه... ۵۶
شکل۴-۱۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سیلیکون و سالیسیلیک اسید بر میزان فسفر دانه..... ۵۸
شکل۴-۱۵- مقایسه میانگین اثر سیلیکون بر میزان پتاسیم دانه ۵۹
شکل پیوست۱- نقشه کشت..... ۶۴
شکل پیوست۲- خزانه..... ۶۵
شکل پیوست۳- آماده سازی مذرعه..... ۶۵
شکل پیوست۴- نشانه گذاری با مارکر..... ۶۶
شکل پیوست۵- نشاکاری..... ۶۶

فهرست جداول

جدول پیوست۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه..... ۶۷
جدول پیوست۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در برنج..... ۶۸
جدول پیوست۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در برنج..... ۶۹
جدول پیوست۴- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در برنج..... ۷۰
جدول پیوست۵- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در برنج..... ۷۱

چکیده

تغذیه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی محصول زراعی به شمار می رود. در این بین سیلیسیم یک عنصر مفید برای برنج می‌باشد و اثرات مثبتی بر خصوصیات کمی و کیفی برنج دارد. سالیسیلیک اسید هورمونی گیاهی است که به عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی شناخته شده است و نقش مهمی بر رشد و عملکرد گیاهان دارد. لذا به منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی سیلیسیم و سالیسیلیک اسید بر عملکرد کمی و کیفی برنج (رقم شیرودی)، آزمایشی در مزرعه تحقیقات برنج کشور (آمل) در سال ۱۳۹۳ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی سیلیسیم از منبع سیلیکات پتاسیم در سه سطح ۰، ۳ و ۶ سی‌سی در لیتر و به عنوان عامل اول و سالیسیلیک اسید در چهار سطح ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار به عنوان عامل دوم بودند. نمونه برداری در دو مرحله گلدهی و مرحله برداشت صورت گرفت. نتایج این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی سیلیسیم موجب افزایش صفات وزن خشک برگ، میزان فسفر دانه، میزان پتاسیم دانه وکاهش تعداد دانه پوک در خوشه شد. در این بین محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید با افزایش صفات وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک خوشه، وزن خشک کل، طول خوشه، تعداد دانه پر، میزان نیتروژن دانه و کاهش تعداد دانه پوک، موجب بهبود عملکرد دانه شد. مقدار مصرف سالیسیلیک اسید در سطح ۰/۵ میلی‌مولار بیشترین تأثیر را بر صفات مورد بررسی نشان داد به طوری‌که عملکرد در این سطح به میزان ۱۷/۶۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت.

کلمات کلیدی: برنج، سیلیسیم، سالیسیلیک اسید

مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- **تاثیرمحلول پاشی سیلیکون و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکـرد در برنج.** دومین کنگره علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی، منـابع طبیعـی و محـیط زیسـت ایران. بهمن۹۴

۲- **تاثیر محلول پاشی سیلیکون و سالیسیلیک اسید بر میزان جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سیلیکون در برنج.** چهارمین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار. بهمن ۹۴

فصل ۱ :

مقدمه

۱-۱- مقدمه

برنج (Oryza sativa) پس از گندم مهمترین محصول کشاورزی است و نقش بسیار بارز و چشمگیری در تغذیه مردم جهان و نیز ایران دارد(فائو، ۱۳۸۲). و به طوری که برنج ۴۰ تا ۷۰ درصد کالری مورد نیاز انسان را تأمین می‌کند (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). به طور عمده کشت برنج در دو استان شمالی کشور یعنی گیلان و مازندران انجام می‌گیرد که حدود ۷۵ درصد اراضی زیرکشت برنج را به خود اختصاص می دهند. طبق بررسی‌ها، مصرف برنج در استان‌هایی که خود تولید کننده برنج هستند بیشتر از سایر استان‌هاست. برنج از لحاظ سطح زیرکشت بعد از گندم قرار دارد ولی، کالری تولیدی توسط آن از سایر غلات بیشتر است (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳).

علم کشاورزی، عهده‌دار تولید محصولات زیادتر و با کیفیت بهتر است که بتواند جوابگوی ازدیاد جمعیت باشد، تا بدین وسیله فقر غذایی و گرسنگی را از میان بردارد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). انجام فرآیندهای متابولیسمی گیاهان مستلزم وجود عناصری است که باید به صورت اکسید شده یا احیا شده، معدنی و یا آلی، جذب سلول‌ها شده و احتیاجات آن‌ها را از نظر ماده و انرژی تأمین کند (ابراهیم‌زاده، ۱۳۸۰). تمامی عناصر برای رشد گیاه مهم می‌باشد و در صورت کمبود هر عنصری در محیط رشد، اثر نامطلوبی را برجای می‌گذارد (هاشمی وکوچکی، ۱۳۷۵). عناصر ضروری بر اساس میزان تجمع‌شان در بافت گیاه به دو گروه، عناصر پر مصرف و کم مصرف تقسیم می‌شوند(کافی و همکاران، ۱۳۷۹). عناصر پرمصرف که شامل کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم،گوگرد و عناصر کم مصرف که شامل بر، کلر، مس، منگنز، مولیبدن، روی و نیکل می‌باشد. علاوه بر این شانزده عنصر که برای همه گیاهان ضروری دانسته شده، سدیم، سیلیسیم و کبالت برای بعضی گیاهان ضروری هستند(اپستین، ۱۹۷۲).

سیلیسیم Si بعد از اکسیژن دومین عنصر فراوان در روی زمین است تا علی‌رغم فراوان بودن این ماده در سطح زمین به دلیل همراه بودن آن با سایر عناصر از دسترس گیاه خارج بوده و گیاهان تنها

قادر به استفاده از فرم سیلیسیلیک اسید آن می‌باشد (اپستین، ۱۹۹۹). گیاهان بـه دو دسـته ذخیـره کننده سیلیسیم و غیره ذخیره کننده سیلیسیم تقسیم شده‌اند. در صورت عدم جایگزینی کـافی ایـن عنصر، گیاه با کمبود سیلیسیم مواجه می‌شود که باعث بروز اختلال تغذیه‌ای جـدی در گیـاه و عـدم ثبات در پایداری و مقاومت به آفات و امراض می‌گردد (تاکاهاشی و میاکا، ۱۹۹۷). عنصر سیلیسیم در افزایش فتوسنتز و استقامت اندام گیاهی، کاهش تبخیر و تعرق و بهبود تحمل گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی نقش دارد (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۳). سیلیسیم، رشد، نمو، عملکرد گونه گیاهی برنج، نیشکر، گنـدم و تعـدادی از گیاهـان دولپـه‌ای را افـزایش مـی‌دهـد (الاواد و همکـاران، ۱۹۸۲). سیلیسیم، عنصری ضروری برای برنج اعلام شد زیرا که رشد آن بدون وجود سیلیسیم طبیعی نبود (اکودا و تاکاشی، ۱۹۶۴). سیلیسیم اثرات مثبتی بـر رشـد و تولیـد مـاده خشـک و عملکـرد و اجـزای عملکرد برنج دارد (دانتوف و همکاران، ۱۹۹۷).

با توجه به نقش بسیار مهم و اساسـی هورمـون گیـاهی در کلیـه اعمـال فیزیولوژیـک گیاهـان، همچنین کم بودن تحقیقات بر روی هورمون گیاهی بخصوص هورمون سالیسـیلیک اسـید لـزوم ایـن تحقیق مشخص می‌شود. تأثیر ترکیبات فنولیک بر فرآینـدهای فیزیولوژیـک و بیوشـیمیایی از جملـه فتوسنتز، جذب یونی، نفوذپذیری غشا، فعالیتهای آنزیمی، تولید گرما، گلدهی، رشد و توسعه گیاهـان مشاهده شده است. سالیسیلیک اسید یک ترکیب طبیعی است که مـی‌توانـد بـه عنـوان یـک تنظـیم کننده رشد گیاه عمل کند (آربرگ، ۱۹۸۱). سالیسیلیک اسید هورمـونی اسـت کـه نقـش مهمـی در مقاومت به تنش‌های زیستی، غیرزیستی ایفا می‌کند و بر رشد گیاه، جوانه‌زنی دانه، ساختار غشا، جذب و انتقال یون، نرخ فتوسنتزی هدایت روزنه‌ای، مقدار کلروفیل، گلدهی و رسیدن میـوه نیـز تأثیرگـذار می‌باشد (بلخادی و همکاران، ۲۰۱۰).

افزایش روزافزون کودهای شیمیایی در جهان، ضرورت اختصاصی بـودن تولیـد، آلـودگی آبهـای زیرزمینی و تخریب ساختمان خاک در اثر مصرف بی‌رویه و ناآگاهانه کودهای شیمیایی مشکلاتی انـد

که باید با روشهای مناسب، آن‌ها را حل کرده تغذیه برگی روشی است جهت کاهش مصرف کودهـای شیمیایی و خطرات محیطی آنها و بخصوص امروزه سیاست کاهش مصرف کود و سـم و بهینـه‌سـازی مصرف سهم کود در دنیا مطرح شده است (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸). از محاسن تغذیه برگی می‌توان به جذب پایین عناصر در خاک، کاهش فعالیت ریشه در طول مرحله زایشی و میوه‌دهـی، غنـی‌سـازی محصولات کشاورزی اشاره نمود.

محصول استراتژیک برنج با توجه به جایگاه آن در تأمین غذا و کالری مـورد نیـاز مـردم، نقـش مهمی در سبد غذایی مردم ایران دارد. با توجه به اینکه محدودیت‌های ناشی از تغییـرات اقلیمـی، بـه تحلیل رفتن آب و خاک، تنوع عوامل نقش‌زای محیطی زنده و غیرزنده و ارتقای سطح تقاضای مـردم برای استفاده از محصولات کیفی سالم، لزوم تکنیک‌هایی برای ایجـاد سـازگاری بـا شـرایط اقلیمـی و افزایش عملکرد محصول در سطح اهمیت فراوانی دارد و این تحقیق با اهداف زیر اجرا گردید:

۱-بررسی تأثیر محلول پاشی سیلیسیم و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج

۲- بررسی تأثیر محلول‌پاشی سیلیسیم و سالسیلیک اسید بر کیفیت دانه از لحاظ عناصر غذایی

فصل ۲ :

بررسی منابع

۲-۱- مشکلات کشاورزی

با رشد سالانه ۱/۲۶ درصدی جمعیت جهان و به تبع آن نیاز به تأمین غذا بیشتر شده است. به همین منظور برای افزایش تولید و درآمد عملیات‌های کشاورزی بدون در نظر گرفتن پیامدهای درازمدت و در نظر گرفتن پوپایی بوم شناختی اکوسیستم های زراعی، تکامل یافته‌اند(نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۸۰). در کشور ما یکی از مشکلات مهم در کشاورزی، نهاده‌های شیمیایی، کودها و سموم که از دستاوردهای کشاورزی رایج است، سبب بروز مشکلات زیست محیطی، کاهش تنوع زیستی، سلامت بوم نظام‌ها و کاهش کیفیت و بالاخره اثر سوء آن بر سلامت انسان غیرقابل انکار است (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۲- برنج

۲-۲-۱- گیاه‌شناسی

برنج گیاهی یک ساله، علفی، از خانواده پواسه(Poacea)، رده غلاف‌داران، راسته تک‌لپه‌ای‌ها، متعلق به جنس Oryza می‌باشد. دارای ساقه‌ای استوانه‌ای، صاف، توخالی، بندبند که در محل گره، توپر است، آخرین بند ساقه به خوشه ختم می‌شود. اندام‌های رویشی گیاه شامل بذر، ریشه، ساقه، برگ و گل آذین است. دانه برنج از نظر گیاه‌شناسی میوه آن را تشکیل داده که گندمه نامیده می‌شود و توسط دو پوسته خارجی (لما و پالئا)، پوشش دانه، آندوسپرم، جنین تشکیل شده است. که به مجموعه گندمه، پوسته خارجی، شلتوک می‌گویند. سیستم ریشه‌ای برنج فیبری، افشان و دارای تعداد زیادی ریشه چه و تارهای کشنده می‌باشد. برگ‌های برنج کشیده و منفرد و به طور متناوب در روی ساقه قرار دارند و از دو بخش غلاف و پهنک تشکیل شده‌اند. اندام‌های زایشی برنج شامل خوشه و خوشچه می‌باشد. گلچه شامل لما و پالئا است که گل خود شامل شش پرچم، یک مادگی می‌باشد. گیاه برنج خود گشن است ولی ۳ تا ۶ درصد دگرگشنی دارد (سلیمانی و امیری لاریجانی، ۱۳۸۳).

۲-۲-۲- مراحل رشد و نمو

۱-دوره رویشی: از جوانه‌زنی شروع شده تا تشکیل خوشه اولیه ادامه دارد. این مرحله شامل:

الف)مرحله جوانه‌زدن

بیرون آمدن ریشه یا جوانه اولیه از بذر را جوانه‌زنی می‌گویند.

ب) مرحله گیاهچه‌ای

پس از جوانه‌زنی، گیاه شروع به رشد می‌کند تا اینکه در مرحله ۴ الی ۵ برگی که تقریباً ۱۵ تا ۲۲ روز بعد از جوانه‌زنی است، پنجه‌دهی شروع می شود.

ج) مرحله پنجه‌دهی

تعداد پنجه در شرایط مختلف برای یک واریته تقریباً ثابت است ولی این تعداد تحت تأثیر شرایط کشت نظیر فاصله بوته‌ها از هم، علف‌های هرز، وضعیت آبیاری، شرایط جوی، حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه تغییر می‌کند. مرحله پنجه‌زنی تا زمان تشکیل خوشه اولیه و بعد از آن هم ادامه می‌یابد.

د) طویل شدن ساقه:

افزایش طول ساقه بستگی به مرحله ساقه‌دهی برحسب واریته و ویژگی‌های جوی ۳۰ تا ۳۲ روز به طول می‌انجامد (سلیمانی و لاریجانی، ۱۳۸۳).

۲- دوره زایشی: از تشکیل خوشه اولیه تا گره دهی ادامه دارد. این مرحله شامل:

الف) تشکیل خوشه اولیه:

از زمانی که خوشه اولیه در ابعاد میکروسکوپی در ساقه شروع می‌شود، فاز زایشی آغاز می‌شود.

آغاز رشد زایشی در مزرعه معمولاً از زمانی که ۳۰ درصد ساقه‌های اصلی دارای پانیکول به اندازه ۱/۵ تا ۳۲ میلیمتر باشد در نظر گرفته می‌شود.

ب) آبستنی یا خوشه غلاف

آبستنی قسمت بعدی مرحله تکامل خوشه می‌باشد. حدود ۱۶ روز بعد از اینکه خوشه اولیه قابل رویت شد، مرحله آبستنی اطلاق می‌شود. در این مرحله، پیری برگ‌ها و پنجه‌های غیربارور در قاعده گل قابل تشکیل است.

ج) ظهور خوشه یا خوشه‌دهی

خروج ریشه از میان غلاف پرچم، خوشه‌دهی نام دارد.خروج خوشه از غلاف برگ پرچم همراه با رشد آخرین میانگره ساقه وکمتر از ۲۴ ساعت اتفاق می افتد.

د) گل‌دهی

یک تا دو روز بعد از خوشه‌دهی گل دهی شروع می شود. گلدهی با بیرون آمدن اولین بساک‌های پاره شده از سنبلچه‌های انتهائی (بالائی) خوشه و گرده افشانی شروع می‌شود.

۳- دوره رسیدن: از موقعی که ۵۰ درصد گرده افشانی مزرعه انجام گرفته تا موقع برداشت را مرحله رسیدن گویند. در مناطق گرمسیری ۲۵ تا ۳۵ روز و در مناطق معتدله ۴۵ تا ۶۰ روز به طول می‌انجامد.

الف) مرحله شیری

در این مرحله، دانه محتوی مایع سفیدرنگی است که با فشار دادن دانه، از آن خارج می‌شود.

ب) مرحله خمیری دانه

بخش شیری دانه ابتدا به صورت خمیری نرم و سپس به خمیری سخت تبدیل می‌شود.

ج) مرحله رسیدن دانه

در این مرحله رنگ دانه در خوشه از سبز به زرد شروع به تغییر رنگ می‌نماید. یک دانه تنها زمانی رسیده است که میوه یا گندمه آن کاملاً توسعه یافته و سخت، شفاف و بدون رنگ سبز باشد (سلیمانی و امیری لاریجانی، ۱۳۸۳).

۲-۲-۳- سازگاری

برنج گیاهی روز کوتاه است و نسبت به طول روزهای مناطق مختلف واکنش متفاوتی نشان می‌دهد. مرحله بحرانی برنج نسبت به کمبود نور، سه هفته قبل و سه بعد از ظهور خوشه و مساعدترین رطوبت هوا برای گلدهی برنج حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد می‌باشد، رطوبت کمتر از ۴۰ درصد یا بیش از ۹۵ درصد، گلدهی برنج را با مشکل مواجه می‌سازد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰) .

این گیاه در دمای کمتر از ۱۲ درجه سانتی‌گراد جوانه می‌زند و در دمای ۱۳ تا ۱۵ درجه می‌توان رشد نماید. مناسب ترین درجه حرارت برای رشد برنج ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد است (عبدالهی مبرهی، ۱۳۷۶). برنج مخصوص مناطق گرمسیری است که معمولاً در آب به عمل می‌آید و تا رسیدن حدود ۸ تا ۲۰ هزار مترمکعب آب در هکتار نیاز دارد(قائمی، ۱۳۶۸). چون شالیزارها معمولاً غرقاب می‌شود، زمین آن باید کاملاً هموار بوده و دارای زهکشی مناسب باشد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). برنج بهترین محصول را در خاک‌هایی که بافت تشکیل دهنده آن حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد رس، همراه با مواد آلی پوسیده و کاملاً حاصلخیز باشد تولید می‌نماید (خدابنده، ۱۳۷۱).

۲-۲-۴- اهمیت برنج و برخی از مصارف آن

برنج (Oryza sativa) یکی از مهمترین غلات جهان است که منحصراً به منظور مصرف انسان کشت می‌شود. برنج، یک ماده غذایی بسیار ارزشمند است و در عین حال مهمترین غله در کشورهای در حال توسعه و غذای اصلی بیش از نصف جمعیت جهان می‌باشد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). سطح زیرکشت برنج در جهان براساس آمارهای رسمی از سوی سازمان خواربار جهانی در سال‌های گذشته از حدود ۱۴۵ میلیون هکتار تا بیش از ۱۶۰ میلیون هکتار متغیر بوده است. در یک بررسی کلی بیشترین سطح زیر کشت شلتوک مربوط به هندوستان با بیش از ۴۲ میلیون هکتار پس از آن کشور چین با بیش از ۲۹ میلیون هکتار رتبه دوم را به خود اختصاص داده‌اند. مجموعاً این دو کشور با حدود ۷۲ میلیون هکتار اراضی شالیزار بیش از ۴۶٪ سطح زیر کشت شلتوک جهان را به خود اختصاص می دهند. در حالی که ایران با حدود ۶۰۰ هزار هکتار شالیزار سهمی معادل ۰/۴٪ سطح زیر کشت جهان را دارد. (پاداشت دهکایی و همکاران، ۱۳۹۴). دانه برنج که در تغذیه انسان مورد استفاده قرار می گردد. و دارای ۷/۷ درصد پروتئین، ۷۵/۲ درصد مواد غیر نیتروژن، ۰/۴ درصد چربی، ۲/۲ درصد سلولز، ۰/۵ درصد خاکستر و برخی ترکیبات دیگر می‌باشد و از نظر ارزش غذایی و میزان کالری تولیدی، به اکثر مواد غذایی مورد مصرف انسان برتری دارد و ضریب هضم موادآلی دانه بدون پوسته در حدود ۹۲ درصد و ضریب هضم پروتئین آن در حدود ۸۶ درصد می باشد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰) همچنین در در دانه برنج اسیدهای چرب، اولئیک (۴۰ تا ۴۴ درصد)، لینولئیک (۳۵ تا ۳۶/۷ درصد)، پالمئیک (۱۴ درصد)، لینولئیک (۴درصد)، استاریک (۱/۵ تا ۱/۸ درصد) و سایر اسیدها (۱تا ۱/۲ درصد) وجود دارد (خدابنده، ۱۳۷۱).

فرآورده‌های جانبی حصول برنج از دانه آن، بسیار متنوع است. از خرده برنج شیرینی، الکل، نشاسته و پودر برنج تهیه می‌شود. از پوسته (لما، پالئا) پس از خرد کردن برای خوراک طیور، تخته سه‌لا، نئوپان، تهیه سمباده، الکل فورفورال، فاراسیلین، شیشه‌سازی، رنگ‌سازی و واکس‌سازی استفاده

می‌شود. از سبوس برنج برای تهیه روغن خوراکی و روغن صنعتی و خوراک دام و طیور استفاده می‌شود. از کاه آن برای تغذیه دام، پوشش سقف، تولید کاغذ، مقوا، دمپایی، سبد و طناب استفاده می‌شود (سلیمانی و امیری لاریجانی، ۱۳۸۳).

۲-۳- عملیات زراعی

۲-۳-۱- آماده سازی مزرعه

این مرحله شامل مرحله آماده سازی خزانه و مرحله آماده سازی زمین اصلی می باشد. خزانه، قطعه زمینی است، به صورت جوی و پشته که طول آن حدود ۱۵ تا ۲۰ متر و عرض آن ۱/۲ تا ۱/۸ متر است. محل خزانه باید دارای دسترسی به آب، زهکش مناسب، آفتاب گیر، فاقد آلودگی به علف هرز و عوامل بیماری زا باشد. مرحله آماده سازی زمین اصلی، شامل شخم اول که سه هفته قبل از نشاکاری انجام می شود. شخم دوم که همراه با تیلر یا تراکتور اقدام به خاک ورزی می کنند تا کلوخه ها موجود خرد شود و گل آب اولیه حاصل گردد و دو هفته قبل از نشاکاری صورت می پذیرد. شخم سوم، همراه با پادلینگ (گل آب کردن) و تسطیح زمین می باشد که یک هفته قبل از نشاکاری انجام می شود. پس از اتمام عملیات تسطیح ، اقدام به غرقاب نمودن شالیزار می نمایند و سپس از کود پایه و سموم علف کش برای کنترل علف هرز استفاده شود و باید از ورود و خروج آب کرت برای ۲ تا ۳ روز جلوگیری شود و پس از این مرحله اقدام به زهکشی آب کرت نموده تا نشاکاری انجام شود (سلیمانی و امیری، ۱۳۸۳).

۲-۳-۲- کاشت

برای کاشت بذر در خزانه، باید بذرها بعد از بوجاری، سبک و سنگین شدن و ضد عفونی در گرم خانه در درجه حرارت۳۰-۲۵ درجه نگهداری شوند بطوریکه ارتفاع آن از ۳ سانتیمتر تجاوز نکند. در مرحله نشاکاری عمق کاشت ۳-۲ سانتیمتر باشد و تعداد نشا در کپه ۴-۲ عدد در هر کپه برای ارقام

محلی و ارقام هیبرید و اصلاح شده ۲-۱ در هر کپه و فاصله کاشت در ارقام محلی ۲۰×۲۰ و ارقام هیبرید و اصلاح شده ۲۵× ۲۵ سانتی متر می باشد (سلیمانی و امیری، ۱۳۸۳).

۲-۳-۳- داشت

آبیاری شالیزارهای برنج یک از عوامل کلیدی در تعیین سود آوری در گیاه برنج به شمار می‌آید (ضیاء تبار احمدی، ۱۳۶۸). آبیاری برنج به این صورت است که در یک ماه اول وجود آب دائم در پایه بوته ها صورت می گیرد و بقیه دور آبیاری به صورت تناوبی صورت می پذیرد. غرقاب کردن شالیزارها می تواند در کاهش رشد علف هرز مزرعه، تنظیم درجه حرارت خاک، تثبیت ازت هوا، ایجاد شرایط مناسب برای رشد جلبک های سبز – آبی و در دسترس قرار گرفتن عناصر غذایی در مراحل رشد اولیه نقش مهمی ایفا کند (رضوی پور، ۱۳۷۴) برای کنترل علف هرز شالیزارهای برنج از پیشگیری، مبارزه زراعی، غرقاب کردن، مبارزه مکانیکی، مبارزه شیمیایی استفاده می شود (خدابنده، ۱۳۷۱). مبارزه با آفات برنج که شامل، کرم ساقه خوار، کرم سبز برگ خوار برنج، تک نقطه ای و بیماریهای مانند بلاست، لکه قهوه ای ازطریق کنترل بیولوژیکی و کنترل شیمیایی صورت می پذیرد (پاداشت دهکایی، ۱۳۹۴).

۲-۳-۴- برداشت

با نزدیک شدن به زمان برداشت، دانه های برنج از حالت خمیری به حالت ترد و شکننده در می‌آیند. همچنین در این وضعیت، مقدار نیروی لازم جهت جدا نمودن دانه های از خوشه نیز کاهش می یابد. و نیز رنگ دانه ۹۵-۹۰ درصد از سبز تیره به حالت زرد روشن تغییر کند، محصول رسیده است (آقا گل زاده، ۱۳۸۸). در شمال ایران ۸۰ درصد از برداشت برنج در شهریور ماه صورت می پذیرد. برداشت می تواند با دست یا کمباین صورت پذیرد در برداشت با دست، جهت کاهش رطوبت، جمع آوری خرمن کوبی باید حداقل ۲۴ ساعت بعد صورت گیرد و در برداشت با کمباین، بذور باید پس از خرمن کوبی در مکانی مناسب هوادهی شود یا بلافاصله وارد خشک کن شود تا رطوبت کاهش

یابد (سلیمانی و امیری، ۱۳۸۳).

۲-۳-۵- نیازهای کودی

کاشت برنج در زمینی که از نظر موادغذایی غنی و کافی باشد بسیار حائز اهمیت است و یکی از شرایط و عوامل اصلی موفقیت در تولید محصولی با کیفیت و کمیت می‌باشد و علاوه بر استفاده از کودهای سبز دامی، مصرف کودهای شیمیایی سه‌گانه: ازت، فسفر، پتاسیم برای رشد و نمو این گیاه ضروری است.

ازت: وجود ازت در شالیزار موجب سرعت رشد، سهولت تنفس گیاه، شادابی رنگ بوته‌ها و افزایش مقدار پروتئین می‌شود. مصرف بیش از حد آن، مقدار محصول را کم کرده و ایجاد ورس خواهد نمود. مقدار ازت مورد نیاز بستگی به جنس خاک، شرایط کشت، رقم، شرایط جوی، مقدار آب، مقدار محصول و سایر عوامل محیطی و زراعتی دارد. به طور کلی در خاک‌های رسی ۸۰ تا ۱۰۰ درصد و در خاک‌های لیمونی و لیمونی شنی ۱۰۰ تا ۱۲۰ واحد و در خاک‌های شنی ۱۲۰ تا ۱۵۰ درصد ازت لازم است، مصرف گردد. بهترین و مناسب‌ترین کود ازت برای مزارع برنج اوره می‌باشد (خدابنده، ۱۳۸۴).

فسفر: اسید فسفریک ماده است که به تولید ریشه‌های قوی و گسترده و ساقه‌های قوی و ضخیم می‌کند. و در نتیجه در تشکیل و پر حجم شدن دانه‌ها و افزایش مقدار محصول مؤثر بوده و سبب زودرسی نیز خواهد شد. بهترین کود فسفر برای مزارع برنج، سوپر فسفات تریپل و یا فسفات آمونیوم می‌باشد که با در نظر گرفتن شرایط و عوامل مختلف تعداد ۸۰ تا ۱۵۰ واحد به خاک شالیزار اضافه می شود. فسفات آمونیوم مورد مصرف در دانه. هر هکتار برابر ۱۰۰ کیلوگرم است که همراه با آخرین شخم به زمین اضافه می گردد (خدابنده، ۱۳۸۴).

پتاسیم: این کود برای استحکام گیاه مؤثر است و موجب تسهیل انتقال نشاسته از برگ ها به

دانه‌ها گردیده و مقاومت نبات را در برابر بیماری ها افزایش مـی‌دهـد. بهتـرین و مـؤثرترین کودهـای پتاسیمی که می‌توان از شالیزار برنج استفاده کرد، سولفات دو پتاس است که دارای ۵۰ درصد پتـاس می‌باشد فسفر و پتاس را بهتر است در زمان شخم پاییزه به زمین داد و کاملاً با خاک مخلـوط نمـود. مقدار پتاس لازم برای شالیزار بستگی به مقدار این ماده در خاک داشته و از ۶۰ تا ۱۰۰ واحـد تغییـر می‌نماید (خدابنده، ۱۳۸۴).

۲-۴- عنصر سیلیسیم

سیلیسیم دومین عنصر فـراوان پوسـته زمـین (۳۱٪) بعـد از اکسـیژن اسـت (اپسـتین، ۱۹۹۴؛ مارچنر، ۱۹۹۵؛ کورالز و همکاران، ۱۹۹۷). عنصری است غیرفلزی که دو شکل آلـوتروپی، سـاختاری پودری و ساختاری بلورین تیره دارد. ساختار بلورین آن شبیه الماس است. این عنصر در سـال ۱۸۲۳ توسط جونز برزیلوس[1] دانشمندی سوئدی کشف گردید. این عنصر به صورت ترکیبی یافت نمی‌شود و عموماً به صورت سیلیکات یا سیلیکا (اکسید سیلیس) موجود است (ما، ۲۰۰۴). ترکیب اصلی رس ها، گرانیت ها، کوارتز، ماسه می باشد که اثر منفی بر محیط زیست نـدارد. سیلیسـیم بـه صـورت اکسـید سیلیسیم (sio_2) در خاک های زراعی وجود دارد. سیلیسیم در محلول خاک به فرم مونوسیلیسیلیک اسید $Si(OH)_4$ حلالیت ۲ میلی‌مول بر لیتر و غلظت آن در pH بیشـتر از ۷ رونـدی کاهشـی دارد. و حضور مقادیر زیاد سزکواکسیدها و جذب یون‌های غالب از مشخصه آن است (دانتوف، ۲۰۰۱).

۲-۴-۱- منابع سیلیسیم

منابع سیلیسیم مورد استفاده عبارتند از: ولاستونیت که شامل متاسیلیکات کلسـیم (۲۴ درصـد سیلیسیم و ۳۴/۵ درصد کلسیم) می‌باشد، همچنین انواع مختلفی از ترکیبات آهـن‌دار، دی‌سـیلیکات کلسیم، مونوسیلیکات کلسیم، سیلیکات پتاسیم و برخی دیگر اجر منابع سیلیسیمی می‌باشـند، البتـه کودهای سیلیسیم جدیدی برای رشد گیاهان شناخته شده‌اند (لیانگ و همکاران، ۱۹۹۴). خـاک‌هـای آتشفشـانی، مقـدار سیلیسـیم محلـول بـالایی دارنـد و منبـع مناسـبی بـرای تـأمین سیلیسـیم

می‌باشند(همیشگی و بابااکبری، ۱۳۷۸).

۲-۴-۲- جذب سیلیسیم در گیاه

گیاهانی که مقدار زیادی از اسید سیلیسیلیک را جذب می‌کنند، به آن‌ها گیاهان سیلیس دوست می‌گویند، این در حالی است که دو لپه‌ایها مقادیر کمتری از اسید سیلیسیلیک را جذب می‌کنند. این اسید توسط ریشه‌ها جذب و در برگ‌های پهن ذخیره می‌شود و با تعرق به اندام‌های هوایی منتقل شده و وارد برگ‌های پهن می‌شود و توسط این اندام مورد استفاده قرار می‌گیرد (ماتسئو و همکاران، ۱۹۹۵). جذب سیلیسیم در گیاهان به صورت منوسیلیسیلیک اسید ارتوسیلیسیلیک اسید (H_2SIO_4) می‌باشد و به وسیله انتشار و تأثیر فشار تعرقی ریشه از طریق جریان توده‌ای جذب می‌شود (الاواد و گرین، ۱۹۷۹). سیلیسیم به صورت سیلیکاتهای بی‌شکل (اوپال، ژل سیلکا، یا فیتولیت‌ها) در گیاهان عالی و تمام قسمت‌های گیاه و در دیواره سلولی، فضای بین‌سلولی، ریشه‌ها، برگ‌ها، اندام‌های تولیدمثلی رسوب می‌کند (شهدی کومله، ۱۳۸۳؛ فلاح، ۱۳۸۰، اپستین، ۱۹۹۴). بیشتر گیاهان قادر به جذب سیلیسیم بوده و مقدار جذب براساس نوع گونه گیاهی بین ۱۰-۰/۱ درصد زیست توده گیاهی متغیر است (محقق و همکاران، ۱۳۸۹). نسبت به تک‌لپه‌ایها، دو لپه‌ای‌ها همانند گوجه‌فرنگی، خیار و سویا تجمع‌کننده سیلیسیم کم‌تری با میزان کمتر از یک گرم در کیلوگرم و گندم، ذرت، نیشکر مهمترین سیلیسیم حدود ۱۰ گرم بر کیلوگرم در بیوماس آن‌هاست. در حالی که در علف های آبزی، مقدار سیلیسیم بیش از ۵۰ گرم بر کیلوگرم است (اپستین، ۱۹۹۹). بهتاش و همکاران (۱۳۸۹) اعلام کردند کاربرد سیلیسیم در چغندر لبویی باعث افزایش معنی‌دار غلظت این عنصر در برگ و ریشه این گیاه گردید. جذب سیلیسیم در گیاه برنج به صورت جذب فعال صورت می گردد. (ما و یاماجی، ۲۰۰۶). برنج به طور طبیعی چندین برابر بقولات و سایر دولپه‌ایها سیلیسیم جذب می‌نماید (آرتور، ۱۹۸۹؛ تیسدیل و همکاران، ۱۹۸۵). نیاز گیاه برنج به سیلیسیم در سال بین ۱۸۰۰-۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد گردیده است (حق‌پرست و عزیزی، ۱۳۶۳). فلاح (۱۳۸۳) نیز اعلام

کرد برای تولید ۱۰۰۰ کیلوگرم شلتوک نیاز به ۲۰ کیلوگرم Sio_2 است که توسط گیاه برنج جذب می‌شود. جذب سیلیسیم در ارقام مختلف و همچنین در اندام های مختلف گیاه برنج متفاوت است (الینا، ۱۹۸۴). جذب سیلیسیم در اندام‌های مختلف گیاه برنج به ترتیب از زیاد تا کم در پوسته، برگ، غلاف، ساقه، ریشه است(زو، ۱۹۸۵). یوشیدا و همکاران(۱۹۶۹) اعلام کردند، ترکیب سیلیسیم در آوند چوبی برنج معمولاً چندین برابر بیشتر از محلول خاک است که ممکن است منشأ جذب سیلیسیم به صورت متابولیکی مشتق باشد. پوسته برنج حاوی ۱۱۰ میلی‌گرم بر گرم سیلیسیم است (جاگداسینگ، ۲۰۰۷). ما و تاکاهاشی (۲۰۰۲) دریافتند که تجمع سیلیسیم در برنج ممکن است متجاوز از ۱۰ درصد وزن خشک شاخساره باشد. کاتو و اوا (۱۹۹۰) اعلام کردند، سیلیسیم در گیاه برنج به کندی حرکت می‌کند و به نظر می‌رسد که جذب سیلیسیم توسط برنج بعد از مرحله پنجه‌دهی و یا بعد از طویل شدن ساقه شروع می‌شود. برگمن (۱۹۹۲) نیز اعلام کرد، جذب سیلیسیم از مرحله نشاکاری شروع می شود و تا مرحله گلدهی ادامه می‌یابد.

۲-۴-۳- نقش سیلیسیم در گیاه

سیلیسیم سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه از طریق توانایی مکانیکی ساقه و برگ‌ها در جذب نور و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (ساموئلز و همکاران، ۱۹۹۳). سیلیسیم سبب استحکام غشای سلولی گیاه و کاهش نفوذپذیری غیرانتخابی در گیاه می‌شود (محقق و همکاران، ۱۳۸۸). سیلیسیم در تنظیم اسمزی نقش دارد (کایا، ۲۰۰۶). سیلیسیم پراکسیداسیون لیپیدی را کاهش می‌دهد (شین و همکاران، ۲۰۱۰). سیلیسیم مقاومت به درجه پایین و شوری را افزایش می‌دهد (هام یون، ۲۰۱۰؛ لی و همکاران، ۲۰۱۰). گزارش شده که علاوه بر اینکه سیلیسیم سبب افزایش راندمان مصرف آب با کاهش تعرق می‌شود، سرعت جریان آب را در آوند چوبی ذرت افزایش می‌دهد. سیلیسیم می‌تواند سبب تسهیل جذب آب و حمل و نقل آب در شرایط خشکسالی در سورگوم شود (هاتوری، ۲۰۰۷). سیلیسیم قابلیت دسترسی عنصرهای سمی مانند منگنز، آهن، آلومینیم را در

ریشه‌های گیاهانی مانند برنج، نیشکر را کاهش داده و مقاومت جو و برنج به استرس شوری را افزایش می دهد(ساوانت، ۱۹۹۷). سیلیسیم، اثرات مثبت بر رشد و عملکرد گیاه دارد(الاواد و همکاران، ۱۹۸۲؛ لیانگ ، ۱۹۹۹؛ ما و تاکاهاشی ،۲۰۰۲؛ ما، ۲۰۰۴ ؛ مائود و همکاران، ۲۰۰۳). کاربرد کودهای سیلیسیمی، عملکرد گونه گیاهی برنج، نیشکر ،گندم و تعدادی از گیاهان دو لپه ای را افزایش داد(الاواد و گرین، ۱۹۷۹؛ اپستین، ۱۹۹۱؛ ساوانت و همکاران، ۱۹۹۷). بهتاش و همکاران (۱۳۸۹) دریافتند که، مصرف سیلیسیم در گیاه چغندر لبویی، باعث افزایش معنی دار عملکرد گیاه گردید. مصرف سیلیسیم، موجب افزایش عملکرد دانه گندم می شود(مقدم و همکاران، ۱۳۸۴). کودهای سیلیسیم، اثر مثبتی بر روی تعداد خوشه چه ها و بارور شدن آن دارد به نحوی که عدم وجود سیلیسیم، باعث کاهش ۴۰ درصدی در دانه های خوشه چه های بارور، کاهش ۱۰ درصدی کل تعداد خوشه چه های پانیکول می گردد(ما و همکاران، ۲۰۰۴). سیلیسیم نه تنها اثرات سودمندی بر رشد بسیاری از گیاهان دارد بلکه بر مقاومت در برابر تش های زیستی(آفات و بیماریها) و غیر زیستی(شوری و فلزات سنگین) تاثیر گذار می باشد (اپستین و همکاران ، ۲۰۰۹). سیلیسیم، باعث افزایش رشد گیاهان و در بسیاری از موارد با تحریک رشد، افزایش در فعالیت آنزیم‌های ضداکسنده و کاهش میزان ROS در سلول‌های گیاهی، موجب حفاظت گیاه در برابر تنش محیطی می‌شود (اپستین، ۱۹۹۴؛ واریچ، ۲۰۱۱) .

با وجود اینکه سیلیسیم، جز سازنده گیاهان است اما به رسمیت شناخته نشده است ولی برای رشد و توسعه گیاه برنج، به عنوان مواد مغذی ضروری مفید اعلام شد (شی، ۲۰۰۵). در برنج ژنی است که سیلیسیم جذب شده را انتقال می‌دهد (یاماجی و ما، ۲۰۰۶). دوبرمن و فیرهرست (۲۰۰۰) حد بحرانی سیلیسیم قابل جذب برای گیاه برنج، عصاره گیری شده با استفاده از محلول بافراستات سدیم مولار را ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اعلام کردند. ایناناگا و همکاران (۱۹۹۵) دریافتند که سیلیسیم محصول برنج را افزایش می‌دهد و پتانسیل عملکردی آن را بالا می‌برد. یک نقش مهم سیلیسیم شکل دادن و به هم پیوستن پیرامونی میان لیگنین و کربوهیدرات‌ها از طریق مشارکت

اسیدهای فنولیک یا حلقه‌های آروماتیکی است که باعث استحکام مکانیکی لایه‌ها و راست قامتی برگ و پایداری آن می گردد. سیلیسیم قدرت اکسیداسیون ریشه های برنج را افزایش داده، خسارت های ایجاد شده به وسیله تنش های اقلیمی مانند طوفان، خسارت سرمای تابستان در برنج و خسارت یخ زدگی در نیشکر را کاهش می دهد (ساوانت و همکاران،۱۹۹۷ ؛ هادسون و سنجستر، ۲۰۰۲). سیلیسیم با بهبود وضعیت مرفولوژیکی و تغییر ترکیب شیمیایی گیاه برنج، در افزایش عملکرد آن نقش به سزایی دارد (یوشیدا و همکاران، ۱۹۶۲). مصرف سیلیسیم (۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) در گیاه برنج، میزان کربوهیدرات را در برگ ها ۷٪ و ساقه ۱۱٪ و دانه ۶٪ افزایش داده است (کاتو و اوا ، ۱۹۹۰). لیانگ و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند، افزودن کودهای سیلیسیمی به خاک های آهکی، عملکرد دانه برنج را ۲۰/۷- ۴/۶ درصد و عملکرد دانه گندم را به میزان ۹/۳ -۴/۷ درصد افزایش داد. دانتوف و همکاران (۱۹۹۷) دریافتند که با افزایش مقدار سیلیسیم در برگ وساقه برنج، علاوه بر افزایش ۸ درصدی رشد، عملکرد برنج نیز ۵۶ تا ۸۸ درصد افزایش یافت. فلاح (۱۳۸۴) گزارش داد که سیلیسیم، باعث افزایش ارتفاع گیاه ،طول میانگره، وزن تر، حرکت خمش و مقاومت به شکستگی در گیاه برنج گردید. سیلیسیم موجب افزایش درصد خوشه‌چه‌های پر و عملکرد دانه برنج می‌شود(دانتوف و همکاران، ۲۰۰۱). سیلیسیم تعرق را در برنج کاهش می‌دهد (ما، ۲۰۰۴). سیلیسیم باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در نتیجه افزایش مقاومت برنج در شرایط تنش خشکی شده است (شاراما و دوبی، ۲۰۰۵). سیلیسیم در برنج، مقاومت به بیماریها را افزایش می دهد (پریرا، ۲۰۰۴). سیبولد و همکاران(۲۰۰۱) بیان داشتند که سیلیسیم افزوده شده به بافت برنج موجب کاهش تعداد لکه‌های اسپورزایی در برگ می‌شود و بر این امر تأکید داشتند که سیلیسیم بر کارایی عامل بیماری بلاست تأثیر دارد و آن را کاهش می‌دهد. سیلیسیم همچنین نقش مهمی در کنترل آفاتی چون کرم ساقه‌خوار برنج، حشره گیاهی whith baer و عنکبوت برگی، حشره برگ سبز برنج دارد.

۲-۴-۴- علائم کمبود سیلیسیم

کمبود سیلیسیم باعث کاهش شدید رشد رویشی و تولید دانه می‌شود و نشانه‌های کمبود مانند بافت مردگی برگ‌های بالغ و پلاسیدگی گیاهان در افزایش رشد گیاهان می‌گردد (یوشیدا و همکاران، ۱۹۶۹). کمبود سیلیسیم در گیاه برنج، برگ‌های غشایی گیاه زرد و یا قهوه‌ای و نکروزه می‌شوند، پنجه‌ها سست می‌گردد، رشد کند می شود، برگ‌ها تیره می‌شود پانیکول کوچک‌تر و با افزایش نازایی همراه است (برگمن، ۱۹۹۲). کمبود سیلیسیم در گیاه برنج، حساسیت برنج به بیماریهای مانند بلاست، برگ سوختگی، لکه قهوه‌ای و پوسیدگی و ساقه و برگ را افزایش می‌دهد (ماسی و هارتلی، ۲۰۰۷). کمبود سیلیسیم باعث می‌شود جذب دی‌اکسید کربن متوقف شود روزنه‌ها بسته و راندمان فتوسنتزی کم شود (دانتوف، ۲۰۰۱).

۲-۴-۵- تاثیر سیلیسیم بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان

سیلیسیم سطح برگ برنج را افزایش داد و در نتیجه فتوسنتز محصول وزن خشک برگ افزایش یافت (فلاح، ۲۰۰۰). مصرف سیلیسیم باعث افزایش وزن خشک ساقه در گندم می‌شود (لی و همکاران، ۱۹۸۹). کاربرد کودهای سیلیسیم، سبب افزایش وزن هزار دانه گردیده که این افزایش به خاطر جایگذینی این عنصر در پالئا و لما بوده است (بالاسترا، ۱۹۸۹). فلاح و همکاران (۲۰۰۴) اعلام کردند، ارتفاع گیاه تحت تأثیر تیمارهای سیلیسیم افزایش می‌یابد. تاکاهاشی و مایاک (۱۹۹۷) اعلام نمودند، در شرایط مزرعه به ویژه در مناطقی که کشت کلان غلات انجام می شود، سیلیسیم می تواند به طور غیر مستقیم، میزان رشد و تولید گیاه را افزایش دهد. ما و تاکاهاشی (۱۹۹۰) نیز بیان کردند وزن خشک ریشه، ساقه، وزن خشک کل گیاهان واجد سیلیسیم به ترتیب ۴۱، ۶۸،۴۲ درصد افزایش یافت. سیلیسیم با افزایش طول برگ و قدرت استحکام آن، موجب عمودی شدن برگ، افزایش فتوسنتز و در نتیجه تولید بیشتر ماده خشک و عملکرد بیولوژیک می شود (یوشیدا و همکاران، ۱۹۸۹). کاربرد سیلیسیم در گلرنگ، موجب افزایش معنی دار ارتفاع گیاه، سطح برگ، میزان کلروفیل،

وزن خشک کل، وزن خشک ریشه و میزان رطوبت نسبی برگ گردید (یوشیدا و همکاران، ۱۹۶۹). ماتسئو و همکاران (۱۹۹۵) بیان کردند که جذب سیلیسیم پنجه گیاه برنج را به طور محسوسی افزایش می دهد و این اثر معنی دار است و روند افزایش دارد. در آزمایشی روی نوعی هیبرید که توسط چائومینگ و همکاران (۱۹۹۹) انجام شد، عملکرد گیاه با افزایش کود سیلیسیمی به همراه KCl، افزایش یافت که در نتیجه افزایش درصد پر شدن دانه، وزن هزار دانه و تعداد پانیکول بود در واقع افزایش در پر شدن دانه باعث کاهش دانه های پوک شد. نتایج آزمایشی که با سیلیکات پتاسیم در ۲ سطح (شاهد و ۲۰۰ میلی لیتر در کیلو گرم خاک)، آبیاری در ۲ سطح (شاهد و حد فوقانی ۴۰ میلی لیتر) و ۲ رقم سورگوم (مقاوم و حساس به شوری) اجرا شد. مشخص شد که افزایش در مقدار سیلیکات پتاسیم، منجر به افزایش شاخص سطح برگ، ساقه، ریشه، وزن مخصوص برگ و مقدار کلروفیل به طور قابل توجهی پتاسیل آب برگ، نسبت ساقه به ریشه را کاهش داد. نتایج بدست آمده نشان داد که کاربرد سیلیسیم می تواند در گسترش مقاومت به خشکی در سورگوم از طریق افزایش توانایی جذب آب مفید واقع شود (احمد و همکاران، ۲۰۱۱). سیلیسیم با محدود کردن تعرق ممکن است جذب و انتقال مواد غذایی را تحت تأثیر قرار دهد (ما و ساوانت، ۱۹۹۷). لیانگ و همکاران (۱۹۹۶) اعلام کردند که کاربرد سیلیسیم سبب افزایش جذب پتاسیم در برگ گیاه می‌شود. گرامی (۱۳۸۳) نشان داد که غلظت سیلیسیم در بافت برگ بیشتر از ساقه می‌باشد و با افزایش سطوح سیلیکات پتاسیم، غلظت سیلیسیم در بافت برگ و ساقه برنج افزایش می‌یابد. آگاری و همکاران (۱۹۹۳) اعلام کردند، که غلظت سیلیسیم در برگ، ساقه یا ریشه در گیاهانی که سیلیسیم دریافت کردند نسبت به شاهد بیشتر بود. بررسی نتایج آزمایش حق پرست و عزیزی (۱۳۶۳) نشان داد که مقدار طول گیاه و جذب فسفر افزایش یافت و در تیمار ۱۵۰۰ کیلوگرم سیلیکات سدیم در هکتار مقدار محصول دانه، پنج برابر نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت.

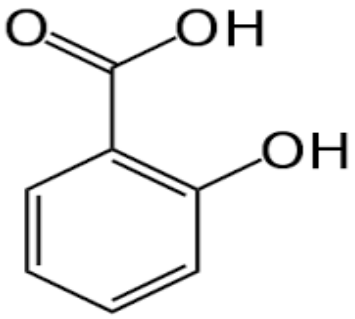
۲-۵- سالیسیلیک اسید

نام سالیسیلیک اسید از کلمه سالیکس(Salix spp) نام علمی درخت بید گرفته شده است، چرا که اولین بار به طور طبیعی از پوست این درخت استخراج شد و سالیسیلیک اسید از نظر شیمیایی متعلق به گروه بسیار متنوع فنل‌های گیاهی می‌باشد که دارای یک حلقه آروماتیک به همراه یک گروه هیدروکسیل با مشتقات وابسته به آن می‌باشد و یک تنظیم‌کننده رشد درونی از ترکیبات فنلی طبیعی می‌باشد. در سال۱۸۲۱، یوهان بوخنر که در آلمان کار می کرد، اولین کسی بود که مقادیر مشخصی از سالیسیلین را جدا ساخت (راسکین، ۱۹۹۲). و به صورت درونی توسط سلول های ریشه یا میکروارگانیسم های مختلف تولید می شود و به اشکال مختلف در سطح برگ، اطراف سلول های ریشه و بطور کلی در سراسر گیاه بطور گسترده ای وجود دارد (بزروکوا و همکاران، ۲۰۰۱). سالیسیلیک اسید به صورت پودرکریستاله سفیدرنگ وجود دارد که نقطه ذوب آن ۱۵۷ تا ۱۵۹ درجه سانتی‌گراد، pH آن ۲/۴ و سوزش آور می باشد. فرمول مولکولی این ماده $C_7H_6O_3$ می باشد. جرم مولکولی آن ۱۳۸/۱۲ گرم بر مول و چگالی آن ۱/۴۴۳ گرم بر سانتی متر مکعب است. یکی از مشتقات اسید سالیسیلیک، استیل اسید سالیسیلیک یا آسپیرین می باشد که پس از جذب سریعاً به اسید سالیسیلیک تبدیل می شود (استیچر و همکاران، ۱۹۹۷). سالیسیلیک اسید به دلیل داشتن گروه (–OH) هیدروکسیل آزاد روی حلقه بنزوئیک اسید قادر به کلاته کردن فلزات می باشد بنابراین با کلاته کردن آهن موجود در آنزیم ACC اکسیداز (۱- آمینو سیکلوپروپان ۱- کربوکسیلات اکسیداز) موجب بلوکه کردن این آنزیم و در نهایت مهار بیوسنتز اتیلن می شود(راکسین، ۱۹۹۲) .

۲-۵-۱- بیوسنتز سالیسیلیک اسید

سالیسیلیک اسید از مجموعه ای از مولکول های مختلف تشکیل شده است. آنزیمی که فرآیند متابولیسم اسید سالیسیلیک به ترکیب بتا- گلوکوزید- اسید سالیسیلیک را کاتالیز می کند، اسید سالیسیلیک- گلوکوزیل ترانسفراز (Gtase) نام دارد (یالپانی و همکاران، ۱۹۹۴). اسید سالیسیلیک می

تواند به ۲ و ۳- دی هیدرو بنزوئیک اسید یا ۲ و ۵- دی هیدرو بنزوئیک اسید متابولیزه شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). ترکیبی از اسید سالیسیلیک به نام بتا- گلوکوزید- اسید سالیسیلیک در ریشه های گیاهچه های یولاف شناسایی شده است (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). حدود سال ۱۹۶۰پیشنهاد شد که اسید سالیسیلیک در گیاهان از اسید سینامیک و توسط دو مسیر مهم سنتز می شود. یکی مسیر دکربوکسیلاسیون اسید سینامیک از اسید بنزوئیک است که برای مثال در برنج (هایات و همکاران، ۲۰۱۰) وجود دارد. مسیر دیگر، ۲- هیدروکسیلاسیون از سینامیک اسید به اُ- کوماریک اسید و سپس دکربوکسیله شدن به اسید سالیسیلیک است که توسط آنزیم ترانس- سینامات- ۴- هیدروکسیلات کاتالیز می شود و ابتدا در گیاهچه های نخود فرنگی مشاهده شده است (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).



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

۲-۵-۲- نقش سالیسیلیک اسید در گیاه

سالیسیلیک اسید یک ترکیب شبه هورمونی است که معمولا با اثر بر هورمون های اتیلن و آبسیزیک اسید بر رشد و نمو گیاهان اثر می گذارد و در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد و تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه زنی نقش عمده ای را ایفا می کند. همچنین این ماده یک نشانگر مولکولی قوی در پاسخ به تنش های زنده و غیر زنده محیطی به شمار می رود (نونومورا و بنسون، ۱۹۹۲). سالیسیلیک اسید، سیستم آنزیمی هیدرولیز کننده پلی‌ساکاریدها را مهار کرده و یا به عبارت دیگر سرعت تعدیل قندهای نامحلول به قندهای محلول را کاهش می‌دهد (خودداری ، ۲۰۰۴).

شاکیرووا (۲۰۰۳) نشان داد که کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید باعث تحریک جوانه‌رنی بذر می‌شود. سالیسیلیک اسید، سبب بالا بردن پتانسیل تولید و آرایش نامحدود واکنش‌های متابولیک در گیاهان می‌شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). سالیسیلیک اسید، گسترش، تقسیم و مرگ سلولی را تنظیم کرده، در واقع بین رشد و پیری تعادل ایجاد می‌کند (پوپووا و همکاران، ۱۹۹۷). این اسید برخی از فرایندهای را همچون تولید گرما (راسکین و همکاران، ۱۹۹۷) و واکنش‌های دفاعی در موارد بیماری‌زا (هانت و همکاران، ۱۹۹۶، یانگ و همکاران، ۱۹۹۷؛ کلاسیگ و مالامی، ۱۹۹۴) و نیز سنتز اتیلن در رسیدن میوه (لاسلی و رومانی، ۱۹۹۸) را تنظیم می‌نماید. شکیرووا و همکاران (۲۰۰۳) اعلام کردند که سالیسیلیک اسید تعادل هورمونی را در گیاه تغییر و بیشتر باعث افزایش اکسین و سیتوکنین در شرایط غیرتنش می‌گردد و همچنین این ماده تحت شرایط تنش ها، سبب افزایش اکسین، ABA و مانع از کاهش سیتوکنین می‌گردد. این اسید معمولاً در غلظت‌های پایین جهت افزایش رشد و مقاومت گیاهان به تنش می‌گردد (دات و همکاران، ۲۰۰۰). مصرف غلظت‌های خیلی پایین سالیسیلیک اسید (۰/۰۱ میکرومولار) باعث افزایش وزن ریشه‌های هویج به میزان ۶۰ درصد، چغندر لبویی به میزان ۱۶ درصد، میوه گوجه فرنگی به میزان ۳۳ درصد و خیار به میزان ۲۲ درصد گردید (هایات و احمد، ۲۰۰۷). همچنین شواهدی مبنی بر نقش سالیسیلیک اسید در تنظیم پاسخ‌های گیاه به برخی عوامل غیر حیاتی مانند برخی تشعشات خاص ماوراء بنفش(UV) و ازون (Ozone) وجود دارد (یالاپام و همکاران، ۱۹۹۱، رائو و دیویس و ۱۹۹۹، سناراتنا و همکاران، ۲۰۰۰). سالیسیلیک اسید تأثیرات تخریبی فلزات سنگین بر رشد را نیز تعدیل می‌کند(درازیک و می‌هولدویک، ۲۰۰۵). کاربرد سالیسیلیک اسید تخریب غشای ایجاد شده توسط سرب را در برنج تعدیل می‌کند(میشرا و چودهوری، ۱۹۹۵). حسین و همکاران (۲۰۰۷) افزایش ارتفاع گیاهچه، تعداد برگ و وزن خشک ریشه و ساقه را گزارش کردند. کاربرد سالیسیلیک اسید بر روی شاخ و برگ سویا نیز جوانه گل و تشکیل نیام را حدود ۵-۲ روز تسریع می‌کند (کومار، ۱۹۹۹). مارتین و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که در گیاهان زینتی مانند گلوکسینا و بنفشه، سالیسیلیک اسید تعداد برگ های تشکیل دهنده را در

افزایش داده به صورتی که سطح برگ گیاهان تیمار شده، ۱۰ درصد بیشتر از گیاهان شاهد بود. سالیسیلیک اسید(SA) و سایر سالیسیلاتها در بررسی فعالیت های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان شناخته شده‌اند و نقش کلیدی در تنظیم رشد و تولید ایفا می کنند (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). کاربرد سالیسیلیک اسید به صورت محلول‌پاشی، سبب افزایش بیوماس در گیاه سویا می‌شود(ارسلان و همکاران، ۲۰۰۷) از طرفی به نظر می‌رسد افزایش بیوماس در اثر استفاده سالیسیلیک اسید به خاطر فعالیت آنتی‌اکسیدانی این ماده در غشای سلولی باشد. تیمار با این اسید سبب افزایش مقادیر لیگنین در ساختار دیواره سلولی می‌شود (وفابخش و همکاران، ۱۳۸۷). جاندا و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که افزودن اسید سالیسیلیک به محلول رشد آبکشت نهال‌های ذرت، با تحریک تولید عوامل آنتی‌اکسیدانی، سبب افزایش تحمل به سرما گردید. همچنین شاکیرووا و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند، سالیسیلیک اسید تقسیم سلولی را درون هر سیستم‌های گیاهچه گندم افزایش داد و سبب افزایش عملکرد در گندم گردید. سالیسیلیک اسید در گوجه‌فرنگی و لوبیا نیز سبب افزایش مقاومت به درجه حرارت های پایین و بالا شده است (سناراتنا، ۲۰۰۰). اثر بهبودی سالیسیلیک اسید بر رشد گیاهان تحت تنش غیرزیستی می‌تواند به نقش آن در جذب مواد غذایی، ارتباط آبی، تنظیم روزنه‌ای، نرخ فتوسنتزی و مقدار کلروفیل مربوط باشد (نورین و اشرف، ۲۰۰۸).

۲-۵-۳- تاثیر سالیسیلیک اسید بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان

سالیسیلیک اسید باعث طویل شدن سلول ها و تنظیم تقسیم و مرگ سلولی شده و در واقع بین رشد و پیری تعادل ایجاد می کند(پوپوا، ۱۹۹۷). فریدودین و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که تجمع ماده خشک در کلزا هنگامی که غلظت های پایین تر سالیسیلیک اسید پاشیده شد، به طور قابل توجهی افزایش یافته است. با این حال غلظت‌های بالاتر سالیسیلیک اسید اثر مهارکنندگی داشت. عملکرد میوه در خیار و گوجه فرنگی که با غلظت های پایین تر سالیسیلیک اسید محلول پاشی شدند به طور قابل توجهی افزایش یافته است (لارکوساودرا و مارتین میکس، ۲۰۰۷). در مطالعه

ای دیگر محلول پاشی سالیسیلیک اسید در سویا، گلدهی و تشکیل غلاف را افزایش داده است (کومار و همکاران، ۱۹۹۹). نتایج بررسی مجد و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد وزن صد دانه نخود در گیاهان تیمار شده با غلظت ۰/۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید به طور معنی داری افزایش یافته است. در مطالعه خان و همکاران (۲۰۰۳) کاربرد سالیسیلیک اسید در سویا باعث افزایش تعداد غلاف در بوته، وزن صد غلاف، وزن صد دانه، عملکرد هر بوته و در ذرت باعث افزایش وزن صد دانه و عملکرد هر بوته شد. گزارش هایی از اثر سالیسیلیک اسید بر افزایش عملکرد در برخی از گیاهان مانند سویا، لوبیا چشم بلبلی و نخود فرنگی ارائه شده است (مجد و همکاران، ۲۰۰۶). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک به طور معنی داری اندازه و وزن دانه گندم را در مقایسه با شاهد افزایش داد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). در تحقیقی دیگر، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش کارآیی مصرف آب، نسبت تعرق و غلظت دی اکسید کربن درونی در سویا گردید (کومار و همکاران، ۲۰۰۰). در مطالعه دیگر محلول پاشی بوته ها با سالیسیلیک اسید تاثیر معنی داری بر اکثر خصوصیات گیاه کنجد داشته است. غلظت ۰/۴ میلی مولار سالیسیلیک اسید (نسبت به شاهد و ۰/۸ میلی مولار) اثرات مطلوب تری بر اغلب صفات داشته است(انصار و همکاران، ۱۳۸۹). فرید الدین و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند تجمع ماده خشک در گیاه *Brassica junicea* پس از محلول پاشی با غلظت های پایین تر سالیسیلیک اسید بیشتر بود. سالیسیلیک اسید معمولا با اثر بر روی هورمون های اتیلن (الطیب، ۲۰۰۵) و آبسیزیک اسید (سنارانتا، ۲۰۰۲) بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاه را تنظیم می کند. افزایش قابل توجهی در رشد، محتوای رنگدانه و میزان فتوسنتز در ذرت محلول پاشی شده با اسید سالیسیلیک مشاهده شده است. در یک آزمایش با محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر نهال های خیار، محتوی کلروفیل برگ افزایش یافت (مردانی و همکاران، ۲۰۱۰). تحقیقات مهرابیان مقدم و همکاران (۱۳۸۷) نشان داد سالیسیلیک اسید تاثیرات مثبتی بر افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه نخود داشته است. تیمار کیاهان با سالیسیلیک اسید در برنج فعالیت آنزیم های کاتالاز، پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و گلاتاتیون ریداکتاز در مقابل گیاهان تیمار نشده افزایش داد(چادوری و پاندا،

۲۰۰۴). ارسلان و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که تاثیر سالیسیلیک اسید بر جذب و انتقال یون در گیاهان منجر به پاسخی خاص برای هر گونه می شود. سالیسیلیک اسید سبب بهبود جذب عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی و شوری می شود که این خود می تواند افزایش رشد را به همراه داشته شود (ارسلان و همکاران، ۲۰۰۷). برخی از تحقیقات نشان داد که سالیسیلیک اسید، نفوذپذیری غشاء را افزایش داده و می تواند جذب و استفاده از مواد مغذی معدنی و حمل و نقل محصولات فتوسنتزی را تسهیل کند. همچنین به افزایش ظرفیت تولید بیوماس گیاهان تیمار شده کمک خواهد کرد که سبب افزایش قابل مشاهده در وزن تر و خشک می شود (انصاری، ۱۹۹۶). کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید در انتقال عناصر غذایی نقش دارد و موجب کاهش جذب فسفات و پتاسیم توسط ریشه ها و کاهش pH می شود.گزارش شده است که میزان جذب عناصری مانند Mg , Ca , K, P , N در گیاهان تحت تنش خشکی تیمار شده توسط سالیسیلیک اسید افزایش می یابد (وفابخش و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۶- تغذیه گیاهان از طریق محلول‌پاشی

برای جذب عناصر، ریشه ها اندام اولیه گیاه هستند که این نقش را برعهده دارند. وجود عاملی که دسترسی عناصر غذایی را در خاک محدود می‌کند، استفاده مورد انتظار از کودها را کاهش می‌دهد. تحت این شرایط، عناصر غذایی برای گیاهان می‌تواند به وسیله استعمال برگی یا محلول پاشی فراهم شود (آلتیندایسلی و همکاران، ۱۹۹۸). محلول‌پاشی در واقع اسپری کردن عناصر غذایی بر برگ‌ها و ساقه‌های گیاه و جذب آن از این مکان‌ها است (کوپر، ۲۰۰۳). محلول‌پاشی می‌تواند دسترسی گیاهان به عناصر غذایی را برای بدست آوردن عملکرد بالا تضمین کند. از دید اکولوژیکی، محلول‌پاشی برگی قابل قبول‌تر است چون مقادیر عناصر غذایی برای مصرف سریع به وسیله گیاه فراهم می‌شود (استمپر و همکاران، ۱۹۹۸). محلول پاشی، روشی جهت کاهش تثبیت کودهای شیمیایی در خاک و در نتیجه کاهش خطرات محیطی از جمله کاهش آلودگی خاک و آب است

(ملکوتی و طهرانی،۱۳۷۹). محلول پاشی باید در طی دوره‌هایی با دمای پایین و رطوبت نسبتاً بالا، همچنین در صبح یا بعد از غروب انجام شود. از طرفی نمک‌ها ممکن موجب سوختگی برگ و نکروز شوند بخصوص زمانی که در غلظت‌های بالا توصیه می‌شوند (مارچنر، ۱۹۹۵). مطالعات زیادی نشان داده است که در مورد عناصری مثل بر، مس، منیزیم، منگنز و روی محلول‌پاشی به دلیل رفع سریع کمبود، کاهش سمیت ناشی از تجمع این عناصر در خاک و جلوگیری از تثبیت آن‌ها، روش مناسب‌تری نسبت به کاربرد در خاک است (کمبراتو، ۲۰۰۴). تیکسیرا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که در لوبیا مصرف روی و منگنز به صورت محلول پاشی به ترتیب منجر به افزایش ۱۸ و ۳۲ درصدی وزن خشک در مقایسه با شاهد گردید. لین (۱۹۹۶) نیز نشان داد که عملکرد دانه سویا به شدت در اثر محلول‌پاشی و مصرف خاکی عنصر منگنز افزایش می‌یابد و محلول‌پاشی را مؤثرتر از مصرف خاکی دانست. در تحقیقی روی لوبیا، محلول‌پاشی عناصر نسبت به مصرف کود در خاک بیشترین میزان آهن، روی و منگنز در برگ‌ها را موجب گردید کاربرد برگی مواد مغذی، افزایش معنی‌داری در تعداد سنبله در مترمربع، تعداد در هر سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه گندم گزارش شد (عارف و همکاران، ۲۰۰۶) و همچنین حسین و همکاران (۲۰۰۵) اعلام کردند که کاربرد محلول پاشی عناصر غذایی در گیاه برنج برای افزایش معنی دار تعداد دانه در هر خوشه و وزن هزار دانه، مراحل گل آذین‌دهی و شیری است. البته مرحله گل آذین‌دهی از مرحله شیری مؤثرتر است.

فصل ۳ :

مواد و روش

۳-۱- مشخصات محل اجرای طرح

این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۳در مزرعه مرکز تحقیقات برنج کشور در آمل به اجرا در آمد. موسسه تحقیقات برنج واقع در کیلومتر ۱۰ جاده آمل به بابل با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۲۹/۸ متر از سطح دریا می باشد. آب و هوای منطقه بر اساس تقسیم بندی اقلیمی حرارتی، نیمه مدیترانه ای می باشد. میزان نزولات سالیانه حدود ۸۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای فصل کشت برنج، ۲۳ درجه سانتگراد می باشد. متوسط رطوبت نسبی در طول سال به دلیل نزدیکی به دریای خزر بالا بوده که به غیر از ماه تیر به بیش از ۸۰ درصد نمی رسد.

۳-۲- خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش

آماده سازی مزرعه در تاریخ ۱۳۹۳/۲/۲۷، صورت گرفت. برای نمونه گیری از خاک مزرعه، کل نمونه خاک ها را با هم مخلوط و پس از خشک شدن، جهت تجزیه فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه خاک درجدول پیوست ۱ نشان داده شده است.

۳-۳- نوع و قالب طرح آزمایش

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار، اجرا شد. تعداد کرت ها ۳۶ عدد بودند. فاکتورهای مورد بررسی شامل سیلیسیم در منبع (سیلیکات پتاسیم) در ۳ سطح ۰، ۳ و ۶ سی سی در لیتر و سالیسیلیک اسید در ۴ سطح ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار بودند.

۳-۴- مشخصات مواد آزمایشی

رقم شیرودی: این رقم در ایستگاه چپر تنکابن اصلاح گردید. والدین این رقم، خزر و طارم هستند.

در سال ۱۳۸۳پس از آزمایشات نهایی توسط محققین برنج در معاونت مرکز تحقیقات برنج در

آمل به صورت ترویجی و بررسی مشاهده ای در مزارع برنج کشاورزان کشت گردید.

کود سیلیکو پتاس: این کود به فرم مایع و از ترکیب سیلیکات SiO_2 و پتاسیم k_2O تشکیل شده است. مقدار سیلیکات ۲۶/۶ درصد و مقدار پتاسیم ۱۳/۳درصد می باشد.

سالیسیلیک اسید: فرمول شیمیایی آن $C_7H_6O_3$ می باشد.

۳-۵- نقشه اجرای طرح

این طرح در زمینی به مساحت ۵۰۰ متر مربع در ۳ تکرار که هر تکرار شامل ۱۲ کرت و در مجموع ۳۶ کرت بودند، انجام گرفت. ابعاد هرکرت ۴×۳ و فاصله بین کپه ها ۲۵ سانتی متر و فاصله بین کرت ها ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد، هر کپه نیز شامل ۲ تا ۳ بوته بود (شکل پیوست۱).

۳-۶- عملیات مزرعه ای

۳-۶-۱- تهیه خزانه

در اواخر فروردین، حدود ۲ کیلوگرم از بذر رقم شیرودی را بعد از سبک و سنگین کردن و ضد عفونی جهت جوانه زنی در گرم خانه در دمای ۳۰-۲۵ درجه قرار داده و بعد از گذشت ۳ روز، بذرهای جوانه زده را به خزانه که به صورت جوی و پشته آماده شد، منتقل گردید (شکل پیوست ۲).

۳-۶-۲- عملیات کاشت و داشت

در اواخر اردیبهشت پس از پاک سازی مزرعه از علف هرز و یکنواخت کردن خاک مزرعه، زمین را شخم زده و پس از آن، آب را وارد آبروها کرده و پس از پر شدن آب در مزرعه، آب به مدت ۳ روز در آن نگه داشته تا کلوخه ها نرم شوند و پس از آن زمین را توسط گاوآهن با عمق ۳۰ سانتی متری، شخم زده تا خاک از حالت اشباع خارج شود (شکل پیوست ۳). نوع کودهای اعمال شده در مزرعه شامل: کود اوره از منبع سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم و سوپر فسفر تریپل به نسبت

۱۰۰کیلوگرم در هکتار (۳۰ کیلوگرم برای کل مزرعه) قبل از نشاکاری اعمال شدند و بعد ازکودپاشی تمام کرت ها با ماله چوبی، جهت جذب بیشترکود در زمین، صاف شدند. در تاریخ ۹۳/۲/۳۱ عملیات نشاکاری انجام شد. ابتدا قبل از نشاکاری، هر کرت توسط مارکر ۲۵×۲۵ سانتی متری جهت قرارگرفتن نشاها در این فاصله، نشانه گذاری شد. در این مرحله، نشاها از خزانه به زمین اصلی انتقال داده شد و به صورت ۳ خال یا ۳ بوته در زمین با فاصله ۵۰ سانتی متر بین کرت ها کاشته شد (شکل های پیوست ۵ و ۴). سه هفته بعد از نشاکاری، عملیات وجین انجام شد و علف های هرز خارج شدند.

۳-۶-۳- محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید

محلول پاشی در دو مرحله، حداکثر پنجه زنی و مرحله قبل از گلدهی انجام شد. یک روز قبل از محلول پاشی، آب مزرعه خارج شد و پس از خشک شدن مزرعه، مقدار آب مصرفی بعد از کالیپره شدن کرت، ۲ لیتر در نظر گرفته شد. در تاریخ ۹۳/۴/۱۸ در مرحله حداکثر پنجه زنی، صبح محلول پاشی سیلیکات پتاسیم در ۳ سطح ۰ ، ۳ و ۶ سی سی در لیتر و غروب همان روز محلول پاشی سالیسیلیک اسید در ۴ سطح ۰ ، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار انجام شد. مرحله دوم محلول پاشی در مرحله قبل از گلدهی در تاریخ ۹۳/۵/۲ به همین صورت انجام شد.

۳-۷- نمونه گیری

نمونه گیری در این طرح، در دو مرحله انجام شد. مرحله اول در زمان گل دهی صفاتی از قبیل تعداد پنجه، ارتفاع بوته، وزن خشک خوشه، برگ، ساقه، وزن خشک کل، مقدار کلروفیل برگ اندازه گیری شد. مرحله دوم نمونه برداری در زمان برداشت انجام گرفت. در این مرحله صفاتی مانند وزن خشک خوشه، ارتفاع خوشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک کل، تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک، تعداد کل دانه، وزن هزار دانه، رطوبت دانه، عملکرد و اندازه گیری مقدار سیلیسیم برگ و اندازه گیری میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دانه صورت گرفت.

۳-۷-۱- نمونه گیری در مرحله گلدهی

در تاریخ ۹۳/۵/۱۰، از هرکرت به صورت تصادفی ۴کپه انتخاب شد و ارتفاع بوته و تعداد پنجه در هر کرت اندازه‌گیری و محاسبه شد. و نیز در این مرحله، برای محاسبه وزن خشک ساقه، برگ و خوشه، ۴ کپه به صورت تصادفی از سطح خاک و پایین‌تر از میانگره کف بر و ساقه، برگ و خوشه جدا شده و هرکدام در پاکت های جداگانه قرار گرفته شد و اطلاعات مربوط به هرکرت بر روی پاکت‌ها نوشته شد و سپس نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت قرارگرفته شد. پس از آن، پاکت‌ها به مدت۲۰ دقیقه در هوای آزمایشگاه نگهداری شدند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ توزین و وزن خشک آن‌ها محاسبه گردید.

۳-۷-۲- نمونه گیری در مرحله برداشت

نمونه گیری در مرحله برداشت در تاریخ ۹۳/۶/۲۹ صورت گرفت. در این مرحله نیز ۴ کپه از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و پس از خشک شدن، وزن خشک خوشه، برگ، کاه و کلش و وزن کل محاسبه شد و همچنین ارتفاع خوشه، تعداد دانه پر و پوک، تعداد کل دانه در خوشه نیز محاسبه شدند. جهت اندازه گیری غلظت سیلیسیم برگ در این مرحله، نمونه ای از برگها در هر کرت برداشت و نیز برای اندازه گیری نیتروژن، فسفر و پتاسیم مقدار معینی از دانه های از هر کرت بعد از تبدیل دانه به آزمایشگاه جهت اندازه گیری منتقل شدند. در مرحله برداشت، ۸ کپه برداشت و بعد از خرمن کوبی، وزن هزار دانه و رطوبت دانه به وسیله دستگاه رطوبت سنج دانه، محاسبه شد. وزن هزار دانه در رطوبت ۱۴درصد محاسبه شد، به این صورت که وزن ۱۰۰ دانه را در رطوبت اصلی محاسبه و سپس این وزن را در عدد ۱۰ ضرب کرده و وزن هزار دانه در رطوبت واقعی بدست آمد. وزن هزار دانه و عملکرد در رطوبت ۱۴درصد با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$W_2=W_1 (100 - a_1) /10$ وزن هزار دانه : w

a_1 : رطوبت دانه

۳-۸- اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک

۳-۸-۱- اندازه گیری مقدار سیلیسیم

برای اندازه گیری مقدار سیلیسیم از روش یوشیدا و همکاران (۱۹۷۶) استفاده شد. به این صورت که نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در آون، در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد، گذاشته و سپس با استفاده آسیاب پودرگردید. یک گرم از نمونه گیاهی را در ارلن مایر ۷۵ میلی لیتر ریخته و به آن ۱۰cc اسید مخلوط (اسید نیتریک+ اسید پرکلریدریک + اسید سولفوریک) اضافه نموده و سپس زیر هود قرار داده شدند تا حداقل به مدت ۲ ساعت، پیش تجزیه گردد و سپس روی هیتر به طور تدریجی دمای آن را افزایش داده تا بخار سفید رنگ از آن خارج گردد و یک ماده شفاف حاصل گردد. کاغذ صافی واتمن۴۱ را داخل قیف قرار داده و با اسیدکلریدریک ۰/۱ نرمال شستشو داده شد. بعد از شستشو با اسید، نمونه ها با آب مقطر شستشو داده شدند. پس از سرد شدن ارلن، مایر مقدار ۵۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. عصاره ها را داخل کاغذ صافی ریخته تا در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد خشک شوند. کاغذ صافی را داخل کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت قرار داده تا خاکستر بدست آمده از هر نمونه همان مقدار سیلیسیم بوده است. پس از سرد شدن خاکستر داخل دیسیکاتور نمونه ها با ترازوی حساس وزن شد.

۳-۸-۲- اندازه گیری نیتروژن دانه

مقدار نیتروژن موجود در نمونه های مورد آزمایش با استفاده از دستگاه کجلدال نیمه اتوماتیک مدل Vapodest 45S ساخت شرکت Gerhand کشور آلمان انجام شد. این دستگاه از دو بخش هضم و تقطیر تشکیل شده است. بخش هضم در این مدل شامل ۱۲ لوله است که آنالیز همزمان ۱۲ نمونه را ممکن می‌سازد. برای انجام هضم نمونه ها، ۰/۵ گرم از نمونه خشک و پودر شده با ۷ میلی‌لیتر

اسیدسولفوریک غلیظ (۹۶ درصد) و ۱/۱ گرم قرص کاتالیزور یا (مخلوطی از ۱۰گرم سولفات پتاسیم و ۱۰گرم سولفات مس ۵ آبه و ۲ گرم سلنیم) مخلوط و در لوله ها ریخته و آن ها را در جایگاهشان در دستگاه هضم قرار می‌دهیم. درجه دستگاه را ابتدا روی ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم سپس دما را به ۳۰۰ درجه سانتی گراد در نهایت دما را به ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد رساند آنقدر حرارت را ادامه تا نمونه‌ها به رنگ سبزشفاف و عمل هضم نمونه‌ها کامل شد. در مرحله تقطیر محلول‌های زیر مورد نیاز می‌باشد:

۱) محلول اسید بوریک دو درصد (۱۶ گرم اسید بوریک در یک لیتر آب مقطر)

۲) محلول هیدروکسید سدیم ۱۲/۵ مولار (۲۵۰ گرم NaOH در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر)

۳) معرف رنگی که از ترکیب ۶۶ میلی گرم متیل قرمز و ۹۹ میلی گرم بروموکروزول سبز در ۱۰۰ میلی لیتر اتانول ۹۶٪ به دست می‌آید. عمل تیتراسیون نیز توسط دستگاه صورت گرفت. در این مرحله از اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال استفاده شد. مقدار نیتروژن موجود در نمونه بر اساس مقدار اسید سولفوریک مصرف شده در تیتراسیون توسط دستگاه محاسبه گردید.به منظور تبدیل مقدار اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال مصرف شده در تیتراسیون به درصد نیتروژن نمونه از روابط ۳-۱ استفاده شد.

$$\%N = \frac{1.4008 * 0.1 * (V_S - V_B)}{M} \times 100$$

دررابطه فوق :

N= غلظت نیتروژن برحسب درصد

۰/۱= نرمالیته اسیدکلریدریک تیتر کننده

VS= مقدار اسید مصرفی برای تیتراسیون نمونه برحسب میلی‌لیتر

VB= مقداراسید مصرفی برای تیتراسیون شاهد برحسب میلی‌لیتر

M= وزن نمونه برحسب گرم می‌باشد

۳-۸-۳- اندازه‌گیری پتاسیم دانه

به منظور اندازه‌گیری میزان پتاسیم به روش چاپمن و پرات (۱۹۶۱)، نمونه های خشک شده گیاهی بوسیله آون، با استفاده از آسیاب پودر گردید. سپس به مقدار ۱ گرم از بافت خشک را در داخل بوته چینی ریخته و در داخل کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت قرار داده شد. پس از آن به هرکدام از نمونه‌ها ۱۰ میلی لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال اضافه گردید و پس از قرار گرفتن در حمام بن‌ماری به مدت ۲۰ دقیقه و صاف شدن توسط کاغذ صافی، به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شدند. و سپس نمونه ها با دستگاه فلیم فتومتر قرائت شده و با استفاده از منحنی استاندار به غلظت تبدیل شدند.

۳-۸-۴- اندازه‌گیری فسفر دانه

به منظور اندازه‌گیری میزان فسفر اندام هوایی (دانه) گیاه خشک شده به وسیله آون، آسیاب و با روش خاکسترگیری خشک (مشابه روش اندازه‌گیری پتاسیم) استخراج شد. سپس خاکستر حاصل در ۵ میلی لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال حل شده و پس از عبور ازکاغذ صافی مناسب (واتمن ۴۲) با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. غلظت فسفر در عصاره حاصل به روش آمونیوم مولیبدات وانادات تعیین شد. بدین منظور، ۵ سی‌سی از عصاره بدست آمده با ۵ میلی لیتر از محلول آمونیوم هپتا مولیبدات وانادات ترکیب گردید و به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده شدند. سپس نمونه‌ها با دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شد و عدد قرائت شده با استفاده از منحنی استاندارد فسفر به میلی‌گرم برکیلوگرم تبدیل و در نهایت مقدار فسفر برگ و دانه محاسبه شد (چاپمن و پرات، ۱۹۶۱).

۳-۸-۵- اندازه‌گیری کلروفیل

اندازه‌گیری کلروفیل ۷۲ روز پس از نشاکاری انجام شد. میانگین کلروفیل ۴ بوته در هر کرت بر حسب واحد SPAD (هیسکوکس و ایسرالیستام، ۱۹۷۸) بر این صفت در نظرگرفته شد. در هر اندازه گیری تعداد ۳ برگ (بالا، وسط و پایین) از هر بوته انتخاب شده و کلروفیل آن توسط دستگاه $SPAD_{502}$ تعیین و میانگین آن ها محاسبه گردید.

۳-۹- محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق برای تجزیه واریانس داده ها، از نرم افزارهای SAS و MSTATC و برای مقایسه میانگین از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم شدند.

فصل ۴ :

نتایج و بحث

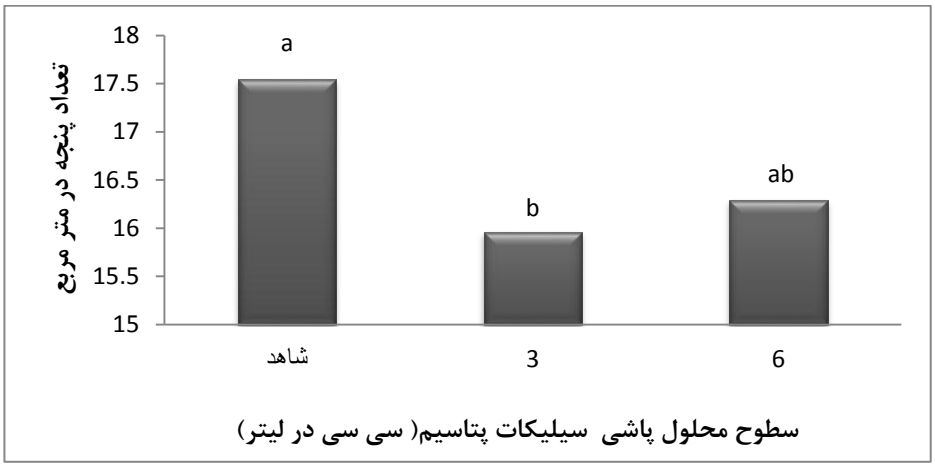
۴-۱- صفات زراعی در مرحله گلدهی

۴-۱-۱- ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس ارتفاع گیاه در مرحله گلدهی نشان داد که اثر سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید و همچنین اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید، تأثیر معنی‌داری بر روی این صفت نداشتند (جدول پیوست۲).

۴-۱-۲- تعداد پنجه

نتایج تجزیه واریانس تعداد پنجه در مرحله گلدهی نشان داد، اثر سیلیکات پتاسیم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد و اثر سالیسیلیک اسید و همچنین اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید، تأثیر معنی‌داری بر روی این صفت نداشتند (جدول پیوست۲). مقایسه میانگین سطوح محلول پاشی سیلیکات پتاسیم نشان داد که بیشترین مقدار تعداد پنجه در سطح صفر(شاهد) بدست آمد و به ترتیب مربوط به سطح ۳ و ۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم بو که از لحاظ آماری تفاوت معنی داری نداشتند (شکل۴-۱). با مصرف سیلیکات پتاسیم با غلظت ۳ سی سی در لیتر با میانگین(۱۵/۹۶در متر مربع)، تعداد پنجه نسبت به دو سطح دیگر روند کاهشی داشت به طوری که نسبت به شاهد (۱۷/۵۴در متر مربع) ۹ درصد کاهش داشت. مبصر و همکاران (۲۰۰۸)، اعلام کردند که تعداد پنجه مؤثر در کپه تحت تأثیر مصرف سیلیسیم قرار نگرفت.

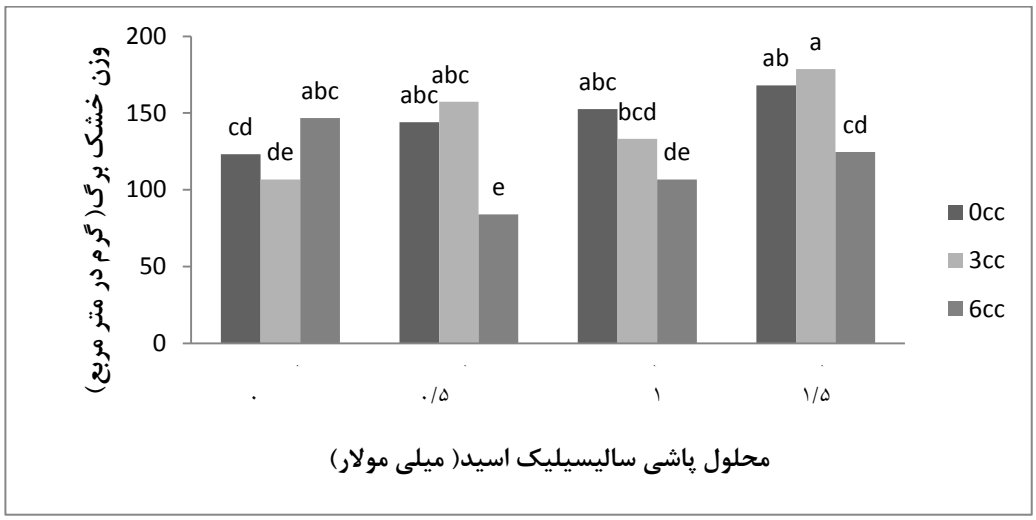


شکل ۴-۱- مقایسه میانگین اثر سیلیکات پتاسیم بر تعداد پنجه

۴-۱-۳- وزن خشک برگ

نتایج تجربه واریانس وزن خشک برگ در مرحله گلدهی نشان داد، اثر سیلیکات پتاسیم در سطح احتمال ۱ درصد، اثر سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۵ درصد و همچنین اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید نشان داد، بالاترین مقدار وزن خشک برگ در ترکیب تیماری ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۳ سی‌سی در لیتر سیلیکات پتاسیم بود. و این در حالی است که این ترکیب تیماری با ترکیب تیماری ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید و ۳ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم، ترکیب تیماری ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید و صفر(شاهد) سیلیکات پتاسیم، ترکیب تیماری ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید و صفر(شاهد)، ۳ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم، ترکیب تیماری صفر(شاهد) سالیسیلیک اسید و ۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم از لحاظ آماری تفاوت معنی داری نداشت. و کمترین مقدار وزن خشک برگ به ترتیب مربوط به ترکیب تیماری ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید و ۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم، ترکیب تیماری ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید و ۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم و ترکیب تیماری صفر(شاهد) سالیسیلیک اسید و ۳ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم می باشد که از لحاظ آماری تفاوت معنی داری نداشتند(شکل۴-۲). با توجه به این نتایج در گیاهانی ترکیب تیماری ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید و ۳ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم دریافت نمودند، تجمع ماده خشک برگ با میانگین (۱۷۸/۸ گرم در متر مربع) به مراتب بیشتر از سایر ترکیبات تیماری بود. به طوری که نسبت به شاهد با میانگین (۸۴ گرم در متر مربع)، ۴۰/۳ درصد افزایش داشت. و کمترین میزان وزن خشک برگ در ترکیب تیماری ۰/۵ میلی مولار و ۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم مشاهده شد که نسبت به شاهد ۴۲/۷ درصد کاهش داشت. کاربرد توأم سیلیکات پتاسیم و با قابلیت افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و سالیسیلیک اسید با افزایش دوام سطح برگ و تاخیر پیری موجب افزایش وزن خشک برگ شد. گزارش شده است که سالیسیلیک اسید از طریق افزایش تقسیم سلولی در

مریستم رأس ریشه موجب افزایش اندام هوایی گیاه می شود (مظاهری تیرانی م. و منوچهری کلانتری، ۱۳۸۶) که احتمالا به دلیل افزایش جذب مواد غذایی توسط ریشه بوده است. حسین و همکاران (۲۰۰۷)، در آزمایشی گلدانی سالیسیلیک اسید را بر روی برگ های گندم اسپری کرده و بهبودی رشد و افزایش وزن خشک برگ را گزارش کردند. میار صادقی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که در گیاه کلزا، سالیسیلیک اسید، وزن تر و خشک برگ، وزن مخصوص برگ و وزن خشک برگ را افزایش داد. فلاح (۲۰۰۰)، اعلام کرد که مصرف سیلیسیم با تحریک رشد گیاه باعث افزایش وزن خشک ساقه و برگ در گیاه می‌شود. خان و همکاران(۲۰۰۳) اعلام کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید سبب افزایش وزن خشک برگ در ذرت و سویا می شود.

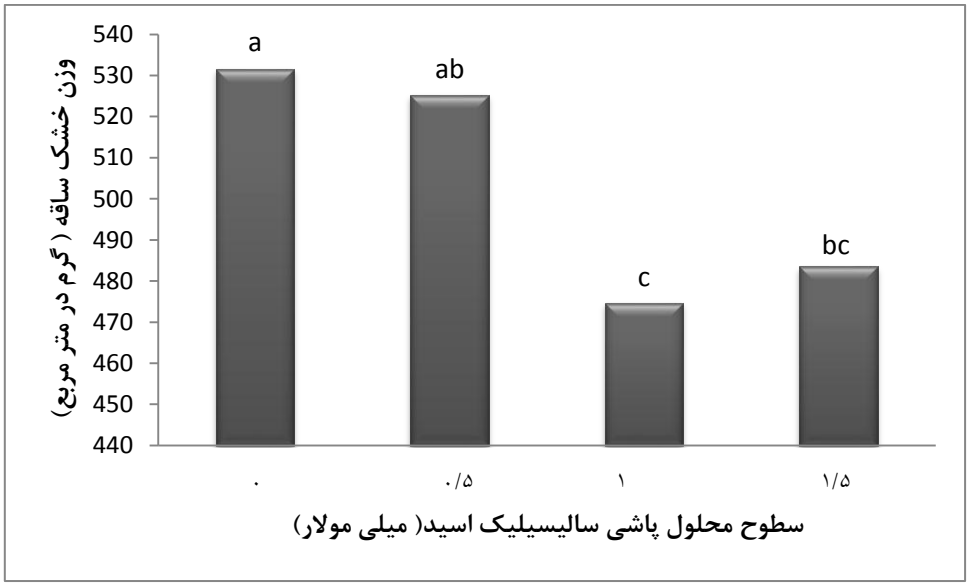


شکل۴-۲- مقایسه میانگین اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر وزن خشک برگ

۴-۱-۴- وزن خشک ساقه

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک ساقه در مرحله گلدهی نشان داد که تیمار سیلیکات پتاسیم تاثیر معنی داری بر این صفت نداشت. تیمار سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد و همچنین اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر این صفت معنی‌دار نشد(جدول پیوست۲). نتایج مقایسه میانگین سطوح محلول پاشی سالیسیلیک اسید نشان داد اگرچه اختلاف معنی داری بین دو سطح شاهد و ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید از لحاظ تاثیرگذاری بر

این صفت وجود ندارد ولی مقادیر بالاتری از وزن خشک ساقه در سطح شاهد مشاهده شد و کمترین مقدار وزن خشک ساقه به ترتیب مربوط به سطح ۱ و ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی داری نداشتند(شکل۴-۳). طبق این نتایج با مصرف ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید با میانگین (۴۷۴/۷ گرم در متر مربع) در این مرحله، وزن خشک ساقه گیاهان در این سطح نسبت به شاهد(۵۳۱/۶ گرم در متر مربع) ۱۰/۷ درصد کاهش داشت.



شکل۴- ۳- مقایسه میانگین اثر سالسیلیک اسید بر وزن خشک ساقه

۴-۱-۵- وزن خشک خوشه

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک خوشه در مرحله گلدهی نشان داد که تأثیر سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید و اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر این صفت اثر معنی‌داری نداشتند (جدول پیوست۲).

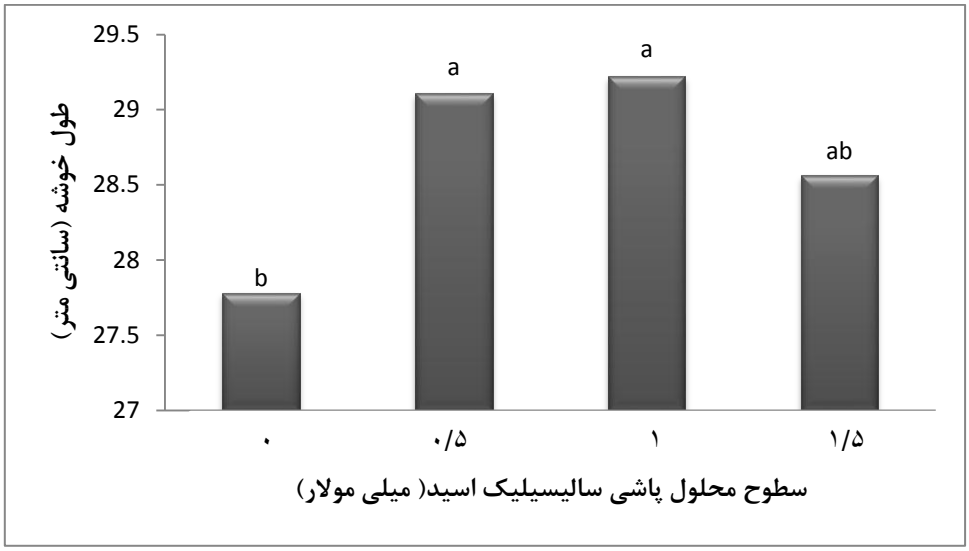
۴-۱-۶- وزن خشک کل

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک کل در مرحله گلدهی نشان داد که تیمار سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید و اثرات متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر این صفت تاثیر معنی‌داری نداشتند(جدول پیوست۲).

۴-۲- صفات زراعی در مرحله برداشت

۴-۲-۱- طول خوشه

نتایج تجزیه واریانس طول خوشه در مرحله برداشت نشان داد که تیمار سیلیکات پتاسیم بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت. تیمار سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح احتمال ۵ درصد تاثیر معنی‌داری داشت. همچنین اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید، تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند(جدول پیوست۳). نتایج مقایسه میانگین سطوح محلول پاشی سالیسیلیک اسید نشان داد اگرچه میزان طول خوشه در سطح ۱ میلی‌مولار افزایش داشت ولی با سطوح ۰/۵ و ۱ میلی مولار در یک سطح آماری قرار داشتند و کمترین مقدار آن در سطح شاهد مشاهده شد (شکل ۴-۴). گیاهانی که غلظت ۰/۵ و ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید دریافت نمودند، میزان طول خوشه در آن ها نسبت به شاهد ۴/۹۳ درصد افزایش داشت. در حالی که غلظت ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید نسبت به این دو سطح تاثیر کمتری بر طول خوشه داشت. مطالعات انجام شده نشان می دهد که طول خوشه مستقیما در محاسبه عملکرد نقش ندارد ولی به عنوان یکی صفات ارزیابی عملکرد، مورد توجه قرار می گیرد (حسینی ایمنی، ۱۳۸۲). احتمال می رود که دلیل افزایش طول خوشه با مصرف سالیسیلیک اسید، افزایش سرعت فتوسنتز باشد که در نهایت موجب افزایش خوشه در بوته شده است. اثرات تحریکی بر رشد می تواند به دلایلی چون افزایش میزان تقسیم در مناطق مریستمی در رشد سلولی باشد که سبب افزایش رشد می گردد و دلیل دیگر آن نیز تاثیر سالیسیلیک اسید بر هورمون های دیگر می باشد (شاکیرووا ، ۲۰۰۳). مصرف سالیسیلیک اسید در کلزا موجب افزایش سرعت فتوسنتز (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳) و غلظت CO_2 درونی (خان و همکاران، ۲۰۰۳) شده است.

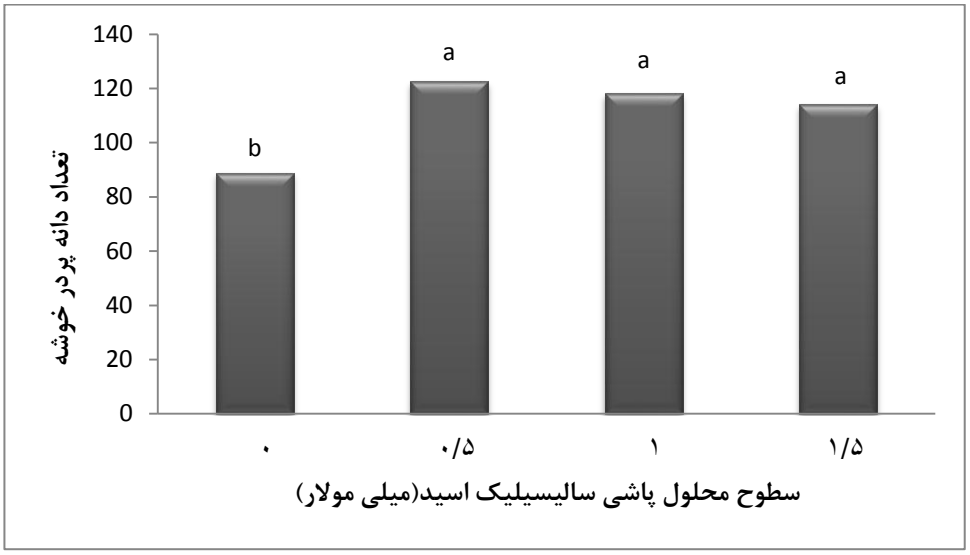


شکل۴-۴- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر طول خوشه

۴-۲-۲- تعداد دانه پر در خوشه

نتایج تجزیه واریانس تعداد دانه پر در خوشه در مرحله برداشت نشان داد که تیمار سیلیکات پتاسیم بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت. تیمار سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید نیز معنی‌دار نشد (جدول پیوست۳). مقایسه میانگین محلول پاشی سطوح سالیسیلیک اسید نشان داد، که بیشترین میزان تعداد دانه پر در خوشه به ترتیب مربوط به سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار بود که این سطوح اختلاف معنی داری نداشتند و کمترین میزان آن در سطح شاهد مشاهده شد (شکل۴-۵). با کاهش غلظت سالیسیلیک اسید از ۱/۵ میلی مولار به ۰/۵ میلی مولار در گیاهان تعداد دانه پر در خوشه در هر یک از غلظت ها نسبت به شاهد به ترتیب ۱۱۴/۲ و ۱۲۲/۶ شده معادل ۲۲/۳ و ۲۷/۶ درصد افزایش داشت. با توجه به اینکه با مصرف سالیسیلیک اسید، در میزان وزن خشک برگ افزایش مشاهده شد، بنابراین افزایش فتوسنتز برگ را می توان به پر شدن دانه در خوشه گیاه نسبت داد. کاربرد سالیسیلیک اسید در سویا سبب افزایش تعداد دانه در غلاف گردید (خان و همکاران، ۲۰۰۳). مصرف سالیسیلیک اسید سبب افزایش فتوسنتز برگ و جریان مواد پرورده در گیاه (متالی و همکاران، ۲۰۰۳) و تأمین مورد نیاز برای پر کردن دانه‌ها می‌گردد (هایت و احمد، ۲۰۰۷). اسفینی و همکاران

(۱۳۹۱) تیمارهای محلول پاشی سالیسیلیک اسید سبب افزایش تعداد چتر، تعداد دانه در بوته در زیره سبز شده اند.



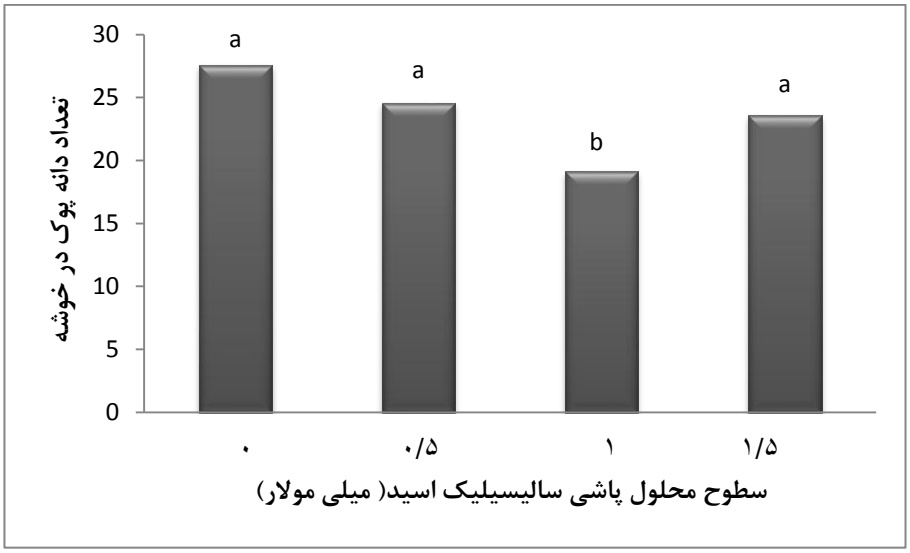
شکل۴-۵- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر تعداد دانه پر در خوشه

۴-۲-۳- تعداد دانه پوک در خوشه

نتایج تجزیه واریانس تعداد دانه پوک درخوشه در مرحله برداشت نشان داد که تیمار سیلیکات پتاسیم بر این صفت در سطح احتمال ۵ درصد تاثیر معنی‌داری داشت. تیمار سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح احتمال ۱ درصد تاثیر معنی داری داشت. اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر این صفت، تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول پیوست۳). مقایسه میانگین محلول پاشی سطوح سیلیکات پتاسیم نشان داد، بیشترین تعداد دانه پوک در خوشه در سطح شاهد مشاهده شد و کمترین تعداد دانه پوک در خوشه با مصرف سیلیکات پتاسیم در سطح ۳ و ۶ سی سی در لیتر مشاهده شد که از لحاظ آماری در یک سطح قرار داشتند. به طوری که با مصرف سیلیکات پتاسیم در این دو سطح، تعداد دانه پوک در خوشه با میانگین (۲۲/۲۵ درصد دانه پوک در خوشه) نسبت به شاهد به میزان ۱۶/۲۹ درصد کاهش داشت (شکل ۴-۶). علت کاهش تعداد دانه پوک با مصرف سیلیکات پتاسیم را به تاثیر آن در افزایش گرده افشانی می توان نسبت داد. مصرف سیلیکات سدیم و پتاسیم بر تعداد

دانه پوک، اثر مثبتی داشت و با افزایش سطح سیلیکات، تعداد دانه پوک کاهش یافت (گرامی، ۱۳۸۳). دلیل افزایش خوشه‌چه‌ها در اثر مصرف سیلیسیم می‌تواند به دلیل تأثیر این عنصر در افزایش گرده‌افشانی و در نتیجه کاهش دانه‌های پوک باشد. در آزمایشی روی نوعی هیبرید که توسط چائومینگ و همکاران (۱۹۹۹) انجام شد، عملکرد گیاه با افزایش کود سیلیسیمی به همراه KCl، افزایش یافت که در نتیجه افزایش درصد پر شدن دانه، وزن هزار دانه و تعداد پانیکول بود در واقع افزایش در پر شدن دانه باعث کاهش دانه های پوک شد. و همچنین در محلول پاشی سالیسیلیک اسید، بین سطح شاهد، ۰/۵ و ۱/۵ میلی مولار از لحاظ آماری اختلاف معنی داری مشاهده نشد ولی بالاترین تعداد دانه پوک در خوشه در سطح شاهد با میانگین (۲۷/۵۶ درصد دانه پوک در خوشه) مشاهده شد. و کمترین تعداد دانه پوک مربوط به سطح ۱ میلی مولار با میانگین (۱۹/۱۱ درصد دانه پوک در خوشه) بود که نسبت به شاهد ۳۰/۶۶ درصد کاهش داشت (۴-۷). کاربرد سالیسیلیک اسید و سایر آنالوگ های سالیسیلیک اسید در سویا سبب افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف می گردد(خان و همکاران، ۲۰۰۲). کاربرد محلول پاشی سالیسیلیک اسید سبب افزایش تعداد دانه در سنبله شود (هایت و احمد، ۲۰۰۷).

شکل۴-۶- مقایسه میانگین اثر سیلیکات پتاسیم بر تعداد دانه پوک در خوشه



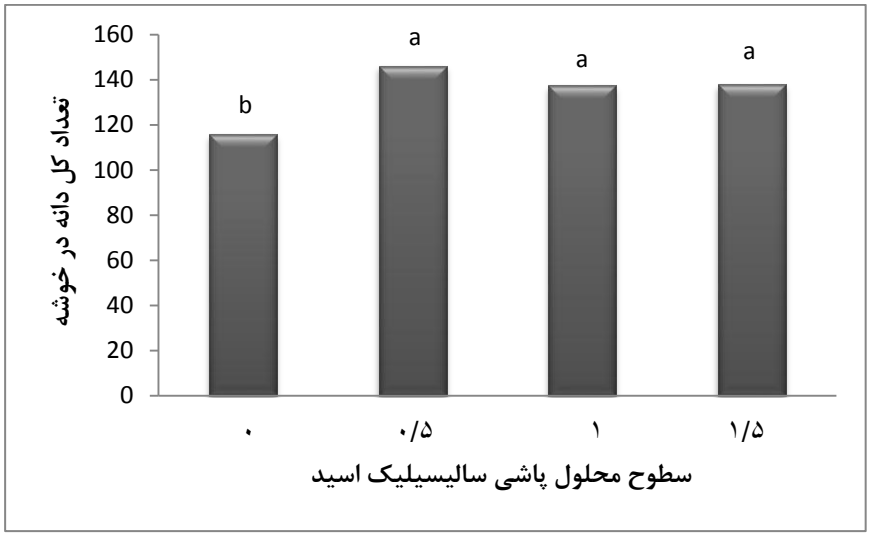
شکل۴-۷- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر تعداد دانه پوک در خوشه

۴-۲-۴- تعداد کل دانه در خوشه

نتایج تجزیه واریانس تعداد کل دانه (پر و پوک) در مرحله برداشت نشان داد که تیمار سیلیکات پتاسیم بر این صفت در سطح احتمال ۵ درصد و تیمار سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح احتمال ۱ درصد تاثیر معنی‌داری داشت. اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر این صفت تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول پیوست۳). مقایسه میانگین محلول پاشی سطوح سیلیکات پتاسیم نشان داد که از لحاظ آماری اختلاف معنی داری بین سطح شاهد و سطح ۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم مشاهده نشد ولی بالاترین تعداد کل دانه در خوشه در سطح شاهد مشاهده شد و کمترین میزان تعداد کل دانه در خوشه مربوط به سطح ۳ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم بود (شکل۴-۸). طبق نتایج گیاهانی که غلظت ۳ سی‌سی در لیتر سیلیکات پتاسیم دریافت کرده بودند نسبت به شاهد ۸/۹ درصد کاهش در تعداد کل دانه در خوشه داشتند. در این آزمایش چون سیلیکات پتاسیم تاثیری بر تعداد دانه پر در خوشه نداشت و همچنین در تعداد دانه پوک نیز بیشترین مقدار را سطح شاهد به خود اختصاص داده بود، بنابراین در تعداد کل دانه (پر و پوک) نیز بیشترین مقدار در، شاهد مشاهده شد. در آزمایشی که توسط کمالی مقدم و همکاران (۱۳۸۶) انجام شد، اعلام شد که سطوح مختلف سیلیسیم، تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در خوشه نداشت. مقایسه

میانگین محلول پاشی سطوح سالیسیلیک اسید نشان داد که اختلاف معنی داری بین سه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید از لحاظ تاثیرگذاری بر این صفت وجود ندارد ولی بالاترین تعداد کل دانه در خوشه در سطح ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید با میانگین (۱۴۶/۱) مشاهده شد و نسبت به سطح شاهد که کمترین تعداد کل دانه را داشت به میزان ۲۰/۸ درصد افزایش داشت (شکل۴-۹). به دلیل اینکه سالیسیلیک اسید سبب افزایش بیوماس شده و علاوه بر انتقال مجدد بیشتر، از طریق افزایش فتوسنتز جاری قادر به حمایت از پر شدن تعداد دانه بیشتری بوده است. کایدان و یاگیمور (۲۰۰۶) گزارش نمودند که در غلظت های بهینه کاربرد سالیسیلیک اسید، تعداد دانه در سنبله تاثیر معنی داری یافت. مداح و همکاران (۱۳۸۵) در آزمایشی اعلام کردند، کاربرد سالیسیلیک اسید اثر مطلوبی را بر عملکرد و اجزای عملکرد در نخود نشان داده است. از بین غلظت های سالیسیلیک اسید، غلظت ۰/۷ میلی مولار در اکثر موارد بهترین تاثیر را داشته است که این نتایج در مورد گیاه لوبیا چشم بلبلی گزارش شده است (میرزایی، ۱۳۸۳).

شکل۴-۸- مقایسه میانگین اثر سیلیکات پتاسیم بر تعداد کل دانه در خوشه



شکل۴-۹- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر تعداد کل دانه در خوشه

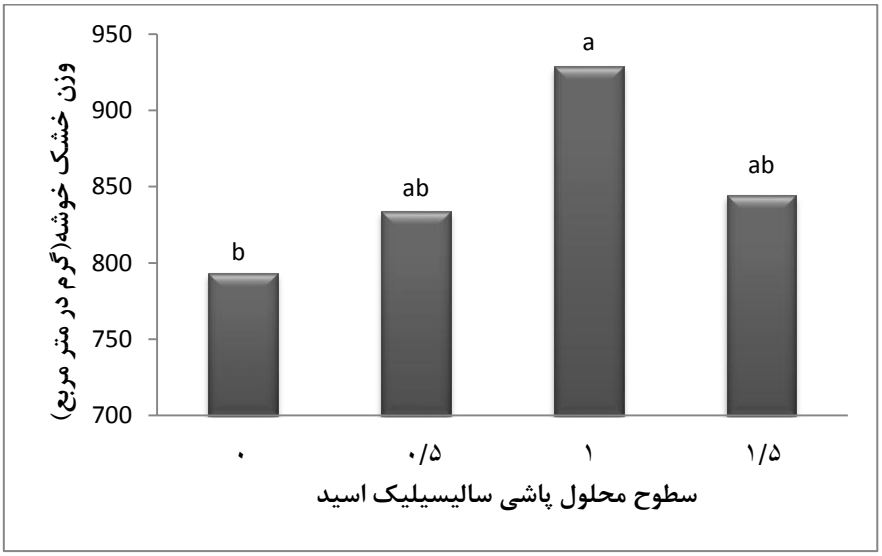
۴-۲-۵- وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس وزن هزار دانه در مرحله برداشت نشان داد که تیمار سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید و همچنین اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول پیوست۳).

۴-۲-۶- وزن خشک خوشه

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک خوشه در مرحله برداشت نشان داد که تیمار سیلیکات پتاسیم بر این صفت، تأثیر معنی‌داری نداشت. تیمار سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح احتمال ۵ درصد تاثیر معنی داری داشت. اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر این صفت، تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول پیوست۴). مقایسه میانگین محلول پاشی سطوح سالیسیلیک اسید نشان داد که اختلاف معنی داری بین سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید از لحاظ تاثیرگذاری بر این صفت وجود ندارد ولی بالاترین میزان وزن خشک خوشه در سطح ۱ میلی مولار مشاهده شد که نسبت به شاهد که کمترین مقدار وزن خشک خوشه را داشت به میزان ۱۴/۶۶ افزایش داشت (شکل۴-۱۰). این احتمال وجود دارد که چون سالیسیلیک اسید با افزایش فتوسنتر، سبب افزایش

ارتفاع گیاه شده است. و در این آزمایش نیز در سطح ۰/۵ میلی مولار، طول خوشه نسبت بـه سـطوح دیگر افزایش داشت، بنابراین این سطح بیشترین میزان وزن خشک خوشه را به خـود اختصـاص داده است. امین و همکاران (۲۰۰۸) اعلام کردند که مصرف سالیسیلیک اسید علت افزایش نسبت تسـهیم مواد پرورده دانه گزارش شده است.



شکل۴-۱۰- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر وزن خشک خوشه

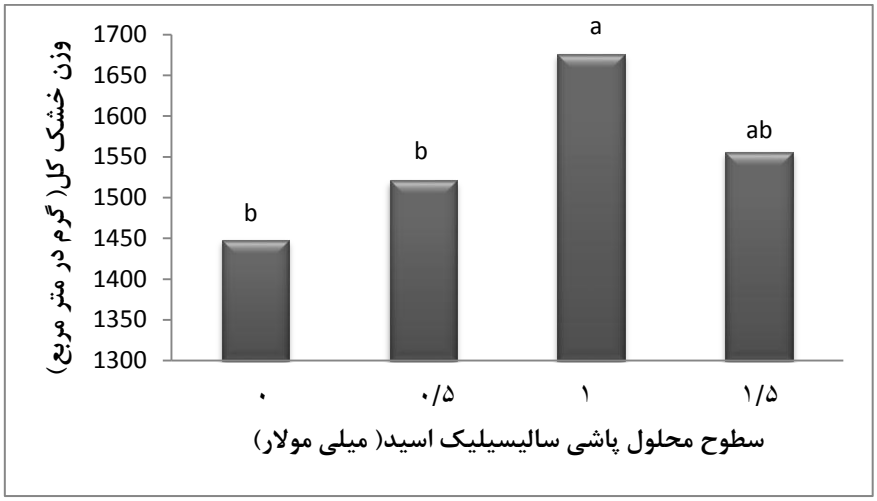
۴-۲-۷- وزن خشک کاه و کلش

نتایج تجربه واریانس وزن خشک در مرحله برداشـت نشـان داد کـه تیمـار سـیلیکات پتاسـیم و سالیسیلیک اسید و همچنین اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسـید بـر ایـن صـفت، تـأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول پیوست۴).

۴-۲-۸- وزن خشک کل

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک کل در مرحله برداشت نشان داد که تیمار سالیسیلیک اسید بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت. تیمار سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح احتمـال ۱ درصـد، تاثیر معنی‌داری داشت. و همچنین اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید تـاثیر معنـی‌داری نداشت (جدول پیوست۴). مقایسه میانگین محلول پاشـی سـطوح سالیسـیلیک اسـید نشـان داد کـه

اختلاف معنی داری بین سطح ۱ و ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید از لحاظ تاثیرگذاری بر این صفت وجود ندارد ولی بالاترین میزان وزن خشک کل در سطح ۱ میلی مولار با میانگین (۱۶۷۶گرم در متر مربع) مشاهده شد. و کمترین میزان وزن خشک کل به ترتیب مربوط به سطح شاهد و سطح ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید که تفاوت معنی داری نداشتند ولی کمترین میزان وزن خشک کل در شاهد مشاهده شد. بنابراین گیاهانی که غلظت ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید دریافت نمودند نسبت به شاهد ۱۳/۶درصد افزایش داشتند (شکل۴-۱۱). افزایش وزن خشک کل در گیاه، به دلیل اختصاص آسیملات بیشتر به بخش هوایی گیاه در نتیجه محلول پاشی سالیسیلیک اسید می باشد. گزارش شده که در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید، میزان فتوسنتز کل افزایش یافته و سبب افزایش ماده خشک در گیاه شده است (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳). از طرفی به نظر می‌رسد افزایش بیوماس در اثر استفاده سالیسیلیک اسید به خاطر فعالیت آنتی‌اکسیدانی این ماده در غشاء سلولی باشد که با افزایش مقادیر لیگنین در ساختار دیوار سلولی می‌شود (وفا بخش و همکاران،۱۳۸۷) اوباری و همکاران(۲۰۱۰) اعلام کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید سبب افزایش ماده خشک در گیاه خیار می گردد. خان و همکاران(۲۰۰۳) گزارش کردند که کاربرد سالیسیلیک اسید با افزایش فتوسنتز و سطح برگ به وزن خشک گیاه کمک می کند. اولین شرط جهت دستیابی به عملکرد بالا در واحد سطح، تولید ماده خشک زیاد است. زیرا حدود ۹۰ درصد وزن خشک گیاهان ناشی از اسیمیلاسیون دی اکسید کربن طی فتوسنتز است. در نتیجه افزایش سرعت تثبیت برای بالا بردن ظرفیت تولید گیاهان زراعی می تواند مفید باشد (میرآخوندی و همکاران، ۱۳۸۹).

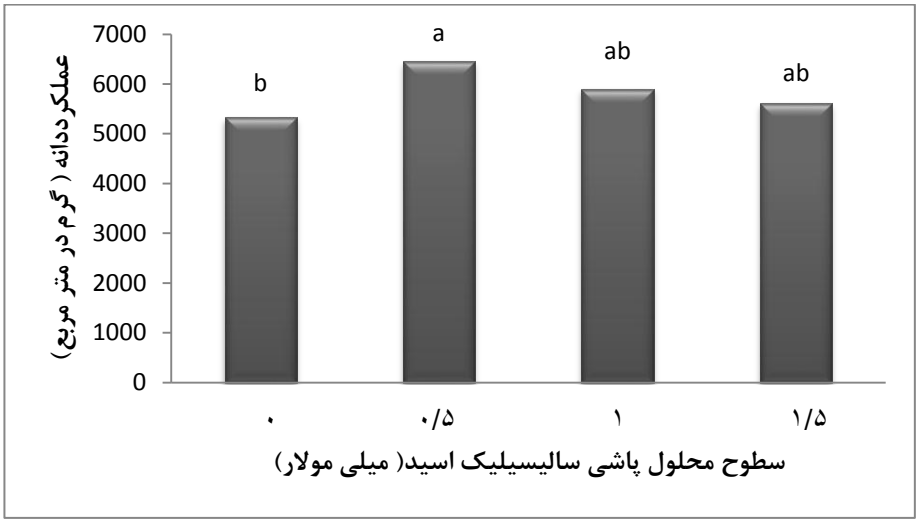


شکل۴-۱۱- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر وزن خشک کل

۴-۳- عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه در مرحله برداشت نشان داد، تیمار سیلیکات پتاسیم بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت. تیمار سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح احتمال ۵ درصد تاثیر معنی‌داری داشت. اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر این صفت، تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول پیوست۴). مقایسه میانگین محلول پاشی سطوح سالیسیلیک اسید نشان داد که از لحاظ آماری اختلاف معنی داری بین سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید مشاهده نشد ولی بالاترین میزان عملکرد دانه در سطح ۰/۵ میلی مولار به میزان ۶۴۵۸ گرم در مترمربع مشاهده شد که نسبت به سطح شاهد که کمترین مقدار را داشت به میزان ۱۷/۶۶درصد افزایش عملکرد در دانه مشاهده شد (شکل۴-۱۲). از بین اجزای عملکرد، احتمالا نتیجه بدست آمده حاصل از تاثیر سالیسیلیک اسید بر دو جزء یعنی تعداد دانه پوک و تعداد دانه پر در خوشه بوده است. سالیسیلیک اسید تعادل هورمونی را در گیاه تغییر داده و سبب افزایش اکسین و سیتوکنین در گیاهان و در نتیجه موجب افزایش عملکرد می‌شود (شاکیرووا، ۲۰۰۳). سالیسیلیک اسید از طریق افزایش میزان LAI در گیاهان در جهت استفاده بهینه از تشعشعات خورشید و افزایش سرعت فتوسنتز خالص (بالجانی، ۱۳۸۹) باعث افزایش عملکرد در دانه ذرت و سویا شد. امین و همکاران (۲۰۰۸) اعلام کردند که

عملکرد دانه تحت تأثیر محلول‌پاشی ۱۰۰میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید افزایش قابل‌توجهی داشت. گزارش‌هایی از اثر سالیسیلیک اسید بر افزایش عملکرد برخی گیاهان مانند سویا (کومار و دوبر، ۱۹۹۹)، لوبیا چشم بلبلی (زاقلول، ۲۰۰۲)، نخود فرنگی (کومار و همکاران، ۱۹۹۷) منتشر شده است. شاکیرووا و همکاران(۲۰۰۳) گزارش نمودند با کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی مولار، عملکرد دانه افزایش می یابد.



شکل۴-۱۲- مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد دانه

۴-۴- صفات فیزیولوژیکی

۴-۴-۱- کلروفیل

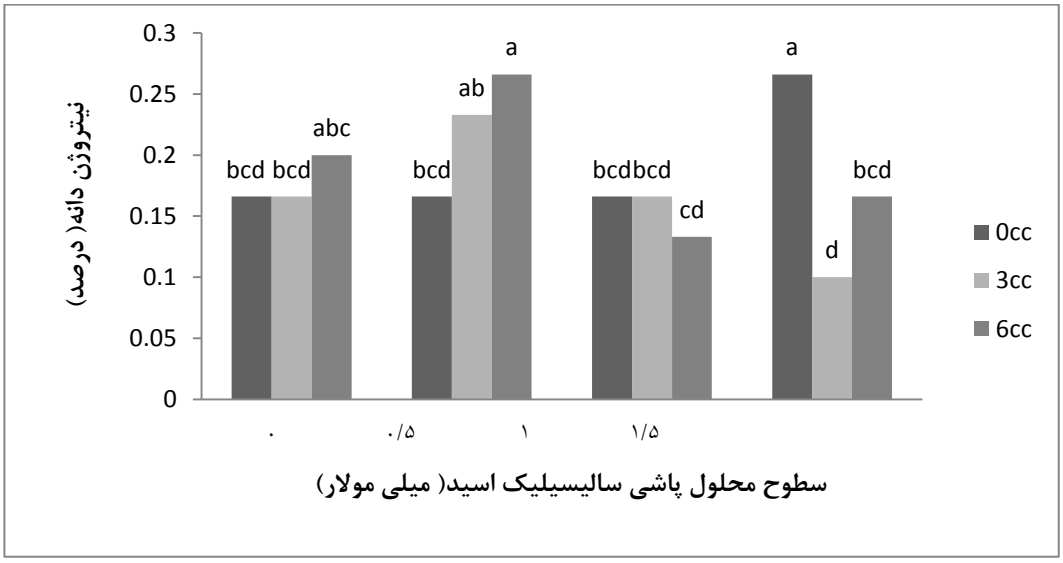
نتایج تجزیه واریانس کلروفیل در مرحله گلدهی نشان داد، تیمار سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید و اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول پیوست۴).

۴-۴-۲- میزان نیتروژن دانه

نتایج تجزیه واریانس میزان نیتروژن دانه در مرحله برداشت نشان داد که تیمار سیلیکات پتاسیم بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشت. تیمار سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح احتمال ۵ درصد

و اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۱درصد تاثیر معنی‌داری داشتند (جدول پیوست ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید نشان داد که بالاترین میزان نیتروژن دانه مربوط به ترکیب تیماری ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و صفر(شاهد) سیلیکات پتاسیم و ترکیب تیماری ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم می باشد که از لحاظ آماری در یک سطح بودند. به طوری که این دو ترکیب تیماری با ترکیب تیماری ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۳ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم، ترکیب تیماری صفر(شاهد) سالیسیلیک اسید و ۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم اختلاف معنی داری نداشتند. و کمترین میزان نیتروژن دانه مربوط به ترکیب تیماری ۱/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۳ سی‌سی در لیتر سیلیکات پتاسیم، ترکیب تیماری ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و صفر(شاهد)، ۳، ۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم، ترکیب تیماری ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و صفر(شاهد) سیلیکات پتاسیم و ترکیب تیماری ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و صفر(شاهد)،۳،۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم و ترکیب تیماری صفر (شاهد) سالیسیلیک اسید و ترکیب تیماری صفر(شاهد)، ۳ سی‌سی در لیتر سیلیکات پتاسیم می باشد که از لحاظ آماری تفاوت معنی داری نداشتند (شکل ۴-۱۳) طبق نتایج مصرف سالیسیلیک اسید به تنهایی در تمام سطوح بجز در سطح ۱/۵ میلی مولار، نیتروژن دانه را در یک سطح آماری قرار داد. در حالی که مصرف ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید توام با ۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم، نیتروژن دانه را نسبت به شاهد به میزان ۲۴ درصد افزایش داد. که با ترکیب تیماری ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید و شاهد نیز در یک سطح آماری قرار داشتند. و این ترکیب تیماری نسبت به شاهد ۳۷ درصد افزایش داشت. سالیسیلیک اسید سبب افزایش جذب Co_2 و شدت فتوسنتز و جذب مواد معدنی در گیاه می شود (اسزیپسی، ۲۰۰۵). سالیسیلیک اسید بر تشکیل پروتئین های دفاعی، انواع پروتئین کیناز و روبیسکو اثر می گذارد و همچنین ثابت شده است که سالیسیلیک اسید سنتز پروتئین های مهار کننده، پروتئازهای گیاهی را القاء می کند (پوپووا و همکاران، ۲۰۰۳). افزایش عملکرد دانه باعث افزایش عملکرد پروتئین می شود. الطیب (۲۰۰۵)

گزارش نمود، اسید سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۷ تا ۰/۸ میلی مولار مقدار پروتئین ها را در شرایط عدم تنش نسبت به گیاهان شاهد در دانه آفتابگردان افزایش داد. دوبه و کومـار (۱۹۹۹) نیـز افـزایش مقدار پروتئین های محلول در دانه سویا را تحت تیمار سالیسیلیک اسید گزارش کرده اند. طبق نتایج، سیلیکات پتاسیم به تنهایی تاثیری بر میزان نیتروژن دانه نداشت. دیرین (۱۹۹۷) اعلام کرد که میزان نیتروژن بافت مختلف گیاه، با مصرف کود سیلیسیم کاهش می‌یابد. مصرف سیلیسیم میزان نیتـروژن دانه و کاه را کاهش می دهـد (اپسـتین، ۱۹۹۱؛ الاواد و گـرین، ۱۹۷۹). دوبـه و کومـار (۱۹۹۹) نیـز افزایش مقدار پروتئین های محلول در دانه سویا را تحت تیمار سالیسیلیک اسید گزارش کرده اند.

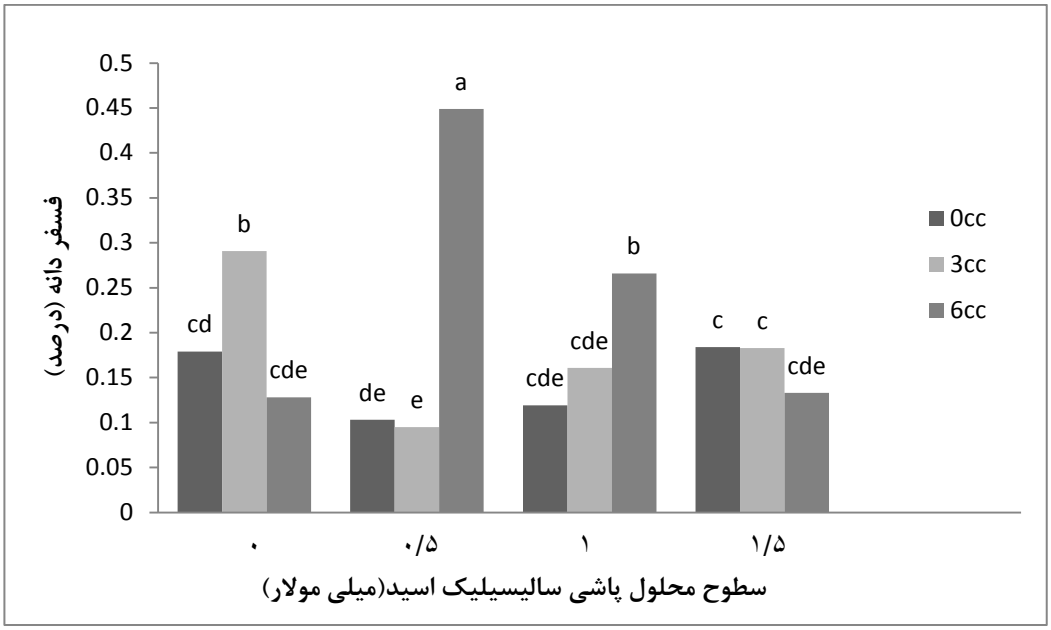


شکل۴-۱۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر میزان نیتروژن دانه

۴-۴-۳- میزان فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس فسفر دانه در مرحله برداشت نشان داد که تیمار سیلیکات پتاسیم در سطح احتمال ۱ درصد تاثیر معنـی داری داشـت. تیمـار سالیسـیلیک اسـید بـر میـزان فسـفر دانـه، تـأثیر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۱ درصـد تـاثیر معنی داری داشت (جدول پیوست ۵). اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید نشـان داد کـه

بیشترین میزان فسفر دانه مربوط به ترکیب تیماری ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۶ سی‌سی در لیتر سیلیکات پتاسیم می باشد. و کمترین میزان فسفر دانه مربوط به ترکیب تیماری ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید و ۳ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم می باشد. و این در حالی است که این ترکیب تیماری با ترکیب تیماری ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید و صفر (شاهد) سیلیکات پتاسیم، ترکیب تیماری صفر(شاهد) سالیسیلیک اسید و ۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم، ترکیب تیماری ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید و صفر(شاهد)، ۳ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم و ترکیب تیماری ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید و ۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم از لحاظ آماری تفاوت معنی داری نداشت (شکل ۴-۱۴). گیاهانی که غلظت ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید توام با ۶ سی سی سیلیکات پتاسیم دریافت نمودند، در میزان فسفر دانه نسبت به شاهد ۷۱ درصد افزایش داشتند. و گیاهانی که غلظت ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید و ۳ سی سی سیلیکات پتاسیم دریافت نمودند، کمترین مقدار نیتروژن دانه را به خو اختصاص دادند و نسبت به شاهد ۰/۶۷ درصد کاهش داشتند.. سیلیسیم با محدود کردن تعرق ممکن است جذب و انتقال مواد غذایی را تحت تأثیر قرار دهد(ما و ساوانت، ۱۹۹۷). سینگ و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند کاربرد سیلیسیم، جذب فسفر را در خاک افزایش داده و سبب افزایش جذب فسفر توسط گیاه می شود. در واقع سیلیسیم با جایگزین نمودن فسفر تثبیت شده در بین رس ها، حلالیت فسفر خاک را افزایش می دهد. آزمایشات نشان داد که کود پتاسیم، حجم ریشه‌های برنج را برای جذب عناصر غذایی افزایش می‌دهد (هو و وانگ، ۲۰۰۴). بررسی نتایج آزمایش حق‌پرست و عزیزی (۱۳۶۳) نشان داد که مقدار طول گیاه و جذب فسفر با مصرف سیلیسیم افزایش می‌یابد. اسید سالیسیلیک اسید دارای اثرات کلیدی در گیاهان است و سبب پایداری غشاء (گلاس و دانلوپ، ۱۹۷۴)، جذب عناصر غذایی (گلاس، ۱۹۷۵) می شود. گاس و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که سالیسیلیک اسید سبب افزایش غلظت سدیم، کلر و افزایش کاتیون ها از جمله پتاسیم، نیتروژن، منیزیم، آهن، منگنز در گیاه ذرت در تنش های مختلف گردیده است.

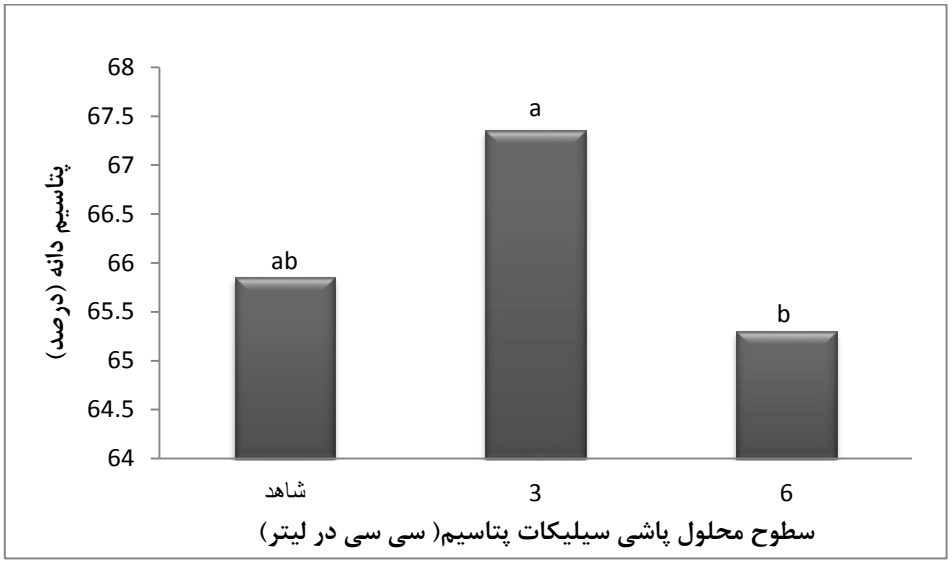


شکل۴-۱۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر میزان فسفر دانه

۴-۴-۴- میزان پتاسیم دانه

نتایج تجزیه واریانس میزان پتاسیم دانه در مرحله برداشت نشان داد که تیمار سیلیکات پتاسیم بر میزان پتاسیم دانه، در سطح احتمال ۵ درصد تاثیر معنی‌داری داشت. تیمار سالیسیلیک اسید و اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر میزان پتاسیم دانه، تأثیر معنی‌داری نداشتند(جدول پیوست۵). مقایسه میانگین محلول پاشی سطوح سیلیکات پتاسیم نشان داد، اگرچه اختلاف معنی داری بین سطح شاهد و سطح ۳ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم از لحاظ تاثیرگذاری بر این صفت وجود ندارد ولی مقادیر بالاتری از پتاسیم دانه با محلول پاشی در سطح ۳ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم مشاهده شد. و کمترین مقدار در سطح ۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم مشاهده شد (شکل۴-۱۵). طبق نتایج گیاهانی که غلظت ۳ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم دریافت نمودند، نسبت به شاهد ۲۲/۴ درصد افزایش در میزان پتاسیم در دانه داشتند. غلظت ۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم سبب کاهش پتاسیم در دانه نسبت به شاهد شد. با توجه به اینکه مقدار فعالیت های پمپ های H^+ - ATPase تحت تاثیر سیلیسیم افزایش می یابد، می توان زیاد شدن جذب پتاسیم در گیاهان تیمار شده با سیلیکات پتاسیم را ناشی از بهبود کارکرد غشاء و افزایش اسیدیته فضای نزدیک

ریشه دانست. مصرف سیلیسیم در حد مناسب و بهینه موجب افزایش زیست توده و حجم ریشه شـده و در نتیجه سطح جذب کننده عناصر از محیط افزایش می یابد (خوشگفتار مـنش، ۱۳۸۹). لیانـگ و همکاران (۱۹۹۶) اعلام کردند که کاربرد سیلیسیم سبب افزایش جذب پتاسیم در برگ گیاه می‌شود. در آزمایشی که توسط مهربان جونبی و همکاران (۱۳۹۳) بر روی گیاه برنج انجام شد، اعلام کردند که مصرف سیلیکات پتاسیم سبب افزایش جذب پتاسیم در گیاه می شود.



شکل۴-۱۵- مقایسه میانگین اثر سیلیکات پتاسیم بر میزان پتاسیم دانه

۴-۴-۵- میزان سیلیسیم برگ

نتایج تجزیه واریانس سیلیسیم برگ نشان داد که تیمار سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسـید و اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید، تأثیر معنـی‌داری بـر ایـن صـفت نداشـتند (جـدول پیوست۵).

نتیجه گیری

۱- طبق نتایج این آزمایش در مرحله گلدهی، تاثیر چندانی بر صفات مورفولوژیک مشاهده نشد. ولی در مرحله برداشت، تاثیر مثبت بیشتری بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مشاهده شد.

۲- محلول پاشی سیلیکات پتاسیم، سبب افزایش وزن خشک برگ، میزان فسفر و پتاسیم دانه و کاهش تعداد دانه پوک در خوشه شد.

۳- محلول پاشی سالیسیلیک اسید با افزایش وزن خشک برگ، وزن خشک خوشه، وزن خشک کل، طول خوشه، تعداد دانه پر، تعداد کل دانه در خوشه، میزان نیتروژن دانه و کاهش تعداد دانه پوک در خوشه، سبب بهبود عملکرد دانه شد. و بیشترین تاثیر با مصرف ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید مشاهده شد.

توصیه و پیشنهادات

۱- در این آزمایش دو غلظت ۳ و۶ سی سی در لیتر سیلیکات پتاسیم مورد بررسی قرار گرفت، لذا توصیه میشود، غلظتهای دیگر از سیلیکات پتاسیم نیز مورد بررسی قرار گیرد.

۲- بررسی غلظت های دیگر سالیسیلیک اسید در طول دوره رشد گیاه

۳- این آزمایش روی سایر گیاهان نیز انجام شود تا پاسخ سایر گیاهان به سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید نیز مشاهده گردد.

پیوست ها

بلوک۳	بلوک۲	بلوک۱
$S_2 A_0$	$S_1 A_3$	$S_1 A_0$
$S_2 A_3$	$S_2 A_3$	$S_0 A_0$
$S_1 A_2$	$S_2 A_2$	$S_1 A_2$
$S_0 A_3$	$S_1 A_2$	$S_2 A_2$
$S_0 A_0$	$S_0 A_3$	$S_2 A_0$
$S_1 A_0$	$S_0 A_1$	$S_2 A_1$
$S_1 A_3$	$S_2 A_1$	$S_0 A_1$
$S_2 A_1$	$S_0 A_0$	$S_2 A_3$
$S_0 A_1$	$S_1 A_1$	$S_1 A_1$
$S_2 A_2$	$S_0 A_2$	$S_0 A_3$
$S_0 A_2$	$S_1 A_0$	$S_1 A_3$
$S_1 A_1$	$S_2 A_0$	$S_0 A_2$

شکل پیوست۱- نقشه کشت(S سیلیکات پتاسیم و A سالیسیلیک اسید)

شکل پیوست ۲- خزانه

شکل پیوست۳-آماده سازی مزرعه

شکل پیوست ۴- نشانه گذاری با مارکر

شکل پیوست ۵- نشاکاری

جدول پیوست۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عوامل مورد تجزیه	نتیجه آزمایش
عمق (Cm)	۰-۲۵
هدایت الکتریکی ($EC \times 10^3$)	۱/۴۱
اسیدیته گل اشباع	۷/۴۴
کربن آلی (٪)	۱/۵۰
نیتروژن کل (٪)	۰/۱۶۸
فسفر قابل جذب (p.p.m)	۳۰/۲
پتاسیم قابل جذب (p.p.m)	۱۱۴
درصد شن	۲۰
درصد سیلیت	۵۴
درصد رس	۲۶
بافت بافت خاک	Silt loam

جدول پیوست۲- میانگین مربعات صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک خوشه، وزن خشک کل تحت محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید در مرحله گلدهی

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد پنجه	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک خوشه	وزن خشک کل
تکرار(r)	۲	۱۹/۵۹*	۷/۰۱*	۳۶۱	۲۸۲۳/۱	۴۸۱۲/۴	۶۰۳۷/۳
سیلیکون (S)	۲	۰/۵۰	۸ ۳۶/*	۳۶۲۷**	۳۰۷۳/۷	۸۵۴۰/۴	۶۶۷۷
سالیسیلیک‌اسید(A)	۳	۸/۲۱	۴/۰۶	۱۹۱۰/۹*	۷۴۷۷/۹*	۱۲۲۰/۷	۹۷۶۷/۷
اثرمتقابل(A×B)	۶	۴/۰۳	۲/۱۸	۲۰۷۲/۰۳**	۱۹۸۸/۱	۴۹۳۲/۷	۱۱۷۴۴/۵
خطای کل	۲۲	۷/۴۰	۲/۶۳	۴۴۶/۰۹	۲۴۰۴/۲	۴۷۱۷/۴۱	۸۶۸۲/۶
ضریب تغییرات		۲/۵۱	۹/۷۸	۱۹/۵۹	۹/۷۳	۱۲/۳۳	۷/۸۰

**و* به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول پیوست۳- میانگین مربعات صفات طول خوشه، تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک، تعداد کـل دانـه، وزن هزار دانه تحت محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید در مرحله برداشت

منابع تغییرات	درجـــــه آزادی	میانگین مربعات				
		طول خوشه	تعداد دانه پر	تعداد دانه پوک	تعداد کل دانه	وزن هزار دانه
تکرار(r)	۲	۴/۷۵*	۵۷۳/۸*	۲۱/۸۶	۸۲۸/۰۲*	۱/۶۳**
سیلیکون (S)	۲	۱/۳۳	۲۱۸/۱	۷۵/۱۱*	۴۲۹/۶۹*	۰/۳۹
سالیسیلیک اسید(A)	۳	۳/۹۲*	۲۰۶۹/۶**	۱۱۰/۰۲**	۱۵۲۳/۹۲**	۰/۲۵
اثر متقابل(A×B)	۶	۱/۵۹	۱۰۹/۸	۱۴/۴۴	۸۷/۶۲	۰/۴۷
خطای کل	۲۲	۱/۴۷	۱۴۳/۶	۱۶/۹۵	۱۵۹/۴۲	۰/۲۸
ضریب تغییرات		۴/۲۴	۱۰/۸۰	۱۷/۳۸	۹/۴۱	۱/۹۹

**و* به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول پیوست۴- میانگین مربعات صفات وزن خشک خوشه، وزن خشک‌کاه و کلش، وزن خشک کل، عملکرد دانه، کلروفیل تحت محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید در مرحله برداشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن خشک خوشه	وزن خشک کاه وکلش	وزن خشک کل	عملکرد دانه	کلروفیل
تکرار(r)	۲	۵۲۰۵/۳۳	۲۰۳۹/۱۱	۱۴۹۸۳/۱۱	۱۹۵۵۷۰/۹۹	۱۲/۲۵*
سیلیکون (S)	۲	۷۵۳۶	۱۱۱۱/۱۱	۱۱۷۶۷/۱۱	۲۸۳۶۹۹/۶۴	۳
سالیسیلیک اسید(A)	۳	۲۹۳۳۷/۴۸*	۱۵۵۵۲	۸۱۸۱۰/۹۶**	۲۱۴۳۹۸۸/۸*	۲/۰۲
اثرمتقابل(A×B)	۶	۴۶۳۷/۰۳	۳۱۸۰/۴۴	۱۰۴۷۷/۶۳	۱۵۹۴۸۱۵/۸	۲/۱۱
خطای کل	۲۲	۱۱۷۳۷/۲۱	۶۷۶۵/۴۱	۱۶۴۰۴/۶۸	۷۸۵۵۴۰/۷	۲/۱۵
ضریب تغییرات		۱۲/۷۵	۱۱/۷۲	۸/۲۶	۱۵/۲۳	۵/۹۴

**و* به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول پیوست۵- میانگین مربعات صفات نیتروژن دانه، فسفر دانه، پتاسیم دانه، سیلیکون دانه تحت محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و سالیسیلیک اسید در مرحله برداشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		نیتروژن دانه	فسفر دانه	پتاسیم دانه	سیلیکون برگ
تکرار(r)	۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۳	۷/۵۶	۰/۰۰۱
سیلیکون (S)	۲	۰/۰۰۲	۰/۰۲۹**	۱۳/۶۸*	۰/۰۰۱
سالیسیلیک اسید (A)	۳	۰/۰۰۷*	۰/۰۰۴	۰/۲۷	۰/۰۰۱
اثر متقابل(A×B)	۶	۰/۰۰۹**	۰/۰۴۴**	۲/۶۹	۰/۰۰۱
خطای کل	۲۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۳/۱۹	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات		۲۷/۲۷	۲۶/۲۹	۲/۶۹	۲۱/۲۲

** و* به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد

منابع

آمارنامه فائو، ۱۳۸۲. (FAO)، سازمان خواروبار و کشاورزی جهان.

آقاگل زاده ح، (۱۳۸۸) **"راهنمای برداشت و پس از برداشت برنج"** جلد اول، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت تولیدات گیاهی، نشر آموزش کشاورزی. ۲۲۰ صفحه.

اسفینی فراهانی م، پاک نژاد ف، بختیاری مقدم م، علوی ص و حسیبی ع، (۱۳۹۱) "اثر مقادیر و روش های مختلف کاربرد سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز" **مجله زراعت و اصلاح نباتات** جلد ۸، شماره ۳، ص: ۷۷-۶۹.

ابراهیم زاده ح، (۱۳۸۰) **"فیزیولوژی گیاهی"** (مبحث تغذیه و جذب) انتشارات (دانشگاه تهران) ۵۹۷ صفحه.

بهتاش ف، طباطبایی س.ج، ملکوتی م.ج، سرورالدین م. ح. و اوستان ش، (۱۳۸۹) "اثر کادمیوم و سیلیسیم بر رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی چغندر لبویی" **مجله دانش کشاورزی پایدار**، جلد ۲، شماره ۱، ص ۶۷-۵۳.

پاداشت دهکایی ف، (۱۳۸۴) **"راهنمای برنج (کاشت، داشت و برداشت)"** جلد اول، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. چاپ اول، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، ۴۹۹ صفحه.

حق‌پرست م. و عزیزی پ، (۱۳۶۳)" تأثیر سیلیکات سدیم بر قابلیت استفاده جذب فسفر و مشاهده اثر جنبی آن بر روی مقاومت گیاه برنج (بینام) در مقابل کرم ساقه‌خوار" گزارش طرح تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان.

خدابنده ن، (۱۳۸۴) **" غلات"** چاپ هشتم، انتشارت دانشگاه تهران، ۲۲۷ صفحه.

خدابنده ن. ۱۳۷۱. **غلات** .انتشارت دانشگاه تهران. ۵۳۷ صفحه.

رضوی پور ت، (۱۳۸۴) "گزارش پژوهشی بررسی اثر افزایش تراکم بوته و مقادیر مختلف آبیاری بر

عملکرد برنج (رقم هاشمی)" انتشارات موسسه تحقیقات برنج کشور، ۱۹ ص.

سلیمانی ع. و امیری لاریجانی ب، (۱۳۸۳) "اصول به زراعی برنج" انتشارت مرکز توسعه منابع انسانی کشاورزی هراز، ۳۰۳ صفحه.

شهدی کومله ع، (۱۳۸۳) "بررسی توانایی میزان جذب سیلیسیوم توسط ارقام مختلف برنج" رشت، موسسه تحقیقات برنج کشور.

ضیاء تبار احمدی م.خ، (۱۳۶۸)" **آبیاری برنج**" انتشارات دانشگاه مازندران، ۴۳ ص.

عبداللهی مبرهی ش، (۱۳۷۶)" تعیین پایدار عملکرد لاین‌های پیشرفته برنج" دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، ۹ صفحه.

فلاح ا ، (۱۳۸۰)" نقش سلیس در گیاهان" انتشارات معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران.

قائمی م.ر،(۱۳۶۸) "نتایج بررسی تأثیر رژیم آبیاری بر عملکرد محصول برنج (رقم بینام)" گزارش پژوهشی مرکز تحقیقات مازندران، ۶ صفحه.

کوچکی ع.ر. و خواجه حسینی م، (۱۳۸۷) **"زراعت نوین"** جهاد دانشگاهی مشهد.

کمالی مقدم ع، ملکوتی م.ج. و لطف‌اللهی م (۱۳۸۶) "بررسی تأثیر مولیبدن (MO) و سیلیسیم (Si) بر عملکرد و میزان پروتئین گندم" مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج، ص: ۶۸۳-۶۸۴.

کافی م، لاهوتی م، زند ا، شریفی ح. و گلدانی م، (۱۳۷۹) **"فیزیولوژی گیاهی"** جلد اول، جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۵۶ صفحه.

محقق پ. خوشگفتارمنش ا. ح، شیروانی م. و قاسمی س، (۱۳۸۸) "تأثیر تغذیه سیلیسیم بر رشد و عملکرد دو ژنوتیپ چنار در سیستم هیدروپونیک" اولین کنگره ملی هیدروپونیک و تولیدات گلخانه‌ای، دانشگاه صنعتی اصفهان، ص: ۷۳-۷۲.

ملکوتی م. ج. و کاووسی م، (۱۳۸۳) **"تغذیه متعادل برنج"** ستاد برنج وزارت جهاد کشاورزی، انتشارات سنا، ۶۱۱ صفحه.

میارصادقی س، شکاری ف. و زنگانی ا، (۱۳۸۹) " تأثیر پیش‌تیمار با سالیسیلک اسید بر بنیه و رشد گیاهچه کلزا در شرایط کمبود آب" مجله زیست‌شناسی گیاهی، سال دوم، شماره ۶، صفحات ۵۵-۷۰.

ملکوتی، م.ج و طهرانی م.م، (۱۳۷۹)" **نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی"** انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۲۹۹ ص.

ملکوتی، م.ج. و طهرانی م.م، (۱۳۷۸) **"نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، عناصر خرد با تأثیر کلان"** دفتر نشر دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ص.۳۲۸.

نورمحمدی ق، سیادت ع. و کاشانی ع، (۱۳۸۰) **"زراعت غلات"** جلد اول، انتشارات شهید چمران، ۴۴۶ صفحه.

نصیری محلاتی و همکاران م، کوچکی ع، رضوانی مقدم پ. و بهشتی ع، (۱۳۸۰) **"اگرواکولوژی"** انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۵۳ صفحه.

هاشمی دزفولی ۱، کوچکی ع. و بتایان م، (۱۳۷۵)" **افزایش عملکرد گیاهان زراعی"** ترجمه انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۸۸ صفحه.

همیشگی م. و بابا اکبری م، (۱۳۸۷) **"تکنولوژی برنج (کاشت، داشت، برداشت)"** انتشارات

سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی کشور، ۲۷۷ صفحه.

وفابخش ج، نصیری محلاتی م. و کوچکی ع، (۱۳۸۷)" اثر تنش خشکی بر عملکرد وکلایی مصرف نور در ارقام کلزا (Berasica nappus)" **مجله پژوهش‌های زراعی ایران**، ۶: ۲۰۸-۱۹۳.

Alina, K. 1984. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton, FL., USA. 7- Bao, L. 1985. Effect and management of potassium fertilizer on wetland rice in China. PP. 282-292. In: Wetland Soils. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines.

Altındişli, A., İrget, M.E., Kalkan, H., Kara, S., and Oktay, M. 1998. Effect of foliar applied KNO3 on yield, quality and leaf nutrients of carignane and colombard wine grapes. In: Anac, D. and P. Martin- Prével, Improved crop guality by nutrient management. Pp: 103-106.

Amin, A.A., Li, S., Rashad, M., Fatma, A. and Gharit, A.E. 2008. Changes morphologica physiological and reproductive characters of wheat plants as affected by foliar application with salicylic acid and ascorbic acid. Basic Applied Science, 2: 252 -261.

Arif, M., M.A. Chohan., S. Ali., R. Gull and Khan., S. 2006. Response of wheat to foliar application of nutrients. J. Agric and boil. Sci. 4: 30-34.

Arthur, w. 1989. Relationships among nitrogen. Silicon and heavy, metal uptake by plants. Soil sci. 147-457-480.

Balastra, M. L. F., perez, C.M., Juliano, B.O., and villreal, P. 1989. Effects of silica level on some properties of oryza sativa straw and hult. Canadian journal of Borany. 2356-2363.

Belkhidi, A., Hediji, H.,Abbes,Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., zarrouk, M., chaibi, W. and DJ Ebali, W. 2010. Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf Lipid content in linum usitatissimum l.. Ecotoxicology and Environmenta safety 1-8.

Bergmann, W. 1992. Nutritional disorders of plants development: visual and Analytical piagnosis. Gustav. Verlag jen, Stuttgart, New York. 741 pp.

Bruns, H. A. and Ebelhar M.W. 2006. Nutrient uptake of maize affected by nitrogen and potassium fertility in a humid subtropical environment. Commun.

Soil sci. plant Anal. 37: 275-293.

Corrales, I., Poschenrieder. C. and Barcello, J. 1997. Influence of silicon pretreatment on aluminum toxicity. In maize roots. Plant and Soil 199: 203-209.

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

Dat, J. F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C. H., and Scott, I. M. 2000. Effect of salicylic acid on oxidative stress and thermotolerance in tobacco. Journal of Plant Physiology 156: 659-665.

Datnoff, L.E.,. Snyder, G.H and Korndorfer, G.H. 2001. Silicon in agriculture. studies in plant science. amsterdam: elsevier, 403pp.

Datnoff, L.E., Dren, C.w. and Snyder, G.H. 1997. Silicon Fertilizer for discase. Management ofrice. Inflorida. Crop production. 16(6): 525-531

Deren, C. W.1997. Changes in nitrogen and phosphorus concentrations of silicon- fertilized rice grown on organic soil. J. Plant Nut., 20(6):765-771.

Doberman, A. and Fairhurst, T. 2000, Rice nutrient disordrs and nutrient management. International rice Reserch institute. L. S Banos.

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

EL- Taybe, M. A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid . Plant Growth Regulation . 46: 215- 225.

Elawad, S.H., and Gerrn, v.e .1979. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. riv. riso 28: 235-253.

Elawad, S.H., Gascho, G.J and Street, J.J. 1982. Response of sugarcane to silicate source and rate. 1. Growth and yield. agron J. 74: 781-783 .

Epstein, E. 1999. Silicon. Ann. Rev.Plant, 50, 641–664.

Epstein, e. 1991. The anomaly of silicon in plant biology. proc. Natl. Acad. Sci. USA 91, 11-17

Epstein, E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 91, 11–17

Epstein, E. 2009. Silicon: its manifold roles inplants. Department of land, Air and water Resources- soils and Biogechemisty, university of California, Davis, CA, USA. Pp: 155-160.

Epstiein, E. 1972. Mineral Nutrition of plants: Principles and – perspectives. Newyork: wiley.

Eraslan F., Inal A., Gunes A., and Alpaslan M. 2007. Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Scientia Horticulturae,113: 120–128.

Fallah, A., visperas, R.M. and Alejar, A.A. 2004. The interactive effect of silicon and nitrogen on growth and spikelet filling in rice (oryza sativa.L). philipp. Agric. Scintist. 87:174-176.

Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri, E. and Cicek, N. 2007 Salicylic acid induced change on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (Zea mays L.) Grown under salinity journal of plant physiology 164:728-736.

Hamayun, M.E.y. sohn,s.A.khan, Z.K. shinwari, A.L. Khan, and I.J. Lee. 2010. Silicon alleviates the adverse effects of salinity and rought stress on growth an endogenous plant grownt hormones of soybean (Glycine max L.). pak J. Bot. 42: 1713-172.

Hattori T, Sonobe K, Inanaga S., An, P, Tsuji W, Araki H, Eneji AE, and Morita, S .2007.Short term stomatal responses to light intensity changes and osmotic stress in sorghum seedlings raised with and without silicon. Environ Exp Bot 60:177–182.

Hayat Q., Hayata S.H., Irfan M., and Ahmad A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment A review. Environmental and Experimental Botany, 68:14–25.

Hayat S. and Ahmad, A. 2007. Salicylic Acid - A Plant Hormone. Springer. 410pp.

Hayat, S. and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid: A plant Hormone. Brazilian Journal of Plant Physiology, 18:137-145

Hayat, S., and Ahmad, A. 2007. Salicylic Acid a Plant Hormone. Pp.15-23

Hoagland, D.R. 1944. Le ctures on the Inorganic. Nutrition of plants, Waltham, Mass: chronica Botanica.

Hu, H., Wang, G. H. 2004. Nutrient uptake and use efficiency of irrigated rice in response to potassium application. Pedosphere 14 (1), 125–130.

Hussain, N., M.A. Khan and M.A. Javed., 2005. Effect of foliar application of plant micronutrient mixture on growth and yield of wheat (Triticum aestivum L.). Pak. J. Biol. Sci 8(8): 1096-1099.

Hiscox, J. D and Israelstan, G.F.1978. A Method For the extraction oF chlorophyll Form Leaf tissue without 57: 1332- 1334.

Hussein M.M., Balbaa L.K., and Gaballah M.S. 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3: 321-328.

Inanaga, S., A. okasaka, and tanaka, S. 1995. does silikon exist exist in association with organic with organic compounds in rice plant? jpn. j.soil sci. plant nutr. 11:111-117.

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

Jugdaohsingh, R. 2001. Silicon and bone health. J. Nutr. Health Aging, 11 (2): 99-110.

Kato, N., Owa. 1990. Dissolution mechanism of silicate slag fertilizers in paddy soils. in: international congress of soil science, 14. kyoto: 4: 609-610.

Kaya, c., L. Tuna, and D. Higgs. 2006. Effect of silicon on plant growtn and (Triticum aestivum L.) mineral nutvition of maize grown under wator- stress conditions. J. Plant Nutr.29:1469-1480.

Kaydan, D., and Yagmur, M. 2006. Effects of different salicylic acid doses and treatments on wheat and lentil (Lens culinaris Medik.) yield and yield components. Agronomy College, Ankara Univ. 12: 285-293.

Khan W, Balakrishnan P, and Smith DL.2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of Plant Physiology 160 (5): 485-492.

Khodary, S. E. A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed Maize plant. International Journal of Biology 6: 5-8.

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

Kumar . p., and Dube , S.D, indionj .plant physoil , .1999. 4, 327.

Kumar, P., D., Dube and V.S., Chauhan. 1999. Effect of salicylic acid on growth development and some bio chemical aspects of soybean (Glycine max L. Merrill). Indian Journal of Plant Physiology.

Kumar, P., N. J. Lakshmi, and V. P. Mani. 2000. Interactive effects of salicylic acid and phytohormones on photosynthesis and grain yield of soybean (Glycine max L. Merrill). Physiol. Mol. Plant. 6, 186-179.

Lee, S.K., E.Y. Sohn, M. Hamayun, J.Y. Yoon, and I.J. Lee. 2010. Effect of silicon on growth and salinity stress of soybean plant grown under hydroponic system. Agroforest. Syst. 80:333–340.

Li, Y.c., Adva, A.k. and sumner, M.E. 1989. Response of cotton cultirars to aluminum in solution with varying silicon concentration, J. plant nutrient 12: 881-892.

Liang, Y. c., shenl, Q.R., shen, Z.G. and Ma, T.S. 1996. Effects of silicon on salinity. Tolerance of two barley cultivars. J. Plant Nutria., 19: 173-183.

Liang, Y.C., Ma, T.S.h., Junli, F. and Feng, Y.J. 1994. Silicon availability and response of wheat and rice t. silicon in calcare ous soils. Commun. Insoillsci. Plant Anal., 25: 2285-2291.

Liang, Y.C., Q.R. Chen, Q. Liu, W.H. Zhang, and Ding, R.X. 2003. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (Hordeum vulgare L.). J. Plant Physiol. 160:1157–1164.

Lin, C.H. 1996. Method and sources of applid manganese on converted low-manganese paddy field for soybean. Bulletin of Hualien Distinict Improvement Station. No3: 30-35.

Ma, J.F., 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and a biotic stresses. Soil Sci. Plant Nut., 50, 11–18.

Ma, J. F. and Yamaji, N. .2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. Trends Plant Sci.11:392-397.

Ma, J. F. Nishimura. K. and Taka hashi, E. 1989. Effect of silicon on the growth of rice plant at different growth stages. Soil sci. and plant nutr. 35: 341-356.

Ma, J. F., and takahashi, E. 2002. Soil, Fertilizer, and plant silicon research in Japan, Elsevier, the Netherlands, 281 PP.

Ma, J.F. and Yamaji, N. 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. Trends Plant Sci. 11:392–397.

Ma. J. F., and .Takahashi, E. 1993. Interaction between calcium and silicon in water – cultured rice. Plants. Plant soil. 148: 101-113.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plant Academic Press. London.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd Edition. Academic Press, London. 890p.

Martin-Mex, R., and Larqué-Saavedra, A. 2001. Effect of salicylic acid in clitoria (Clitoria ternatea L.) bioproductivity in Yucatan, MClitoria ternatea L.) bioproductivity in Yucatan, MClitoria ternatea L. éxico. 28th Annual Meeting. Plant Growth Regulation Society of America. Miami Beach Florida, USA. July 5-1, pp. 99-97.

Massey F.P., and Hartley, S.E. 2006 - Experimental demonstration of the antiherbivore effects of silica in grasses: impacts on foliage digestibility and vole growth rates. Proc. R. Soc. B. 273:2299-2304.

Matsuo, T. K. Kumazawa, R. Ishii, K. Ishihara, and H. Hirata. 1995. Science of the rice plant. Vol. 2. Physiology. Food and Agriculture policy Research center, Tokyo, Japan.

Matsuo, T., Kumazawa, K., Ishii, R., Ishihara, K. and Hirata, J. 1995. Science of the rice plant, Food and Agriculture Policy Research Center, Tokoyo, Japan, No . 2, PP. 1240.

Mauod, M., C.A. Crusciol and Grass, H. 2003. Nitrogenfertilizer of upland rice.

Piracicaba. vol. 60. no. 4.

Metwally A , Finkemeier, I ., Georgi, M and Dietz, K J. 2003. Salicylic acid

alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings Plant Physiol 132: 272–281.

Mishra, A. and Choudhuri, M. A. 1999. Effects of salicylic acid on heavy metal induced membrane degradation mediated by lipoxygenase in rice. Biological Plant 42: 409- 415.

Mobasser, H. R., Ghanbari-Malidareh, A. and Sedghi, A. H. 2008. Effect of silicon application to nitrogen rate and 435plitting on agronomical characterstics of rice (Oryza sativa L.). Silicon in Agriculture Conference, Wild Coast Sun, South Africa, 26-31 October.

Noreen, S. and Ashraf, M. 2008. Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (Helianthus annus L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. Pakistan Journal of Botany 40(4): 1657-1663.

Nonomura, A.M. and Benson, A.A. 1992. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 89: 9794–9798.

Okuda, O., and takahashi, E. 1964. In the mineral nutrition of the rice plant baltim or: international. Rice. Research institute and the johns hpkins university press.

Pereira, S.H., G.H. Korndörfer, A.D.A. Vidal, and Camargo, M.S.D. 2004. Silicon sources for rice crop. Sci. Agric. 61:522–528.

Popova, L., Pancheva, T. and Uzunova, A. 1997. Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiology role. Plant Physiology 23: 85-93.

Prasad, B. and Prasad, J. 1997. Response of rice to potassium application in calcareous soils. Journal of Potassium Research. 13: 50-57.

Mauad M., C.A.C. Crusciol, Grassi Filho, H and Correa, J.C. 2003 . Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. Scientia Agricola. 60 (4):761-765.

Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Ann. Rev. plant physiolmol. Biol., 13,43-439.

Sangster, A.G., M.J. Hodson, D.W. Parry., and. Rees, J.A. 1983. A developmental study of silicification in the trichomes and associated epidermal structures of the inflorescence bracts of the grass, Phalaris canariensis L. Ann Bot 52:171–187.

Savant, NK. Snyder, GH. and Datnoff, LE .1997. Silicon management and sustainable. rice production. Advance Agronomy. 58, 151–199.

Senaratna T., Touchell D., Bunn E., and Dixon K. 2000. Acetyl salicylic acid (asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth RegulatorFigure 1, 30: 157-161.

Shakirova M. F., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova M V., Fatkhutdinova, R. A., and Fatkhutdinova, D. R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat Seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164(3): 317-322.

Sharma, P., and Dubey, R. S. 2005. Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. Plant Growth Regulation 46: 209-221.

Shen, X., Y. Zhou, L. Puan, Z.Li, A.E. Eneji, and J. Li. 2010. Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parmeters of soybean seedlings underough and ultraviolet- B radiation. J. Plant phys. 167: 1248-1252.

Shi XH, Zhang CH, Wang, H and Zhang, F.S 2005. Effect of Si on the distribution of Cd in rice seedlings. Plant Soil 272: 53–60.

Singh, B., Y. Singh, J. K.Ladha, K. F. Bronson. V. Balasubramanian, Y.Singh, and C. S.Khind. 2002.Chlorophyll meter- and leaf color chart-based nitrogen management for rice and wheat in northwestern india.Agron.J.94: 821-829.

Sticher, L., Mauchmani, B. and Metraux, J.P. 1997. Systemic acquired resistance. Annu. Rev. Phyto pathol. 35: 235- 270.

Stampar, F., Hudina, M., Dolenc, K., and Usenik, V. 1998. Influence of foliar fertilization on yield quantity and quality of apple (Malus domestica borkh.). In: Anac, D. and P. Martin- Prével. Improved crop quality by nutrient management. Pp: 91-94.

Szepesi A,Csiszar J, Bajkan S, Gemes K, Horvath F, Erdel L, Deer AK, Simon ML, and Tari I. 2005. Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt and osmotic stress. Acta Biol Szeg. 49: 123-125.

Teixeira, I.R., Borem, A., Andrade Araujo, G.A., Lucio, R. and Fontes, F. 2004. Manganese and zinc leaf application on common bean on a cerrado soil. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)., 61 (1): 77-81.

Takahashi, E. and miyake. Y. 1977. Silica and plant growth. Proc. Int. semin. Soil. Pp: 603-611.

Tisdale, S.L., Nelson, W.L. and Beaton, J.D.1985. Soil, Feritiity and fertilizers. 4th ED. Macmillan pubishing. Company. PP: 391-398.

Veberic, R., Vodnik, D., and Stampar, F. 2005. Influence of foliar-applied phosphorus and potassium on photosynthesis and transpiration of 'Golden Delicious' apple leaves (Malus domestica Borkh.). Acta Agric. Slovenica, Pp: 143-155.

Waraich, E.A., Amad, R., Ashraf, MY., and Saifullah, Ahmad M. 2011. Improving agricultural water use efficiency by nutrient management. Acta Agri Scandi – Soil and Plant Sci 61(4): 291-304.

Yoshida, S., Nrasero, S.A. and Ramirez, A. 1969. Effects of silica and nitrogen supply on someleaf characters of the rice plant, Plant and Soil. 31: 48-46.

Yoshida, S., ohnishi, Y. and kitayishi, k. 1962 .Chemical forms, mobility and deposition of silicon rice plant. Soilsci. Plant nutr. 8: 101-113.

Yoshida, S., Forno. D.A., Coce, J.H. and Gomez., K.A. 1976. Laboratory manule for physiological studies of rice .3rd ed. In Rice .Inst, Los Banos, Laguna, Philippines.

Yalpani, N., Enyedi, A.J., Leon, J. and Raskin, I. 1994. Ultraviolet light and ozone stimulate accumulation of salicylic acid, pathogenesis- related proteins and virus resistance in tobacco. Planta. 193: 372- 376.

Zaghlool, S.A.M. 2002. Arab universities journal of Agricultural Sciences. 10:493-503.

Zhu, H.j. 1985. Rice soil. agricultural publ., beijing. effect of silicon application and nitrogenrates in two water management systems on n and si absorption and yield of rice (oryza satival.).

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Department of Aquiculture

Effect of silicon and saliciylic acid on quantitive yield and qualitative characters in rice

Adele saghafi

Supervisor:

Dr. M. Heydari

Advisors:

Dr. A. Fallah

Dr. M. Gholipoor

March 2016

Abstract:

Nutrition is an important factor in improving the quality and quantity of crop. In the meantime Silicon is an useful element for rice and it has positive effects on quantitative and qualitative characteristics. Salicylic acid is a hormone plant that is known as a plant growth regulator and has an important role on the growth and yield. In order to evaluate the effect of foliar application of spraying silicon and salicylic acid on quantitive yield and qualitative characters in rice (Shiroodi cultivar), a field experiment design in Rice Research station (Amol) in 2014 as a factorial randomized complete block design with three replications. Treatments consisted of silicone spraying source of potassium silicate in three levels of 0, 3, 6 cc/l as the first and salicylic acid spraying in four levels including control 0, 0.5, 1, 1.5 mM as the second factor. Sampling was done in two stages of flowering and physiological maturity. The results showed that silicon spraying also increased on dry weight of leaf, the amount of phosphorous and potassium seed and decreased number of unfilled grain per panicle. also salicylic acid spraying increased of dry weight of leaf, dry weight of stem, dry weight panicle, total dry weight, panicle length, number of filled grains per panicle, nitrogen seed and decreased number of unfilled grain per panicle , improve grain yield. The amount of salicylic acid at a level of 0.5 mM also showed the greatest effect on all parameters So that yield at this level increased 17.66 % as compared to controls.

***Keywords*:** rice, silicon, salicylic acid