





دانشگاه صنعتی فارد

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

عنوان پایان نامه

تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم بر برخی خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی برنج

در رقابت با علفهای هرز

دانشجو

زهرة اکباتانی امیری

اساتید راهنما

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

دکتر حسن مکاریان

اساتید مشاور

دکتر اللهیار فلاح

دکتر احمد غلامی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

بهمن ۱۳۹۰

تقدیم

به اسطوره استقامت و تلاش

پدرم

به تندیس محبت و مهربانی

مادرم

به تکیه گاه و همراه صبور

همسرم

به تنها بهانه زندگی

دخترم ثنا

و به همه کسانی که مهر و محبت سرلوحه زندگی آنهاست.

## شکر و قدردانی

در جایگاه تقدیر از مقام شیخ استاد و معلم، صمیمانه‌ترین مراتب قدردانی را تقدیم اساتید راهنمای عزیز، بزرگوار و ارزشمندم، آقایان دکتر مهدی برادران فیروزآبادی و دکتر حسن مکاریان به خاطر دلسوزی، مهربانی و صبورانه و راهنمایی‌های بی‌دینشان می‌نمایم که همواره حامی من بودند، زحمات زیادی را متحمل شدند و از محضرشان بهره علمی فراوان برده‌ام.

از زحمات اساتید مشاور محترم و ارجمند، آقایان دکتر الهیار فلاح و دکتر احمد غلامی سپاسگزارم و کمال شکر را دارم.

از محضر اساتید محترم داور، آقایان دکتر منوچهر قلی‌پور و دکتر شاپین شاهسونی، از نماینده محترم تحصیلات تکلیبی آقای دکتر رحیمی و نیز از سایر اساتید بزرگوار گروه زراعت شکر می‌کنم.

از آقای مهندس محمدیان (مسئول بخش خاک و آب معاونت مؤسسه تحقیقات برنج) به خاطر حمایت‌ها و زحمات زیادی که در جهت پیشبرد پایان‌نامه کشیدند، شکر و قدردانی می‌نمایم. همچنین از آقای مهندس احسانی و دکتر سودایی، سرکار خانم مهندس توسلی و همکاران محترم ایشان و خانم مهندس افراسی (در معاونت مؤسسه تحقیقات برنج) به خاطر همکاری صمیمانه در حین اجرای پایان‌نامه سپاسگزاری می‌نمایم.

از همه هم‌کلاسی‌های دوست داشتنی‌ام به خصوص خانم‌ها رستم زاده، دلفانی و قاضی زاده و دوستان مهربانم خانم‌ها اوصیا، اکبری، عرب و امانی که در شرایط سخت حامی من بودند بی‌نهایت سپاسگزارم.

شایسته است از تمام اعضای خانواده، به خصوص پدر و مادر مهربانم که به هر چه رسیده‌ام در سایه دعاهايشان بوده است، بسم‌رم که یاری‌گرم بود، برادران عزیزم، خانواده محترم بسم‌رم و همه کسانی که به نحوی مراد این مسیر مشوق و راه‌نما بودند، سپاسگزاری کرده و برایشان آرزوی سلامتی، سعادت و بهروزی داشته باشم.

زحمه اکباتانی امیری

## چکیده

یکی از اساسی‌ترین راه‌های افزایش تولید برنج، تغذیه مناسب گیاه و کاربرد تکنیک‌های جدید می‌باشد. سیلیس عنصری مفید برای برنج می‌باشد که موجب افزایش کیفیت محصول و عملکرد آن می‌شود. از طرفی پتاسیم پس از نیتروژن، بیشترین نقش را در افزایش کمی و کیفی برنج ایفا می‌نماید. علف‌های هرز نیز از جمله عوامل خسارت‌زا برای برنج می‌باشند که بر کیفیت و عملکرد آن مؤثرند. لذا به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم بر گیاه برنج (رقم شیرودی) در رقابت با علف‌های هرز، آزمایشی در معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور در سال ۱۳۸۹ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم در ۵ سطح با غلظت‌های مختلف در زمان‌های مختلف (صفر، ۲/۵ گرم در لیتر در پنجه‌زنی و ظهورخوشه و ۵ گرم در لیتر در پنجه‌زنی و ظهورخوشه) به عنوان فاکتور اول و علف‌هرز در دو سطح (وجین و عدم وجین) به عنوان فاکتور دوم بودند. نمونه برداری‌ها از ۱۰ روز پس از انجام محلول‌پاشی در مرحله ظهور خوشه آغاز شد و به صورت هفتگی ادامه یافت. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم در زمان ظهور خوشه، بیشترین تأثیر را در وزن خشک ساقه، طول خوشه، تعداد کل دانه، قطر میان‌گره پایین، ارتفاع گیاه و میزان سیلیس برگ در مرحله ظهورخوشه داشت. بالاترین شاخص سطح برگ و وزن هزار دانه از غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهورخوشه و وجین علف‌هرز به دست آمد. همچنین محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و دو برابر شدن غلظت آن به طور قابل توجهی تعداد خوشه در مترمربع و تعداد دانه در خوشه را افزایش داد. بیشترین عملکرد با میانگین ۹۵۲/۸۹ گرم در مترمربع در شرایط محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهورخوشه و عدم وجین علف‌هرز ثبت شد. محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان پنجه‌زنی میزان پتاسیم ساقه را تا ۵/۸۱ درصد رساند. در شرایطی که گیاه در رقابت با علف‌هرز نبود بیشترین میزان سیلیس ساقه در اثر محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهورخوشه به دست آمد. از طرفی وزن خشک علف‌های هرزی که در زمان پنجه‌زنی گیاه برنج محلول‌پاشی شده بودند، بیشتر از وزن خشک علف‌های هرز در تیمار محلول‌پاشی در ظهورخوشه بود. کلروفیل برگ و صفات کیفی اندازه‌گیری شده شامل درصد آمیلوز، قوام ژل و دمای ژلاتینی شدن تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف‌هرز قرار نگرفت. در مجموع از لحاظ صفاتی که مورد بررسی قرار گرفت محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهورخوشه و وجین علف‌هرز نتایج بهتری را نشان داد.

کلمات کلیدی: برنج، سیلیکات پتاسیم، علف هرز.

## مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- اثر محلول پاشی سیلیس بر برخی خصوصیات مورفولوژیک برنج در شرایط وجین و عدم وجین

علف هرز. ۱۳۹۰. دومین همایش ملی فیزیولوژی گیاهی ایران. یزد.

۲- تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم بر رقابت برنج (*Oryza sativa* L.) با علفهای هرز. ۱۳۹۰.

چهارمین همایش علوم علف های هرز ایران. اهواز.

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

---

	فصل اول: مقدمه
	فصل دوم: بررسی منابع
۸	۱-۲- اهمیت غلات
۸	۲-۲- برنج
۸	۱-۲-۲- گیاه شناسی
۹	۲-۲-۲- مراحل رشد و نمو
۱۰	۳-۲-۲- سازگاری
۱۱	۴-۲-۲- سطح زیر کشت
۱۲	۵-۲-۲- ارزش غذایی دانه
۱۳	۶-۲-۲- کاربرد برنج در صنایع مختلف
۱۳	۳-۲- عملیات زراعی (کاشت، داشت و برداشت)
۱۳	۱-۳-۲- عملیات کاشت
۱۴	۲-۳-۲- عملیات داشت
۱۵	۳-۳-۲- برداشت
۱۶	۴-۲- عنصر سیلیس
۱۶	۱-۴-۲- نقش سیلیس در سلامت انسان
۱۷	۲-۴-۲- جذب و انتقال سیلیس در گیاه
۱۸	۳-۴-۲- نقش سیلیس در رشد و عملکرد گیاهان
۲۰	۴-۴-۲- نقش سیلیس در رشد و عملکرد برنج
۲۲	۵-۴-۲- نقش سیلیس در آفات و بیماری‌ها (تنش‌های زیستی)

۲۴	۶-۴-۲- نقش سیلیس در تنش‌های غیر زیستی
۲۶	۷-۴-۲- علائم کمبود سیلیس
۲۷	۵-۲- عنصر پتاسیم
۲۸	۱-۵-۲- نقش پتاسیم در سلامت انسان
۲۸	۲-۵-۲- جذب و انتقال پتاسیم در گیاه
۲۹	۳-۵-۲- نقش پتاسیم در رشد و عملکرد گیاه
۳۱	۴-۵-۲- نقش پتاسیم در رشد و عملکرد برنج
۳۴	۶-۵-۲- علائم کمبود پتاسیم
۳۵	۷-۵-۲- نقش پتاسیم در تنش‌های زیستی
۳۵	۸-۵-۲- نقش پتاسیم در تنش‌های غیرزیستی
۳۶	۶-۲- تغذیه گیاهان از طریق محلول‌پاشی
۳۷	۷-۲- علف‌های هرز
۳۹	۱-۷-۲- صدمات علف‌های هرز در گیاهان
۴۱	۲-۷-۲- صدمات علف‌های هرز در برنج
۴۳	۸-۲- خصوصیات کیفی برنج
۴۳	۱-۸-۲- درصد آمیلوز
۴۴	۲-۸-۲- دمای ژلاتینی (GT)
۴۵	۳-۸-۲- قوام ژل (GC)
	<b>فصل سوم: مواد و روش</b>
۴۸	۱-۳- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش
۴۹	۲-۳- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش
۴۹	۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی
۵۰	۴-۳- عملیات اجرایی



۵۰	۳-۴-۱- آماده سازی زمین در بخش مزرعه‌ای
۵۰	۳-۴-۲- کاشت
۵۱	۳-۴-۳- داشت
۵۱	۳-۴-۴- برداشت
۵۱	۳-۵- نمونه برداری
۵۲	۳-۶- صفات زراعی و مرفولوژیک
۵۲	۳-۶-۱- وزن خشک برگ، ساقه و خوشه
۵۲	۳-۶-۲- شاخص سطح برگ
۵۳	۳-۶-۳- ارتفاع بوته و قطر ساقه
۵۳	۳-۶-۴- تعداد پنجه
۵۳	۳-۶-۵- عملکرد و اجزای عملکرد
۵۳	۳-۷- صفات فیزیولوژیک
۵۳	۳-۷-۱- غلظت عناصر سیلیس و پتاسیم
۵۵	۳-۷-۲- کلروفیل
۵۵	۳-۸- صفات کیفی دانه
۵۵	۳-۸-۱- آمیلوز
۵۶	۳-۸-۲- دمای ژلاتینی شدن
۵۶	۳-۸-۳- قوام ژل
۵۷	۳-۹- وزن خشک علف‌های هرز
۵۷	۳-۱۰- تجزیه و تحلیل داده‌ها
	<b>فصل چهارم: نتایج و بحث</b>
۵۹	۴-۱- ماده خشک
۵۹	۴-۱-۱- وزن خشک برگ

۶۱	۱-۱-۱-۴- نمونه برداری اول وزن خشک برگ
۶۳	۲-۱-۱-۴- نمونه برداری سوم وزن خشک برگ
۶۵	۲-۱-۴- وزن خشک ساقه
۶۵	۱-۲-۱-۴- نمونه برداری اول وزن خشک ساقه
۶۷	۲-۲-۱-۴- نمونه برداری سوم وزن خشک ساقه
۶۹	۳-۱-۴- وزن خشک خوشه
۷۱	۱-۳-۱-۴- نمونه برداری اول وزن خشک خوشه
۷۲	۲-۳-۱-۴- نمونه برداری چهارم وزن خشک خوشه
۷۴	۲-۴- شاخص سطح برگ
۷۸	۳-۴- ارتفاع گیاه
۸۰	۴-۴- قطر ساقه
۸۲	۵-۴- تعداد پنجه
۸۴	۶-۴- طول خوشه
۸۶	۷-۴- تعداد کل دانه (یا خوشه‌چه)
۸۶	۸-۴- درصد خوشه‌چه پوک
۸۷	۹-۴- اجزای عملکرد
۸۷	۱-۹-۴- تعداد خوشه
۸۹	۲-۹-۴- تعداد دانه پر در خوشه
۹۰	۳-۹-۴- وزن هزار دانه
۹۳	۱۰-۴- عملکرد
۹۸	۱۱-۴- صفات فیزیولوژیک
۹۸	۱-۱۱-۴- سیلیس برگ در مرحله پنجه زنی
۹۹	۲-۱۱-۴- سیلیس ساقه در مرحله پنجه زنی
۱۰۱	۳-۱۱-۴- میزان پتاسیم برگ در مرحله پنجه زنی

۱۰۱	۴-۱۱-۴- میزان پتاسیم ساقه در مرحله پنجه زنی
۱۰۱	۴-۱۱-۵- میزان سیلیس برگ در مرحله ظهور خوشه
۱۰۴	۴-۱۱-۶- میزان سیلیس ساقه در مرحله ظهور خوشه
۱۰۶	۴-۱۱-۷- میزان پتاسیم برگ در مرحله ظهور خوشه
۱۰۷	۴-۱۱-۸- میزان پتاسیم ساقه در مرحله ظهور خوشه
۱۰۸	۴-۱۱-۹- کلروفیل
۱۰۹	۴-۱۲-۱۲- صفات کیفی دانه
۱۰۹	۴-۱۲-۱- آمیلوز
۱۱۰	۴-۱۲-۲- ضریب دمای ژلاتینی شدن
۱۱۱	۴-۱۲-۳- قوام ژل
۱۱۲	۴-۱۳- وزن خشک علفهای هرز
۱۱۵	نتیجه گیری
۱۱۹	پیشنهادات
۱۲۱	منابع

## فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۵۰	شکل ۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی
۶۰	شکل ۴-۱- روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم (با غلظت‌های ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر در زمان‌های پنجه‌زنی و ظهور خوشه)
۶۱	شکل ۴-۲- روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر وجین علف هرز
۶۲	شکل ۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در ۶۶ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز
۶۴	شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز
۶۶	شکل ۴-۵- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در ۶۶ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز
۶۸	شکل ۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز
۷۰	شکل ۴-۷- روند تغییرات وزن خشک خوشه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم (با غلظت‌های ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر در زمان‌های پنجه‌زنی و ظهور خوشه)
۷۱	شکل ۴-۸- روند تغییرات وزن خشک خوشه تحت تأثیر وجین علف هرز
۷۲	شکل ۴-۹- مقایسه میانگین وزن خشک خوشه در ۶۶ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز
۷۳	شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین وزن خشک خوشه در ۹۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز
۷۵	شکل ۴-۱۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم (با غلظت‌های ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر در زمان‌های پنجه‌زنی و ظهور خوشه)

- شکل ۴-۱۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر وجین علف هرز ۷۶
- شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ در ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز ۷۷
- شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین ارتفاع گیاه در ۶۶ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم ۷۹
- شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین قطر میان گره بالای ساقه در ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم ۸۱
- شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین قطر میان گره پایین ساقه در ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز ۸۲
- شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین تعداد خوشه در واحد سطح تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم ۸۸
- شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین تعداد دانه در خوشه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم ۸۹
- شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم ۹۱
- شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر وجین علف هرز ۹۲
- شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین عملکرد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز ۹۴
- شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین میزان سیلیس برگ در مرحله پنجه زنی تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم ۹۹
- شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین میزان سیلیس ساقه در مرحله پنجه زنی تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز ۱۰۰
- شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین میزان سیلیس برگ در مرحله ظهور خوشه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم ۱۰۳
- شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین میزان سیلیس ساقه در مرحله ظهور خوشه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز ۱۰۵
- شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین میزان پتاسیم برگ در مرحله ظهور خوشه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم ۱۰۶
- شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین میزان پتاسیم ساقه در مرحله ظهور خوشه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از

- ۱۰۸ محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز
- ۱۱۰ شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین درصد آمیلوز دانه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم
- ۱۱۱ شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین ضریب دمای ژلاتینی شدن تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم

### فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۱۰	جدول ۲-۱- مراحل رشد و تشکیل اندام های مختلف در گیاه برنج
۴۸	جدول ۳-۱- شرایط آب و هوایی محل انجام آزمایش در طول دوره رشد برنج در سال زراعی ۸۹
۴۹	جدول ۳-۲- نتایج تجزیه برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
۸۳	جدول ۴-۱- مقایسه میانگین تعداد پنجه در ۶۶ و ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز
۸۵	جدول ۴-۲- مقایسه میانگین طول خوشه، درصد خوشه‌چه پوک و کل دانه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز

### پیوست‌ها

صفحه	عنوان
۱۴۲	جدول پیوست ۱- میانگین مربعات وزن خشک برگ تحت تأثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز در نمونه برداری های مختلف
۱۴۲	جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ (گرم درمتر مربع) تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز در نمونه برداری های مختلف
	جدول پیوست ۳- میانگین مربعات وزن خشک ساقه تحت تأثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز در نمونه برداری های مختلف

- ۱۴۳ هرز در نمونه برداری های مختلف
- جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در نمونه برداری های مختلف
- ۱۴۳
- جدول پیوست ۵- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در نمونه برداری های مختلف
- ۱۴۴
- جدول پیوست ۶- میانگین مربعات وزن خشک خوشه تحت تأثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در نمونه برداری های مختلف
- ۱۴۵
- جدول پیوست ۷- مقایسه میانگین وزن خشک خوشه (گرم در متر مربع) تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در نمونه برداری های مختلف
- ۱۴۵
- جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین وزن خشک خوشه (گرم در متر مربع) تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در نمونه برداری های مختلف
- ۱۴۶
- جدول پیوست ۹- میانگین مربعات شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز
- ۱۴۷
- جدول پیوست ۱۰- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در نمونه برداری های مختلف
- ۱۴۷
- جدول پیوست ۱۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در نمونه برداری های مختلف
- ۱۴۸
- جدول پیوست ۱۲- میانگین مربعات ارتفاع بوته و تعداد پنجه ه قط. مانگه بالا و پایین تحت تأثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز
- ۱۴۹
- جدول پیوست ۱۳- مقایسه میانگین ارتفاع بوته و تعداد پنجه و قطر میانگره بالا و پایین تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز
- ۱۴۹
- جدول پیوست ۱۴- میانگین مربعات طول خوشه، خوشه چه پوک و کل دانه تحت تأثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز
- ۱۵۰

- جدول پیوست ۱۵- مقایسه میانگین طول خوشه، درصد خوشه‌چه پوک و کل دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری  
 ۱۵۰ حاصل از محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز
- جدول پیوست ۱۶- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم و  
 ۱۵۱ وجین علف هرز
- جدول پیوست ۱۷- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین  
 ۱۵۱ علف هرز
- جدول پیوست ۱۸- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول  
 ۱۵۲ پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز
- جدول پیوست ۱۹- میانگین مربعات میزان عنصر سیلیس و پتاسیم تحت تأثیر محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم  
 ۱۵۳ و وجین علف هرز در مرحله پنجه زنی
- جدول پیوست ۲۰- مقایسه میانگین میزان عنصر سیلیس و پتاسیم تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و  
 ۱۵۳ وجین علف هرز در مرحله پنجه زنی
- جدول پیوست ۲۱- مقایسه میانگین میزان عنصر سیلیس و پتاسیم تحت تأثیر ترکیب تیماری حاصل از محلول  
 ۱۵۴ پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در مرحله پنجه زنی
- جدول پیوست ۲۲- میانگین مربعات میزان عنصر سیلیس و پتاسیم تحت تأثیر محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم  
 ۱۵۵ و وجین علف هرز در مرحله ظهور خوشه
- جدول پیوست ۲۳- مقایسه میانگین عنصر سیلیس و پتاسیم تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین  
 ۱۵۵ علف هرز در مرحله ظهور خوشه
- جدول پیوست ۲۴- مقایسه میانگین میزان عنصر سیلیس و پتاسیم تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از  
 ۱۵۶ محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در مرحله ظهور خوشه
- جدول پیوست ۲۵- میانگین مربعات کلرفیل برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز  
 ۱۵۷ در نمونه برداری های مختلف
- جدول پیوست ۲۶- مقایسه میانگین کلرفیل برگ (واحد اسپد) تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و  
 ۱۵۷ وجین علف هرز در نمونه برداری های مختلف



- جدول پیوست ۲۷- میانگین مربعات صفات کیفی دانه تحت تأثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز
- ۱۵۸
- جدول پیوست ۲۸ - مقایسه میانگین مربعات صفات کیفی دانه تحت تأثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز
- ۱۵۸
- جدول پیوست ۲۹- میانگین مربعات وزن خشک علف‌های هرز در ۶۶ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم
- ۱۵۹
- جدول پیوست ۳۰- مقایسه میانگین وزن خشک علف‌های هرز در ۶۶ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم
- ۱۵۹
- جدول پیوست ۳۱- میانگین مربعات وزن خشک علف‌های هرز در ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم
- ۱۶۰
- جدول پیوست ۳۲- مقایسه میانگین وزن خشک علف‌های هرز در ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم
- ۱۶۰

فصل اول

مقدمه

برنج به عنوان یک ماده غذایی بسیار ارزشمند نقش بسیار حساسی را در جهان کنونی به عهده دارد. این ماده غذایی نه تنها غذای اصلی مردم آسیا، بلکه ماده غذایی حدود دو سوم جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد (اصفهانی و همکاران، ۱۳۸۸). جمعیت کنونی جهان بیش از ۷/۳ میلیارد نفر است که تا سال ۲۰۳۰ به حدود ۸ میلیارد نفر خواهد رسید. بنابراین انتظار می‌رود که تقاضا برای برنج هرساله به میزان ۳ درصد افزایش یابد. هم اکنون حدود ۱۵۰ میلیون هکتار از اراضی دنیا به کشت برنج اختصاص دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که سالانه ۱۰ تا ۳۵ میلیون هکتار از زمین‌های قابل کشت دنیا از بین می‌رود. با توجه به اینکه ۹۰ درصد از شالیزارهای جهان در قاره آسیا قرار دارد و به همین میزان، یعنی ۹۰ درصد برنج تولیدی در قاره آسیا تولید می‌گردد، بنابراین تولید این محصول در این قاره از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همه این عوامل سبب شد که مجمع عمومی سازمان ملل در سال ۲۰۰۲ به درخواست ۴۴ کشور دنیا، سال ۲۰۰۴ میلادی را به‌عنوان سال بین‌المللی برنج اعلام کند. این نخستین باری بود که سازمان ملل عنوان سال را به یک محصول کشاورزی اختصاص داد (علیزاده و عیسوند، ۱۳۸۴). کشت برنج در ایران به طور عمده در دو استان شمالی کشور یعنی گیلان و مازندران انجام می‌گیرد که حدود ۷۵ درصد اراضی زیر کشت برنج را به خود اختصاص می‌دهند. بررسی مصرف سرانه برنج در نقاط شهری و روستایی استان‌های کشور نشان می‌دهد که مصرف برنج در استان‌هایی که خود تولید کننده برنج هستند بیش از سایر استان‌هاست. اگرچه برنج از لحاظ سطح زیر کشت بعد از گندم قرار دارد ولی کالری تولیدی توسط آن از سایر غلات بیشتر می‌باشد (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳).

آنچه علم کشاورزی، به خصوص زراعت عهده‌دار آن است عبارت از 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). برای رسیدن به عملکرد بیشتر باید عوامل مؤثر بر عملکرد را مدنظر قرار داد. یکی از اساسی‌ترین راه‌های افزایش تولید برنج مورد نیاز، تغذیه مناسب گیاه و کاربرد

تکنیک‌های جدید می‌باشد (کوچکی و خیابانی، ۱۳۷۳). کودهای آلی و شیمیایی نهاده‌های مهم را در تولید همه گونه‌های زراعی تشکیل می‌دهند (سیواکومار و پانوسامی، ۲۰۱۱). به طور کلی عملیات نادرست و کاربرد نامناسب کودها حاصلخیزی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به ویژه عناصر ضروری را تخلیه می‌کند. در واقع کاربرد مناسب و متعادل کودها یکی از مهمترین فاکتورهای افزایش عملکرد و کیفیت محصولات زراعی است (علی و همکاران، ۲۰۰۵).

نیاز ارقام مختلف برنج به عناصر غذایی متنوع است (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). غالباً مقادیر جذب شده از خاک برای رشد مناسب این گیاه کافی نیست و به همین منظور باید از کود استفاده شود (سلیمانی و امیری، ۱۳۸۳). افزایش عملکرد ناشی از مصرف کود به طور متوسط حدود ۲۵ درصد ذکر شده است و این نشان دهنده اهمیت فراوان کود در افزایش تولید برنج است (فلاح و سعادت، ۱۳۷۶). از طرفی کاربرد نامناسب و در شرایط نامطلوب کود به علت جذب و انتقال ضعیف در گیاه ذخیره غذایی مناسبی را فراهم نمی‌کند بنابراین فراهم کردن مواد مغذی بیشتر و با سطح بالاتر از کاربرد معمول کود در خاک، از طریق کاربرد برگی نیاز ضروری می‌باشد (علی و همکاران، ۲۰۰۵). مدارکی مبنی بر مشکلات زیست محیطی ایجاد شده توسط کاربرد کودهای پتاسیمی وجود ندارد (سانجوان و همکاران، ۲۰۰۳).

گیاهان به مواد معدنی ضروری برای تکمیل چرخه زندگی‌شان نیاز دارند، البته مقدار نیاز برای رشد و تولید نرمال بسته به گونه گیاهی متفاوت است (سیواکومار و پانوسامی، ۲۰۱۱). برای اینکه یک عنصر سودمند تلقی گردد تعاریفی وجود دارد. مثلاً یک عنصر سودمند ممکن است موجب افزایش رشد شود ولی ضروری نباشد یا اینکه تنها برای برخی گونه‌های گیاهی ضروری باشد و یا در شرایطی معین ضروری گردد، معمولاً این تعریف، به ویژه درباره سدیم، سیلیس و کبالت به کار برده می‌شود (خلدبرین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). سیلیس به عنوان عنصری سودمند برای گیاهان شناخته شده است (باک و همکاران، ۲۰۰۸) و عنصری مفید برای رشد گیاه برنج می‌باشد (یوشیدا، ۱۹۸۱). اثرات و سودمندی‌های جذب

سیلیس از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت است (ریچموند و ساس من، ۲۰۰۳). گیاهان زیادی توانایی جذب سیلیسیم را دارند و بسته به گونه‌ها، محتوی سیلیسیم تجمع یافته در بیوماس می‌تواند از دامنه ۱۰ تا بیشتر از ۱۰۰ گرم در کیلوگرم باشد (اپستین، ۱۹۹۴). اگرچه این عنصر برای اکثر گیاهان غیرضروری به نظر می‌رسد ولی جذب آن توسط گیاهان سودمندی‌های زیادی مانند افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌ها (داتنوف و همکاران، ۲۰۰۱)، مقاومت به خشکی (لوکس و همکاران، ۲۰۰۲)، تحمل فلزات سنگین (نیومن و زورنیدن، ۲۰۰۱) و افزایش کیفیت محصولات زراعی و عملکرد را موجب می‌شود. به طور کلی سیلیس به عنوان عنصری موثر در کم‌کردن اثر تنش‌های غیر زنده در گیاهان عالی شناخته شده است (هادسون و ایوانز، ۱۹۹۵؛ روگالا و روم هلد، ۲۰۰۲؛ لیانگ و همکاران، ۲۰۰۳ و ۲۰۰۵). کاربرد سیلیس در خاک‌های دارای کمبود این عنصر می‌تواند منجر به کاهش استفاده از مقادیر زیاد سموم کشاورزی به منظور مدیریت آن گردد (جلالی، ۱۳۹۰). اهمیت سیلیس در تغذیه گیاه در زمینه کشاورزی ارگانیک بیشتر است. با توجه به اینکه استفاده از آفت‌کش‌های زیستی (حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، نماتد‌کش‌ها و غیره) برای کنترل آفت و بیماری ممنوع شده است، از این رو ذخیره سیلیس از طریق محلول‌پاشی برگ می‌تواند به افزایش تولید و محافظت از محصولات ارگانیک کمک کند (باک و همکاران، ۲۰۰۸).

یکی از کودهای شیمیایی که نقش مهمی در افزایش عملکرد و کیفیت برنج دارد، کودهای پتاسیمی است. قابلیت دسترسی پتاسیم و پاسخ گیاه به کاربرد آن می‌تواند تحت تأثیر عواملی چون ظرفیت تثبیت پتاسیم، توانایی خاک در حفظ نسبت معینی از پتاسیم در محلول خاک، درصد و نوع رس و غیره قرار گیرد (کاووسی و شکری واحد، ۱۳۸۳). پتاسیم نیز در افزایش مقاومت گیاهان نسبت به آفات و بیماری‌ها نقش قابل ملاحظه‌ای دارد (دداتا و میکلسن، ۱۹۸۵). این عنصر در برنج موجب افزایش سطح برگ، افزایش میزان کلروفیل، تأخیر در ریزش برگ‌ها (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳)، افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی به ویژه سرما (سلیمانی و امیری، ۱۳۸۳)، افزایش مقاومت گیاه در برابر بیماری‌ها، افزایش

استحکام ساقه و کاهش ورس (میرنیا و محمدیان، ۱۳۸۴) می‌گردد. پتاسیم در انتقال نیترات از ریشه‌ها به شاخه‌ها و برگ‌ها نقش ایفا می‌کند. چنانچه مقادیر پتاسیم ذخیره شده در گیاه کافی نباشد، نه تنها مقادیر کمتری نیترات از محلول خاک جذب می‌شود بلکه مقدار کمتری نیز تبدیل به پروتئین می‌گردد. هر دو عامل نیترات و مقدار پروتئین فاکتورهای مهم برای کیفیت محصول هستند (کی رائوس، ۲۰۰۳). با توجه به محدودیت آب و زمین‌های قابل کشت برای برنج، نقش و جایگاه افزایش تولید در واحد سطح و جلوگیری از کاهش عملکرد باید مورد توجه قرار گیرد.

علف‌های هرز نیز از جمله عوامل خسارت زا برای برنج می‌باشند که هم بر کیفیت و هم بر عملکرد یا کمیت آن مؤثرند (سلیمانی و امیری، ۱۳۸۳). علف‌های هرز از طریق رقابت برسر منابعی مانند آب، عناصر غذایی، نور، آلودگی، مزاحمت در برداشت و عملیات زراعی، آلودگی محیط زیست و گسترش امراض و آفات خسارات بسیاری به گیاهان زراعی وارد می‌کنند (دوفولیک، ۲۰۰۰ و تامادو و میلبرگ، ۲۰۰۰). علف‌های هرز مهم‌ترین مانع بیولوژیکی در تولید برنج هستند. از بین علف‌های هرز مختلف، جنس سوروف به دلیل شباهت مرفولوژیکی، فنولوژیکی و برتری فیزیولوژیکی به برنج، به عنوان مهم‌ترین علف‌هرز این زراعت در دنیا شناخته شده است (محمدشریفی، ۱۳۸۰). ویژگی‌هایی مانند درجه بالایی از راندمان فتوسنتزی، کارایی مصرف آب و عناصر غذایی، از امتیازات علف‌های هرز نسبت به محصولات زراعی در طول فرآیند رقابت می‌باشد. بر اساس گزارش پاتاک محقق بین المللی برنج، کاهش عملکرد ناشی از خسارت علف‌های هرز در مزارع برنج ۱۰ تا ۵۰ درصد می‌باشد (ابطالی و ابطالی، ۱۳۸۷) آلودگی مزرعه برنج به علف‌های هرز، در وهله اول به لحاظ مزاحمت در رشد گیاه برنج و نهایتاً کاهش محصول مورد توجه قرار می‌گیرد (میرکمالی، ۱۳۸۵). متوسط خسارت علف‌های هرز در برنج، در ایران ۲۵ تا ۸۹ درصد اندازه‌گیری شده است (موسوی، ۱۳۸۷). رشد فراوان علف هرز در طول مراحل اولیه رشد محصول، به علت تخلیه مواد غذایی از خاک، پنجه‌زنی برنج را کاهش می‌دهد (همیشگی و بابااکبری، ۱۳۸۷). برخی از علف-

های هرز مثل سوروف، میزبان ثانوی آفاتی از قبیل تک نقطه‌ای برنج می‌باشند. کرم ساقه‌خوار برنج، زمستان را در ساقه این گونه علف‌های هرز به سر برده و به دلیل ضخامت ساقه، درصد زنده‌مانی آن بیشتر از ساقه برنج می‌باشد (موسوی، ۱۳۸۷).

## اهداف تحقیق

با توجه به محدودیت‌های ذکر شده در مسیر تولید گیاه مهم برنج، در این مطالعه به بررسی نقش احتمالی محلول‌پاشی برگ‌ی سیلیکات پتاسیم در افزایش رشد و کیفیت گیاه برنج در شرایط رقابت با علف‌های هرز پرداخته شد. در قالب این پژوهش اهداف زیر مطرح و دنبال گردید:

- ۱- بررسی تفاوت بین مصرف و عدم مصرف سیلیکات پتاسیم بر رشد و عملکرد برنج.
- ۲- بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیکات پتاسیم بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی، مرفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد برنج.
- ۳- بررسی عکس‌العمل برنج به محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم در غلظت‌های متفاوت.
- ۴- بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیکات پتاسیم بر برنج در رقابت با علف هرز.

فصل دوم

بررسی منابع



## ۲-۱- اهمیت غلات

غلات یکی از مهمترین تولیدات غذایی برای انسان هستند که نقش ویژه و مهمی در الگوی مصرف هر کشوری دارد. تقریباً ۵۵ درصد از پروتئین‌ها، ۱۵ درصد چربی‌ها، ۷۰ درصد گلوکید و به طور کلی ۵۵-۵۰ درصد کالری مصرف شده توسط انسان در دنیا به وسیله غلات تأمین می‌گردد. دانه‌های تولید شده از گندم، جو، ذرت، ذرت خوشه‌ای، ارزن، برنج، چاودار، یولاف و حتی دانه بعضی از گیاهان علوفه‌ای وابسته به این خانواده به خاطر ارزش غذایی زیادی که دارند و مورد استفاده بشر قرار می‌گیرند، نزدیک به ۹۰ درصد کل تولید دانه را تشکیل می‌دهند. مهم‌ترین و رایج‌ترین غلات، برنج، گندم و ذرت می‌باشند (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰).

## ۲-۲- برنج

### ۲-۲-۱- گیاه شناسی

برنج (*Oryza sativa* L.) گیاهی است یک ساله، از راسته غلاف‌داران، تیره غلات و از جنس اوریزا که دارای  $2n=24$  کروموزوم می‌باشد. در تکوین ارقام زراعی برنج آسیا گونه *O. sativa* و در تکوین ارقام زراعی آفریقا گونه *O. glaberrima* نقش مهم‌تر و اساسی‌تری دارند. سیستم ریشه‌ای برنج فیبری، افشان و دارای تعداد زیادی ریشه‌چه و تارهای کشنده می‌باشد. برگ‌ها یک در میان و به طور متناوب در روی ساقه قرار دارند. هر برگ دارای پهنک باریک و بلند بوده و طول پهنک از پایین بوته به طرف بالا افزایش پیدا می‌کند. برگ‌ها کشیده و دارای رگبرگ‌های موازی بوده و بدون دم‌برگ هستند. در محل اتصال پهنک به غلاف یک جفت گوشوارک وجود دارد که در دو طرف غلاف قرار دارد. در بالای گوشوارک‌ها یک زائده سه گوش وجود دارد که به آن زبانک می‌گویند. برگ در گونه *sativa* دارای کرک و در گونه *glaberrima* بدون کرک است. ساقه برنج ماشوره‌ای، توخالی و صاف است و در فواصل مختلف ساقه گره-

های توپر وجود دارد. از محل گره پایین ساقه، جوانه و برگ به وجود می‌آید که آن را پنجه می‌نامند. اندام‌های زایشی برنج شامل، خوشه و خوشچه یا سنبلچه (دانه) می‌باشد. گلچه شامل لما و پالئا و گل است که گل خود شامل شش پرچم و یک مادگی می‌باشد. گیاه برنج خودگشن است ولی ۳ تا ۶ درصد دگرگشتی دارد. میوه از نوع گندمه است. در بذر برنج پوشینه‌ها (لما و پالئا) به دانه چسبیده هستند و به همراه دانه واحدی به نام شلتوک را به وجود می‌آورند. این گیاه تک لپه‌ای و دانه آن غنی از نشاسته می‌باشد (سلیمانی و امیری لاریجانی، ۱۳۸۳). در واقع دانه برنج که در زبان فارسی شلتوک یا شالی نامیده می‌شود از قسمت‌هایی شامل ریشک، پوسته، سبوس، بافت نشاسته‌ای و جنین تشکیل شده است. عبارت برنج یک عبارت عام است که شلتوک را نیز در برمی‌گیرد (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۶).

#### ۲-۲-۲- مراحل رشد و نمو

رشد و نمو گیاه برنج به سه مرحله تقسیم می‌شود، این مراحل شامل مرحله رویشی (از جوانه‌زنی شروع شده و تا تشکیل خوشه اولیه ادامه دارد)، مرحله زایشی (از تشکیل خوشه اولیه تا گل‌دهی ادامه دارد) و مرحله رسیدن (از گل‌دهی تا رسیدن کامل ادامه دارد) می‌باشد (سلیمانی و امیری لاریجانی، ۱۳۸۳) که در جدول ۱-۲ قابل مشاهده است.

گزارشات نشان می‌دهد که قابلیت پنجه‌زنی در برنج یک صفت زراعی مهم برای تولید دانه به حساب می‌آید (لی و همکاران، ۲۰۰۳). که همبستگی بالایی با عملکرد دانه دارد (گراویس و هلمز، ۱۹۹۲). برنج-های اصلاح شده امروزی قابلیت پنجه‌دهی بالاتری دارند، زیرا ارقام پاکوتاه دارای شاخص سطح برگ مطلوب نیستند (یوسف نیا، ۱۳۷۹). میلر و همکاران (۱۹۹۱)، نیز گزارش کردند که تعداد پنجه بارور مهمترین جزء عملکرد است، به طوری که ۸۶ درصد از تغییرات عملکرد را شامل می‌شود.

جدول ۲-۱- مراحل رشد و تشکیل اندام های مختلف در گیاه برنج (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰)

مراحل رشد	اندام ها	مراحل تشکیل اندام ها	تعداد برگ	تعداد روز
جوانه زدن	مخروط پائینی برگ های پائینی ریشه اصلی	I	۱	صفر ۱۰
شروع سبز شدن	مخروط پائینی برگ های میانی ریشه های نابجا جوانه های جانبی	II	۲ ۳ ۴	۱۱ ۲۰
پنجه زدن	مخروط رویشی برگ های بالایی جوانه های جانبی مخروط زایشی تشکیل خوشه اصلی	III	۵ ۶ ۸ ۹	۲۱ ۷ ۴۵
تشکیل غلاف (آبستنی)	جوانه ها خوشه چه ها گل ها گرده تخمندان	IV V VI VII	۱۰ ۱۱ ۱۲	۴۶ ۷۰
باروری		VIII IX		۷۷
رسیدن	پرایموردیای جنین جنین آندوسپرم رسیدن شیری خمیری سخت	X XI		۷۸ ۱۱۰

### ۲-۲-۳- سازگاری

برنج یکی از گیاهان مخصوص کاشت و رشد و نمو در نواحی مرطوب استوایی و مناطق نسبتاً گرم و یا معتدل است و در مناطقی که بارندگی سالانه حدود ۱۰۰۰ میلی‌متر باشد به خوبی از خود سازگاری نشان داده و محصول خوبی از نظر کمیت و کیفیت تولید می‌کند. از نظر عرض جغرافیایی در بیشتر نقاط دنیا از استوا تا ۴۵ درجه شمالی و تا ۴۵ درجه عرض جنوبی رشد می‌نماید. ارتفاع از سطح دریا تأثیر

چندان زیادی در رشد برنج ندارد. تنها عامل محدود کننده کشت برنج سرما است (خدابنده، ۱۳۷۱). نیاز دمایی این گیاه بیشتر از غلات سردسیری است و بدین سبب فقط در مناطقی که میانگین دما در سرتاسر دوره رشد محصول بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد می‌توان به طور موفقیت‌آمیزی اقدام به کشت آن کرد. این گیاه برای جوانه‌زدن حداقل به ۱۲-۱۰ درجه سانتی‌گراد، برای پنجه زنی به ۱۶ درجه سانتی-گراد، برای سنبله‌رفتن و باروری به ۲۲-۲۰ درجه سانتی‌گراد و برای رسیدن دانه به حداقل ۱۵ درجه سانتی‌گراد نیازمند است. برنج اصولاً یک گیاه روزکوتاه است، بنابراین نسبت به طول روز در مناطق مختلف واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهد. مرحله بحرانی برنج نسبت به کمبود نور، سه هفته قبل و سه هفته بعد از ظهور خوشه است. مساعدترین رطوبت هوا برای گلدهی برنج حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد می‌باشد و رطوبت‌های کمتر از ۴۰ درصد یا بیش از ۹۵ درصد، گلدهی را با مشکلاتی مواجه می‌سازند. چون شالیزار معمولاً غرقاب می‌شود، زمین آن باید کاملاً هموار بوده و دارای زهکشی محدود و ثابتی باشد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). برنج معمولاً در خاک‌هایی که بافت تشکیل دهنده‌ی آن‌ها حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد رس همراه با مواد آلی پوسیده و کاملاً حاصل‌خیز باشند بهترین محصول را تولید می‌نماید. به طور کلی بهترین خاک‌ها اراضی لیمونی رسی است (خدابنده، ۱۳۷۱).

#### ۲-۲-۴- سطح زیر کشت

برنج بعد از گندم دومین گیاه مهم زراعی از لحاظ گستردگی سطح زیر کشت، محسوب می‌شود (اصفهانی و همکاران، ۱۳۸۸). طبق آخرین آمار سازمان خواربار و کشاورزی جهانی از ۱۱۲ کشور تولیدکننده برنج، ۱۷ کشور ۹۷ درصد برنج و ۹۵ کشور ۳ درصد باقی‌مانده را تولید می‌کنند. کشورهای جنوبی و شرق آسیا به تنهایی ۹۶ درصد کل محصول جهان را تولید می‌کنند (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). سطح زیر کشت برنج در دنیا و ایران به ترتیب ۱۵۳/۳ میلیون و ۵۶۰ هزار هکتار است. عملکرد دانه برنج

در جهان ۵۸۸/۵ میلیون تن با متوسط ۳/۳ تن شلتوک در هکتار و در ایران ۳/۳ میلیون تن با متوسط ۵/۸ تن شلتوک در هکتار می‌باشد (فائو، ۲۰۰۷).

## ۲-۲-۵- ارزش غذایی دانه

برنج در میان مواد غذایی که از لحاظ کربوهیدرات‌ها غنی می‌باشند، دارای ارزش غذایی بالایی است (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۶). دانه برنج از نظر گیاه‌شناسی میوه‌ای است که آن را گندمه یا کاریوپس می‌نامند. کاریوپس درون پوسته‌ای که به نحوی آزاد به آن چسبیده محصور است. در زیر پوسته پریکارپ قهوه‌ای رنگی قرار دارد، که شامل لایه‌های سبوس بوده و از لحاظ لیپید، پروتئین، نمک‌های معدنی و ویتامین‌ها غنی می‌باشد. در زیر سبوس لایه کم‌رنگ‌تری با همان ترکیب وجود دارد که جلا نامیده می‌شود. سبوس و جلا ۱۰ درصد برنج قهوه‌ای رنگ اولیه را تشکیل می‌دهند و حاوی حدود ۸۵ درصد لیپید، ۱۰ درصد پروتئین، ۷۰ درصد مواد کانی و الیاف خام، ۸۰ درصد تیامین، ۶۵ درصد نیاسین و ۵۰ درصد ریبوفلاوین می‌باشند. مابقی برنج سفید تجاری است که حاوی ۹۰ تا ۹۴ درصد نشاسته و ۶ تا ۱۰ درصد پروتئین است (سلیمانی و امیری لاریجانی، ۱۳۸۳). دانه برنج که در تغذیه انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد دارای ۷/۷ درصد پروتئین، ۷۵/۲ درصد مواد غیر نیتروژن، ۰/۴ درصد چربی، ۲/۲ درصد سلولز و ۰/۵ درصد خاکستر می‌باشد و از نظر ارزش غذایی و میزان کالری تولیدی، به اکثر مواد غذایی مورد مصرف انسان برتری دارد. ضریب هضم مواد آلی دانه آن بدون پوسته در حدود ۹۲ درصد می‌باشد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۰). همچنین در دانه برنج اسیدهای چرب اولئیک (۴۰ تا ۴۴ درصد)، لینولئیک (۳۵ تا ۳۶/۷ درصد)، پالمیتیک (۱۲ درصد)، لینولنیک (۴ درصد)، استاریک (۱/۵ تا ۱/۸ درصد) و سایر اسیدها (۱ تا ۱/۲ درصد) وجود دارد (خدابنده، ۱۳۷۱). برنج زود هضم و جذب بوده و بیش از ۹۵/۵ درصد از پروتئین و کربوهیدرات‌های موجود در آن جذب بدن می‌شود به همین دلیل انسان را سریع چاق می‌کند (سلیمانی و امیری لاریجانی، ۱۳۸۳). معطر بودن یکی از صفات کیفی برنج است و

بعضی از ارقام دارای عطر قوی می‌باشند. مهم‌ترین عامل عطر در برنج ۲-استیل ۱-پیرولین است (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۶).

#### ۲-۲-۶- کاربرد برنج در صنایع مختلف

از پوسته برنج (لما و پالنا) پس از خرد کردن برای خوراک طیور، تخته سه‌لا، نئوپان، تهیه سمباده و در صنایع الکل‌سازی، پارچه بافی (برای آهار پارچه)، شیشه‌سازی، رنگ‌سازی و واکس‌سازی استفاده می‌کنند. ضمن آن‌که کاه برنج برای تغذیه دام، پوشش سقف خانه‌های سنتی و انبارهای قدیمی، تولید کاغذ، مقوا، دمپایی، سبد و طناب به کار می‌رود. از سبوس آن نیز می‌توان برای تهیه روغن خوراکی و صنعتی و خوراک دام و طیور استفاده نمود (سلیمانی و امیری لاریجانی، ۱۳۸۳).

#### ۲-۳- عملیات زراعی (کاشت، داشت و برداشت)

##### ۲-۳-۱- عملیات کاشت

به‌طور کلی عملیات آماده کردن بذر جهت کاشت در خزانه شامل بوجاری، سبک و سنگین کردن، خیساندن، جوانه‌دار کردن و پاشیدن بذر در خزانه می‌باشد (خدابنده، ۱۳۷۱). در سال‌های اخیر به علت شدت بیماری‌های قارچی بذر را پس از سبک و سنگین کردن در آب و نمک، در محلول‌های قارچ‌کش توصیه شده قرار می‌دهند. بذور پس از جوانه‌دار شدن در خزانه پاشیده می‌شوند. خزانه، قطعه زمینی است به‌صورت جوی و پشته که طول آن حدود ۱۵ تا ۲۰ متر و عرض آن ۱/۲ تا ۱/۸ متر است (سلیمانی و امیری، ۱۳۸۳). مدت زمانی که بوته جوان برنج در خزانه رشد و نمو می‌نماید بین ۳۰ تا ۴۰ روز می‌باشد که بوته‌ها ۴ تا ۵ برگ می‌شوند. پس از لایروبی و مرمت کانال‌ها و جوی‌های مزرعه، عملیات شخم، صاف‌کردن، مرزبندی و جمع‌آوری کلش و علف‌های هرز صورت می‌گیرد (خدابنده، ۱۳۷۱). سپس اولین

عملیات پادلینگ<sup>۱</sup> (گل آب کردن) دو هفته قبل از نشاکاری و دومین پادلینگ نیز یک هفته قبل از نشاکاری انجام می‌شود. آخرین پادلینگ نیز دو روز قبل از نشاکاری است. زهکشی آب مزرعه به منظور کاربرد یکنواخت کودهای پایه قبل از نشاکاری ضرورت دارد. برای کاهش از بین رفتن نشاها بهتر است تعداد ۳ تا ۴ عدد را در عمق ۲ تا ۳ سانتی‌متری نشاکاری کرد (سلیمانی و امیری، ۱۳۸۳).

انتقال نشا از خزانه به زمین اصلی، بستگی کامل به شرایط جوی دارد و ممکن است از سالی به سال دیگر تغییر نماید. به‌طور کلی در شمال ایران عملیات نشاکاری از حدود اوایل اردیبهشت ماه شروع شده و ممکن است تا اواسط تیرماه ادامه یابد. هرچه سن گیاه زیاده‌تر شود قدرت پنجه زدن آن کمتر می‌شود. به‌طور کلی بهترین فاصله برای کاشت نشا در زمین اصلی از هر طرف ۲۵×۲۵ سانتی‌متر است. دوره رشد برنج با توجه به نوع رقم متفاوت است و از حداقل ۶۰ تا به‌طور متوسط ۹۰ و حداکثر ۱۸۰ روز تغییر می‌نماید (خدابنده، ۱۳۷۱). جهت افزایش راندمان و بهره‌وری بیشتر، تمام کود فسفات به همراه نیمی از کود پتاسه و یک سوم از کود نیتروژنه در آخرین مرحله آماده‌سازی زمین اصلی، و با حداقل آب مصرف می‌شود (سلیمانی و امیری، ۱۳۸۳).

## ۲-۳-۲- عملیات داشت

آبیاری شالیزار یکی از مسائل مهمی است که در زراعت برنج باید رعایت گردد. اهمیت هیچ یک از عملیات زراعی از قبیل تهیه زمین، روش کاشت، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز، تقویت زمین و غیره بیشتر از آبیاری نیست. عوامل زیادی مانند دمای محیط، تبخیر، رطوبت موجود در خاک، وزش باد، علف‌های هرز و دوره رشد برنج در مصرف آب تأثیر گذارند. این گیاه برای تولید محصول کافی به‌طور متوسط حدود ۳۰۰۰۰ تا ۳۵۰۰۰ متر مکعب آب نیاز دارد (حاجی پور، ۱۳۸۶). در زمان تشکیل پانیکول (خوشه سنبل) و گل‌دادن، آب نقش اساسی در رشد گیاه دارد. همچنین در موقع تولید پنجه که قبل از

<sup>۱</sup> -Puddling

تولید ساقه می‌باشد وجود آب در پای نبات کاملاً ضروری است (خداپنده، ۱۳۷۱). مصرف کود سرک در زمان ابتدای تشکیل خوشه اولیه و مراحل بعد موجب افزایش طول خوشه، طول دانه، درصد دانه‌های رسیده و پروتئین دانه خواهد شد (سلیمانی و امیری، ۱۳۸۳).

آفاتی نظیر کرم ساقه‌خوار برنج، کرم سبز برگ‌خوار، تک نقطه‌ای و بیماری‌هایی مانند بلاست، لکه قهوه‌ای از مهمترین عوامل تهدید کننده مزارع برنج می‌باشند (حاجی پور، ۱۳۸۶).

علف‌های هرز با استفاده از آب و مواد غذایی و اشغال قسمتی از زمین زراعی موجب کاهش عملکرد برنج گردیده و ارزش اقتصادی و غذایی آن را پایین می‌آورند. برای مبارزه و از بین بردن علف‌های هرز در شالیزارها معمولاً برنج‌کاران از پیشگیری، مبارزه زراعی، غرقاب کردن، مبارزه مکانیکی و مبارزه شیمیایی استفاده می‌کنند (خداپنده، ۱۳۷۱).

## ۲-۳-۳- برداشت

برداشت برنج در هر منطقه بستگی به دمای محیط و رقم مورد کاشت دارد ولی به‌طور کلی برداشت هنگامی صورت می‌گیرد که رشد و نمو گیاه خاتمه یافته باشد، رنگ بوته‌ها مایل به زردی و دانه‌ها نیز سفت شده باشند به‌طوری‌که زیر فشار ناخن شکسته و له نشوند و به صورت نشاسته یا خمیر در نیایند. زمان برداشت نیز تابع آب و هوای منطقه می‌باشد. در شمال ایران برداشت از اواسط مرداد ماه شروع می‌شود و تا اواسط مهر ماه ادامه دارد (خداپنده، ۱۳۷۱). زمان صحیح برداشت، موقعی است که دمای جمعی بعد از خروج خوشه به ۹۵۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد برسد (سلیمانی و امیری، ۱۳۸۳). حدود ۸۰ درصد از برداشت برنج در شمال کشور در شهریور ماه انجام می‌گیرد. برداشت برنج در شمال ایران به وسیله کارگر، و در سال‌های اخیر با ماشین‌های مخصوص برداشت (دروگر) انجام می‌شود. سپس دسته-



های برنج برداشت شده به مدت ۲۴ ساعت در مقابل آفتاب و جریان هوا باقی می ماند تا نسبتاً خشک شوند و پس از خرمن کوبی به کارخانه منتقل می شوند (خدابنده، ۱۳۷۱).

## ۲-۴- عنصر سیلیس

سیلیس دومین عنصر موجود در پوسته زمین (ریچموند و ساس من، ۲۰۰۳) و تشکیل دهنده ساختار اصلی بافت های گیاهی است (همیشگی و بابا اکبری، ۱۳۸۷). ولی با وجود فراوانی، هرگز به فرم آزاد یافت نمی شود و همیشه با سایر عناصر ترکیب می شود و معمولاً اکسیدازها یا سیلیکاتها را تشکیل می دهد (ریچموند و ساس من، ۲۰۰۳). خاک های کشاورزی از کانی های سیلیکاته فراوانی برخوردارند ولی مقادیر زیادی از سیلیس این خاک ها به طور طبیعی برای جذب گیاه ناچیز و غیر قابل استفاده می باشند (مایاک و تاکاهاشی، ۱۹۸۵). سیلیسیم به صورت اکسید سیلیسیم ( $\text{SiO}_2$ ) در خاک های زراعی وجود دارد. کانی های سیلیکاته در سیستم های کشت غرقابی حل می شوند و به صورت اسید اورتوسیلیسیک  $[\text{Si}(\text{OH})_4]$  وجود دارند. ژل سیلیسیم یا سیلیسیم خاکی از پلیمریزاسیون اسیدهای اورتوسیلیسیک تشکیل می شود. غلظت سیلیسیم در محلول خاک در خاک های ماندابی نسبت به خاک های خشک بیشتر است. مواد آلی بالا، حلالیت سیلیسیم را افزایش می دهند. به علت حضور اسیدهای آلی رقیق در خاک، استخراج سیلیسیم در خاک بالا می باشد. گاهی اوقات سیلیسیم با آلومینیوم و هیدروکسیدهای فریک موجود در محلول خاک ترکیب می شود. خاک های ناشی از خاکسترهای آتشفشانی، مقدار سیلیسیم محلول بالایی دارند و منبع مناسبی برای تأمین سیلیسیم می باشند (همیشگی و بابا اکبری، ۱۳۸۷).

## ۲-۴-۱- نقش سیلیس در سلامت انسان

کاهش تراکم استخوان اپیدمی خاموش قرن ۲۱ است که سالانه میلیون ها پوند هزینه در بردارد و در آینده رو به افزایش است. مواد غذایی در تعیین سلامت انسان نقش اساسی دارند. مطالعات مربوط به ۳۰

سال گذشته نشان می‌دهد که رژیم غذایی حاوی سیلیس برای استخوان و بافت‌های نگهدارنده مفید است. نقش دقیق بیولوژیکی سیلیس در سلامت استخوان هنوز به طور واضح مشخص نیست، اگرچه مطالعات انجام شده مکانیسم‌هایی شامل، سنتز کلاژن و پایداری آن و معدنی شدن ماتریکس را نشان می‌دهد. مقدار مصرف روزانه سیلیس بین ۲۰ تا ۵۰ میلی‌گرم در روز می‌باشد که حدود دو برابر مصرف معمول آهن و روی است. مقادیر بالای سیلیس در دانه‌های خام جو، یولاف، سبوس برنج و گندم مشاهده شده است. پوسته برنج حاوی ۱۱۰ میلی‌گرم بر گرم سیلیس است (جاگداسینگ، ۲۰۰۷).

#### ۲-۴-۲- جذب و انتقال سیلیس در گیاه

سیلیس در اغلب خاک‌ها به فراوانی یافت می‌شود، توسط گیاهان جذب می‌شود و اغلب با غلظت‌های بالا در بافت‌های گیاهی وجود دارد (اپستین، ۱۹۹۹). در برنج ژن‌های افزایشی و غیرافزایشی در مکانیزم جذب سیلیسیم دخالت دارند (ما و تاکاهاشی، ۱۹۹۰). جذب سیلیسیم در گیاهان به صورت منوسیلیسیلیک اسید و نیز اورتوسیلیسیلیک اسید ( $H_2SiO_4$ ) می‌باشد و به وسیله انتشار و نیز تأثیر فشار تعرقی ریشه از طریق جریان توده‌ای جذب می‌شود (الواد و گرین، ۱۹۷۹).

در برنج و گندم جذب سیلیس به صورت فعال صورت می‌گیرد و تحت تأثیر میزان تعرق نیست. در گیاهانی که جذب سیلیس به صورت غیرفعال صورت می‌گیرد، توزیع سیلیس در داخل گیاه به وسیله میزان تعرق اندام‌ها تعیین می‌شود (تاکاهاشی و مایاک، ۱۹۷۷).

سیلیس در گیاهان از درون آوند چوبی جا به جا می‌گردد و توزیع آن در شاخه، برگ‌ها و اندام‌های هوایی به وسیله میزان تعرق در اندام‌ها تعیین می‌شود. بخش عمده سیلیس در آپوپلاست باقی می‌ماند و پس از خروج آب از بخش‌های انتهایی در اثر جریان تعرق، به‌طور عمده در بخش بیرونی دیواره‌های سلول‌های بصره در سطح برگ ته نشین می‌شود. سیلیس یا به‌صورت سیلیکات بی‌شکل و یا به شکل به

اصطلاح اوپال فیتولیتز<sup>۱</sup> با اشکال سه بعدی ته نشست می‌شود. سیلیس با ته نشین شدن روی سلول‌های آوند چوبی از فرو ریختن آوندها در شرایط تعرق زیاد جلوگیری می‌کند (راون، ۱۹۸۳). در گیاهانی که جذب سیلیس در آنها زیاد است (برنج)، سیلیس به طور عمده در بخش‌های هوایی گیاه ظاهر می‌شود که در اپیدرم پهنک برگ‌ها، غلاف برگ و ساقه، اسکلرانسیم بافت‌های آوندی، دیواره پارانشیم سلولی و غلاف آوندی ذخیره می‌شود. سیلیس در برنج به کندی حرکت می‌کند. به نظر می‌رسد که فعالیت جذب این عنصر توسط برنج بعد از مرحله پنجه‌زنی و یا بعد از طویل شدن ساقه شروع می‌شود (کاتو و اووا، ۱۹۹۰). برگمن (۱۹۹۲)، معتقد بود که برگ‌های پیر گیاهان بالغ مقدار سیلیس بیشتری از برگ‌های جوان دارند. این عنصر به مقدار زیاد از خاک جذب می‌شود که نسبت به عناصر دیگر بیشتر است.

گزارشات یوشیدا (۱۹۷۵)، در ارتباط با شیمی سیلیسیم حاکی از آن است که به طور کلی این عنصر در گیاه برنج خیلی متحرک نیست، بنابراین احتمالاً مصرف این عنصر در تمام مراحل رشد، خاصه برای حصول عملکرد و سلامتی گیاه برنج مورد نیاز خواهد بود. اگرچه به عقیده ما و همکاران (۱۹۸۹)، حدود دو سوم سیلیسیم کل گیاه برنج و نزدیک به سه چهارم سیلیسیم پهنک برگ برنج طی مرحله باروری جذب می‌شود، ولی مطالعات بعدی نشان داد که شروع جذب فعال این عنصر توسط برنج پس از مرحله پنجه‌زنی (کاتو و اووا، ۱۹۹۰) و یا پس از طویل شدن ساقه (چن، ۱۹۹۰) می‌باشد. بر اساس مطالعه‌ای دیگر (برگمن، ۱۹۹۲)، جذب سیلیسیم از مرحله نشاکاری شروع می‌شود و تا مرحله گلدهی ادامه می‌یابد.

## ۲-۴-۳- نقش سیلیس در رشد و عملکرد گیاهان

سیلیس تنها عنصری است که با تجمع بالا در گیاهان، آسیبی به آنها نمی‌رساند. اگرچه نقش سیلیس در گیاهان به علت موجودیت فراگیر آن در پوسته زمین نادیده گرفته می‌شود (کیم و چوی، ۲۰۰۲). گیاهان عالی از نظر ظرفیت آنها در جذب سیلیس، ویژگی‌های گوناگون دارند. سیلیس به عنوان

<sup>1</sup> -Opal Phytoliths

یک ماده غذایی سودمند برای اکثر گیاهان، به خصوص گرامینه‌ها شناخته شده است. ما و تاکاهاشی (۲۰۰۲)، دریافتند که تجمع سیلیس در جوانه‌ها به طور قابل توجهی در بین گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت است. در بین گیاهان عالی فقط گرامینه و سیپراسه تجمع سیلیس بالایی را نشان می‌دهند. نیشکر از جمله گیاهانی است که سیلیس را انباشته می‌کند. اثرات سودمند سیلیس بر رشد گیاهان انباشته کننده به خوبی ثابت شده است. بر اساس بررسی‌های به عمل آمده، سیلیس برای گوجه فرنگی و خیار نیز عنصری ضروری است. گوجه فرنگی و خیار بدون سیلیس تا آغاز گل‌دهی رشد می‌کنند، پس از آن برگ‌ها بد شکل و گرده افشانی مختل می‌شود و در شرایط حاد میوه‌ای تشکیل نمی‌شود. همچنین برگ‌ها پلاسیده و گیاه پژمرده می‌شود، که ممکن است به نقش سیلیس در استحکام بخشیدن به آوندهای چوبی و پایدارکردن آن‌ها در برابر فرو ریختن هنگام تعرق زیاد مربوط باشد (خلدبرین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). به طور معمول اثرات سیلیس به کنترل آفات و بیماری‌ها و توسعه مکانیسم‌های دفاعی گیاهان مربوط می‌شود. اثر آن بر عملکرد به سبب توسعه مکانیسم‌هایی، موجب کاهش ورس، کاهش تعرق، و افزایش ظرفیت فتوسنتزی می‌شود (باک و همکاران، ۲۰۰۸). اپستین و همکاران (۲۰۰۱)، نیز مقاومت به حمله پاتوژن‌ها، ساختمان بهتر گیاه، مقاومت به حشرات گیاه خوار، کم کردن سمیت ناشی از فلزات سنگین، مقاومت بیشتر به شوری خاک، کاهش اثرات خشکی، محافظت در برابر دماهای بالا، افزایش گره های همزیستی در لگوم‌ها، اثر روی فعالیت آنزیم‌ها و در مجموع اثر روی ترکیب معدنی گیاه را به عنوان برخی از فواید سیلیس بیان کرده است. سیلیس بر رشد رویشی به مراتب کمتر از رشد زایشی اثر می‌گذارد. سیلیس در سلول‌های بشره ریشه‌ها نیز وجود دارد و به عنوان مانعی در برابر حمله‌ی انگل‌ها و عوامل بیماری‌زا، به درون استوانه مرکزی عمل می‌کند (خلدبرین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). کاهش در سرعت تعرق گیاهان تیمار شده با سیلیس در مورد برنج، ذرت، سویا و گندم گزارش شده است (کوپفر و کانت، ۱۹۹۲؛ پاندلی و یاداو، ۱۹۹۹؛ گائو و همکاران، ۲۰۰۴). بوون و همکاران (۱۹۹۲)، گیلمن و همکاران (

۲۰۰۳) و رودریگز و همکاران (۲۰۰۴)، به اثرات مثبت سیلیسیم بر افزایش تولید ماده خشک و عملکرد و افزایش مقاومت گیاه در برابر بیماری‌ها، اشاره کرده اند. عنصر سیلیسیم در افزایش فتوسنتز و استقامت اندام‌های گیاهی، کاهش تبخیر و تعرق و بهبود تحمل گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی نقش دارد (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۳). به نظر می‌رسد سیلیسیم ظرفیت آنتی‌اکسیداتیو گیاه را افزایش می‌دهد و سبب کاهش خسارت‌های ناشی از تنش‌های محیطی و سمیت فلزات سنگین می‌شود (شی و همکاران، ۲۰۰۵). سینک و همکاران (۲۰۰۶)، نشان دادند که با کاربرد سیلیسیم، جذب فسفر افزایش یافت. سیلیسیم می‌تواند قابلیت استفاده فسفر را در خاک افزایش داده و سبب افزایش جذب فسفر توسط گیاه شود. در واقع سیلیسیم با جایگزین نمودن فسفر تثبیت شده در بین رس‌ها، حلالیت فسفر خاک را افزایش می‌دهد.

#### ۲-۴-۴- نقش سیلیس در رشد و عملکرد برنج

با وجود آنکه سیلیس به عنوان یک عنصر ضروری برای رشد و نمو گیاهان قابل ملاحظه نیست، ولی به عنوان یک عنصر مفید به ویژه برای گیاه برنج در اوایل قرن نوزدهم شناخته شده است و اکنون به دلیل اثرات مثبت آن به عنوان عنصری ضروری برای کشت برنج در نظر گرفته می‌شود، که برای افزایش پایداری عملکرد برنج مهم می‌باشد (اپستین، ۱۹۹۴). این عنصر اثرات مثبتی بر رشد و تولید ماده خشک، عملکرد و اجزای عملکرد برنج دارد (دانتوف و همکاران، ۱۹۹۷). همچنین موجب کاهش تعرق و افزایش فتوسنتز می‌گردد (کامنیو و همکاران، ۲۰۰۹). گیاه برنج اکثر سیلیس جذب شده را روی سطح برگ قرار می‌دهد و به این وسیله تعرق کوتیکولی را کاهش می‌دهد. کاهش تعرق تأثیر زیادی بر مرحله طویل شدن گیاه می‌گذارد. کاهش یافتن سیلیس سبب توقف جذب دی‌اکسید کربن و بسته شدن روزنه‌ها می‌گردد، در نتیجه راندمان فتوسنتزی کم می‌شود (اوکودا و تاکاهاشی، ۱۹۶۲). یکی از نقش‌های مهم سیلیس شکل دادن و بهم پیوستن پیرامونی میان لیگنین و کربوهیدرات‌ها از طریق مشارکت اسیدهای فنولیک و

یا حلقه‌های آروماتیکی است که سبب استحکام مکانیکی لایه‌ها، راست قامتی برگ‌ها و پایداری آنها می‌گردد (ایناناگا و همکاران، ۱۹۹۵). برگ‌ها و ساقه‌های گیاهان به ویژه برنج کشت شده در حضور سیلیسیم، رشد مستقیم نشان می‌دهند که در نتیجه، توزیع نور داخل کانوپی به طور قابل توجهی بهبود می‌یابد (الواد و گرین ۱۹۷۹). سیلیس موجب افزایش عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد سنبلچه در خوشه، درصد دانه رسیده و وزن هزار دانه می‌شود (فلاح، ۱۳۸۰). جذب کل سیلیس توسط گیاه برنج در مرحله زایشی ۶۵ درصد است که به مراتب بیشتر از مرحله رویشی (۱۰ درصد) و رسیدن (۲۵ درصد) است. در طول دوره زایشی ۷۰ درصد سیلیس در پهنک برگ و ۶۶ درصد سیلیس در ساقه جذب می‌شود (ما و تاکاهاشی، ۱۹۹۰). یوشیدا (۱۹۸۱)، بیان داشت که چنانچه غلظت سیلیسیم در بافت برگ گیاه برنج کمتر از ۱۱ درصد باشد، این گیاه نسبت به دادن کودهای سیلیکاته عکس العمل نشان می‌دهد و استفاده از کودهای سیلیکاته موجب افزایش پنجه می‌شود. طبق گزارشات فلاح (۲۰۰۰)، عملکرد دانه برنج در سطوح مختلف سیلیس نسبت به سطح صفر افزایش یافت. به کار بردن سیلیس اثر مثبتی را بر تعداد خوشچه‌های هر پانیکول می‌گذارد. عدم وجود سیلیس موجب کاهش ۴۰ درصدی در دانه‌های خوشچه‌های بارور و کاهش ۱۰ درصدی کل تعداد خوشچه‌های پانیکول‌ها می‌گردد (ما و همکاران، ۱۹۸۹). در بوته‌های برنج که در زمین‌های مرطوب رشد می‌کنند، کمبود سیلیس موجب کاهش رشد رویشی و تولید دانه می‌شود (داتنوف و همکاران، ۱۹۹۷).

در خاک‌های دارای کمبود سیلیسیم، ۱/۵ تا ۲ تن در هکتار خاکستر سیلیسیم برای برنج کافی است. مصرف سطحی خاکستر به صورت پایه در مقایسه با مخلوط کردن آن با خاک خیلی مؤثرتر می‌باشد. سرک دهی، هنگام پنجه زنی فعال نیز مانند مصرف به صورت پایه تأثیرگذار است. به طور کلی گیاه برنج به ازای ۱۰ تن عملکرد در هکتار دانه، ممکن است بیش از ۱ تن سیلیسیم در هکتار جذب نماید (همیشگی و بابا اکبری، ۱۳۸۷).

طی آزمایشی که از خاکستر کوره به عنوان منبع سیلیس (به میزان ۲ تن در هکتار) برای بررسی تأثیر مصرف سیلیس بر گیاه برنج در آغاز پانیکولدهی صورت گرفت، مشخص شد که کاربرد خاکستر کوره در آغاز مرحله پانیکولدهی به همراه نیتروژن و پتاسیم در مرحله گلدهی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک تولیدی نشان داد. فراهم بودن سیلیس در آغاز مرحله پانیکولدهی جهت رشد گیاه برنج بسیار مفید است. نتایج به‌دست آمده طی دو فصل متوالی نشان داد که حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد از سیلیس جذب شده در مراحل ابتدایی و مرحله رسیدگی در ساقه وجود دارد و این در حالی است که ۲۰ تا ۳۰ درصد از سیلیس جذب شده طی مرحله رسیدگی در پهنک برگ مشاهده شد (آرتاناری و همکاران، ۲۰۰۲).

#### ۲-۴-۵- نقش سیلیس در آفات و بیماری‌ها (تنش‌های زیستی)

در مدیریت و برنامه ریزی‌های مبارزه با بیماری‌ها و آفات، باید تلاش شود تا مصرف قارچ کش‌ها و آفت‌کش‌ها را در کمترین میزان نگه داشت و بخشی از این ترکیبات به وسیله مواد غیر سمی جایگزین شوند. از این دیدگاه مصرف سیلیس یا به صورت محلول‌پاشی به برگ‌ها و یا افزودن آن به خاک شایسته توجه بیشتر است. بر مبنای مطالعاتی، کاهش در میزان حمله کنه‌های عنکبوتی قرمز، به نهال‌های نخل روغنی، به دلیل ساختن ترکیبات فلاونوئیدی در این گیاهان می‌باشد. این ترکیبات پلی فنولی، نه تنها در مقاومت در برابر قارچ‌ها دخالت دارند بلکه در برابر حشرات نیز موثر هستند و به عنوان مانع مکانیکی در برابر خرطوم و به ویژه آرواره‌های حشرات مکنده و جونده عمل می‌کنند. نشان داده شده است که آرواره‌های لارو ساقه خوار برنج در صورت بالا بودن میزان سیلیس گیاه برنج آسیب می‌بیند. برای جلوگیری از خسارت ناشی از مکیدن توسط گیاه خوار قهوه‌ای برنج، میزان اسید سیلیسیک محلول در برگ‌ها به مراتب بیشتر از سیلیس ته نشین شده، مؤثر است. خواص فیزیکی سطوح برگ‌ها برای شدت حمله به وسیله حشرات مکنده از اهمیتی زیاد برخوردار است. پیش از ورود خرطوم به درون بافت، سطح آن به وسیله قطعات دهان حشره بررسی می‌شود. تغییرات در خواص سطح برگ‌ها که به دلیل چندین بار

محلول پاشی برگ‌های گندم به وسیله محلول‌های دارای سیلیکات سدیم حاصل شده است، دلیل کاهش چشمگیر در حمله شته‌ها به این گیاه پنداشته شده است. به هر حال محلول پاشی سیلیس روی برگ‌ها، تعداد شته‌ها را نسبت به شاهد کاهش داد (خلدبرین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). کمبود سیلیس می‌تواند در بیماری‌های قارچی همانند بلاست برنج، لکه قهوه‌ای، رنگ پریدگی برگ‌ها، زنگ زدگی غلاف و بد رنگ شدن دانه نقش داشته باشد (اسانا و همکاران، ۱۹۹۱ و پاداشت دهکایی، ۱۳۸۷). عدم استفاده از سیلیس موجب طولانی شدن مدت زمان آلودگی به بلاست در برنج می‌شود. بکارگیری سیلیس انتشار بلاست را ۳۶ درصد کاهش می‌دهد (ساوانت و همکاران، ۱۹۹۸). سیلیس همچنین نقش مهمی در کنترل آفاتی مانند کرم ساقه خوار برنج، کرم سبز برگ خوار و عنکبوت برگی دارد. عقیده بر این است که لایه اپیدرمی سیلیکاته، تشکیل شده به وسیله شکاف‌هایی از میسل‌های سلولزی با دیواره‌های سلولی ارتباط برقرار می‌کند و از نفوذ حشرات جلوگیری می‌کند و سلول‌های گیاهی حساسیت کمتری به غلظت‌های آنزیمی و پاتوژن‌های قارچی پیدا می‌کنند (اویو، ۱۹۸۵). به عقیده یوشیدا (۱۹۷۵)، تجمع سیلیس همانند سدی از عفونت قارچی جلوگیری می‌کند. منزیس و همکاران (۱۹۹۲)، تشکیل لایه پوششی روی برگ‌ها را بعد از محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم مشاهده و پیشنهاد کردند که تشکیل غشای نازک فعالیت کوتیکول را به عنوان یک سد مکانیکی در برابر نفوذ پاتوژن تقویت خواهد کرد. مطالعات انجام شده توسط منزیس و همکاران (۱۹۹۲)، روی خیار، هندوانه و بادمجان بیانگر مربوط به کاهش سفیدک پودری در اثر محلول-پاشی برگ‌های کود سیلیس می‌باشد. طبق اظهارات ایشان، محلول پاشی برگ‌ها با سیلیکات پتاسیم، با به تأخیر انداختن تکثیر قارچ، تعداد کلونی آن‌ها را روی برگ کاهش داد. این امر نشان می‌دهد که سیلیکات پتاسیم می‌تواند سبب توقف فعالیت پاتوژن روی سطح برگ گردد.

طی آزمایش انجام شده توسط رزند و همکاران (۲۰۰۹)، مشخص شد که کاربرد سیلیس راهکاری برای مدیریت لکه قهوه‌ای در برنج می‌باشد. پس از محلول پاشی برگ‌ها توسط سیلیکات پتاسیم (۴۰ گرم



در لیتر) و کاربرد سیلیکات کلسیم (۱/۲۵ گرم در کیلوگرم خاک) در منطقه ریشه گیاه، مشاهده شد که در اثر کاربرد سیلیکات کلسیم تعداد مناطق آلوده در هر سانتی متر مربع از برگ نسبت به شاهد ۳۷ تا ۴۷ درصد کاهش یافت ولی کاربرد سیلیکات پتاسیم مانع از جوانه زنی کنیدی نشد. تعداد نقاط آلوده به قارچ بین شاهد و تیمار سیلیکات پتاسیم اختلاف معنی داری نداشت ولی در گیاهان تیمار شده با سیلیکات کلسیم به طور معنی داری کمتر بود.

باک و همکاران (۲۰۰۸)، مقادیر مختلفی از سیلیکات پتاسیم ( $K_2SiO_3$ ) شامل صفر، ۱، ۲، ۴، ۸ و ۱۶ گرم بر لیتر را روی برگهای رقمی از برنج حساس به بلاست محلول پاشی و کاهش قابل توجهی در شیوع بلاست مشاهده کردند. مشاهده شده است که بوته های برنجی که سلولهای اپیدرمی آنها حاوی مقدار زیادی ترکیبات سیلیسی بوده و سیلیکاته شده اند، از بیماری بلاست کمتر خسارت می بینند و با افزایش سیلیس، بوته برنج مقاوم می شود. پاداشت دهکایی (۱۳۸۷) و قاسمی لمراسکی (۱۳۸۹)، نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. همچنین تحقیقات انجام شده در جنوب فلوریدا نشان داد که مصرف سیلیس در برنج شیوع بلاست را در مقایسه با شاهد ۱۷ تا ۳۱ درصد کاهش می دهد (داتنوف و همکاران، ۱۹۹۷). باک و همکاران (۲۰۰۸)، نیز اثر کاربرد خاکی و برگی کودهای سیلیکاته را روی بیماری های پنبه بررسی کرده و نتایج مشابهی به دست آوردند. استفاده از محلول های مختلف سیلیسی به صورت خاک کاربرد و محلول پاشی روی برگ در کاهش سفیدک پودری و گسترش رشد گندم گزارش شده است (گاول و همکاران، ۲۰۰۷).

#### ۲-۴-۶- نقش سیلیس در تنش های غیر زیستی

گیاهان در طی دوره رشد و تحت شرایط طبیعی، با تنش های مختلفی روبرو می شوند. کمبود آب و تنش خشکی یکی از مهمترین تنش های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت رو به رو

ساخته است. کاربرد سیلیسیم می‌تواند برای غلبه بر تأثیر منفی تنش کم آبی مؤثر واقع شود و موجب افزایش رشد گیاهان شود (هانریت و همکاران، ۲۰۰۶؛ کایا و همکاران، ۲۰۰۶ و هاتوری و همکاران، ۲۰۰۷). مصرف سیلیس در حد مطلوب موجب افزایش تحمل گیاهان کشت شده به شوری و خشکی می‌گردد و حتی ظرفیت نفوذ پذیری آب را در خاک افزایش می‌دهد (بوچامیکووا و ماتینچنکوف، ۲۰۰۸). غلظت پتاسیم در گیاهان تیمار شده با سیلیس در خاک شور به طور معنی‌داری افزایش یافت (طهیر و همکاران، ۲۰۰۶).

اضافه کردن سیلیس سمیت منگنز و آهن را در گیاهان تعدیل می‌کند. اثر سیلیس بر کاهش سمیت منگنز و آهن در گیاه برنج، به دلیل کاهش در جذب آهن و منگنز بود. کاهش در جذب منگنز و آهن در حضور سیلیس ناشی از افزایش قدرت اکسیدی ریشه‌های برنج بود که سبب جداسازی آهن و منگنز از روی سطح ریشه شد. البته ممکن است ناشی از افزایش pH نیز باشد (ولامز و ویلیامز، ۱۹۶۷). گالوز و همکاران (۱۹۸۷)، گزارش کردند که سیلیس سبب تغییر در اکسیداسیون منگنز، عدم دسترسی منگنز برای گیاه و کاهش جذب منگنز می‌شود و در نهایت از تجمع آن در برگ‌ها جلوگیری می‌کند.

طی آزمایشی اثر سیلیکات سدیم در کاهش اثرات شوری ناشی از کلرید سدیم بر کاهوی پیچ گلخانه‌ای، در سیستم کشت لایه نازک محلول غذایی با غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی مولار بررسی شد. نتایج نشان داد گیاهانی که در تیمار ۰/۵ میلی مولار در لیتر سیلیسیم قرار داشتند بیشترین مساحت سطح برگ، وزن تر و خشک برگ و گیاه را داشتند. افزایش سیلیسیم در تیمارهای ۱ و ۲ میلی مولار موجب کاهش اجزای عملکرد گردید (پیوست و همکاران، ۱۳۸۷).

ماتو و همکاران (۱۹۸۶)، گزارش کردند که سیلیسیم سبب افزایش وزن خشک ساقه برنج تحت تنش شوری می‌شود. در گیاه جو کاربرد سیلیسیم تحت شرایط شوری بر روند جوانه زنی بسیار مؤثر بوده و

مقدار فتوسنتز و محتوای کلروفیل برگ را افزایش داده است (ماتیچنکوف و کاسابروخوف، ۲۰۰۴). نتایج ساوانت و کورندوفر (۱۹۹۹)، نشان داد که سیلیسیم تحت شرایط شوری تا حدودی سطح ویژه برگ را کاهش می‌دهد. با افزودن سیلیسیم و کادمیم به محلول غذایی، کاهش معنی‌دار در غلظت آهن ریشه خیار دیده شد (خدارحمی و خوش گفتار منش، ۱۳۹۰) که با یافته‌های اکادو و تاکاهاشی (۱۹۶۵)، همخوانی دارد. این پژوهشگران بیان کردند که سیلیسیم با اکسایش آهن در سطح ریشه گیاه سبب کاهش جذب و غلظت آهن در بافت های گیاه می‌شود. ماکسی موویک و همکاران (۲۰۰۷)، نشان دادند که میزان جذب منگنز از خاک با کاربرد سیلیسیم در سطوح مختلف، منگنز خاک افزایش می‌یابد. آن‌ها همچنین گزارش کردند که سیلیسیم موجب توزیع یکنواخت منگنز در برگ‌ها می‌شود و تحمل گیاه را در برابر سمیت منگنز افزایش می‌دهد. افزایش غلظت کلسیم در اثر کاربرد سیلیسیم، موجب افزایش پایداری غشا در گیاهان تحت تنش می‌شود. کاربرد سیلیسیم همچنین می‌تواند منجر به ذخیره بهتر پتاسیم تحت شرایط تنش شود که می‌تواند تأثیر سوء تنش خشکی را کاهش دهد (لیانگ، ۱۹۹۹).

#### ۲-۴-۷- علائم کمبود سیلیس

برآورد شده است برای تولید صد کیلوگرم شلتوک نیاز به ۲۰ کیلوگرم  $\text{SiO}_2$  است که توسط گیاه برنج جذب می‌شود (فلاح، ۱۳۸۲). در واقع برنج یک گیاه شاخص در تجمع سیلیس می‌باشد و تجمع سیلیس در برنج ممکن است متجاوز از ۱۰ درصد وزن خشک شاخساره باشد (ما و تاکاهاشی، ۲۰۰۲). گزارش شده است که مقدار سیلیس در ریشه‌ها در حدود ۲ درصد کل سیلیس تجمع یافته در کل گیاه برنج است (جونز، ۱۹۶۷). دوبرمن و فیرهوست (۱۹۹۷)، نیز بیان داشتند که حد بحرانی غلظت سیلیس در بافت گیاهی ۵ درصد است یعنی کمبود موقعی خود را نشان می‌دهد که میزان سیلیسیم بافت برگ یا ساقه از ۵ درصد کمتر باشد. کمبود سیلیس موجب کاهش شدید رشد رویشی و تولید دانه می‌شود و نشانه های کمبود مانند بافت مردگی برگ های بالغ و پلاسیدگی گیاهان در آن نمایان می‌شود (یوشیدا و

همکاران، ۱۹۶۹). در برخی از گیاهان کمبود سیلیس سبب پلاسیدگی و بد شکل شدن برگ‌ها می‌گردد، گرده افشانی به هم می‌خورد و میوه تشکیل نمی‌شود (تاکاهاشی و مایاک، ۱۹۷۷). در گیاه برنج برگ‌های تحتانی گیاه زرد و یا قهوه‌ای و نکروزه می‌شود، پنجه‌ها سست می‌گردند، رشد کند می‌شود، برگ‌ها خمیده می‌شود، پانیکول‌ها کوچک‌تر و با افزایش نازایی (عقیمی) همراه است (برگمن، ۱۹۹۲). از اثرات دیگر کمبود سیلیس، خشک شدن گیاه است. زیرا در شرایط کمبود، تعرق افزایش می‌یابد و در برخی از گیاهان نقاط سوخته‌ای روی برگ‌ها مشاهده می‌شود (برخی گندمیان و غلات)، که به علت مسمومیت ناشی از آهن و منگنز است. این عناصر معدنی در قسمت‌های هوایی گیاه که غلظت سیلیس در آن‌ها کم است تجمع می‌یابد (ولامیز و ویلیامز، ۱۹۶۷).

## ۲-۵- عنصر پتاسیم

پتاسیم از نظر فراوانی هفتمین عنصر و از نظر تغذیه‌ای چهارمین عنصر غذایی معدنی در لیتوسفر است (مارشئر، ۱۹۹۵). مقدار پتاسیم موجود در پوسته زمین، حدود  $1/9$  تا  $2/3$  درصد است، ولی مقدار پتاسیم کل در خاک‌های زراعی بین  $0/5$  تا  $2/5$  درصد می‌باشد. این مقدار در مقایسه با دیگر عناصر پرنیاز قابل توجه می‌باشد. مقدار پتاسیم در خاک‌های مختلف متفاوت است، با این وجود آن قسمت از کل پتاسیم موجود در خاک که به صورت قابل تبادل یا قابل استفاده‌ی گیاه باشد، ناچیز است (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). کودهای پتاسیمی از معادن و خالص سازی رسوبات طبیعی مانند سیلوینیت، کاینایت، کارمالیت، هالیت و لانگبینیت ساخته می‌شوند. بیشتر کودهای پتاسیمی (در حدود ۹۰ درصد) از رسوبات بستر سیلوینیت و کارمالیت حفاری می‌شوند. سولفات پتاسیم ( $K_2O$  50%) در رسوبات معادن به صورت طبیعی وجود دارد به همین جهت آن را حفاری می‌نمایند. بخش عمده این کود به وسیله واکنش کلرید پتاسیم با اسید سولفوریک یا سولفات منیزیم موجود در معادن ساخته می‌شود. ولی این کود گران‌تر بوده و برای برخی از محصولات ویژه مانند میوه‌های نرم، تنباکو و سیب زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شاخص نمکی پایین، عاری بودن از کلر و دارا بودن سولفور فلزی که برای رشد گیاهان ضروری است از امتیازات سولفات پتاسیم می‌باشد (همیشگی و بابا اکبری، ۱۳۸۷).

#### ۲-۵-۱- نقش پتاسیم در سلامت انسان

پتاسیم در سلول های بافت های زنده گیاهان وجود دارد و بنابراین الکترولیت آن در اکثر غذاها به جز روغن های خالص، چربی ها و قندها وجود دارد. میوه ها، سبزیجات و گوشت معمولاً مقدار پتاسیم بیشتری نسبت به غلات و دانه ها دارند. آب پرتقال، آب گوجه فرنگی، موز و سیب زمینی پخته و شیر نیز معمولاً از نظر پتاسیم بسیار غنی هستند. مقدار کل پتاسیم در بدن یک انسان بالغ، ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ میلی اکی والان است. ۹۸ درصد کل یون پتاسیم موجود در بدن انسان در داخل سلول وجود دارد. عدم بالانس  $K^+$  در بدن انسان عوارض مختلفی به دنبال دارد که از جمله آن ها می توان به پر ادراری اشاره نمود. این عنصر سبب رساندن اکسیژن به مغز، دفع مواد زاید بدن، پایین آوردن فشار خون شده و در معالجه حساسیت نیز مؤثر است. پتاسیم با سدیم در تنظیم تعادل آب بدن و طبیعی کردن ضربان قلب همکاری می کند. بنابراین اگر تعادل سدیم و پتاسیم حفظ نشود، اعمال اعصاب و عضلات دچار اختلال می شود. کمی قند خون، اسهال شدید و گرسنگی طولانی سبب از دست دادن پتاسیم می شود. در اثر کمی پتاسیم ورم معده و کمی قند خون در انسان مطرح می شود (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳).

#### ۲-۵-۲- جذب و انتقال پتاسیم در گیاه

گیاهان می توانند پتاسیم را فقط به صورت یون  $K^+$  جذب نمایند (جوما، ۲۰۰۶). ثابت شده است که پتاسیم به کل فشار اسمزی در لوله های غربالی و در نتیجه به جریان مواد ساخته شده در فتوسنتز، از منبع به مخزن کمک زیادی می کند. در لگومها که دارای مقدار کافی پتاسیم هستند، گره ها میزان زیادی قند دارند، که به همراه آن، میزان تثبیت نیتروژن در آن ها و نیز خروج نیتروژن تثبیت شده افزایش می -

یابد. افزون بر این در گیاهانی که به اندازه کافی پتاسیم دریافت کرده اند، بخش بسیار زیادی از مواد آلی ساخته شده در فتوسنتز، که به وسیله کربن ۱۴ نشان دار شده اند، از برگ‌ها به اندام‌های ذخیره کننده (مانند غده‌های سیب زمینی) و یا به بافت ذخیره (ساقه نیشکر) جا به جا می‌شوند (خلد برین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). ارقام پرمحصول برنج حتی تا ۴ برابر ارقام بومی پتاسیم جذب می‌کنند (وون آکسکول، ۱۹۷۸).

#### ۲-۵-۳- نقش پتاسیم در رشد و عملکرد گیاه

پتاسیم از دیرباز به عنوان یک عنصر غذایی ضروری برای گیاه و عاملی در جهت افزایش تولید و بهبود کیفیت گیاه شناخته شده است (خلدبرین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). در فیزیولوژی و متابولیسم گیاه نه تنها از نظر مقدار موجود در بافت‌های گیاهی، بلکه از نظر وظایف فیزیولوژیکی و شیمیایی مهمترین کاتیون است (طریق و شاه، ۲۰۰۲). برخلاف بسیاری از عناصر غذایی ضروری دیگر، پتاسیم با اینکه در گیاهان به مقدار زیاد وجود دارد ولی از اجزای تشکیل دهنده هیچ کدام از ترکیبات آلی گیاه نمی‌باشد. این عنصر در تمام سلول‌ها و بافت‌های گیاهی وجود دارد و در گیاه بسیار متحرک است. بیشتر از ۵۰ آنزیم وجود دارند که یا به طور کامل به پتاسیم وابسته هستند و یا به وسیله آن تحریک می‌شوند (خلدبرین و اسلام زاده، ۱۳۸۰). از جمله کنش‌های پتاسیم در گیاه تأثیر آن در فشار اسمزی و فشار تورمی و در نتیجه افزایش اندازه سلول است که شاید یکی از مهمترین نقش‌های پتاسیم در گیاه باشد، اگرچه پتاسیم در تشکیل هیچ یک از ترکیبات مهم گیاهی مانند پروتوپلاسم، چربی‌ها و سلولز شرکت ندارد، ولی از آن جا که به عنوان یک کاتالیزور عمل می‌کند، دارای نقش اساسی است. این عنصر مجموعه‌ی آنزیمی را در فرآیندهای بیوشیمیایی فعال می‌سازد و نقش مهمی در فعال کردن آنزیم‌های احیاکننده‌ی گاز کربنیک ایفا می‌کند (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). پتاسیم مهم‌ترین یون اسمزی است که آب بالقوه را در گیاه تنظیم می‌کند (جووما، ۲۰۰۶).

دواتگر (۱۳۸۲)، بیان کرد که یون پتاسیم بیشترین فراوانی را در گیاهان دارد و به مقدار زیاد توسط ریشه جذب می‌شود. پتاسیم در سوخت و ساز نیتروژن و ساختن پروتئین‌ها، فعال کردن آنزیم‌های مختلف، تنظیم کار روزنه‌ها و روابط آب، سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها، خنثی سازی اسیدهای آلی و تسریع رشد بافت‌های زاینده نقش دارد. تأثیر کمبود پتاسیم بر رشد گیاه و کیفیت محصول در ارتباط با به هم خوردن تعادل زیستی در داخل اندام گیاه است. از طرفی کمبود پتاسیم سبب کاهش سوخت‌وساز نوری و افزایش تنفس می‌گردد. این مهم موجب کاستی جدی کربوهیدرات شده و بر رشد گیاه اثر سوء می‌گذارد (پتیگرو، ۲۰۰۸). پتاسیم نقشی مهم در نگهداری آب کافی در اندام‌های گیاهی دارد. رابطه پتاسیم و پروتئین از اهمیتی ویژه در سوخت و ساز گیاهی برخوردار است (ملکوئی و کاووسی، ۱۳۸۳).

پتاسیم دارای تحرک زیاد است و به طور عمده به عنوان ناقل بار الکتریکی عمل می‌کند. فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها به پتاسیم وابسته است و فعال کننده ۶۰ آنزیم در گیاه می‌باشد. پتاسیم در تثبیت CO<sub>2</sub> و همچنین برای سالم نگهداشتن پلاستیدها نقش مهمی دارد (مارشور، ۱۹۹۵). همچنین این عنصر در تنظیم اسمزی، رشد سلولی، تنظیم روزنه‌ای، روابط آبی گیاه، بارگیری هیدرات‌های کربن ساخته شده در برگ به آوند آبکشی و انتقال آن‌ها در گیاه، تعادل آنیون و کاتیون و به عنوان کاتیون همراه در انتقال نیترات نقش دارد. چنین عنصری با این وظایف گسترده نه تنها به عنوان یک عنصر کلیدی، بلکه به عنوان عنصر کیفیت شناخته شده است (ملکوئی و طباطبایی، ۱۳۷۵ و پتیگرو، ۲۰۰۸).

پتاسیم در فعال‌سازی دامنه وسیعی از سیستم‌های آنزیمی تنظیم کننده فتوسنتز، جابه‌جایی و راندمان استفاده از آب، جذب نیتروژن و ساختن پروتئین دخالت دارد (طالبی زاده و همکاران، ۱۳۸۸). علاوه بر این نقش پتاسیم در مقاوم شدن گیاهان در مقابل حشرات و بیماری‌ها به خوبی اثبات شده است (احمد و همکاران، ۱۹۹۹). پتاسیم در رشد گیاه به دلیل حضور این عنصر در ساخت مواد هیدرو کربن و پروتئین و نقش موثر در بخش عمده‌ای از فعالیت‌های سلولی اهمیت فراوان دارد (سالاردینی و مجتهدی،

۱۳۸۴). کاربرد پتاسیم می‌تواند تعداد پنجه‌های بارور، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم را افزایش دهد (طالبی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸). در بین گیاهان زراعی توتون، سیب زمینی و چغندر قند به کمبود پتاسیم خیلی حساسند (رستگار، ۱۳۸۳).

## ۲-۵-۴- نقش پتاسیم در رشد و عملکرد برنج

پتاسیم در برنج بعد از آمونیوم متحرک‌ترین یون می‌باشد (دداتا و میکلسن، ۱۹۸۵). تحرک بالای این عنصر سبب می‌شود که در فعال نمودن بسیاری از آنزیم‌های موثر در فرآیندهای متابولیکی مهمی چون فتوسنتز و تشکیل پروتئین‌ها نقش مؤثری داشته باشد (همیشگی و بابا اکبری، ۱۳۸۷). پتاسیم بعد از نیتروژن، بیشترین نقش را در افزایش کمی و کیفی برنج ایفا می‌نماید (ملکوتی، ۱۳۷۸). عنصر پتاسیم به مقدار زیادی توسط گیاه برنج جذب می‌شود (فلاح و سعادت، ۱۳۷۶). این عنصر برخی از مهمترین اعمال فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی را در رشد گیاه انجام می‌دهد. پتاسیم در گیاه برنج به عنوان پلیس حمل و نقل شیمیایی، تقویت کننده ریشه، محکم کننده ساقه، پیش غذا، انتقال دهنده قند و نشاسته، سازنده پروتئین، تنظیم کننده تنفس، تنظیم کننده آب و کند کننده انتشار بیماری عمل می‌کند (همیشگی و بابا اکبری، ۱۳۸۷).

پتاسیم از طریق افزایش فرایند لیگنینی شدن و تولید بیشتر سلولز و همی سلولز، موجب استحکام بیشتر ساقه در گیاهان مختلف و در نتیجه افزایش مقاومت آن‌ها در برابر خوابیدن و یا شکسته شدن در اثر وزش باد می‌شود و از حمله‌ی عوامل بیماری‌زا جلوگیری می‌کند. این عنصر نقش برجسته‌ای در فیزیولوژی و افزایش عملکرد برنج عمدتاً از طریق بهبود کارایی نیتروژن در برنج ایفا می‌کند. این عنصر به عنوان کاتالیزور نقش مهمی در فعل و انفعالات سوخت و ساز برنج ایفا می‌کند. افزایش عملکرد از طریق وزن هزاردانه، افزایش مقاومت به شرایط آب و هوایی نامطلوب (افزایش تحمل به تنش‌ها)، افزایش مقاومت



گیاه در برابر بیماری‌هایی نظیر بلاست، زنگ، لکه‌برگی، پوسیدگی ساقه و آکاگاره و افزایش استحکام ساقه و در نتیجه کاهش ورس می‌باشد (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳).

پتاسیم موجب افزایش شدت فتوسنتز در گیاه می‌شود. اگر مقدار پتاسیم در برگ گیاهان به اندازه کافی زیاد باشد (۴ تا ۵ درصد)، ممکن است راندمان مصرف انرژی آن‌ها ۵۰ تا ۷۰ درصد بیشتر از گیاهانی باشد که غلظت پتاسیم در آن‌ها کم است (۱ تا ۲ درصد). احتمالاً این اثر به دلیل نقش پتاسیم در سنتز آدنوزین تری فسفات (ATP) می‌باشد. به علاوه پتاسیم زیاد می‌تواند سبب افزایش تعداد روزنه‌ها در سطح برگ شود که پیامد آن تبادل گازی و جذب دی اکسید کربن بیشتر و در نتیجه افزایش شدت فتوسنتز است (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). پتاسیم همچنین در تولید ترکیبات پلیمری گیاه نقش اساسی دارد. در گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم، کربوهیدرات‌های غیراشباع، ترکیبات نیتروژنی محلول و اسیدهای آمینه انباشته می‌گردند، ولی از مقدار نشاسته و پروتئین برگ‌ها کاسته می‌شود. بدین ترتیب گیاهان دارای پتاسیم فراوان، در مقایسه با گیاهان مبتلا به کمبود، دارای بافت نگهدارنده قوی‌تری خواهند بود. بر اثر وجود این بافت‌ها، پایداری غلات در برابر خوابیدگی (ورس) افزایش یافته است (کاووسی و شکرری واحد، ۱۳۸۳).

منگل و فورستر (۲۰۰۲)، اظهار کردند که بیشترین نیاز گیاهان به پتاسیم در زمان رشد شدید آن‌ها می‌باشد. غلات در مرحله رشد رویشی خود به شدت نسبت به تغذیه با پتاسیم جواب مثبت می‌دهند. اخوت و وکیلی (۱۳۷۶)، گزارش کردند که پتاسیم در گیاه برنج موجب ثبات گیاه، انجام بهینه عمل تلقیح، افزایش مقاومت گیاه در برابر بیماری‌ها، رشد و نمو گیاه و تسهیل انتقال نشاسته از برگ‌ها به دانه می‌گردد. در برخی موارد مشاهده شده است که حتی در مزارعی که تجزیه خاک آن‌ها مقادیر پتاسیم قابل جذب را بسیار بیشتر از حد بحرانی نشان می‌دهد، علائم کمبود پتاسیم مشاهده می‌شود. این موضوع

نشان می‌دهد که در شرایط غرقابی و احیایی (زهکشی نامناسب)، ریشه برنج قادر نیست از پتاسیم موجود در خاک استفاده نماید (ملکوتی و افخمی، ۱۳۷۸).

پتاسیم سبب بهبود کیفیت محصول شده و برای تشکیل ساقه مقاوم در غلات ضروری می‌باشد (حق پرست تنها، ۱۳۷۱). مصرف پتاسیم در ارقام محلی و پرمحصول برنج تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد محصول برنج دارد (سعادت، ۱۳۸۱). کملر (۱۹۷۰)، بیان کرد برنج با عملکردی برابر ۵/۶ تن در هکتار، مقدار ۱۱۲ کیلوگرم در هکتار پتاسیم جذب می‌نماید.

اگر نیتروژن و فسفر فقط کمی پایین‌تر از حد مطلوب باشد، اضافه کردن پتاسیم به خاک حتی ممکن است موجب کاهش تعداد پنجه و نهایتاً کاهش عملکرد در گیاهان مختلف از جمله برنج گردد. کاربرد پتاسیم می‌تواند تعداد دانه در خوشه، درصد دانه‌های پر و وزن دانه و در نتیجه وزن هزاردانه را در برنج افزایش دهد. زیرا پتاسیم کمک می‌کند که برگ پرچم از نظر فیزیولوژیکی مدت طولانی‌تری فعال باقی مانده و پر شدن دانه بهتر انجام گیرد. بنابراین برای عملکرد بالای دانه برنج، جذب مداوم پتاسیم تا رسیدن دانه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کمبود پتاسیم آزاد شدن اکسیژن از ریشه برنج را کاهش می‌دهد و در نتیجه قدرت اکسیدکنندگی آهن دو ظرفیتی به وسیله برنج کاهش و احتمال مسمومیت آهن در برنج افزایش می‌یابد (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳).

زانگ و همکاران (۲۰۰۸)، نشان دادند که مصرف توأم کود نیتروژن و پتاسیم، تجمع نشاسته را در برنج رقم هیبرید افزایش داد در حالی که مصرف بالای نیتروژن اثر منفی روی تجمع نشاسته داشت. مصرف پتاسیم فعالیت آنزیم سازنده نشاسته محلول را در مرحله آغازین رشد افزایش و در مرحله پایانی رشد کاهش داد.

اصفهانی و همکاران (۱۳۸۴)، بر اساس آزمایشی اظهار داشتند، تأثیر مقادیر مختلف کود پتاسیم بر عملکرد دانه، تعداد خوشه در واحد سطح، وزن هزار دانه، تعداد پنجه و ارتفاع بوته معنی‌دار نشد اما موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در خوشه و درصد دانه‌های پر شده گردید.

## ۲-۵-۶- علائم کمبود پتاسیم

نیاز به پتاسیم برای رشد مطلوب گیاه در حدود ۲ تا ۵ درصد وزن خشک بخش‌های رویشی، میوه-های گوشتی و غده هاست (خلدبرین و اسلام‌زاده، ۱۳۸۰). کمبود پتاسیم سبب کاهش شدید در تثبیت دی‌اکسیدکربن فتوسنتزی و اختلال در توزیع و بهره‌وری مواد فتوسنتزی می‌شود (ککماک، ۲۰۰۵). در شرایط کمبود شدید پتاسیم، نوک برگ‌ها زرد متمایل به قهوه‌ای می‌شود (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). اخوت و وکیلی (۱۳۷۶)، بیان کردند کمبود پتاسیم سبب زرد شدن برگ‌های گیاه می‌شود. این عمل از برگ‌های مسن آغاز می‌گردد، سپس در امتداد حاشیه برگ‌ها و نهایتاً در کل پهنک برگ ظاهر می‌شود. برگ‌های بالایی کوتاه، افتاده و به رنگ سبز کثیف تیره در می‌آیند. برگ‌های مسن از رنگ زرد به رنگ قهوه‌ای در می‌آیند و اگر کمبود پتاسیم در گیاه اصلاح نشود تغییر رنگ در برگ‌های جوان‌تر نیز بروز می‌کند (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). علائم کمبود پتاسیم در خزانه و در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی غالباً با بیماری لکه قهوه‌ای و آکاگاره همراه می‌باشد (سلیمانی و امیری لاریجانی، ۱۳۸۳). با رفع کمبود پتاسیم، علاوه بر کاهش خطر مسمومیت آهن، محیط مناسبی برای فعالیت باکتری‌های آزاد تثبیت‌کننده نیتروژن فراهم می‌شود و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن افزایش می‌یابد (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). فقدان پتاسیم به طور بارزی منجر به گیاهان کوتاه قامت با ساقه‌های ضعیف می‌شود که به آسانی ورس می‌کند (جو، ۲۰۰۶).

## ۲-۵-۷- نقش پتاسیم در تنش های زیستی

برنج‌هایی که دچار کمبود پتاسیم هستند و یا نسبت نیتروژن به پتاسیم در آنها بالا است، به بیماری‌های لکه قهوه‌ای، پوسیدگی ساقه، و بلایت باکتریایی برگ بسیار حساس هستند. کاربرد پتاسیم در برنج می‌تواند خسارت بعضی از آفات برنج را نیز کاهش دهد (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). ملکوتی (۱۳۷۸)، نقش برجسته‌ای برای پتاسیم در فیزیولوژی و افزایش عملکرد برنج قائل است و این نقش را شامل افزایش اندازه و وزن دانه، افزایش عملکرد و محصول نسبت به بقیه عناصر غذایی به خصوص نیتروژن و فسفر، افزایش مقاومت به شرایط آب و هوایی نامطلوب (افزایش تحمل به تنش‌ها)، افزایش مقاومت گیاه به بیماری‌هایی نظیر بلاست، زنگ، لکه برگ، پوسیدگی ساقه و آکاگاره نوع اول و افزایش استحکام ساقه و در نتیجه کاهش ورس می‌داند.

## ۲-۵-۸- نقش پتاسیم در تنش‌های غیرزیستی

پتاسیم یکی از عناصر پرمصرف گیاه برنج است. در برنج این عنصر، نقش عمده‌ای در فعال کردن آنزیم‌های متعدد و مؤثر در رشد و افزایش مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های محیطی به ویژه سرما دارد (سلیمانی و امیری لاریجانی، ۱۳۸۳). پتاسیم در بهبود روابط آبی و حاصل خیزی گیاهان تحت شرایط تنش آبی نقش دارد (اسلام و همکاران، ۲۰۰۴). باکیو و همکاران (۲۰۰۶)، طی آزمایشی که با ۳ سطح پتاسیم (۳۹، ۱۵۶ و ۳۱۲ کیلوگرم در هکتار) و ۳ سطح رطوبتی خاک (شاهد، تنش متوسط و تنش شدید) در گندم اجرا کردند، اظهار داشتند که سطوح بالاتر پتاسیم تجمع ماده خشک را در بخش‌های مختلف گیاه افزایش داد. همچنین با کاربرد مقادیر بالاتری از پتاسیم صرف‌نظر از تیمار رطوبت خاک، عملکرد و اجزای عملکرد افزایش یافت. غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیز با افزایش مقدار پتاسیم به ویژه شرایط تنش آبی افزایش نشان داد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که کاربرد مقادیری بالاتر از مقدار

مصرف شده در آزمایش می‌تواند اثرات زیان‌آور تنش آبی را در تولید گندم کاهش دهد. استفاده از کلسیم و پتاسیم موجب بهبود قابل توجه صفات رشدی سورگوم نسبت به عدم مصرف آن‌ها در شرایط شوری می‌شود (صادقی لطف آبادی و همکاران، ۱۳۸۹).

## ۲-۶- تغذیه گیاهان از طریق محلول‌پاشی

افزایش روز افزون قیمت کودهای شیمیایی در جهان، ضرورت اقتصادی بودن تولید، آلودگی آب‌های زیر زمینی و تخریب ساختمان خاک در اثر مصرف بی‌رویه و نا آگاهانه کودهای شیمیایی مشکلاتی هستند که باید با روش‌های مناسب آن‌ها را حل کرد. تغذیه برگ‌ی روشی جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کاهش خطرات محیطی آن‌ها است. به ویژه امروزه که سیاست کاهش مصرف سم و بهینه‌سازی مصرف کود در دنیا مطرح شده است (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸). اثرات مفید محلول‌پاشی کودها تحت شرایطی که جذب مواد غذایی از خاک محدودکننده باشد، بیشتر آشکار می‌شود. تکنیک محلول‌پاشی کودها می‌تواند جایگزین مناسبی برای خاک کودها در خاک باشد تا از هدر رفتن کودها در اثر آبشویی جلوگیری شود و بدین وسیله آلودگی آب‌های زیرزمینی به حداقل برسد (النگار، ۲۰۰۹). از محاسن تغذیه برگ‌ی می‌توان به جذب پایین عناصر در خاک، کاهش فعالیت ریشه در طول مرحله زایشی و میوه‌دهی و غنی‌سازی محصولات کشاورزی اشاره نمود. اگرچه محلول‌پاشی فقط بخشی از نیاز گیاه را تأمین می‌کند ولی به نوبه خود در افزایش عملکرد مفید است. در این روش سرعت انتقال عناصر غذایی از سطوح برگ‌ها به اندام‌های مختلف گیاهی زیاد است. بیشترین تأثیر محلول‌پاشی کود روی برگ هنگامی است که برگ‌ها حداکثر سطح را داشته باشند. از آن‌جا که در مرحله گلدهی سطح برگ بیشتر گیاهان زراعی به حداکثر مقدار خود می‌رسد و از طرفی در این زمان کلیه فعالیت‌های سوخت و ساز از جمله جذب عناصر غذایی به وسیله ریشه کاهش می‌یابد، کاربرد این روش برای رساندن سریع مواد غذایی به گیاه بیشترین تأثیر را خواهد داشت. در این روش عنصر غذایی به طور مستقیم وارد اندام هوایی می‌شود و مشکل تبدیل به

کانی‌های غیر محلول در خاک و کم شدن قابلیت استفاده در آن‌ها وجود ندارد. محتوای مواد غذایی خاک ممکن است همیشه برای برآوردن نیاز محصول کافی نباشد. مثلاً در شرایط قلیایی بودن خاک که امکان تثبیت و عدم جذب برخی از عناصر موجود در خاک وجود دارد، محلول پاشی تکمیلی مؤثر خواهد بود (سلطانا و همکاران، ۲۰۰۱). محلول پاشی باید طی دوره‌هایی با دمای پایین و رطوبت نسبتاً بالا، همچنین در صبح یا غروب انجام شود. در غیر این صورت نمک‌ها ممکن است موجب سوختگی برگ به ویژه در غلظت‌های بالا شوند (مارشور، ۱۹۹۵).

احمد (۱۹۹۸)، بیان نمود که اسپری مواد مغذی نه تنها عملکرد و کیفیت محصول را افزایش می‌دهد، بلکه می‌تواند مقادیر کاربرد کود در خاک را کاهش دهد. با کاربرد برگی مواد مغذی، افزایش معنی‌داری در تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در هر سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه گندم گزارش شده است (عارف و همکاران، ۲۰۰۶). مراحل اصلی کاربرد محلول پاشی عناصر غذایی در برنج برای افزایش معنی‌دار تعداد دانه در هر خوشه و وزن هزار دانه، مراحل گل آذین‌دهی و شیرینی شدن است، البته مرحله گل آذین‌دهی از مرحله شیرینی شدن مؤثرتر است (حسین و همکاران، ۲۰۰۵). در مطالعاتی که با اعمال محلول پاشی نیتروژن و پتاسیم در بررسی عملکرد و اجزای عملکرد برنج صورت گرفت افزایش جذب پتاسیم در گاه و کلش برنج مشاهده شد (خلیلی، ۲۰۰۸ و محیطی، ۲۰۰۸).

از جمله سودمندی‌های محلول پاشی برگی می‌توان به کاربرد کود در اندازه کوچک‌تر، قیمت ارزان‌تر، کاربرد آسان و کیفیت مناسب (بدون آلودگی) اشاره کرد (باک و همکاران، ۲۰۰۸).

## ۲-۷- علف‌های هرز

رطوبت خاک (میکلسن و گری، ۲۰۰۶)، دما (داویس و همکاران، ۲۰۰۵)، عمق بذر مدفون شده (بنونوتی و همکاران، ۲۰۰۱) و مدیریت مربوط به تغییر در جمعیت میکروبی خاک (داویس و همکاران،

۲۰۰۶)، دلایل تأثیرگذار بر ماندگاری بانک بذر علف‌های هرز می‌باشند. عملیات تولید محصول زراعی مانند شخم، کنترل علف‌های هرز و کوددهی جمعیت علف‌های هرز را در سیستم‌های زراعی تحت تأثیر قرار می‌دهد (باربری و همکاران، ۱۹۹۷؛ درکسن و همکاران، ۱۹۹۵؛ دی توماسو، ۱۹۹۵ و استیون سون و همکاران، ۱۹۹۷). یکی از دلایل عمده افت عملکرد در گیاهان زراعی وجود علف‌های هرز می‌باشد (فیسک و همکاران، ۲۰۰۲). علف‌های هرز از جمله عوامل اصلی محدودکننده تولید محصولات زراعی هستند که برای منابعی مانند رطوبت، عناصر غذایی، نور و فضا به رقابت با گیاهان زراعی می‌پردازند (احمدی و همکاران، ۲۰۰۸). مدیریت علف‌های هرز یک عملیات پرهزینه و حساس می‌باشد که برای حصول اطمینان از عملیات زراعی موفق ضروری است (کابا و همکاران، ۲۰۱۱).

کنترل علف‌های هرز یکی از جنبه‌های مهم در هر نظام کشاورزی است. هزینه‌های زیادی که هر ساله کشاورزان صرف کنترل علف‌های هرز می‌کنند و نیز خسارت‌هایی که به دلیل نبود کنترل کافی علف‌های هرز متحمل می‌شوند، نشانگر اهمیت این موضوع است. عملکرد گیاهان زراعی به میزان بسیار زیادی تحت تأثیر رقابت علف‌های هرز قرار می‌گیرد. برنامه ریزی برای مدیریت علف‌های هرز به آگاهی نسبت به اثر رقابت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعی بستگی دارد (کوزنس و همکاران، ۱۹۹۸). در کشورهای در حال توسعه که علف‌های هرز به طور کامل کنترل نمی‌شوند، بخشی از محصول به دلیل رقابت با علف‌های هرز از بین می‌رود. طبق برآورد سازمان بین‌المللی خوارو بار کشاورزی (فائو)، بیش از ۴۵ درصد از محصولات زراعی جهان در اثر علف‌های هرز از بین می‌روند. در این میان علف‌های هرز مهمترین خطر برای پایداری و سلامتی اکوسیستم‌های کشاورزی به شمار می‌روند (کتن رینگ و گالاتوویچ، ۲۰۰۷). میزان خسارت ناشی از علف‌های هرز در کشورهای در حال توسعه ۲۵ درصد، کشورهای نیمه توسعه یافته ۱۰ درصد و در کشورهای توسعه یافته ۵ درصد برآورد شده است (زیمدال، ۱۹۹۵).

آلودگی شدید علف‌های هرز طی تمامی فصل رشد ممکن است منجر به تلفات کامل محصول برخی از گیاهان زراعی شود. باتوجه به تلفات عملکرد مربوط به علف هرز، کنترل آن‌ها بخش جدایی ناپذیر عملیات کشاورزی طی تمامی دوران‌ها بوده است (راشد محصل و موسوی، ۲۰۰۶). مدیریت علف‌های هرز به همراه مدیریت مصرف کود، رقابت علف هرز با گیاه زراعی را کاهش می‌دهد و درآمد خالص را از طریق کاهش خسارات ناشی از علف‌های هرز، افزایش کارایی کودهای مصرفی و سرانجام عملکرد دانه، افزایش می‌دهد (یولا و همکاران، ۲۰۰۹).

پدیده رقابت بین گیاهان زراعی و علف‌های هرز در سیستم‌های زراعی فرآیند بسیار پیچیده‌ای است. زیرا عوامل بسیاری در ایجاد و پیامدهای آن دخالت دارند. نتایج آزمایشات نشان داد که افزایش تراکم تاج خروس موجب کاهش شاخص سطح برگ ذرت از همان مراحل ابتدایی رشد گردید (شیبانی و همکاران، ۱۳۸۴). محققین گزارش کردند که علف‌های هرزی که دیرتر از گیاه زراعی سبز می‌شوند نسبت به آن‌هایی که همزمان یا قبل از گیاه زراعی سبز می‌شوند دارای بیومس و قدرت رقابتی کمتری می‌باشند (هارتزلر و همکاران، ۲۰۰۴ و بنچ و همکاران، ۲۰۰۳).

مدیریت علف‌های هرز یکی از کلیدهای گسترش سیستم‌های کشت ارگانیک است و کنترل علف‌های هرز به طور عمده باید از طریق اصلاح توازن رقابتی بین گیاه زراعی و علف‌های هرز انجام شود (هلوا، ۲۰۱۱). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که اکثر گیاهان زراعی بسته به گونه علف‌هرز و گیاه زراعی، می‌توانند حضور علف‌های هرز را به مدت نسبتاً کوتاهی تحمل نمایند. برای مثال باقی‌ماندن مخلوطی از علف‌های هرز یکساله به مدت طولانی‌تر از ۳ هفته در کشت ذرت منجر به کاهش عملکرد قابل اندازه‌گیری شده است (راشد محصل و موسوی، ۱۳۸۵). نتایج تحقیقی نشان داد که اثر ۰/۵ بوته تاج خروس در



هر ردیف هنگامی که همزمان با ذرت سبز شده باشد بیشتر از اثر ۸ بوته آن است که در مرحله ۴ برگی ذرت سبز شده باشد (ماسینگا و همکاران، ۲۰۰۱).

استراتژی‌هایی برای کشاورزان مفید خواهد بود که بتواند جوانه زنی علف‌های هرز را در گیاهان غیر رقابت کننده‌ای مانند چغندر قند در ابتدای فصل زراعی کاهش دهد و علف‌های هرز را مدیریت کند (داویس و همکاران، ۲۰۰۸). تحقیقات نشان داده است که تأخیر در زمان سبز شدن علف هرز تاج خروس منجر به کاهش وزن خشک آن در انتهای فصل می‌شود (کنزویک و هوراک، ۱۹۹۸).

اکثر لگوم‌ها توانایی رقابت اندکی در برابر علف‌های هرز دارند و تداخل علف‌های هرز محدودیت شدید تغذیه نیتروژن و کاهش عملکرد دانه را در لگوم‌های پرورش یافته به صورت ارگانیک نشان داد (هلوا، ۲۰۱۱). آرونا گیتا و تیاراجان (۲۰۰۳)، بیان کردند که کاربرد نیتروژن می‌تواند قدرت رقابت علف‌های هرز را در گیاهانی مانند ذرت افزایش دهد. یوسفی و همکاران (۲۰۰۷)، به افزایش تعداد گره تشکیل دهنده غلاف در گیاه نخود در اثر کنترل علف‌های هرز اشاره کردند.

موسوی و همکاران (۲۰۰۷)، کاهش ۹۲ درصدی عملکرد نخود را بر اثر تداخل علف‌های هرز گزارش دادند. تی‌واری و همکاران (۲۰۰۱)، نیز افزایش عملکرد بیولوژیک نخود، در شرایط کنترل علف‌های هرز را گزارش کردند. عملکرد سویا در رقابت با سورگوم علوفه‌ای ممکن است قبل از رسیدن اختلاف ارتفاع آن‌ها به ۳۰ سانتی متر، تا ۲۵ درصد کاهش نشان دهد. همچنین افت عملکرد سویا را در رقابت با قیاق از ۵۹ تا ۸۸ درصد گزارش کرده اند (زاعی و قاسمی، ۱۳۸۶). پژوهش‌های انجام شده در مورد رقابت سویا و سوروف نشان داد که حتی یک هفته تأخیر در رویش سوروف، بیش از ۶۰ درصد کاهش رشد برای این علف هرز در پی داشت (راشد محصل و موسوی، ۱۳۸۵).

## ۲-۷-۲- صدمات علف‌های هرز در برنج

مدیریت علف‌های هرز یکی از عناصر کلیدی در سیستم‌های زراعی از جمله زراعت برنج می‌باشد. از بین علف‌های هرز مختلف برنج، سوروف به دلیل شباهت ژنتیکی، مرفولوژیک و فنولوژیک مهم‌ترین علف هرز برنج در دنیا است (گیبسون و همکاران، ۲۰۰۳). گزارش شده است که تعداد ۲۰ بوته سوروف در متر مربع سبب کاهش ۸۰ درصدی عملکرد برنج گردیده است (وان دوندر و همکاران، ۱۹۹۷). می‌شرا (۲۰۰۰)، گزارش کرد که با افزایش تراکم سوروف، تعداد خوشه، ارتفاع و عملکرد برنج کاهش یافت. کاهش محصول برنج در اثر علف‌های هرز به نوع سیستم کاشت و شرایط اقلیمی منطقه بستگی دارد و بین ۴۵ تا ۹۰ درصد تغییر می‌کند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۴). اگرچه در عمل تقریباً همه کشاورزان علف هرز مزارع خود را کنترل می‌کنند، با این وجود متوسط خسارت جهانی ناشی از علف‌های هرز در برنج حدود ۱۰ درصد برآورد شده است (هایفل و همکاران، ۲۰۰۲).

علف‌های هرز به علت شکل پذیری بالای فنوتیپی، نسبت به خاک‌های فقیر و خاک‌هایی با سطوح بالای حاصل‌خیزی سازگار هستند. سیستم ریشه‌ای عمیق علف‌های هرز به آن‌ها در استخراج مقادیر زیادی مواد غذایی و آب از حجم زیاد خاک کمک می‌کند. خصوصیات مانند درجه بالایی از راندمان فتوسنتتیک، کارایی مصرف آب و عناصر غذایی، از امتیازات علف‌های هرز نسبت به محصولات زراعی در طول فرآیند رقابت می‌باشد (همیشگی و بابا اکبری، ۱۳۸۷).

عناصر غذایی، عوامل محدود کننده اصلی رشد، در برنج غرقابی می‌باشند. برآورد شده است که برای تولید یک تن از ماده خشک برنج در حدود ۸ کیلوگرم نیتروژن، ۱/۵ کیلوگرم  $P_2O_5$  و ۱۰ کیلوگرم  $K_2O$  از خاک برداشت می‌شود. رشد فراوان علف هرز در طول مراحل اولیه رشد محصول، به علت تخلیه مواد غذایی از خاک، پنجه‌زنی برنج را کاهش می‌دهد. علاوه بر خسارت کمی، محصول مزارع آلوده به علف‌های

هرز از نظر کیفی نیز دچار خسارت می‌شوند، زیرا علف‌های هرز مانع از رسیدن دانه‌های برنج می‌شوند و در نتیجه دانه‌ها کوچک و شکننده شده و ممکن است در اثر رطوبت تغییر رنگ دهند (همیشگی و بابا اکبری، ۱۳۸۷).

علف‌های هرز در مزارع برنج موجب افزایش آفات و بیماری‌های گیاهی نیز می‌شوند، زیرا برخی از علف‌های هرز مثل سوروف، میزبان ثانوی آفاتی از قبیل تک نقطه‌ای برنج می‌باشند. کرم ساقه خوار برنج، زمستان را در ساقه این گونه علف‌های هرز به سر می‌برد و به دلیل ضخامت ساقه، درصد زنده‌مانی آن بیشتر از ساقه برنج می‌باشد. علف‌های هرز در مزارع برنج مانع از برداشت می‌شوند و به این ترتیب هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهند. محققین متوسط خسارت علف‌های هرز، در مزارع برنج را بدون وجین ۷۰ درصد برآورد کرده‌اند و اظهار داشتند که حتی با کنترل شیمیایی علف‌های هرز، هنوز هم ۱۷ درصد از محصول برنج، در اثر رقابت با علف‌های هرز باقی مانده، کاهش می‌یابد (موسوی، ۱۳۸۷).

دوره بحرانی خسارت علف‌های هرز در برنج نشایی را ۴۰ تا ۴۵ روز تعیین کرده‌اند (موسوی، ۱۳۸۷). سوروف زودتر از برنج در خزانه و در کشت مستقیم برنج، سبز شده و برگ‌های جدید، پنجه‌ها و ریشه‌های نابجای فراوانی در طول سه هفته نخست تولید می‌کند و بر زیستگاه برنج غالب می‌شود. این علف هرز به دلیل تشابه خصوصیات مورفولوژیکی با برنج تقریباً، غیر قابل تشخیص است. سوروف مقادیر قابل توجهی از مواد غذایی در خاک را مصرف می‌کند و با محصول اصلی برای آب و نور خورشید رقابت می‌کند. این گیاه همچنین مقدار بسیار زیادی بذر تولید می‌کند. به علت نیازمندی‌های مشابه اکولوژیکی، عملکرد برنج در یک فصل طولانی رقابت با علف‌هرز سوروف می‌تواند تا بالای ۹۰ درصد کاهش یابد (همیشگی و بابا اکبری، ۱۳۸۷). بررسی‌های محققان کشور مصر نیز نشان می‌دهد که ۸۰ بوته سوروف در یک متر مربع تا ۱۰۰ درصد محصول برنج را از بین می‌برند (شریفی، ۱۳۸۰). کاظمینی و غدیری (۱۳۸۱)، نیز نشان دادند که با افزایش تراکم سوروف در واحد سطح عملکرد دانه برنج به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

رقابت اویار سلام برای نور در مورد برنج مشاهده شده است و با افزایش جمعیت اویار سلام، میزان نور عبور یافته در بوته های برنج کاهش می یابد. در یک بررسی میدانی مشخص شد که کوددهی موجب افزایش قدرت رقابت گیاه زراعی می شود ولی هنگامی که تراکم گیاه زراعی پایین بود رشد اویار سلام نیز افزایش یافت (راشدمحصل و موسوی، ۱۳۸۵).

## ۲-۸- خصوصیات کیفی برنج

از زمان های قدیم غذای حاصل از دانه برنج به عنوان برترین غذا در بین غلات قابل توجه بوده است ولی مانند سایر غلات به دلیل عدم تعادل اسیدهای آمینه یک غذای کامل به شمار نمی آید. به همین دلیل، در برنامه های اصلاح نباتی برنج، علاوه بر توسعه ارقام با عملکرد زیاد، به کیفیت دانه اهمیت زیادی داده شده است (توسلی لاریجانی، ۱۳۸۴). مصرف کنندگان برنج در نقاط مختلف جهان در انتخاب برنج از لحاظ خصوصیات کیفی با هم فرق دارند و استاندارد کیفیت پخت از کشوری به کشور دیگر از نظر طرز تهیه و مصرف متفاوت است (دلاکروز، ۱۹۷۲). معیارهای ارزیابی کیفیت برنج عبارت از کیفیت سفید شدن، ظاهر دانه و کیفیت خوراک و پخت می باشد (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۶).

آزمایش های فیزیکی شیمیایی خاصی جهت تعیین و ارزیابی خصوصیات پخت و خوراک دانه از ارقام مختلف برنج به عمل می آید (توسلی لاریجانی، ۱۳۸۴). مقدار آمیلوز، قوام ژل و دمای ژلاتینی شدن از عوامل تعیین کننده کیفیت پخت هستند که با روش های شیمیایی ارزیابی می شوند که از بین آنها، مقدار آمیلوز از اهمیت ویژه ای برخوردار است (رحیم سرور و همکاران، ۲۰۰۷).

### ۲-۸-۱- درصد آمیلوز

بیش از ۹۰ درصد آندوسپرم دانه برنج را نشاسته تشکیل می دهد که از دو جزء آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده است. آمیلوز به صورت رشته ای با بیش از ۱۰۰ واحد گلوکزی و آمیلوپکتین به صورت

انشعابی دارای حدود ۲۰ زنجیره گلوکزی می‌باشد (توسلی لاریجانی، ۱۳۸۴). ارقام مختلف برنج از لحاظ آمیلوز به ۴ دسته تقسیم می‌شوند:

۱- برنج‌های فاقد آمیلوز: به برنج‌های واکسی معروف بوده و پس از پخت نرم و خمیری می‌شوند و دانه‌های آن‌ها غیرقابل تفکیک و به شکل ظرف پخت برنج در می‌آید (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۶).

این ارقام تا حدود ۹۰ درصد آمیلوپکتین دارند (توسلی لاریجانی، ۱۳۷۴).

۲- برنج‌هایی با آمیلوز کم ( ۸ تا ۲۰ درصد): این ارقام پس از پخت نرم و خمیری و چسبنده می‌گردند (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۶).

۳- برنج‌هایی با آمیلوز متوسط (۲۱ تا ۲۵ درصد): این نوع برنج پس از پخت نرم، کشیده و متورم می‌شوند دانه‌ها کاملاً از هم جدا هستند و مدتی پس از پخت خوش خوراک شده و حالت نرمی خود را حفظ می‌کنند و بیات نمی‌شوند. مناسب‌ترین میزان آمیلوز متعلق به این‌گونه برنج‌ها می‌باشد و بهترین انواع برنج در این گروه قرار دارد (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۶).

۴- برنج‌هایی با آمیلوز زیاد (بیشتر از ۲۵ درصد): این نوع برنج‌ها پس از پخت سخت و نسبتاً خشک شده و اگر مدتی از پخت آن‌ها سپری شود، قابل مصرف نمی‌باشد (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۶).

## ۲-۸-۲- دمای ژلاتینی شدن (GT)<sup>۱</sup>

ذرات نشاسته در اثر جذب آب با افزایش دما متورم می‌شوند که این خاصیت را دمای ژلاتینی شدن یا درجه آماس کردن می‌نامند که اصلی‌ترین خاصیت نشاسته می‌باشد. دمای ژلاتینی شدن از ۵۵ تا ۷۹ متغیر است. شرایط محیطی نظیر دما در زمان رسیدن دانه به آن مؤثر بوده و دمای بالای محیط طی تکامل دانه منجر به افزایش دمای ژلاتینی شدن در نشاسته می‌گردد. ارقام مختلف بر اساس دمای

---

<sup>۱</sup> -Glatinization Temperature

ژلاتینی شدن متفاوت می‌باشند که به سه گروه تقسیم می‌شوند که شامل ۵۵ تا ۶۹ (پایین)، ۷۰ تا ۷۴ (متوسط)، ۷۵ تا ۷۹ (بالا) می‌باشد. میانگین ضریب آن از عدد ۱ تا ۷ متغیر و متوسط آن عدد ۴ می‌باشد (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۶).

خصوصیات فیزیکی برنج طی پخت تا حد بسیار زیادی به دمای ژلاتینی شدن بستگی دارد. برنج‌هایی با دمای ژلاتینی شدن بالا نسبت به انواع با دمای ژلاتینی کم یا متوسط، به آب و زمان بیشتری برای پخت نیاز دارند. چنانچه دمای ژلاتینی شدن در برنج زیاد باشد، برنج پخته‌ی آن سفت و خشک می‌گردد و برعکس دمای ژلاتینی شدن پایین، موجب نرمی و چسبندگی شدن برنج پس از پخت می‌گردد (توسلی لاریجانی، ۱۳۷۴). در دمای ژلاتینی شدن بالا، دانه در داخل محلول تغییری نمی‌کند. در دمای ژلاتینی شدن متوسط، قسمتی از لایه خارجی آندوسپرم در داخل محلول قرار می‌گیرد و برنج دارای شکاف طولی یا عرضی می‌گردد. ولی در دمای ژلاتینی شدن پایین، دانه کاملاً در داخل محلول حل می‌گردد و به صورت ژل درمی‌آید (توسلی لاریجانی، ۱۳۸۴).

## ۲-۸-۳- قوام ژل (GC)<sup>۱</sup>

میزان حساسیت برنج‌های پخته به فشار، میزان چسبندگی و لعاب آن در هنگام پخت توسط قوام ژل اندازه‌گیری می‌شود. براساس غلظت ژل حاصل از هضم قلیایی آرد برنج، سه گروه شامل قوام ژل سخت (۳۶-۴۰ میلی‌متر)، قوام ژل متوسط (۴۱ تا ۶۰ میلی‌متر) و قوام ژل نرم (۶۱ تا ۱۰۰ میلی‌متر) ایجاد می‌شود. به‌طور کلی میزان چسبندگی خمیر سرد شده‌ی برنج قوام ژل نامیده می‌شود (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۶). مطالعات و بررسی‌ها نشان داده است که دو رقم برنج با آمیلوز یکسان ممکن است کیفیت پخت متفاوتی داشته باشند. در این حالت یک رقم با غلظت ژل نرم‌تر نسبت به دیگری ترجیح دارد و برنج پخته‌ی آن نیز نرم‌تر است (توسلی لاریجانی، ۱۳۷۴). اگر حرکت ژل در لوله مدرج ۳۶ میلی‌متر یا کمتر

---

<sup>۱</sup>-Gel Consistency

باشد، سخت و اگر بین ۳۶ تا ۵۰ میلی‌متر باشد متوسط و اگر بیشتر از ۵۰ میلی‌متر باشد از نوع نرم است.

میزان ژل قوام نرم و مناسب بین ۶۱ الی ۱۰۰ میلی‌متر می‌باشد (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۶).

فصل سوم

مواد و روش



### ۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۹ در معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در ۸ کیلومتری آمل- بابل، اجرا گردید. موقعیت جغرافیایی منطقه ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۲۹/۸ متر است. آب و هوای منطقه بر اساس تقسیم بندی اقلیمی حرارتی، نیمه مدیترانه‌ای گزارش شده است. میزان نزولات سالانه حدود ۸۰۰ میلی‌متر و متوسط دما در فصل کشت برنج، ۲۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط رطوبت نسبی در طول سال به دلیل تأثیرپذیری از دریای خزر بالا بوده که به غیر از ماه تیر به بیش از ۸۰ درصد نمی‌رسد. شرایط آب و هوایی در بازه زمانی اجرای آزمایش در جدول ۳-۱ آمده است.

جدول ۳-۱- شرایط آب و هوایی محل انجام آزمایش در طول دوره رشد برنج در سال زراعی ۸۹

ماه	میانگین حداقل دمای ماهانه (درجه سانتی‌گراد)	میانگین حداکثر دمای ماهانه (درجه سانتی‌گراد)	متوسط زمان آفتابی ماهانه (ساعت)	متوسط درصد رطوبت نسبی ماهانه	بارندگی ماهانه (میلی‌متر)
فروردین	۱۱/۳	۲۲/۳	۱۴۴/۲	۷۳	۲/۳
اردیبهشت	۱۴/۸	۲۴	۱۸۹/۱	۷۷	۱۲/۵
خرداد	۱۹/۱	۲۶/۹	۱۸۶/۹	۷۷	۱۶/۳
تیر	۲۱/۴	۲۹/۳	۱۵۵/۹	۸۰	۲۳/۹
مرداد	۲۲/۷	۳۲/۵	۲۲۲	۷۶	۱/۷
شهریور	۲۲/۱	۳۱/۳	۱۹۵/۹	۷۸	۵۶/۵

## ۲-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه بر اساس روش‌های استاندارد در عمق صفر تا ۳۰

سانتی‌متر در جدول ۲-۳ نشان داده شده است.

جدول ۲-۳- نتایج تجزیه برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق سانتی‌متر	EC ds/m	pH	TNV	O.C	P		K		شن رس (درصد)	سیلت (درصد)	سیلیس خاک	بافت
					(میکروگرم در گرم)	(میکروگرم در گرم)	۲۲	۲۴				
۰-۳۰	۰/۷۸	۷/۱	۲۶	۲/۵	۵	۱۵۰	۲۲	۲۴	۵۴	۲	سیلتی لومی	

## ۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. سیلیکات پتاسیم به فرم مایع و دارای ۳۲/۶ درصد  $\text{SiO}_2$  و ۱۶/۱ درصد  $\text{K}_2\text{O}$  بود. تیمارهای آزمایش ۵ ترکیب تیماری حاصل از محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم با غلظت‌های مختلف در دو زمان شامل صفر ( $S_1$ )، محلول‌پاشی در زمان پنجه‌دهی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر ( $S_2$ )، محلول‌پاشی در زمان ظهور خوشه با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر ( $S_3$ )، محلول‌پاشی در زمان پنجه‌دهی با غلظت ۵ گرم در لیتر ( $S_4$ ) و محلول‌پاشی در زمان ظهور خوشه با غلظت ۵ گرم در لیتر ( $S_5$ ) به عنوان فاکتور اول و دو سطح علف هرز شامل وجین علف هرز ( $W_1$ ) و عدم وجین علف هرز ( $W_2$ ) به عنوان فاکتور دوم بودند. تعداد تیمارها در مجموع ۱۰ و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۳۰ کرت بود. نقشه کشت در شکل ۱-۳ مشاهده می‌گردد.

تکرار ۱	S <sub>5</sub> W <sub>1</sub>	S <sub>2</sub> W <sub>1</sub>	S <sub>3</sub> W <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>1</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>3</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>4</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>4</sub> W <sub>1</sub>	S <sub>2</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>5</sub> W <sub>2</sub>
تکرار ۲	S <sub>2</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>4</sub> W <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> W <sub>1</sub>	S <sub>5</sub> W <sub>1</sub>	S <sub>5</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> W <sub>1</sub>	S <sub>4</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>3</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>1</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>3</sub> W <sub>1</sub>
تکرار ۳	S <sub>4</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>3</sub> W <sub>1</sub>	S <sub>5</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> W <sub>1</sub>	S <sub>3</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>1</sub> W <sub>1</sub>	S <sub>5</sub> W <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> W <sub>2</sub>	S <sub>4</sub> W <sub>1</sub>

شکل ۱-۳- نقشه کاشت طرح آزمایشی

### ۴-۳- عملیات اجرایی

#### ۱-۴-۳- آماده سازی زمین در بخش مزرعه‌ای

مزرعه مورد مطالعه در پاییز سال قبل شخم زده شد و در اسفند ماه تحت غرقاب بود. در فروردین ماه عملیات آماده‌سازی خزانة یعنی شخم و شیار و گل آب کردن انجام شد و در نهایت ماله‌کشی و تسطیح صورت پذیرفت. خزانة به صورت جوی و پشته آماده گردید و بذریاشی انجام شد. عملیات آماده سازی زمین اصلی در حین مراحل داشت خزانة انجام شد و سپس هرکرت توسط مارکر به فاصله ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متر نشانه گذاری شد.

#### ۲-۴-۳- کاشت

حدود یک کیلوگرم از بذر (رقم شیرودی) پس از سبک و سنگین کردن و انجام مراحل ضدعفونی جهت جوانه‌زنی در محیط مناسب قرار داده شد. پس از گذشت ۳ روز بذرهای جوانه دار شده در محلی که به عنوان بستر خزانة در نظر گرفته شده بود بذریاشی شدند. پس از گذشت یک ماه از بذریاشی و رسیدن گیاهچه‌ها به مرحله ۳ تا ۴ برگی، بوته‌ها جهت نشاکاری به زمین اصلی انتقال داده شدند. عملیات نشاکاری در تاریخ ۳ خرداد و به صورت دستی (۲ الی ۳ بوته در هر کپه) انجام شد. هر کرت آزمایشی

شامل ۹ ردیف به طول ۵ متر و عرض ۱/۸ متر بود فاصله بین ردیف ها ۲۰ سانتی متر بود. ۴ ردیف کناری در هر کرت به عنوان حاشیه و ۵ ردیف میانی جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد.

۳-۴-۳- داشت

برای مبارزه با علف هرز فقط دوبار وجین دستی در کرت‌های مربوط به تیمار وجین علف هرز اجرا شد. جهت مبارزه با آفات و بیماری‌های متداول (کرم ساقه خوار، کرم سبز برگ‌خوار، بلاست، شیت بلایت و لکه قهوه‌ای) مبارزه شیمیایی در تاریخ‌های معین صورت گرفت. اولین محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم مقارن با حداکثر پنجه‌زنی در تاریخ ۸۹/۴/۱۳ و محلول‌پاشی دوم مقارن با آغاز ظهور خوشه در تاریخ ۸۹/۴/۲۸ در شرایط مساعد از نظر وزش باد و با تعیین غلظت‌های از پیش تعیین شده انجام گرفت.

۳-۴-۴- برداشت

برداشت جهت تعیین عملکرد ۱۰ روز پس از آخرین نمونه‌برداری، در تاریخ ۸۹/۶/۱ صورت گرفت. بوته‌ها حدود ۹۰ درصد سبز و خوشه‌ها کاملاً رسیده و زرد بودند. پس از خشک شدن محصول برداشت شده در آفتاب و خرمن‌کوبی آن، عملکرد هر کرت براساس رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد.

۳-۵- نمونه برداری

اولین نمونه‌برداری ۶۶ روز پس از نشاکاری (۱۰ روز پس از محلول‌پاشی دوم) در تاریخ ۸۹/۵/۷ انجام شد. سپس تا رسیدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک هر هفته نسبت به نمونه برداری اقدام گردید. به طور کلی ۴ مرحله نمونه‌برداری به صورت تخریبی از خطوط وسط هر کرت و با در نظر گرفتن حاشیه انجام شد. البته جهت تعیین غلظت عناصر سیلیس و پتاسیم ۱۰ روز پس از اولین محلول‌پاشی نیز نمونه‌برداری از برگ و ساقه انجام شد. نحوه نمونه‌برداری به این صورت بود که از ۹ ردیف کاشت در هر کرت، دو ردیف

کناری و یک متر ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس ۵ بوته به نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوطه را نشان دهند. در هر نمونه برداری قطع بوته‌ها از سطح خاک و پایین‌ترین میانگرمه انجام گرفت.

### ۳-۶- صفات زراعی و مرفولوژیک

#### ۳-۶-۱- وزن خشک برگ، ساقه و خوشه

پس از انجام نمونه برداری، بوته‌ها در پاکت‌های شماره گذاری شده قرار داده شدند و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه به بخش‌های برگ، ساقه و خوشه تفکیک شدند. نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند. پس از آن پاکت‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در هوای آزمایشگاه نگهداری شدند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند و وزن خشک آنها تعیین شد.

#### ۳-۶-۲- شاخص سطح برگ (LAI)<sup>۱</sup>

شاخص سطح برگ عبارت از سطح یک طرف برگ به ازای واحد سطح زمین می‌باشد. شاخص سطح برگ، عامل اصلی تعیین‌کننده میزان جذب نور به وسیله کانوپی گیاه است. گیاهانی که در مراحل اولیه رشد نسبت زیادی از مواد فتوسنتزی را به تولید برگ اختصاص می‌دهند، در مراحل بعدی با سرعت بیشتری رشد خواهند کرد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸). اندازه‌گیری سطح برگ توسط دستگاه سنجش سطح برگ مدل LI-۳۱۰۰ ساخت شرکت لیکولن آمریکا و با توجه به ارتباط سطح و وزن خشک برگ محاسبه گردید.

---

<sup>۱</sup>-Leaf Area Index

### ۳-۶-۳- ارتفاع بوته و قطر ساقه

در ۶۶ و ۸۰ روز پس از نشاکاری، تعداد ۵ بوته از هر کرت پس از در نظر گرفتن حاشیه، انتخاب و اقدام به اندازه‌گیری ارتفاع بوته و قطر ساقه برحسب سانتی‌متر گردید. میانگین ۵ بوته به عنوان ارتفاع و قطر ساقه این بوته‌ها ثبت گردید.

### ۳-۶-۴- تعداد پنجه

در ۶۶ و ۸۰ روز پس از نشاکاری، تعداد پنجه نیز در ۵ بوته انتخابی مورد شمارش قرار گرفته و میانگین‌گیری شدند.

### ۳-۶-۵- عملکرد و اجزای عملکرد

از هر کرت آزمایشی تعداد ۱۵ بوته با در نظر گرفتن حاشیه و به منظور تعیین عملکرد نهایی برداشت گردید. مساحت اشغال شده توسط این ۱۵ بوته محاسبه و عملکرد نهایی برحسب مترمربع برآورد گردید. اجزای عملکرد در گیاه برنج شامل تعداد خوشه درکپه، تعداد دانه پر در خوشه و وزن هزاردانه می باشند که در ۱۵ بوته برداشت شده اندازه‌گیری شدند. علاوه بر این درصد خوشه‌چه پوک نیز مورد اندازه‌گیری و محاسبه قرار گرفت.

### ۳-۷-۷- صفات فیزیولوژیک

#### ۳-۷-۱- غلظت عناصر سیلیس و پتاسیم

طی دو مرحله، ۱۰ روز پس از محلول‌پاشی اول و دوم با سیلیکات پتاسیم اقدام به نمونه برداری از برگ و ساقه برای تعیین عناصر سیلیس و پتاسیم گردید. برای اندازه‌گیری غلظت سیلیس در بافت گیاه، از روش یوشیدا و همکاران (۱۹۷۶)، استفاده شد. نمونه‌های برگ و ساقه مربوط به هر کرت به مدت یک

هفته در آن در دمای ۷۰ درجه قرار داده شدند و سپس توسط آسیاب پودر گردیدند. یک گرم از نمونه گیاهی را در ارلن مایر ۷۵ یا ۱۲۵ میلی لیتر ریخته و سپس به آن اسید مخلوط (شامل ۷۵۰ میلی لیتر اسید نیتریک، ۳۰۰ میلی لیتر اسید پرکلریدریک و ۱۵۰ میلی لیتر اسید سولفوریک) اضافه شد و به مدت دو ساعت زیر هود قرار داده شد تا پیش تجزیه شود. مخلوط حاصل روی هیتر قرار داده شد و به صورت تدریجی دما افزایش یافت تا بخار سفیدرنگ از آن خارج گردید و ماده‌ای شفاف سفید رنگ (به صورت ژله‌ای) باقی ماند. کاغذ صافی اشلس<sup>۱</sup> بدون خاکستر واتمن ۴۲ در داخل قیف قرار داده شد و با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال و سپس با آب مقطر شسته شد. بعد از سرد شدن ارلن مایرها، ۵۰ میلی لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. عصاره‌ها در داخل کاغذ صافی ریخته شد و سپس کاغذ صافی در کروزه، و بعد در آن ۸۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت تا خشک شوند. در مرحله بعد نمونه‌ها در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند تا تبدیل به خاکستر سفید رنگ شوند. نمونه‌ها، پس از قرار گرفتن در دسیکاتور و سرد شدن، با ترازوی حساس وزن شدند. به علت این که اعداد به دست آمده از ۱ گرم ماده خشک بودند، جهت تبدیل به میلی گرم بر کیلوگرم در ۱۰۰۰ ضرب شدند.

برای اندازه‌گیری غلظت پتاسیم، برگ‌ها ابتدا با آب معمولی، سپس با اسید هیدروکلریک ۰/۱ مولار و دوباره با آب مقطر شستشو گردیدند. نمونه گیاه به مدت ۴۸ ساعت در آن با حرارت ۷۰ درجه سانتی گراد خشک و سپس آسیاب شد. نمونه آسیاب شده از الک ۰/۵ میلی متری عبور داده شد. مرحله بعد شامل هضم به روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید هیدروکلریک بود. برای این منظور ۱ گرم نمونه گیاه خشک شده با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و در کروزه چینی ریخته شد و در کوره تا ۵۵۰ درجه به مدت ۴ ساعت حرارت داده شد. خاکستر حاصل با آب مقطر کمی خیس گردید، ۱۰ میلی لیتر اسید هیدروکلریک ۲ مولار به آن اضافه و بعد از اتمام فعل و انفعالات، محتویات کروزه از کاغذ صافی ریز به داخل بالن ژوژه

---

<sup>۱</sup> -Ashless

۱۰۰ میلی لیتری صاف شد. عصاره نهایی به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. محلول حاصل از عصاره گیری به نسبت ۱+۹ با کلرور سزیم رقیق شد و جذب با دستگاه فلیم فتومتر مدل ترمو الکترون ساخت آمریکا و در طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر خوانده شد و میزان پتاسیم تعیین گردید. پتاسیم قرائت شده توسط دستگاه در فرمول زیر قرار داده شد و مقدار پتاسیم بر حسب درصد به دست آمد (واینگ و همکاران، ۱۹۸۹).

$$\text{پتاسیم (درصد)} = \frac{A \times V \times 100}{W \times d.m \times 1000}$$

A = عدد قرائت شده توسط فلیم فتومتر

W = وزن نمونه پودر شده

V = حجم بالن

d.m = درصد ماده خشک

### ۳-۷-۲- کلروفیل

اندازه گیری کلروفیل برگ از ۶۶ روز پس از نشاکاری آغاز و به مدت ۴ هفته انجام شد. میانگین کلروفیل ۳ بوته در هر کرت بر حسب واحد SPAD (هیسکوکس و ایسرایستام، ۱۹۷۸) برای این صفت در نظر گرفته شد. در هر اندازه گیری تعداد پنج برگ (بالا، وسط و پایین کانوپی) از هر بوته انتخاب شده و کلروفیل آن توسط دستگاه SPAD502 تعیین و میانگین آن‌ها محاسبه گردید.

### ۳-۸- صفت کیفی دانه

#### ۳-۸-۱- آمیلوز

ابتدا ۰/۱ گرم از دانه برنج خوب پودر شده داخل ارلن ریخته شد و ۱ میلی لیتر اتانول ۹۵ درصد و ۹ میلی لیتر سود سوز آور ۱ نرمال به آن اضافه شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده



شد تا پخته شود. بعد از آن ارلن‌ها با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شدند و به مدت ۳۰ ثانیه تکان داده شدند تا اثر سود سوزآور از بین برود. سپس ۵ میلی‌لیتر از محلول را در ارلن دیگری ریخته و به آن ۱ میلی‌لیتر اسید استیک و ۲ میلی‌لیتر محلول ید (۲ گرم ید با ۲۰ گرم یدید پتاسیم با آب مقطر به حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد) اضافه شد. حجم نمونه‌ها با آب مقطر به ۱۰۰ سی سی رسانده شد. طبق استاندارد<sup>۱</sup> IRRI پس از گذشت نیم ساعت نمونه‌ها به خوبی تکان داده شدند و با اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شدند.

### ۳-۸-۲- دمای ژلاتینی شدن

ابتدا به تعداد تیمارها و برای هر تیمار با دو تکرار پتری دیش انتخاب گردید. سپس در هر پتری دیش ۶ عدد دانه کامل برنج سفید قرار گرفت. در هر ظرف ۱۰ میلی‌لیتر KOH، ۱/۷ درصد ریخته شد و به مدت ۲۳ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس با توجه شکل دانه‌های برنج ناشی از تورم ملکول‌های نشاسته اعداد مورد نظر یادداشت گردید.

### ۳-۸-۳- قوام ژل

۰/۲ میلی‌لیتر تیمول بلو با ۰/۱ گرم از برنج خوب پودر شده توسط مخلوط‌کن مخلوط شد. سپس ۲ میلی‌لیتر از KOH ۰/۲ نرمال به آن اضافه و دوباره مخلوط گردید. بعد از آن به مدت ۸ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد. پس از قرار گرفتن به مدت ۵ دقیقه در فضای آزاد، به مدت ۱۵ دقیقه در آب یخ قرار گرفت. با گذشت ۰/۵ تا ۱ ساعت، حرکت ژل روی کاغذ میلی‌متری خوانده شد.

---

<sup>۱</sup> -International Rice Research Institute

### ۳-۹- وزن خشک علفهای هرز

وزن خشک علفهای هرز نیز در کرت‌های کنترل نشده با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی‌های انجام شده روی تجمع ماده خشک در علفهای هرز مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور طی ۴ مرحله نمونه‌برداری همراه با گیاه زراعی، علفهای هرز موجود در مساحت یک مترمربع به تفکیک سوروف، اویارسلام و سایر علفهای هرز برداشت و وزن خشک آنها تعیین گردید.

### ۳-۱۰- تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTATC و رسم نمودارها توسط نرم افزار EXCEL انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت.

فصل چہارم

نتایج و بحث

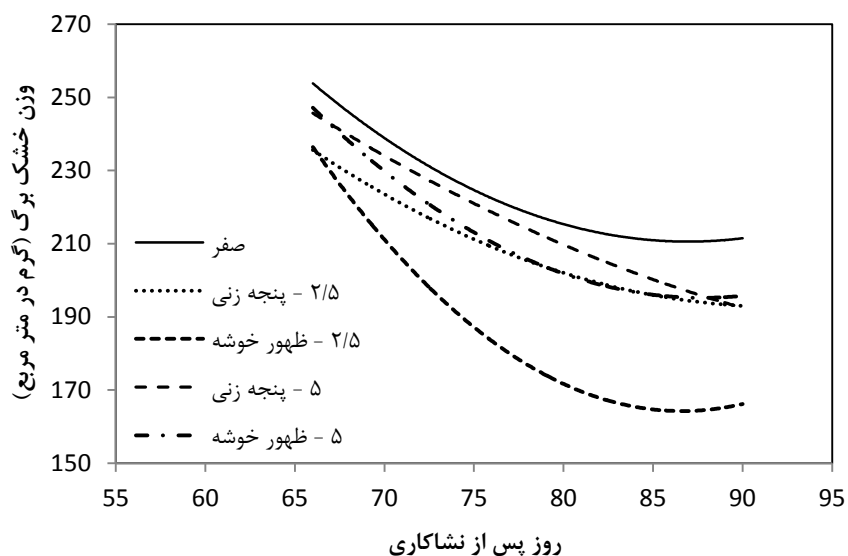
#### ۴-۱- ماده خشک

#### ۴-۱-۱- وزن خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک برگ در زمان‌های مختلف پس از نشاکاری در جدول پیوست ۱ نشان داده شده است. اثر سیلیکات پتاسیم بر وزن خشک برگ در همه نمونه برداری‌ها به جز نمونه برداری دوم معنی‌دار بود.

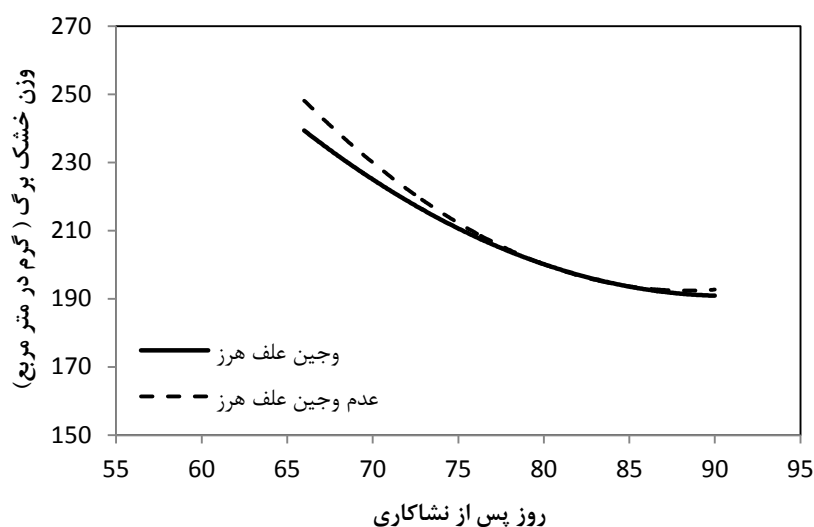
در بازه نمونه برداری‌های انجام شده، وزن خشک برگ تقریباً تا ۸۵ روز پس از نشاکاری از روندی کاهشی برخوردار بود و پس از آن روندی ثابت پیدا کرد. در کل مشاهده می‌شود که گیاهان محلول‌پاشی شده با سیلیکات پتاسیم در هر دو غلظت و زمان وزن خشک برگ کمتری را نسبت به گیاهان شاهد در کل فصل رشد دارا بودند. منتها در بین تیمارهای محلول‌پاشی، انجام محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان پنجه‌زنی وزن خشک برگ بیشتری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. روند کاهشی مشاهده شده در ماده خشک برگ گیاهانی که تیمار ۲/۵ گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم در زمان ظهور خوشه را دریافت کرده بودند به طور قابل توجهی شدیدتر از سایر تیمارها بود.

ضروری بودن سیلیس در تعدادی از گونه‌های گیاهان عالی که انباشته کننده سیلیس هستند مانند دم اسبیان و برخی گونه‌های علفی خاک‌های مرطوب توسط خلد برین و اسلام زاده (۱۳۸۰)، گزارش شده است. تاکاهاشی و مایاک (۱۹۷۷)، اعلام نمودند، در شرایط مزرعه به ویژه در مناطقی که کشت کلان غلات انجام می‌شود، سیلیس می‌تواند به طور غیر مستقیم، میزان رشد و تولید گیاه را افزایش دهد. از جمله می‌توان به جلوگیری از سایه اندازی گیاهان روی یکدیگر با مستقیم نگه داشتن برگ‌های آنها، کاهش میزان حساسیت گیاهان به خوابیدن در سطح خاک، کاهش در بروز آلودگی‌های قارچی و جلوگیری از سمیت منگنز و آهن اشاره کرد.



شکل ۴-۱- روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم (با غلظت‌های ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر در زمان‌های پنجه‌زنی و ظهور خوشه)

روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر وجین علف هرز در شکل ۴-۲ نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌گردد وزن خشک برگ در شرایط رقابت با علف هرز تا حدود ۷۵ روز پس از نشاکاری، بیشتر از شرایط وجین بود پس از آن مقدار وزن خشک برگ در هر دو تیمار تقریباً یکسان بوده به نظر می‌رسد هنگامی که گیاه در رقابت با علف هرز بوده برای غلبه بر شرایط رقابت، ماده خشک برگ را افزایش داده است.



شکل ۴-۲- روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر وجین علف هرز

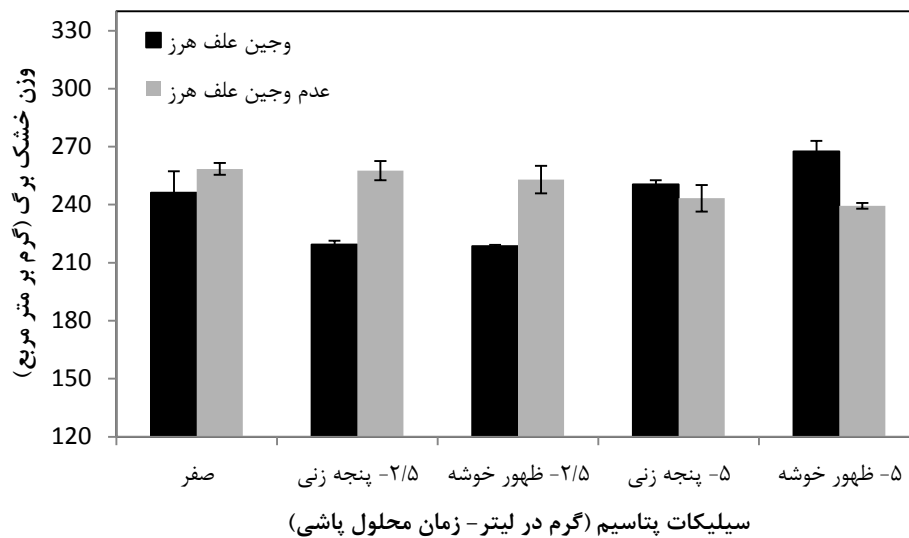
به منظور توضیح بیشتر و دقیق تر در مورد تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر وزن خشک برگ از بین ۴ نمونه برداری انجام شده دو نمونه برداری به شرح زیر انتخاب و تفسیر می‌گردد.

#### ۴-۱-۱-۱- نمونه برداری اول وزن خشک برگ

اثر تمام منابع تغییر شامل اثرات اصلی و متقابل در ۶۶ روز پس از نشاکاری (نمونه برداری اول) بر وزن خشک برگ معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز بر وزن خشک برگ در شکل ۴-۳ نشان داده شده است.

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد در شرایط وجین علف هرز محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم در هر دو زمان پنجه‌زنی و ظهور خوشه، تجمع ماده خشک در برگ را نسبت به شاهد کاهش داد ولی با افزایش غلظت محلول‌پاشی در هر دو زمان ذکر شده، وزن خشک برگ افزایش یافت به طوری که در مجموع گیاهان محلول‌پاشی شده با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه و در شرایط وجین علف‌هرز، بیشترین ماده خشک برگ را با میانگینی معادل ۲۶۷/۶ گرم در متر مربع دارا بودند که از

لحاظ آماری معنی‌دار نیز بود. در شرایط عدم وجین تفاوت قابل توجهی بین ترکیبات تیماری از نظر این صفت مشاهده نشد. در این شرایط محلول‌پاشی با بالاترین غلظت به ویژه در زمان ظهور خوشه به مقدار بسیار جزئی تجمع ماده خشک در برگ را کاهش داد.



شکل ۳-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در ۶۶ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول‌پاشی سلیکات پتاسیم و

وجین علف هرز

بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

فلاح (۲۰۰۰)، به این نتیجه رسید که سلیسیسیم سطح برگ برنج را افزایش داد و در نتیجه فتوسنتز

محصول و وزن خشک برگ افزایش یافت.

#### ۴-۱-۱-۲- نمونه برداری سوم وزن خشک برگ

تأثیر اثر متقابل محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز ( $p < 0.05$ ) و همچنین اثر اصلی محلول پاشی سیلیکات پتاسیم ( $p < 0.01$ ) در نمونه برداری سوم (۸۰ روز پس از نشاکاری) بر وزن خشک برگ معنی دار بود (جدول پیوست ۱).

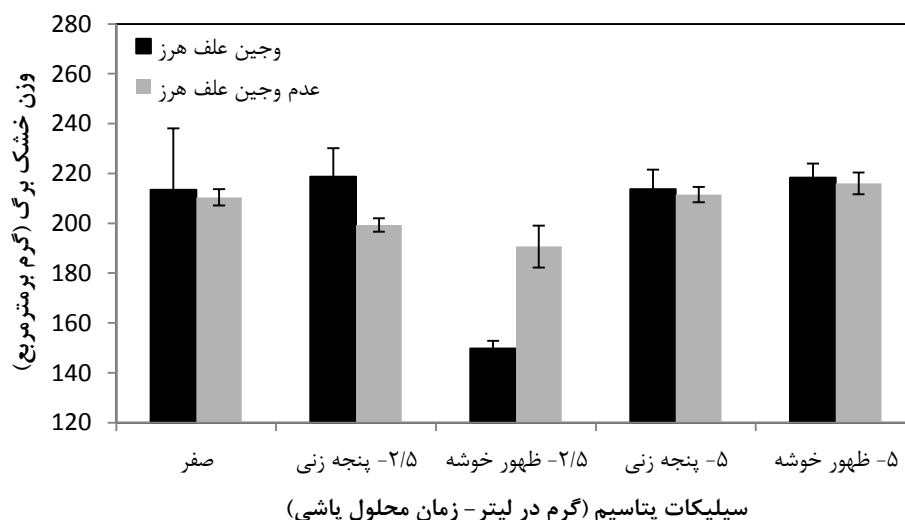
وزن خشک برگ در تیمار محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه به ویژه در شرایط وجین علف هرز (با میانگین ۱۴۹/۷ گرم در متر مربع) به طور قابل توجه و معنی داری کمتر از سایر ترکیبات تیماری بود (شکل ۴-۴). این در حالی است که سطح برگ در این ترکیب تیماری به مراتب بالاتر از سایرین بود (شکل ۴-۱۳). چنین نتیجه‌ای حاکی از نازک بودن و در عین حال وسیع تر بودن برگ‌ها و همچنین تخلیه بیشتر برگ با نزدیک شدن به پایان فصل رشد در این ترکیب تیماری است که می‌تواند نقش مهمی در پر شدن دانه‌ها داشته باشد.

اختلاف سایر ترکیبات تیماری به ویژه ترکیبات حاصل از بالاترین غلظت سیلیکات پتاسیم با شاهد معنی دار نبود. در کل بیشترین مقادیر وزن خشک برگ در این نمونه برداری، در ترکیب تیماری سیلیکات پتاسیم ۲/۵ گرم در لیتر پنجه‌زنی × وجین علف هرز مشاهده شد (۲۱۸/۷۲ گرم در متر مربع) که اگرچه نسبت به کمترین مقدار به دست آمده از ترکیب تیماری سیلیکات پتاسیم ۲/۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه × وجین علف هرز (۱۴۹/۶۷ گرم در متر مربع)، ۴۶/۱۳ درصد بیشتر بود ولی اختلاف آن با شاهد جزئی بود (شکل ۴-۴).

آگاری و همکاران (۱۹۹۶)، بیان کردند که میزان فتوسنتز محصول در گیاهان واجد سیلیس نسبت به گیاهان فاقد سیلیس افزایش یافت. اولین شرط جهت دستیابی به عملکرد بالا در واحد سطح، تولید ماده خشک زیاد است، زیرا حدود ۹۰ درصد وزن خشک گیاهان ناشی از آسیمیلایون دی اکسید کربن



طی فتوسنتز است. در نتیجه افزایش سرعت تثبیت برای بالا بردن ظرفیت تولید گیاهان زراعی می‌تواند مفید باشد (میر آخوری و همکاران، ۱۳۸۹). آدینا و همکاران (۱۹۸۶)، نیز نشان دادند بهبود رشد و عملکرد گیاه در حضور سیلیسیم از طریق افزایش توانایی مکانیکی ساقه و برگ‌ها، بهبود جذب نور و افزایش ظرفیت فتوسنتزی اتفاق می‌افتد.



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجود علف هرز

بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

آزمایشی توسط پروز و همکاران (۲۰۰۶)، در ۴ رقم پنبه و دو منبع پتاسیم (سولفات پتاسیم و کلرور پتاسیم) و ۴ سطح پتاسیم (صفر، ۶۲/۵، ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) اجرا شد که نتایج نشان داد همزمان با افزایش سطوح پتاسیم شاخص سطح برگ نیز به طور بسیار معنی‌داری افزایش یافت. همچنین مقادیر بالاتر پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم وزن خشک برگ و ارتفاع گیاه را بهبود بخشید.

#### ۴-۱-۲- وزن خشک ساقه

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک ساقه در زمان های مختلف پس از نشاکاری در جدول پیوست ۳ نشان داده شده است. اثر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و اثر متقابل آن با وجین علف هرز بر وزن خشک ساقه در نمونه برداری های اول، سوم و چهارم معنی دار بود. علف هرز نیز در ۶۶، ۷۳ و ۹۰ روز پس از نشاکاری بر این صفت تأثیر داشت.

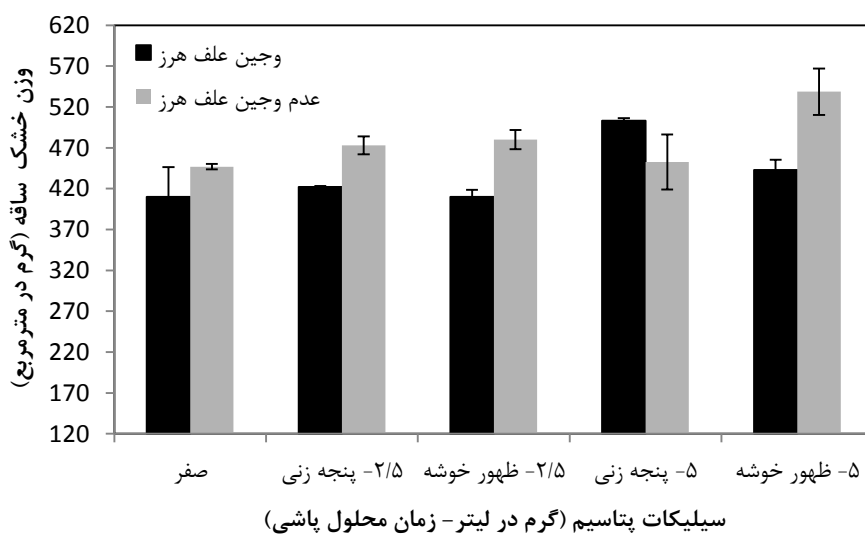
#### ۴-۱-۲-۱- نمونه برداری اول وزن خشک ساقه

تأثیر همه اثرات اصلی و متقابل در نمونه برداری اول یعنی ۶۶ روز پس از نشاکاری بر وزن خشک ساقه معنی دار بود (جدول پیوست ۳).

در شکل ۴-۵ مشاهده می شود که در مجموع در شرایط عدم وجین علف هرز وزن خشک ساقه بیشتر از شرایط وجین بود. چنین استنباط می شود که در مراحل اولیه رشد گیاه مواد فتوسنتزی بیشتری را به ساقه اختصاص داده است تا در رقابت با علف هرز موفق تر باشد و همین امر موجب تجمع بیشتر ماده خشک در ساقه گیاهان قرار گرفته در رقابت با علف هرز شده است. بیشترین تأثیرپذیری گیاهان از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم نیز مربوط به گیاهان قرار گرفته در شرایط عدم وجین بود. همان طور که ملاحظه می گردد در شرایط عدم وجین محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در هر دو زمان پنجه زنی و ظهور خوشه وزن خشک ساقه را نسبت به شاهد به ترتیب حدود ۲۶/۲۴ و ۳۳/۲۲ گرم در مترمربع افزایش داد. در شرایط وجود رقابت با علف هرز محلول پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه از بقیه تیمارها مؤثرتر بود. به طوری که این ترکیب تیماری وزن خشک ساقه را نسبت به محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه و شاهد به ترتیب به مقدار ۱۲/۲۲ و ۲۰/۵۶ درصد افزایش داد که از لحاظ آماری معنی دار نیز بود. این نتیجه تا حدی در ارتباط با وزن خشک برگ می باشد زیرا در همین

ترکیب تیماری در نمونه برداری اول وزن خشک برگ کم بود (شکل ۳-۴) که نشان دهنده سرازیر شدن مواد فتوسنتزی به سمت ساقه در این ترکیب تیماری می‌باشد.

شیمویاما (۱۹۵۸)، اظهار داشت با مصرف سیلیسیم ضخامت دیواره‌های سلولی در ساقه و دستجات آوندی بیشتر می‌شود. در نتیجه سیلیسیم ذخیره شده در این قسمت‌های گیاه به افزایش قدرت مکانیکی ساقه کمک می‌کند.



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در ۶۶ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

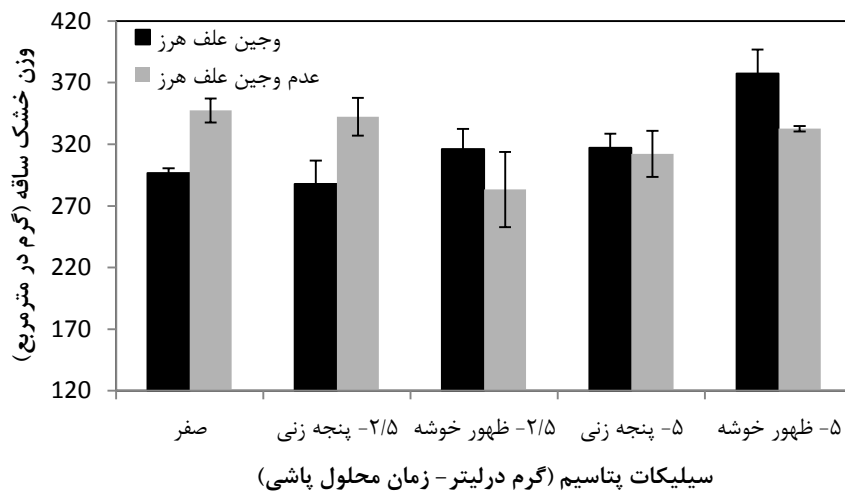
بارهای روی میله ها SE  $\pm$  می باشد.

توفیقی (۱۳۷۷)، در یک آزمایش گلدانی که در ۲۵ خاک شالیزاری روی رقم آمل ۳ انجام داد به این نتیجه رسید که در اثر مصرف ۶۷/۳ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک مقدار عملکرد دانه ۲۲ درصد افزایش می‌یابد. این محقق افزایش عملکرد ماده خشک اندام هوایی برنج رقم خزر را در اثر تیمار کودی معادل ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار شاهد ۲۲/۶ درصد و در اثر تیمار کودی معادل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار ۱۶/۲ درصد گزارش نموده است.

#### ۴-۱-۲-۲- نمونه برداری سوم وزن خشک ساقه

مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در ۸۰ روز پس از نشاکاری بر وزن خشک ساقه در شکل ۴-۶ نشان داده شده است.

با نزدیک شدن به انتهای فصل رشد همچنان در دو تیمار شاهد و محلول پاشی با ۲/۵ گرم در لیتر در زمان پنجه زنی میزان تجمع ماده خشک ساقه در شرایط عدم وجین به ترتیب ۵۱ و ۵۴ گرم بیشتر از شرایط وجین بود که از لحاظ آماری معنی دار نیز بود. در سایر ترکیبات تیماری وزن خشک ساقه در گیاهانی که با علف هرز رقابت نداشتند، بیشتر بود. محلول پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم در زمان ظهور خوشه و وجین علف هرز، بیشترین تأثیر را در وزن خشک ساقه در این نمونه برداری داشت که نسبت به شاهد ۲۷/۲۹ درصد و نسبت به محلول پاشی با همین غلظت در زمان پنجه زنی و شرایط وجین علف هرز، ۱۹ درصد افزایش نشان داد. این در حالی است که بیشترین تجمع ماده خشک در ساقه، در نمونه برداری اول نیز، مربوط به همین شرایط از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و عدم وجین علف هرز بود. به طور کلی بالا بودن میزان ماده خشک ساقه در تیمار محلول پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم در زمان ظهور خوشه، برآیندی از بالا بودن ارتفاع ساقه (شکل ۴-۱۴) و قطر ساقه (شکل ۴-۱۵) در این تیمار می باشد.



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

بارهای روی میله ها  $\pm$  SE می باشد.

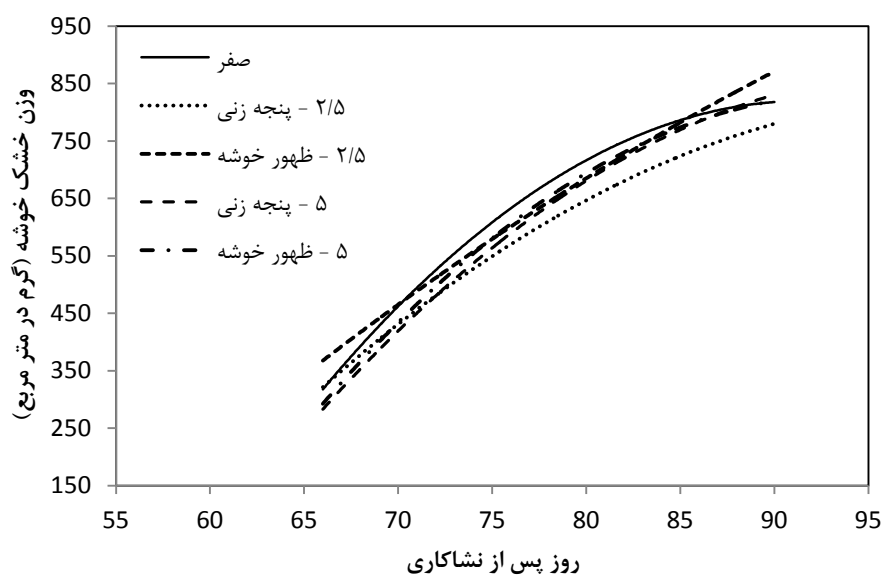
در آزمایشی تأثیر کاربرد سیلیسیم بر وزن خشک شاخساره خیار بسته به نوع رقم متفاوت بود، به طوری که تغذیه سیلیسیم سبب افزایش معنی دار (در سطح ۱ درصد) وزن خشک شاخساره رقم سوپر دامینوس شد ولی بر وزن خشک شاخساره رقم نگین تأثیر معنی داری نداشت. در رقم سوپر دامینوس با افزایش سیلیسیم به محلول غذایی وزن خشک شاخساره حدود ۲۵ درصد افزایش یافت. اختلاف ارقام مختلف گیاهی از لحاظ پاسخ به کاربرد سیلیسیم توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است. یکی از دلایل این تفاوت، اختلاف گیاهان از لحاظ نیاز سیلیسیم می باشد (خدارحمی و خوش گفتار منش، ۱۳۹۰). ما و تاکاهاشی (۱۹۹۰)، نیز بیان کردند وزن خشک ریشه، ساقه و وزن خشک کل گیاهان واجد سیلیسیم به ترتیب ۴۱، ۶۸ و ۴۲ درصد افزایش یافت.

راویندرانات و همکاران (۱۹۸۵)، طی آزمایشی تحت عنوان تأثیر محلول پاشی پتاسیم بر رشد و اجزای عملکرد ۳ رقم لوبیا، اظهار داشتند که محلول پاشی پتاسیم ارتفاع گیاه و تجمع ماده خشک را افزایش داد. همچنین محلول پاشی سبب افزایش عملکرد هر ۳ رقم لوبیا گردید.

#### ۴-۱-۳- وزن خشک خوشه

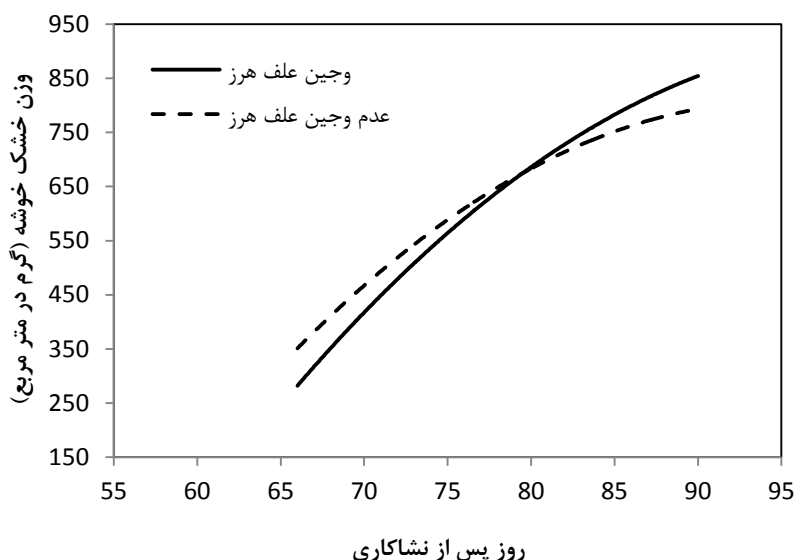
اثر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم در هر ۴ مرحله نمونه برداری بر وزن خشک خوشه معنی دار شد. اثر علف هرز نیز در ۶۶ و ۹۰ روز پس از نشاکاری معنی دار بود ( $p < 0.01$ ). اثر متقابل تیمارها تنها در نمونه برداری سوم یعنی ۸۰ روز پس از نشاکاری معنی دار نشد و در سایر زمانها در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول پیوست ۶). شکل ۴-۷ روند تغییرات وزن خشک خوشه را تحت تأثیر سطوح تیماری مختلف محلول پاشی سیلیکات پتاسیم در طول دوره رشد برنج، نشان می دهد.

همان طور که ملاحظه می شود در تمام سطوح تیماری سیلیکات پتاسیم، وزن خشک خوشه روند افزایشی داشته است و از کمتر از ۳۰۰ گرم در متر مربع به بیش از ۸۰۰ گرم در متر مربع رسید. تفاوت قابل توجهی بین سطوح سیلیکات پتاسیم از لحاظ تأثیرگذاری بر این صفت مشاهده نشد. تنها مواردی که می توان به آنها اشاره کرد این است که وزن خشک خوشه در تیمار ۲/۵ گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم در زمان ظهور خوشه به طور کاملاً خطی افزایش یافت. حتی در انتهای فصل نیز همچنان روند رو به صعود داشت و مانند سایر تیمارها به سمت ثابت شدن میل پیدا نکرد. وقتی همین غلظت از سیلیکات پتاسیم در هنگام پنجه زنی محلول پاشی شد، روند تجمع ماده خشک در خوشه از حدود ۷۵ روز پس از نشاکاری کندتر از بقیه تیمارها بود



شکل ۴-۷- روند تغییرات وزن خشک خوشه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم (با غلظت‌های ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر در زمان‌های پنجه‌زنی و ظهور خوشه)

مقایسه روند تغییرات وزن خشک خوشه تحت تأثیر وجین علف‌هرز (شکل ۴-۸) نشان دهنده بروز اثرات منفی ناشی از رقابت با علف هرز از حدود ۸۰ روز پس از نشاکاری به بعد بود. از این زمان به بعد وزن خشک خوشه در شرایط عدم حضور علف هرز به طور قابل توجهی بیشتر از شرایط رقابت با علف هرز شد که همچنان روند افزایشی داشت.



شکل ۴-۸- روند تغییرات وزن خشک خوشه تحت تأثیر وجین علف هرز

#### ۴-۱-۳-۱- نمونه برداری اول وزن خشک خوشه

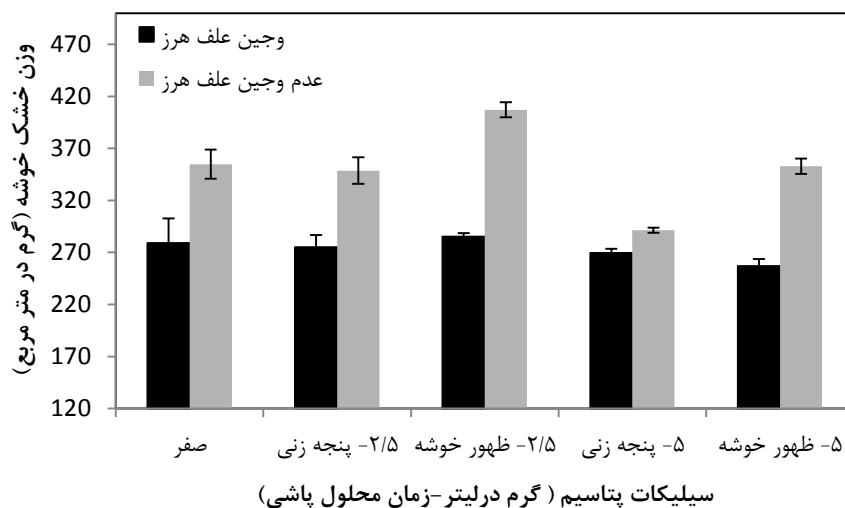
بررسی اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در ۶۶ روز پس از نشاکاری بر وزن خشک خوشه در شکل ۴-۹ نشان داده شده است.

در نخستین نمونه برداری و در شرایط عدم مصرف سیلیکات پتاسیم، ماده خشک خوشه گیاهانی که در رقابت با علف هرز بودند حدود ۷۵/۸ گرم بیشتر از گیاهان وجین شده بود. در همین شرایط وجود علف هرز، تنها محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم در زمان ظهور خوشه توانست این صفت را معادل ۵۲/۳ گرم نسبت به شرایط عدم محلول پاشی بهبود بخشد. این در حالی است که تیمار ۵ گرم در لیتر در زمان پنجه زنی اثر منفی بر این صفت داشت و وزن خشک خوشه را از ۳۵۴/۷۵ گرم در متر مربع (در تیمار عدم محلول پاشی) به ۲۹۱/۳۷ گرم در متر مربع تقلیل داد.



تأثیر پذیری گیاهانی که وجین شده بودند از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم ناچیز بود. در این شرایط

غلظت بالای سیلیکات پتاسیم در هر دو زمان پنجه‌زنی و ظهورخوشه تأثیر منفی داشت.



شکل ۴-۹- مقایسه میانگین وزن خشک خوشه در ۶۶ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

بارهای روی میله ها  $\pm$  SE می‌باشد.

۴-۳-۲- نمونه برداری چهارم وزن خشک خوشه

اثر سیلیکات پتاسیم ( $p < 0.05$ )، علف هرز و اثر متقابل آن‌ها ( $p < 0.01$ ) در نمونه برداری چهارم

یعنی ۹۰ روز پس از نشاکاری بر وزن خشک خوشه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۶).

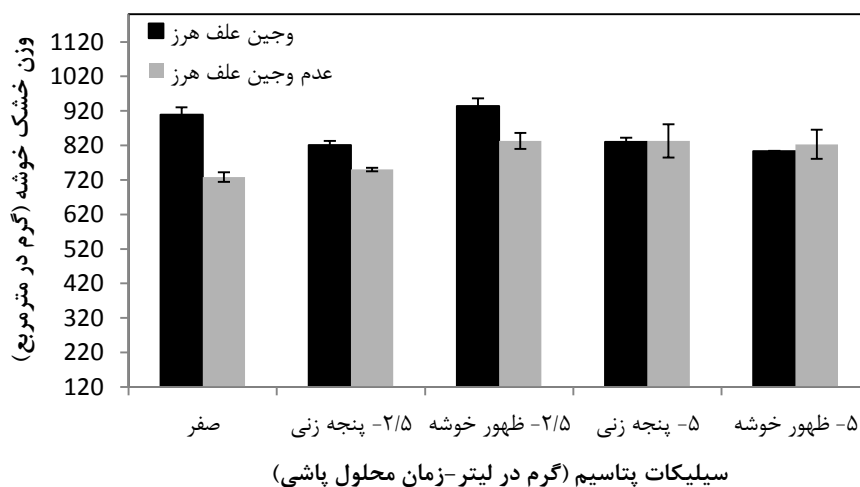
در راستای نتیجه‌ای که در شکل ۴-۸ مشاهده گردید، در اینجا (شکل ۴-۱۰) نیز مشاهده می‌شود

که در انتهای فصل، صدمه ناشی از وجود رقابت با علف هرز موجب پیشی گرفتن بوته‌های برنج وجین شده

نسبت به بوته‌های درگیر در رقابت از لحاظ وزن خوشه گردید. اختلاف این دو در شرایط عدم مصرف

سیلیکات پتاسیم ۱۸۰/۵۲ گرم در متر مربع بود که از لحاظ آماری معنی‌دار بود. این اختلاف در اثر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر کاهش یافت و در غلظت ۵ گرم در لیتر به صفر رسید.

در نهایت بیشترین وزن خوشه با میانگین ۹۳۳/۸۳ گرم در متر مربع از ترکیب تیماری محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه در گیاهان وجین شده حاصل شد. نتایج نشان داد که در شرایطی که علف هرز وجود دارد، محلول‌پاشی با کلیه سطوح سیلیکات پتاسیم مفید است و چون تفاوتی بین محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه با غلظت بالای این ماده در هر دو زمان وجود نداشت، استفاده از غلظت پایین‌تر در زمان ظهور خوشه قابل توصیه است (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین وزن خشک خوشه در ۹۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر سیلیکات پتاسیم و

وجین علف هرز

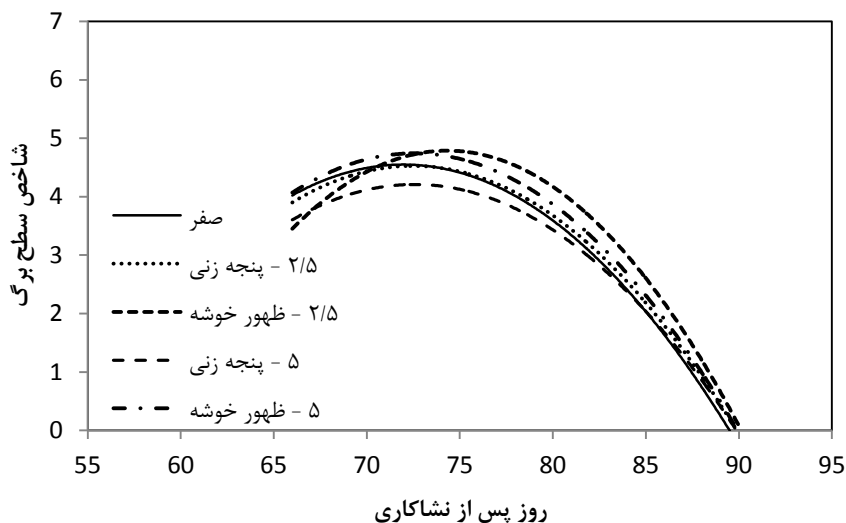
بارهای روی میله ها  $\pm$  SE می‌باشد.

فلاح (۲۰۰۰)، گزارش کرد که تعداد سنبله‌ها در هر گیاه در تیمار ۱۰۰ پی‌پی‌ام سیلیسیم حدود ۱۳ درصد نسبت به تیمار صفر بیشتر بود. ما و همکاران (۱۹۸۹)، طی آزمایشی بیان کردند مصرف سیلیس اثر مثبتی بر تعداد خوشه‌چه‌های هر پانیکول می‌گذارد. عدم وجود سیلیس باعث کاهش ۴۰ درصدی خوشه‌چه‌های بارور و کاهش ۱۰ درصدی تعداد خوشه‌های کل پانیکول‌ها می‌شود. همچنین با کاربرد سیلیس طی مرحله زایشی، وزن خشک دانه در برنج ۲۴/۳ درصد افزایش یافت. ولی اوکودا و تاکاهاشی (۱۹۶۵)، گزارش کردند اگرچه اثر سیلیس بر روی تعداد خوشه در زمین‌های پست روند افزایشی داشت ولی معنی‌دار نشد. درحالی‌که اثر آن بر تعداد خوشه‌چه در هر خوشه و درصد دانه رسیده قابل ملاحظه بود و موجب افزایش این صفات شد. همین‌طور زنگ و همکاران (۲۰۰۲)، گزارش کردند که عملکرد برنج با تعداد پنجه‌های بارور در گیاه مرتبط است. شرایط محیطی بر تعداد نهایی خوشه‌های بارور برنج در این مرحله از رشد اثر می‌گذارد. 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 می‌شود (بوشیدا و همکاران، ۱۹۸۹).

#### ۴-۲- شاخص سطح برگ

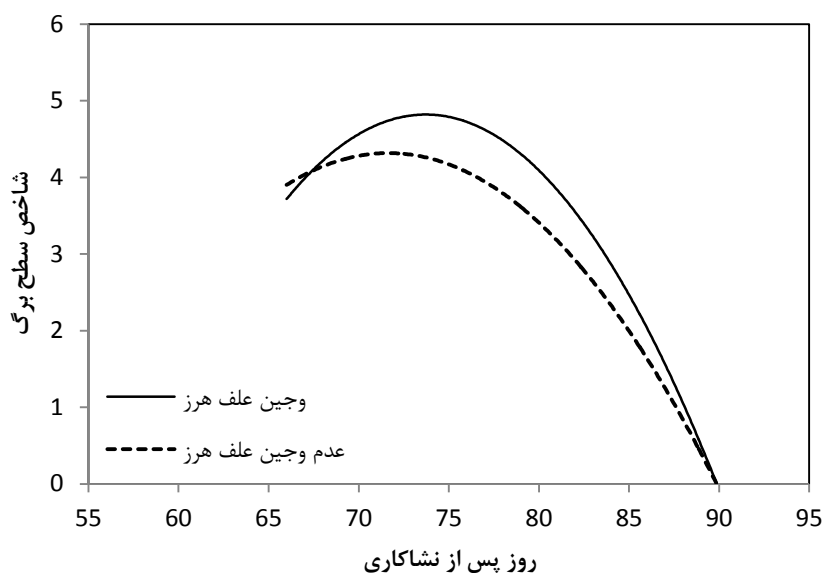
شکل ۴-۱۱ روند تغییرات شاخص سطح برگ را تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم در طول دوره رشد نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، شاخص سطح برگ تا حدودی تحت تأثیر محلول‌پاشی تیمارهای سیلیکات پتاسیم قرار گرفته است. در ابتدای فصل رشد توسعه سطح برگ آهسته بوده و با رشد گیاه افزایش می‌یابد سپس با ورود به مرحله گلدهی و زایشی به حداکثر مقدار و سپس با پیری برگ‌ها شروع به کاهش می‌کند. در شکل ۴-۱۱ مشاهده می‌شود که سیلیکات پتاسیم با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه و پس از آن ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه، بالاترین شاخص سطح برگ را نسبت به سایر تیمارها نشان دادند. این برتری هرچند ناچیز بود ولی از حدود ۷۰ تا ۸۵ روز

پس از نشاکاری مشهود بود. کمترین سطح برگ مربوط به تیمار ۵ گرم در لیتر در زمان پنجه‌زنی گیاه بود.



شکل ۴-۱۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم (با غلظت‌های ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر در زمان‌های پنجه‌زنی و ظهور خوشه)

روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر وجین علف هرز در شکل ۴-۱۲ مقایسه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد اثر رقابت علف هرز بر سطح برگ گیاه از حدود ۶۵ روز پس از نشاکاری بارز بود. به طوری که گیاهان درگیر در رقابت در حدود ۷۰ روز پس از نشاکاری به بیشترین شاخص سطح برگ خود دست یافتند، منتهی به دلیل سایه اندازی علف هرز و وجود رقابت این وضعیت خیلی دوام نداشت و به سرعت رو به کاهش گذاشت. شاخص سطح برگ در گیاهانی که وجین شده بودند دوام بیشتری داشت، دیرتر به حداکثر خود رسید و مقدار حداکثر آن حدود ۱ واحد بیشتر از گیاهان درگیر در رقابت بود و در ادامه نیز دیرتر کاهش یافت. همه این‌ها نوید دهنده جذب نور بیشتر توسط گیاهان وجین شده است.

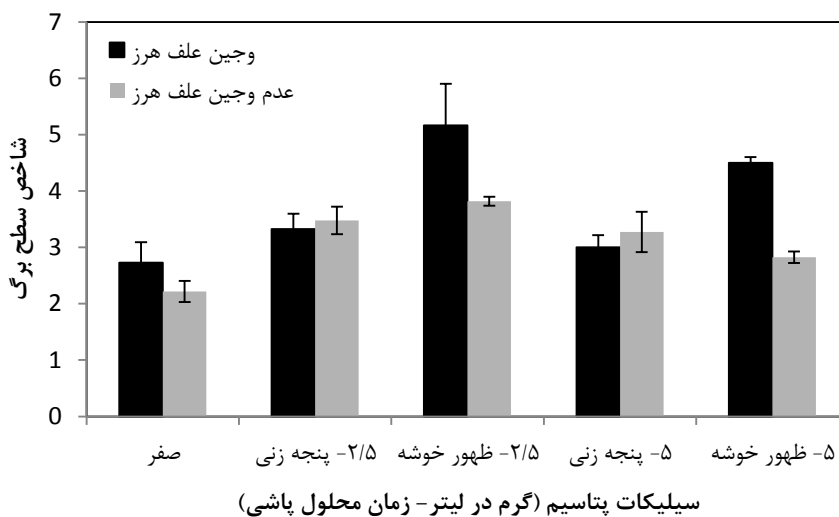


شکل ۴-۱۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر وجین علف هرز

نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ در زمان‌های مختلف پس از نشاکاری در جدول پیوست ۹ نشان داده شده است. سطح برگ در نمونه برداری دوم و سوم به طور بسیار معنی داری ( $p < 0.01$ ) تحت تأثیر تیمارهای مختلف محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز قرار داشت. اثرات متقابل محلول-پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در همه نمونه برداری‌ها معنی داری شد. در شکل ۴-۱۳ اثر ترکیبات تیماری حاصل از متقابل سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در ۸۰ روز پس از نشاکاری بر شاخص سطح برگ مقایسه شده است.

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد استفاده از سیلیکات پتاسیم در زمان ظهور خوشه سبب افزایش قابل توجه و معنی دار در شاخص سطح برگ گردید. البته در شرایطی که گیاهان در رقابت با علف هرز نبودند، در این بین تأثیر سیلیکات پتاسیم با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر بیشتر از غلظت بالاتر آن بود به طوری که بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۵/۱۶ را به خود اختصاص داد که نسبت به همین غلظت از محلول-پاشی در زمان پنجه زنی و شاهد (در شرایط وجین علف هرز) به ترتیب حدود ۵۵/۴۲ و ۸۹/۰۱ درصد

افزایش نشان داد (شکل ۴-۱۳ و جدول پیوست ۱۱). در مجموع محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم در همه سطوح موجب بهبود شاخص سطح برگ گردید. در شرایط وجود علف هرز نیز محلول پاشی با غلظت پایین تر این ماده اثر بهتری بر سطح برگ بر جای گذاشت (شکل ۴-۱۳).



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ در ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

بارهای روی میله ها  $\pm SE$  می باشد.

فلاح (۲۰۰۰)، به این نتیجه رسید که سیلیسیم سطح برگ برنج را افزایش می دهد و باعث افزایش فتوسنتز محصول می شود. در آزمایش ایشان تأثیر سیلیسیم بر سطح برگ در مراحل افشان شدن خوشه نسبت به مراحل دیگر واضح تر بود. آگاری و همکاران (۱۹۹۸)، نیز گزارش کردند سطح برگ با مصرف سیلیسیم افزایش می یابد اما یوشیدا و همکاران (۱۹۶۹)، نشان دادند که تأثیر سیلیسیم بر سطح برگ اندک بود. آزمایشات نشان می دهد، 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. بیشترین میزان این صفات از کاربرد ۵۴۰ میلی گرم سیلیسیم بر کیلوگرم خاک، حاصل شد (گلچین و عزیز آبادی، ۱۳۹۰).

طی آزمایشی، تأثیر سطوح مختلف پتاسیم بر ارتفاع گیاه گلرنگ، سطح برگ، کلروفیل، وزن خشک کل، وزن خشک ریشه و میزان رطوبت نسبی برگ، بررسی و مشاهده شد که بیشترین میزان ارتفاع گیاه (۵۹/۴۰ سانتی متر)، سطح برگ (۶/۷۸ سانتی متر مربع)، درجه سبزیگی برگ‌ها (۶۸/۷۷)، وزن خشک کل (۵۳/۴۴ گرم) و میزان رطوبت نسبی برگ (۷۸/۳۳ درصد)، از سطح چهارم پتاسیم (۲۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک) و بیشترین مقدار وزن خشک ریشه (۱/۱۷ گرم) از سطح سوم پتاسیم (۱۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک)، به دست آمد، که با نتایج سایر پژوهشگران (آلدانا و همکاران، ۲۰۰۸ و یانگ و همکاران، ۲۰۰۷) مطابقت داشت.

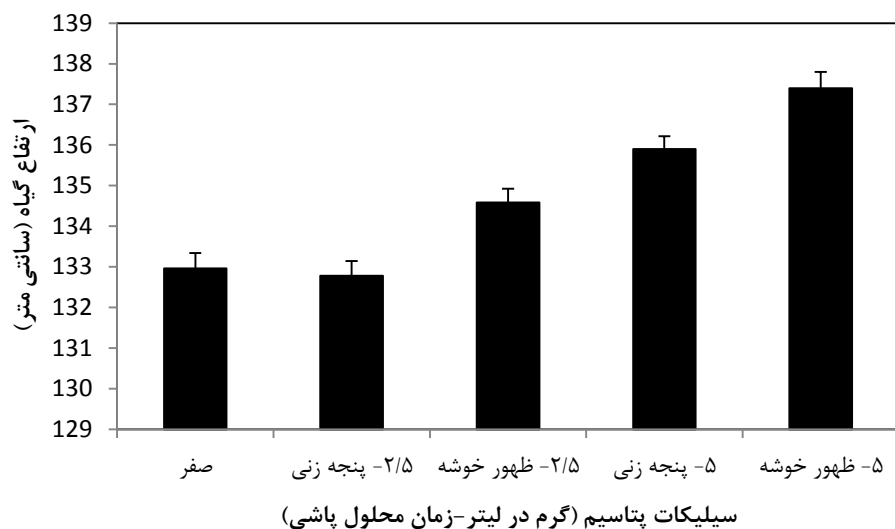
#### ۴-۳- ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس ارتفاع ساقه طی دو مرحله نمونه برداری در جدول پیوست ۱۲ نشان داده شده است. هیچ‌یک از منابع تغییر تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع ساقه در ۸۰ روز پس از نشاکاری نداشت، ولی محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه ارتفاع بوته را در ۸۰ روز پس از نشاکاری نسبت به شاهد در حدود ۲/۸ سانتی‌متر بهبود بخشید (جدول پیوست ۱۳). ۱۴ روز قبل از این تاریخ یعنی در ۶۶ روز پس از نشاکاری اثر اصلی سیلیکات پتاسیم بر ارتفاع ساقه معنی‌دار بود ( $p < 0.01$ ). که مقایسه میانگین آن در شکل ۴-۱۴ نشان داده شده است.

محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان پنجه زنی تأثیری روی ارتفاع ساقه نداشت ولی استفاده از همین غلظت در زمان ظهور خوشه ارتفاع ساقه را به طور معنی‌دار و معادل ۱/۶۲ سانتی‌متر نسبت به شاهد افزایش داد.

دو برابر شدن غلظت محلول‌پاشی اثر مثبت و معنی‌داری بر ارتفاع ساقه داشت به طوری که محلول-پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان های پنجه زنی و ظهور خوشه این صفت را به ترتیب ۲/۹۴ و ۴/۴۴

سانتی متر نسبت به شاهد افزایش داد. بلندترین ساقه‌ها در تیمار سیلیکات پتاسیم ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه با میانگین ۱۳۷/۴۰ سانتی‌متر مشاهده گردید.



شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین ارتفاع گیاه در ۶۶ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم بارهای روی میله ها  $\pm$  SE باشد.

به گزارش آگاری و همکاران (۱۹۹۳)، افزودن سیلیسیم در افزایش ارتفاع گیاه برنج مؤثر بود. این مطالعات بیانگر این است که سیلیسیم ممکن است در طول شدن سلول سهیم باشد. الواد و همکاران (۱۹۸۲) ذکر کردند با کاربرد مواد سیلیکاتی، قد گیاه افزایش یافت. همین‌طور اوکودا و تاکاهاشی (۱۹۶۲) دست یافتند گیاه برنج اکثر سیلیس جذب شده را روی سطح برگ قرار می‌دهد و تعرق کوتیکولی را کاهش می‌دهد. اسنایدر و همکاران (۱۹۸۶)، نتیجه گرفتند خاکستر سیلیکات کلسیم، ارتفاع گیاه برنج را افزایش داد. ما و همکاران (۱۹۸۹)، در آزمایشی دیگر شاهد کاهش ارتفاع گیاه برنج در اثر حذف سیلیسیم در مرحله زایشی بودند.



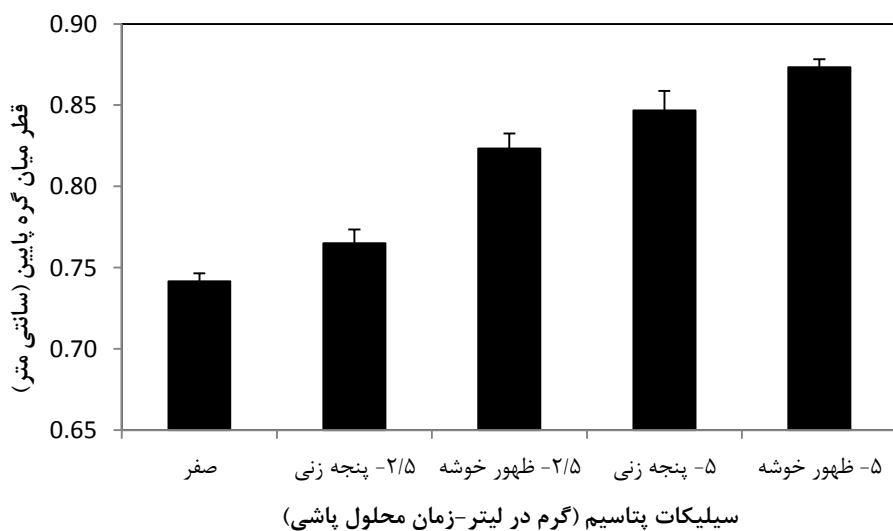
سیلیس موجب بهبود ارتفاع گیاه، طول میان‌گره، وزن تر، حرکت خمش و مقاومت به شکستگی در گیاه برنج می‌شود و همچنین باعث افزایش مقاومت به خوابیدگی در گیاه برنج می‌گردد (فلاح، ۲۰۰۸). پتاسیم بر ارتفاع گیاه، طول خوشه، تعداد کل پنجه در کپه در گیاه برنج تأثیر ندارد (فلاح و سعادت، ۱۳۷۴).

نقش ارتفاع در رقابت برنج با علف‌های هرز از طریق تأثیر آن در دسترسی به نور به عنوان اولین و مهمترین منبع محدود کننده در تداخل این گیاه با علف‌های هرز می‌باشد. به نظر می‌رسد سرعت توسعه ارتفاع نقش مهمی در رقابت گیاه زراعی و علف هرز ایفا نماید. ارتفاع بیشتر ساقه از طریق دسترسی بهتر به نور و سایه اندازی روی علف‌های هرز، شرایط را برای استفاده از دیگر منابع (عناصر غذایی، آب و فضا) فراهم نموده و سرانجام موجب برتری آن گیاه زراعی می‌گردد (گل‌محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). بنابراین افزایش ارتفاع ساقه برنج تحت تأثیر محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم می‌تواند سبب بهبود قابلیت رقابت برنج با علف‌های هرز شود.

#### ۴-۴- قطر ساقه

اثر سطوح مختلف سیلیکات پتاسیم بر قطر ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز تنها بر قطر میان‌گره بالا معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۲). هنگامی که از سیلیکات پتاسیم ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه استفاده شد، بیشترین قطر میان‌گره پایین با میانگین ۰/۸۷ سانتی‌متر به دست آمد که البته از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح داشت و ۰/۱۳ سانتی‌متر از شاهد بیشتر بود (شکل ۴-۱۵). این درحالی است که بیشترین طول ساقه نیز در همین تیمار مشاهده شد، در صورتی که معمولاً انتظار بر این است که افزایش طول ساقه همراه با کاهش در قطر ساقه باشد. قابل توجه است که قطر میان‌گره پایین نقش مهمی در مقاومت غلات به ورس دارد.

به‌طور کلی نتیجه نشان داده شده در شکل های ۴-۱۴ و ۴-۱۵ بیانگر این مطلب است که نه تنها محلول پاشی سیلیکات پتاسیم می‌تواند در افزایش ابعاد طولی و قطری ساقه مؤثر باشد بلکه دو برابر شدن غلظت آن مفیدتر خواهد بود و بهترین زمان محلول‌پاشی نیز از لحاظ تأثیر بر این صفات، هنگام ظهور خوشه می‌باشد.



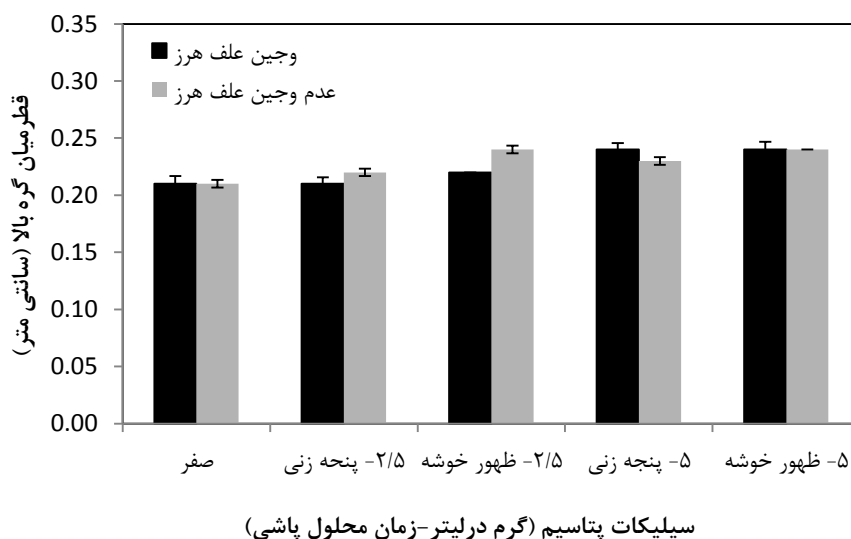
شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین قطر میان‌گره پایین ساقه در ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول پاشی

سیلیکات پتاسیم

بارهای روی میله ها  $\pm SE$  می باشد.

به علت معنی‌دار شدن اثرات متقابل قطر میان‌گره بالا، نمودار مقایسه میانگین آن در شکل ۴-۱۶ نشان داده شده است. تفاوت بیشترین و کمترین قطر مشاهده شده در میان‌گره بالا ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری مورد آزمایش ۴ میلی‌متر بود. تیمار سیلیکات پتاسیم با غلظت ۵ گرم در لیتر چه در زمان پنجه‌زنی و چه در زمان ظهور خوشه بدون توجه به رقابت علف هرز دارای بیشترین قطر میان‌گره بالا بود. بدین ترتیب بیشترین قطر میان‌گره بالا به میزان ۰/۲۴ سانتی‌متر در ترکیبات تیماری سیلیکات پتاسیم ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه × عدم وجین علف هرز و سیلیکات پتاسیم ۵ گرم در لیتر در

زمان پنجه‌زنی × وجین علف هرز و کمترین در شرایط عدم محلول‌پاشی و عدم وجین علف هرز به میزان ۰/۲ سانتی‌متر به دست آمد (شکل ۴-۱۶). نتایج نشان داد که در شرایط وجود رقابت با علف هرز به منظور دستیابی به قطر بیشتر در میان‌گره‌های بالای ساقه، محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم در زمان ظهور خوشه کافی است (شکل ۴-۱۶).



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین قطر میان‌گره بالا ساقه در ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

بارهای روی میله ها SE ± می باشد.

#### ۴-۵- تعداد پنجه

تعداد پنجه در دو اندازه‌گیری انجام شده (۶۶ و ۸۰ روز پس از نشاکاری) به طور بسیار معنی‌داری از سیلیکات پتاسیم تأثیر پذیرفت (جدول پیوست ۱۲). مقایسه میانگین تعداد پنجه طی دو مرحله اندازه‌گیری در جدول ۴-۱ نشان داده شده است.

اگرچه وجین یا عدم وجین علف‌هرز از لحاظ آماری تأثیری در تعداد پنجه در گیاه برنج نداشت ولی تعداد پنجه ثبت شده در گیاه در هر دو مرحله نمونه‌برداری به مقدار اندکی در گیاهان وجین‌شده بیشتر بود. در هر دو اندازه‌گیری انجام شده، تعداد پنجه در تیمار محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر بیشتر بود. تفاوت معنی‌داری بین دو زمان محلول‌پاشی برای این غلظت وجود نداشت. درحالی‌که در غلظت ۲/۵ گرم در لیتر، محلول‌پاشی در زمان پنجه‌زنی نسبت به ظهورخوشه مفیدتر بود.

جدول ۴-۱- مقایسه میانگین تعداد پنجه در ۶۶ و ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تاثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف‌هرز

تیمارها	تعداد پنجه در کپه ۶۶ روز پس از نشاکاری	تعداد پنجه در کپه ۸۰ روز پس از نشاکاری
سیلیکات پتاسیم		
غلظت (گرم در لیتر)	زمان محلول‌پاشی	
صفر	صفر	۱۲/۱۰ d
۲/۵	پنجه زنی	۱۳/۸۱ bc
	ظهور خوشه	۱۳/۱۱ cd
۵	پنجه زنی	۱۵/۱۰ ab
	ظهور خوشه	۱۶/۲۱ a
LSD 5%		
علف‌هرز	وجین	۱۴/۳۲
	عدم وجین	۱۳/۸۲
LSD 5%		
		۰/۹۳

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

ماتسئو و همکاران (۱۹۹۵)، بیان کردند که جذب سیلیس پنجه‌دهی گیاه برنج را به‌طور محسوسی افزایش می‌دهد و این اثر معنی‌دار است و روند افزایشی دارد. فلاح و همکاران (۲۰۰۴)، نیز نشان دادند

ارتفاع گیاه و تعداد پنجه برنج تحت تأثیر تیمارهای سیلیسی افزایش می‌یابد. اسناید و همکاران (۱۹۸۶)، دریافتند که افزایش پنجه‌دهی از سودمندترین اثرات سیلیسیم است. این درحالی است که یوشیدا (۱۹۸۱)، بیان کرد که پتاسیم تأثیر چندانی بر پنجه‌زنی برنج ندارد. دوبرمن و فیرهورست (۲۰۰۰)، نیز بیان نمودند که عنصر پتاسیم برخلاف نیتروژن و فسفر اثر قطعی و مشخصی در پنجه‌زنی گیاه برنج ندارد.

پتاسیم از جمله عناصر ضروری برای رشد گیاه است که در برنج موجب افزایش اندازه و وزن دانه، بهبود پنجه‌زنی، افزایش پاسخ به سایر مواد غذایی به ویژه نیتروژن و فسفر، قوی‌تر شدن ساقه‌ها و کاهش تمایل به خوابیدگی و افزایش مقاومت گیاه به بیماری‌ها می‌گردد (توفیقی، ۱۹۹۹).

سوزوکی و همکاران (۲۰۰۲)، نشان دادند که تعداد پنجه برنج در مترمربع تحت تأثیر رقابت با علف-هرز سوروف کاهش معنی‌داری نشان داده، لذا محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم از طریق افزایش تعداد پنجه می‌تواند اثرات سوء علف‌های هرز را در کاهش تعداد پنجه برنج کم کرده و در نهایت سبب افزایش عملکرد شود.

#### ۴-۶- طول خوشه

طول خوشه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم ( $P < 0.01$ ) و وجین علف‌هرز ( $P < 0.05$ ) قرار گرفت (جدول پیوست ۱۴). در جدول ۲-۴ مقایسه میانگین طول خوشه، درصد خوشه‌چه پوک و کل دانه در مرحله برداشت آمده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین طول خوشه در تیمار سیلیکات پتاسیم ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه (۳۵/۴۰ سانتی‌متر) به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۳/۹۶ درصد افزایش نشان داد و در گروه آماری برتری نسبت به سایر تیمارها قرار گرفت. در مجموع محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر،

سبب افزایش طول خوشه نسبت به غلظت ۲/۵ گرم در لیتر شد. همچنین طول خوشه در گیاهانی که در رقابت با علف هرز نبودند، بیشتر بود که از لحاظ آماری معنی دار نیز بود.

گرامی (۱۳۸۳)، طی آزمایشی روی برنج نتیجه گرفت که با افزایش سطح سیلیکات پتاسیم از صفر به ۵۰ و ۱۰۰ پی پی ام، طول خوشه و وزن هزار دانه افزایش می یابد. مطالعات انجام شده نشان می دهد که طول خوشه مستقیماً در محاسبه عملکرد نقشی ندارد ولی به عنوان یکی از صفات ارزیابی عملکرد مورد توجه قرار می گیرد (حسینی ایمنی، ۱۳۸۲).

جدول ۴-۲- مقایسه میانگین طول خوشه، درصد خوشه چه پوک و کل دانه تحت تاثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

کل دانه (در خوشه)	خوشه چه پوک (درصد)	طول خوشه (سانتی متر)	تیمارها	
سیلیکات پتاسیم				
			زمان محلول پاشی	غلظت (گرم در لیتر)
۱۷۶/۸۶ c	۲۸/۵۵ ab	۳۴/۰۵ c	صفر	صفر
۱۹۰/۰۵ bc	۳۲/۸۸ a	۳۴/۲۰ c	پنجه زنی	۲/۵
۱۸۵/۲۸ c	۲۸/۷۰ ab	۳۴/۳۰ c	ظهور خوشه	
۲۰۳/۱۸ b	۲۵/۷۰ b	۳۴/۶۸ b	پنجه زنی	۵
۲۱۸/۰۶ a	۲۹/۲۱ ab	۳۵/۴۰ a	ظهور خوشه	
۱۳/۴۷	۴/۳۹	۰/۲۷	LSD 5%	
۱۹۱/۰۶	۲۸/۷۱	۳۴/۶۳ a	وجین	علف هرز
۱۹۸/۳۲	۲۹/۳۰	۳۴/۴۲ b	عدم وجین	
۸/۵۲	۲/۷۷	۰/۱۷	LSD 5%	

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

#### ۴-۷- تعداد کل دانه (یا خوشه‌چه)

تعداد کل دانه (پر و پوک) در خوشه در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم قرار گرفت (جدول پیوست ۱۴). وجود خوشه‌های بلند در تیمار محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه سبب تشکیل تعداد دانه بیشتر در خوشه‌های گیاهانی شد که این تیمار را دریافت کرده بودند. تعداد دانه در خوشه در این تیمار ۲۱۸/۰۶ بود که نسبت به شاهد ۲۳/۲۹ درصد بیشتر بود. محلول‌پاشی با همین غلظت در زمان پنجه‌زنی رتبه بعدی را از لحاظ این صفت به خود اختصاص داد و با میانگین ۲۰۳/۱۸ دانه در خوشه حدود ۱۴/۹ درصد از شاهد بیشتر بود (جدول ۴-۲).

#### ۴-۸- درصد خوشه‌چه پوک

از بین منبع تغییر تنها اثر سیلیکات پتاسیم در سطح احتمال ۵ درصد بر صفت درصد خوشه‌چه پوک معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۴). کمترین درصد خوشه‌چه پوک مربوط به تیمار ۵ گرم در لیتر در زمان پنجه‌زنی بود که نسبت به شاهد ۲/۸۵ درصد کاهش نشان داد و از لحاظ آماری در گروه متفاوتی نسبت به محلول‌پاشی در همین زمان با غلظت پایین‌تر قرار گرفت. زیرا تیمار ۲/۵ گرم در لیتر در زمان پنجه‌زنی با میانگین حدود ۳۲/۹ درصد خوشه‌چه پوک مقام اول را از این نظر دارا بود (جدول ۴-۲).

در آزمایش گرامی (۱۳۸۳)، نیز کودهای سیلیکات سدیم و پتاسیم بر درصد خوشه‌چه پوک اثر مثبتی داشت به طوری که با افزایش سطح سیلیکاته، درصد خوشه‌چه پوک کاهش یافت. در آزمایشی روی نوعی برنج هیبرید که توسط چائومینگ و همکاران (۱۹۹۹) انجام شد، مشخص شد عملکرد گیاه با افزایش کود سیلیسی 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 دانه‌های پوک شد.

## ۴-۹- اجزای عملکرد

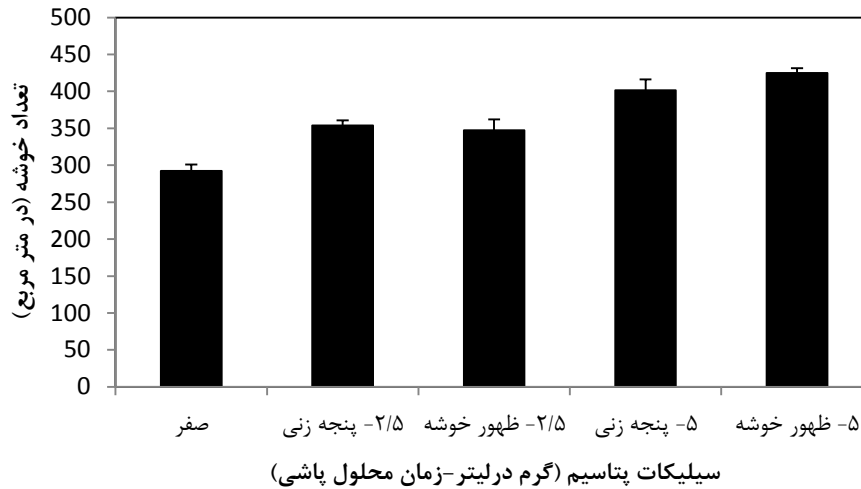
### ۴-۹-۱- تعداد خوشه

تعداد خوشه در متر مربع در سطح احتمال ۱ درصد تنها تحت تأثیر اثر اصلی محلول پاشی سیلیکات پتاسیم قرار گرفت (جدول پیوست ۱۶).

نتایج نشان می‌دهد که محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و دو برابر شدن غلظت آن به طور قابل توجهی تعداد خوشه در متر مربع را افزایش داد. گیاهانی که محلول پاشی نشده بودند، به طور متوسط ۲۹۲/۵ خوشه در متر مربع تولید کردند. این رقم در اثر محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر به طور معنی‌داری افزایش یافت و به حدود ۳۵۰ خوشه در متر مربع رسید. زمان محلول پاشی در غلظت ۲/۵ گرم در لیتر تأثیری بر تعداد خوشه نداشت. بالاترین میزان تعداد خوشه در متر مربع، از تیمار سیلیکات پتاسیم ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه به دست آمد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول پاشی سیلیکات پتاسیم) ۴۵/۲۹ درصد افزایش نشان داد. تعداد خوشه ثبت شده در گیاهان محلول پاشی شده با همین غلظت (۵ گرم در لیتر) در زمان پنجه‌زنی فقط اندکی کمتر بود (شکل ۴-۱۷). وجین علف‌های هرز نیز به مقدار ناچیزی تعداد خوشه در متر مربع را افزایش داد که البته معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۱۷).

محیطی (۲۰۰۸)، افزایش معنی‌دار تعداد پنجه و درصد باروری پنجه‌ها را با محلول پاشی پتاسیم روی برنج در مقایسه با پاشش آب خالص گزارش کرده است.





شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین تعداد خوشه در واحد سطح تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم

بارهای روی میله ها  $\pm$  SE می باشد.

طی آزمایشی که توسط امین پناه و همکاران (۱۳۸۷)، به منظور بررسی میزان کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام اصلاح شده (خزر، سپیدرود، نعمت، درفک، فجر و شیرودی)، بومی (دیلمانی) و چند لاین امیدبخش (۸۳۰، ۸۴۱ و ۸۴۳)، در شرایط رقابت با سوروف انجام شد، مشخص شد که عملکرد و اجزای عملکرد ارقام و لاین‌های برنج در شرایط رقابت کاهش معنی‌داری یافت. در شرایط رقابت لاین ۸۴۳ و رقم شیرودی دارای بالاترین عملکرد و تعداد خوشه بارور در متر مربع، لاین ۸۳۰ دارای بیشترین تعداد دانه در خوشه و رقم نعمت دارای بیشترین وزن هزاردانه بودند. همچنین نتایج نشان داد که بین ارقام از لحاظ درصد کاهش عملکرد، درصد کاهش تعداد پنجه بارور در مترمربع و تعداد دانه در خوشه اختلاف معنی‌داری وجود داشت، اما از لحاظ درصد کاهش وزن هزاردانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

#### ۴-۹-۲- تعداد دانه پر در خوشه

نتایج تجزیه واریانس تعداد دانه در خوشه در جدول پیوست ۱۶ نشان داده شده است. تعداد دانه در خوشه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم قرار گرفت. مقایسه میانگین این صفت تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم در شکل ۴-۱۸ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین تعداد دانه در خوشه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم

بارهای روی میله ها  $\pm$  SE می باشد.

همان طور که ملاحظه می گردد، در مجموع از نظر تأثیر بر این صفت، زمان محلول پاشی تأثیری نداشت. محلول پاشی با غلظت پایین نیز تفاوت قابل توجهی نسبت به شاهد نشان نداد. ولی دو برابر شدن غلظت محلول پاشی به طور چشمگیری تعداد دانه را بهبود بخشید به طوری که بیشترین تعداد دانه پر در خوشه تحت تأثیر تیمار سیلیکات پتاسیم ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه (۱۵۴/۳۰ دانه)، به دست آمد که البته از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با سیلیکات پتاسیم ۵ گرم در لیتر در زمان پنجه زنی (۱۵۰/۷۳ دانه)، نداشت اما نسبت به تیمار شاهد ۲۲/۲۶ درصد افزایش نشان داد.

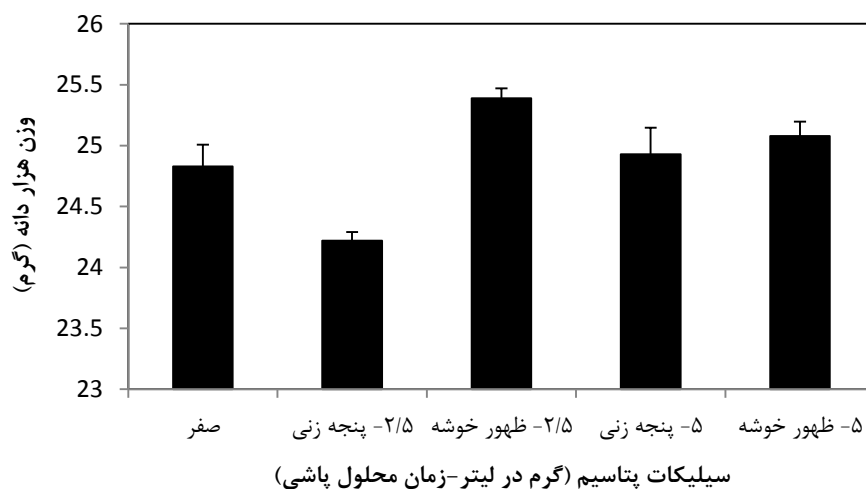
فلاح (۲۰۰۰)، گزارش کرد درصد پر شدن سنبله در تیمار ۱۰۰ پی‌پی‌ام سیلیسیم نسبت به تیمار صفر ۱۲/۳ درصد بیشتر بود. ماتسئو و همکاران (۱۹۹۵)، طی آزمایشی کاهش تعداد خوشه و خوشه‌چه، تعداد دانه پر و کل و درصد رسیدگی را در شرایط کمبود سیلیس مشاهده کردند. لیانگ و همکاران (۲۰۰۱)، گزارش کردند که با کاهش فرآورده‌های فتوسنتزی، تعداد دانه‌های پر کاهش یافته و فرآیند پر شدن به تأخیر می‌افتد. آن‌ها همچنین معتقدند، پتاسیم نقش مؤثری بر فتوسنتز از طریق افزایش گشودگی روزنه و تبادل  $CO_2$  دارد بنابراین نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش تعداد دانه‌های پر در خوشه و در نهایت عملکرد محصول دارد. در آزمایشی دیگر پتاسیم سبب افزایش درصد خوشه‌چه پر در خوشه گردید و کمبود آن در مرحله آبستنی موجب عقیمی دانه‌گرده شد. در نتیجه تعداد خوشه‌چه پر کاهش یافت (مبصر و همکاران، ۲۰۰۸).

#### ۴-۹-۳- وزن هزار دانه

وزن هزار دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر اصلی محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم ( $P < 0/01$ ) و وجین علف هرز ( $P < 0/05$ ) قرار گرفت (جدول پیوست ۱۶). محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه به طور قابل توجهی وزن هزاردانه را بهبود بخشید به طوری که این تیمار با میانگین ۲۵/۳۹ گرم بالاترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص داد که نسبت به همین غلظت از محلول‌پاشی در زمان پنجه زنی و شاهد به ترتیب ۱/۱۸ و ۰/۵۶ گرم افزایش نشان داد. محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در هر دو زمان پنجه‌زنی و ظهور خوشه در گروه یکسانی از نظر آماری قرار گرفتند و تفاوتی با شاهد نداشتند (شکل ۴-۱۹).

گیاهانی که با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه محلول‌پاشی شده بودند، سطح برگ بالایی داشتند (شکل ۴-۱۳) و در عین حال وزن خشک برگ آن‌ها با نزدیک شدن به انتهای فصل کاهش

قابل توجهی نشان داد (شکل ۴-۴). علاوه بر این طول خوشه و تعداد کل دانه در این تیمار کمتر از سایر تیمارها بود (جدول ۴-۲). همه اینها نشان دهنده فراهم بودن آسیمیلات بیشتر برای پرشدن دانه‌های موجود در خوشه می‌باشد که در نهایت به صورت وزن هزار دانه بالاتر نمایان گردید.

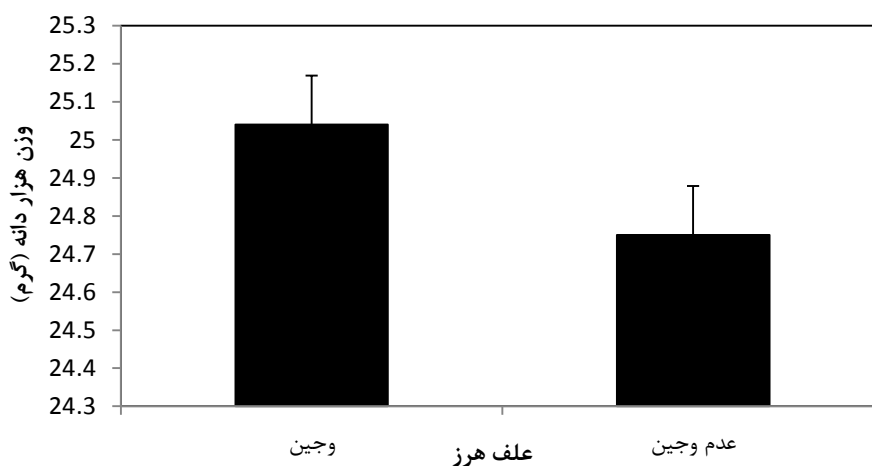


شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم بارهای روی میله ها  $\pm SE$  می‌باشد.

در شکل ۴-۲۰ مشاهده می‌گردد هنگامی که گیاهان در رقابت با علف هرز نبودند وزن هزار دانه بیشتری نسبت به شرایط رقابت با علف هرز نشان دادند که البته معنی‌دار نیز بود. وجین علف‌های هرز وزن هزاردانه را نسبت به شرایط عدم وجین ۰/۲۹ گرم بهبود بخشید. به نظر می‌رسد که در شرایط وجود رقابت بخشی از مواد فتوسنتزی به جای انتقال به دانه صرف رشد رویشی و غلبه بر رقابت علف هرز شده است. علاوه بر این وجود تعداد دانه کمتر در خوشه گیاهان وجین شده موجب افزایش سهم هر دانه در دریافت مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش وزن دانه گردید.

وزن هزار دانه شاخصی از توانایی گیاه برای تناسب تقاضای مخزن در دوره‌ی پرشدن دانه‌هاست که با حذف برخی از تنش‌ها قابل افزایش و یا کاهش است (سرمدنیا و کوچکی، ۲۰۰۲).

بالاسترا و همکاران (۱۹۸۹)، طی بررسی‌هایی دریافتند که وزن هزار دانه با مصرف کودهای سیلیسی افزایش یافت آن‌ها دلیل این افزایش را جایگزینی این عنصر در لپا و پالنا ذکر کردند. طی مطالعاتی مشخص شد که عنصر پتاسیم برخلاف نیتروژن و فسفر اثر قطعی و مشخصی در پنجه‌زنی گیاه برنج نداشت ولی موجب افزایش تعداد خوشه‌چه‌ها در هر خوشه شد و درصد خوشه‌چه‌های پر و وزن هزاردانه را افزایش داد (دوبرمن و فیرهورست، ۲۰۰۰ و سینک و جین، ۲۰۰۰). وزن هزار دانه در برنج یکی از پایدارترین خصوصیات رقم به شمار می‌رود (کالیتا و همکاران، ۱۹۹۵).



شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر وجین علف هرز

بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

در گزارش‌های دیگری نیز بیان شده است که عنصر پتاسیم موجب افزایش تعداد خوشه‌چه، درصد خوشه‌چه پر و وزن هزار دانه برنج گردید (دوبرمن و فیرهورست، ۲۰۰۰ و سینک و جین، ۲۰۰۰). تاکور (۱۹۹۲)، نیز در یک آزمایش مزرعه‌ای مشاهده کرد که کاربرد پتاسیم موجب افزایش نسبت دانه‌های پر در خوشه و وزن هزار دانه برنج گردیده است.

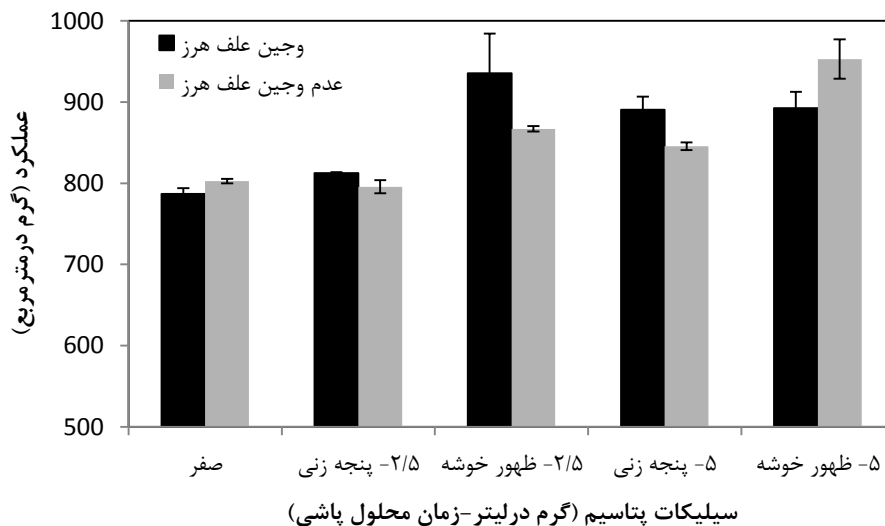
#### ۴-۱۰- عملکرد

از بین منابع تغییر تأثیر سیلیکات پتاسیم در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن با علف هرز در سطح احتمال ۵ درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۶). با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز مقایسه‌ای بین این ترکیبات انجام گردید که در شکل ۴-۲۱ نشان داده شده است.

نتایج نشان داد که در هر دو شرایط وجین و عدم وجین علف هرز، به جز محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان پنجه‌زنی که اثر قابل توجهی بر عملکرد نداشت، سایر تیمارهای محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم به طور معنی‌داری عملکرد دانه را افزایش دادند. نتایجی که برای عملکرد به دست آمد برآیند تأثیرپذیری اجزای عملکرد از تیمارهای آزمایش بود که خود آن‌ها نیز تحت تأثیر چگونگی توزیع آسیمیلات در گیاه و انباشت ماده خشک در بخش‌های مختلف بودند.

بیشترین عملکرد با میانگین ۹۵۲/۸۹ گرم در مترمربع در شرایط محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه و عدم وجین علف هرز ثبت شد که ۲۱/۱۰ درصد بیشتر از ترکیب تیماری شاهد و کنترل علف هرز و ۱۸/۷ درصد بیشتر از تیمار شاهد و عدم کنترل علف هرز بود. پیش از این در اثر محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه مقادیر بالایی از تعداد پنجه، طول خوشه، تعداد کل دانه، تعداد خوشه در واحد سطح و تعداد دانه پر در خوشه مشاهده گردید. که به طور مستقیم یا غیر مستقیم در عملکرد تأثیر دارند. عملکرد به دست آمده از گیاهانی که وجین شدند و با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم در زمان ظهور خوشه محلول‌پاشی شدند با میانگینی معادل ۹۳۵/۴ گرم در متر مربع در مرتبه دوم قرار گرفت. وزن هزار دانه در رقم خوردن این نتیجه بسیار تأثیرگذار بود. بر اساس نتایج به دست آمده چنین به نظر می‌رسد که اولاً محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم در زمان ظهور خوشه

تأثیر بیشتری بر عملکرد نهایی دانه برنج خواهد داشت. درثانی در بوته‌هایی که درگیر در رقابت نیستند، محلول‌پاشی با غلظت پایین سیلیکات پتاسیم در زمان ظهور خوشه کافی است و افزایش غلظت ممکن است اثر نامطلوب داشته باشد. ولی چنانچه رقابت علف هرز وجود داشته باشد برای غلبه بر رقابت و دستیابی به عملکرد بالاتر باید از غلظت بالاتر سیلیکات پتاسیم در زمان ظهور خوشه استفاده گردد. در شرایطی که از محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر (بدون توجه به زمان محلول‌پاشی) در گیاهان وجین شده استفاده شد، عملکرد تقریباً یکسانی حاصل شد.



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین عملکرد تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

بارهای روی میله ها  $\pm$  SE می‌باشد.

سیلیس یکی از فراوان‌ترین عناصر در پوسته زمین و خاکستر گیاهان است ( جونز و هاندریک، ۱۹۶۷)، که موجب افزایش درصد خوشه‌چه‌های پر و عملکرد دانه برنج می‌شود ( دانتوف و همکاران، ۲۰۰۱). مایاک و تاکاهاشی (۱۹۸۵)، گزارش کردند که در اثر سیلیسیم سطح برگ افزایش می‌یابد، برگ-ها عمودی می‌شود و که فتوسنتز بهبود می‌یابد. در نتیجه ماده خشک افزایش می‌یابد. ما و همکاران

(۱۹۸۹)، با مطالعه‌ای دریافتند حذف سیلیس طی مرحله زایشی سبب کاهش ۲۰ و ۵۰ درصدی وزن خشک کاه و دانه در مقایسه با گیاهان واجد سیلیسیم طی مرحله زایشی شد.

آگاری و همکاران (۱۹۹۳)، گزارش کردند سیلیس موجب رشد رویشی و افزایش تولید ماده خشک در گیاه برنج می‌شود. اوکودا و تاکاهاشی (۱۹۶۲)، اظهار داشتند سیلیس بر رشد و تولید ماده خشک، افزایش سنبلک‌ها، وزن هزار دانه، افزایش درصد سنبلک‌ها، میزان فتوسنتز، تعرق و پایداری گیاه برنج اثر مثبت دارد. مائود و همکاران (۲۰۰۳)، افزایش عملکرد دانه با مصرف سیلیس را به افزایش تعداد خوشه‌چه در خوشه، درصد پر شدن دانه و درصد دانه رسیده و وزن هزار دانه نسبت دادند و اعلام کردند که سیلیس سبب افزایش عملکرد خوشه‌چه و مقدار دانه می‌شود و برای پایداری محصول برنج ضروری است، که با گزارش چائومینگ و همکاران (۱۹۹۹)، مطابقت دارد. همچنین فلاح و همکاران (۲۰۰۴)، در بررسی خود نشان دادند که عملکرد دانه در سطوح مختلف سیلیس ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام نسبت به سطح صفر افزایش یافت. به عقیده ماتسنو و همکاران (۱۹۹۵)، کمبود سیلیس تعداد پانیکول‌ها و دانه‌ها و درصد رسیدگی را در برنج کاهش داده و در نتیجه باعث کاهش عملکرد می‌شود. واندرورم (۱۹۸۰)، نیز نشان داد که افزایش سیلیسیم به محیط کشت باعث افزایش عملکرد برنج، سویا، آفتابگردان، گندم و نیشکر شد. لیانگ (۱۹۹۹)، دریافت کاربرد سیلیسیم منجر به افزایش جذب پتاسیم می‌شود. بنابراین می‌توان گفت کاربرد توأم پتاسیم و سیلیسیم رشد و عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد.

طی آزمایشی که با ۳ سطح سیلیکات سدیم (صفر، ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۳ سطح مولیبدات آمونیوم (صفر، ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت خاک کاربرد روی گندم اجرا شد، مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین عملکرد دانه بین تیمار شاهد، مصرف ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم سیلیکات سدیم بود. لازم به ذکر است که مصرف ۳۰۰ کیلوگرم سیلیکات سدیم سبب افزایش عملکرد دانه به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد شد (خوگر و غیبی، ۱۳۹۰). با افزایش مقدار



سیلیس در برگ و ساقه برنج علاوه بر افزایش ۸ درصدی در رشد، عملکرد برنج نیز ۵۶ تا ۸۸ درصد افزایش یافت (داتنوف و همکاران، ۱۹۹۱).

بر اساس مطالعاتی که با کاربرد کربنات کلسیم و سیلیکات کلسیم به عنوان ۲ منبع سیلیس در گیاه برنج صورت پذیرفت، نتایج به دست آمده افزایش قابل توجهی را در عملکرد دانه با مصرف سیلیکات کلسیم نشان داد و این در حالی است که عملکرد تیمار کربنات کلسیم اختلاف معنی داری با شاهد نداشت. افزایش در عملکرد دانه در تیمار سیلیکات پتاسیم می تواند به علت افزایش نگاه داشتن برگ های برنج توسط سیلیس باشد که موجب کارایی تشعشع خورشیدی، جذب رطوبت و مواد غذایی می شود (پراکش و همکاران، ۲۰۱۰).

طی آزمایشی که توسط دستان و همکاران (۱۳۹۰)، روی برنج (رقم طارم هاشمی) انجام شد، مشخص گردید که با مصرف سیلیس تا ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع گیاه، طول برگ پرچم، تعداد کل پنجه، تعداد پنجه بارور و عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد ( بدون مصرف سیلیس) هر یک به ترتیب به نسبت ۱۴/۳، ۲۷/۳، ۳۱، ۶۸ و ۲۲/۷ درصد افزایش یافتند. به طوری که حداکثر ارتفاع گیاه، طول برگ پرچم، کل پنجه، پنجه بارور، عملکرد دانه و کاه، با مصرف ۷۵۰ کیلوگرم سیلیس در هکتار به دست آمد. همچنین با مصرف پتاس تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با تیمار شاهد ( بدون مصرف پتاسیم) ارتفاع گیاه، طول میانگره ۴ و حرکت خمش میانگره ۴ به ترتیب به نسبت ۵/۴، ۱۱/۸ و ۲۱/۵ درصد روند کاهشی و در نتیجه به علت رشد رویشی کمتر و همچنین کاهش فاصله منبع و مخزن و انتقال سریع تر عناصر غذایی به مخزن، تعداد پنجه بارور، عملکرد دانه و شاخص برداشت هر یک به نسبت ۸/۴، ۱۹/۵ و ۸/۵ درصد افزایش نشان دادند.

نتایج تحقیقات اسدی (۱۳۸۸)، نشان داد که محلول پاشی پتاسیم در دو مرحله (حداکثر پنجه زنی و آبستنی) برنج رقم دیلم منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد گردید. همچنین محلول پاشی، تأثیری بر مقدار پتاسیم دانه‌ها نداشت و بیشترین مقدار پتاسیم کاه به تیمار محلول پاشی در هر دو مرحله (حداکثر پنجه‌زنی و آبستنی) تعلق داشت. آزمایش‌های مختلف به تأثیر مثبت و معنی‌دار محلول پاشی پتاسیم به عنوان مکمل کاربرد خاکی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج اشاره می‌کند (محیطی، ۲۰۰۸ و دین و همکاران، ۲۰۰۱).

آزمایش‌های انجام شده در کشور ژاپن نشان داد که کاربرد ۱۱۲ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار عملکرد دانه برنج را از ۰/۶ تا ۲/۵۸ تن در هکتار در مناطق مختلف افزایش داده است. همچنین در آزمایشی که در قسمت‌های جنوبی چین انجام گرفت، میانگین افزایش عملکرد برنج با کاربرد ۵۵ کیلوگرم پتاسیم در هکتار، ۰/۴ تن در هکتار بوده است (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳).

برونز و ابلهار (۲۰۰۶)، افزایشی در عملکرد دانه در اثر کوددهی پتاسیم مشاهده نکردند، هرچند افزایش غلظت پتاسیم بافت گیاه را در نتیجه کوددهی پتاسیم گزارش نمودند.

نتایج آزمایشی که با سیلیکات پتاسیم در ۲ سطح (شاهد و ۲۰۰ میلی‌لیتر در هر کیلوگرم خاک)، آبیاری در ۲ سطح (شاهد و حد فوقانی ۴۰ میلی‌متر) 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، وزن خشک برگ، ساقه، ریشه، وزن مخصوص برگ و مقدار کلروفیل شد و به‌طور قابل توجهی پتانسیل آب برگ و نسبت ساقه به ریشه را کاهش داد. نتایج به دست آمده نشان داد که کاربرد سیلیس می‌تواند در گسترش مقاومت به خشکی در سورگوم از طریق افزایش توانایی جذب آب مفید واقع شود (احمد و همکاران، ۲۰۱۱).

## ۴-۱۱- صفات فیزیولوژیک

### ۴-۱۱-۱- سیلیس برگ در مرحله پنجه زنی

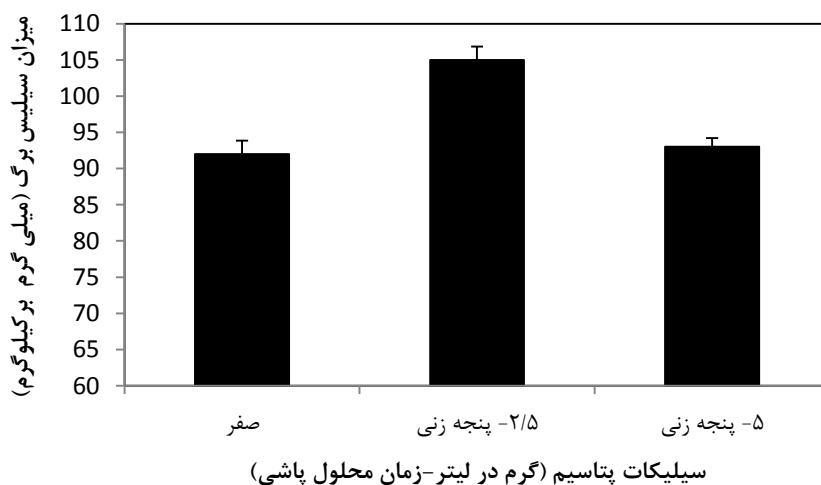
تجزیه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان سیلیس موجود در برگ در مرحله پنجه‌دهی نشان داد اثر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم بر میزان سیلیس برگ در این مرحله بسیار معنی‌دار شد (جدول پیوست ۱۹).

همان‌طور که در شکل ۴-۲۲ ملاحظه می‌گردد، بیشترین سیلیس برگ در مرحله پنجه‌زنی به میزان ۱۰۴/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در غلظت ۲/۵ گرم در لیتر مشاهده شد که نسبت به شاهد ۱۳/۵۳ درصد بیشتر بود و از لحاظ آماری در گروه متفاوتی نسبت به آن قرار گرفت. این در حالی است که میزان سیلیس برگ در تیمار سیلیکات پتاسیم با غلظت ۵ گرم در لیتر و شاهد تفاوت چندانی با یکدیگر نداشتند. همچنین در شرایطی که گیاهان در رقابت با علف هرز نبودند میزان سیلیس برگ‌ها ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم، نسبت به حالت رقابت افزایش یافت که البته معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۲۰).

به‌طور کلی در زمان پنجه‌زنی مقدار سیلیس موجود در برگ بیشتر از ساقه بود. در گیاهان شاهد مقدار سیلیس برگ و ساقه به ترتیب ۹۲/۳۳ و ۸۹/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. یعنی اختلاف سیلیس بین این دو اندام ۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. این اختلاف در اثر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم بیشتر شد به طوری که در غلظت ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر به ترتیب به ۱۹/۵ و ۶/۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسید. دلیل آن کاهش مقدار عنصر سیلیس در ساقه در اثر محلول پاشی با هر دو غلظت سیلیکات پتاسیم و در مقابل افزایش این عنصر در برگ به ویژه در غلظت ۲/۵ گرم در لیتر بود (جدول پیوست ۲۰).

دوبرمن و فیرهورست (۱۹۹۷)، اظهار داشتند حد بحرانی غلظت سیلیس در بافت گیاهی ۵ درصد است یعنی کمبود زمانی خود را نشان می‌دهد که میزان سیلیسیم بافت برگ یا ساقه از ۵ درصد کمتر

باشد. در این خصوص اپستین (۱۹۹۴)، بیان کرد که برنج تجمع کننده سیلیس است و این عنصر به صورت فعال با غلظت ۵ درصد یا بیشتر در بافت‌های گیاه تجمع می‌یابد. گرامی (۱۳۸۳)، نیز نشان داد غلظت سیلیس در بافت برگ بیشتر از ساقه بود و با افزایش سطوح سیلیکات پتاسیم، غلظت سیلیس در بافت برگ و ساقه برنج افزایش یافت.



شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین میزان سیلیس برگ در مرحله پنجه زنی تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم

بارهای روی میله ها  $\pm SE$  می‌باشد.

#### ۴-۱۱-۲- سیلیس ساقه در مرحله پنجه زنی

در مرحله پنجه‌زنی فقط اثر متقابل محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز بر میزان

سیلیس ساقه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۱۹).

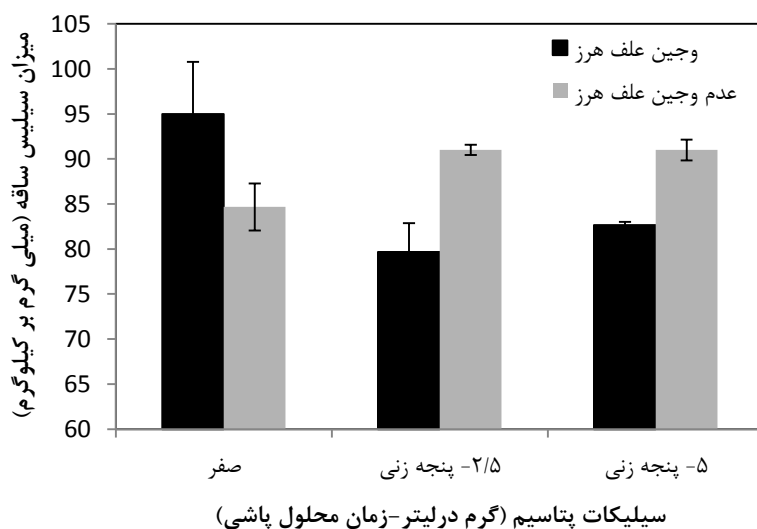
در شرایطی که گیاه در رقابت با علف‌های هرز بود، محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم موجب افزایش

معنی‌دار در مقدار سیلیس ساقه نسبت به شاهد شد. به طوری که بیشترین مقادیر سیلیس به میزان ۹۱

میلی‌گرم بر کیلوگرم در ساقه این گیاهان مشاهده شد که نسبت به شاهد ۷/۴۷ درصد بیشتر بود. دلیل

آن احتمالاً نیاز ساقه به عنصر سیلیس برای تقویت بیشتر در شرایط رقابت با علف هرز و در نتیجه کاهش احتمال ورس می‌باشد.

این درحالی است که در گیاهان وجین شده، محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم نه تنها مقدار سیلیس ساقه را افزایش نداد بلکه کاهش بیش از ۱۹ درصد در مقدار این عنصر در ساقه نسبت به شاهد مشاهده شد (شکل ۴-۲۳). زیرا در شرایطی که رقابت وجود نداشت در گیاهان محلول‌پاشی شده انباشت عنصر سیلیس در برگ به مراتب بیشتر از ساقه بود (جدول پیوست ۲۱).



شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین میزان سیلیس ساقه در مرحله پنجه زنی تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم

و وجین علف هرز

بارهای روی میله‌ها  $\pm$  SE می‌باشد.

در آزمایش آگاری و همکاران (۱۹۹۳)، غلظت  $\text{SiO}_2$  در برگ، ساقه و ریشه در گیاهانی که سیلیس دریافت کرده بودند، نسبت به گیاهان شاهد بیشتر بود. کاتو و اوا (۱۹۹۰)، بیان کردند که سیلیس به کندی در گیاه برنج حرکت می‌کند و به نظر می‌رسد که فعالیت جذب سیلیس توسط برنج بعد از مرحله

پنجه‌زنی و یا طویل شدن ساقه شروع می‌شود. همچنین سادانا و وارگز (۱۹۶۸)، طی آزمایشی گزارش کردند ذخیره سیلیس به صورت ژل سیلیکا باعث سختی ساقه و برگ‌های غلات می‌شود و تیمارهای واجد سیلیس، ساقه قوی‌تر داشته و در برابر شکستگی مقاوم هستند. با مصرف سیلیس پنجه‌دهی تقویت شده و روند افزایشی داشته است (ماتسائو و همکاران، ۱۹۹۵). ته‌نشین شدن سیلیسیم در دیواره سلولی آوند چوبی از فرو ریختن آوندها در شرایط تعرق زیاد جلوگیری می‌کند و با استحکام ساقه موجب کاهش ورس بوته می‌شود (موریلو و همکاران، ۲۰۰۶).

#### ۴-۱۱-۳- میزان پتاسیم برگ در مرحله پنجه زنی

محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز تأثیر معنی‌داری بر میزان پتاسیم برگ در مرحله پنجه‌زنی نداشت (جدول پیوست ۱۹). در اثر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم با غلظت ۵ گرم در لیتر در مرحله پنجه‌زنی گیاه، پتاسیم برگ فقط ۰/۰۵ درصد نسبت به شاهد بیشتر شد (جدول پیوست ۲۰).

#### ۴-۱۱-۴- میزان پتاسیم ساقه در مرحله پنجه زنی

میزان پتاسیم ساقه نیز در مرحله پنجه‌زنی تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز قرار نگرفت (جدول پیوست ۱۹). در عین حال در اثر محلول‌پاشی، مقدار پتاسیم ساقه حدود ۰/۱۷ درصد کاهش یافت. همچنین مقدار پتاسیم اندازه‌گیری شده در ساقه گیاهان وجین شده ۰/۱ درصد بیشتر از گیاهان درگیر در رقابت بود (جدول پیوست ۲۰).

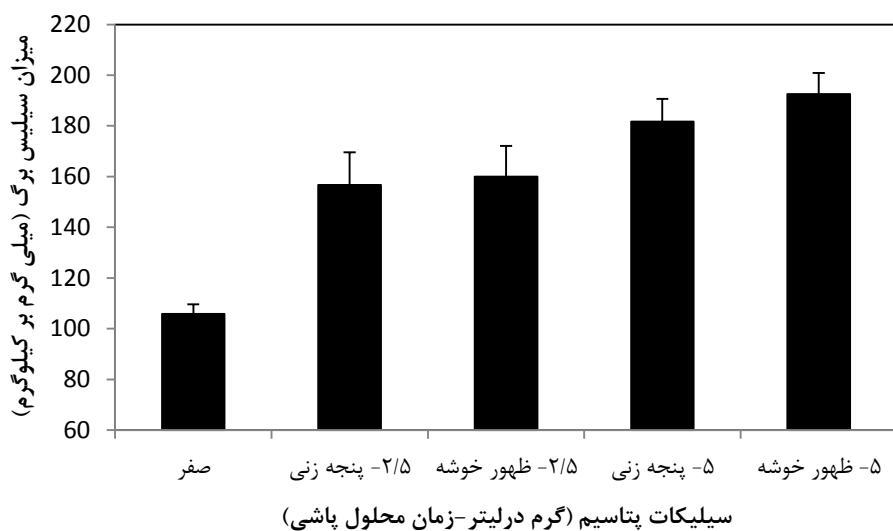
#### ۴-۱۱-۵- میزان سیلیس برگ در مرحله ظهور خوشه

محلول‌پاشی دوم با سیلیکات پتاسیم در زمان آغاز ظهورخوشه انجام شد. ۱۰ روز پس از آن یعنی در ۶۶ روز پس از نشاکاری دوباره اقدام به نمونه‌برداری برای تعیین عناصر سیلیس و پتاسیم در برگ و ساقه گردید. در این نمونه‌برداری نتایجی متفاوت با نمونه‌برداری انجام شده در زمان پنجه‌زنی مشاهده شد. بر

اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۲۲) اثر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم بر میزان سیلیس برگ در این مرحله بسیار معنی دار بود. میزان سیلیس برگ در مرحله ظهور خوشه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم در شکل ۴-۲۴ مقایسه شده است.

مقادیر سیلیسی که در مرحله ظهور خوشه در برگ مشاهده شد به مراتب بیشتر از مقادیر ثبت شده در مرحله پنجه زنی بود. به طوری که سیلیس موجود در برگ گیاهان شاهد که دارای کمترین مقدار بود (۱۰۵/۸۳ میلی گرم بر کیلوگرم)، از بالاترین مقدار به دست آمده در مرحله پنجه زنی (۱۰۴/۸۳ میلی گرم بر کیلوگرم مشاهده شده در محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر) بیشتر بود (شکل ۴-۲۴ و ۴-۲۲).

محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه، مقدار سیلیس برگ را بیش از ۵۴ میلی گرم بر کیلوگرم افزایش داد. در هر دو غلظت سیلیکات پتاسیم اختلاف ناچیزی بین دو زمان محلول پاشی وجود داشت. بیشترین میزان سیلیس برگ در این مرحله، با میانگین ۱۹۲/۵ میلی گرم بر کیلوگرم در تیمار ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۸۱/۸۹ درصد افزایش نشان داد (شکل ۴-۲۴). در مرحله ظهور خوشه، اختلاف بین سیلیس موجود در برگ و ساقه قابل توجه بود. در بوته‌هایی که توسط سیلیکات پتاسیم محلول پاشی نشده بودند، اختلافی بین برگ و ساقه از لحاظ میزان عنصر سیلیس وجود نداشت. ولی محلول پاشی با این ماده به طور قابل توجهی سیلیس موجود در برگ را نسبت به ساقه افزایش داد. کمترین اختلاف مقدار سیلیس بین این دو اندام ۲۴/۳۴ میلی گرم بر کیلوگرم بود که در محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در پنجه زنی وجود داشت. افزایش غلظت محلول پاشی این اختلاف را تشدید کرد و در محلول پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه به ۵۸ میلی گرم بر کیلوگرم رسید (جدول پیوست ۲۳).



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین میزان سیلیس برگ در مرحله ظهور خوشه تحت تأثیر محلول پاشی سلیکات پتاسیم

بارهای روی میله ها  $\pm$  SE می باشد.

ماتسئو و همکاران (۱۹۹۵)، طی آزمایشی به این نتیجه رسیدند که جذب سیلیس در مرحله تشکیل شدن پانیکول در برنج بیشتر شده و اثر سیلیس در مرحله رشد بعدی بیشتر از مرحله رشد اولیه است. ما و تاکاهاشی (۱۹۹۰)، گزارش کردند جذب کل سیلیس توسط گیاه برنج در مرحله زایشی ۶۵ درصد بوده که به مراتب بیشتر از مرحله رویشی (۱۰ درصد) و رسیدن (۲۵ درصد) است. نتایج محقق (۱۳۸۸)، نشان داد که کاربرد سیلیسیم در خاک، جذب این عنصر را در برگ افزایش می دهد. لی و همکاران (۲۰۰۳) و لیانگ و همکاران (۱۹۹۶) به این نتیجه رسیدند که کاربرد سیلیسیم موجب افزایش جذب پتاسیم در برگ می شود.

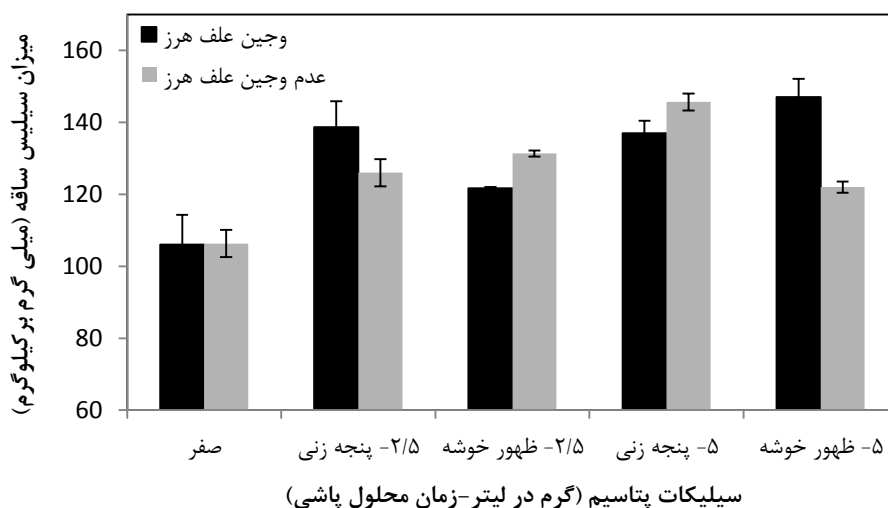


#### ۴-۱۱-۶- میزان سیلیس ساقه در مرحله ظهور خوشه

نتایج مربوط به تجزیه واریانس میزان سیلیس ساقه در جدول پیوست ۲۲ نشان داده شده است. اثر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم بر میزان سیلیس ساقه در مرحله ظهور خوشه و اثر متقابل آن با وجین علف هرز در این مرحله معنی‌دار شد ( $P < 0.01$ ).

همان‌طور که در شکل ۴-۲۵ ملاحظه می‌گردد در شرایطی که گیاه در رقابت با علف هرز نبود بیشترین میزان سیلیس ساقه (۱۴۷ میلی گرم بر کیلوگرم) در اثر محلول پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه به دست آمد که نسبت به همین زمان محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر و شاهد به ترتیب در حدود ۲۵/۳۴ و ۴۱ میلی گرم بر کیلوگرم افزایش نشان داد. از طرفی در شرایط رقابت گیاه با علف هرز، محلول پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان پنجه زنی میزان سیلیس ساقه را نسبت به همین زمان با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر و شاهد ۱۹/۶۶ و ۳۹/۳۳ میلی گرم در کیلوگرم بهبود بخشید. در مجموع محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم در هر دو غلظت و زمان، مقدار سیلیس ساقه را نیز به طور قابل توجهی افزایش داد (شکل ۴-۲۵ و جدول پیوست ۲۳).

آرتور (۱۹۸۹) و جیمز و یوشیدا (۱۹۷۰)، گزارش کردند برنج به طور طبیعی چندین برابر لگومینوز و سایر دو لپه‌ای‌ها سیلیسیم جذب کرده و در واقع برنج به عنوان ذخیره‌کننده سیلیسیم شناخته می‌شود. یوشیدا (۱۹۷۵) و ماتسو و همکاران (۱۹۹۵)، بیان کردند سیلیسیم به صورت ژل سیلیکا در بافت‌های اپیدرمی نوک برگ، غلاف برگ، ساقه و سبوس قرار می‌گیرد برای محکم‌تر شدن ساقه‌ها مفید است. طبق گزارشات چائومینگ و همکاران (۱۹۹۹)، گیاه برنج در مرحله زایشی نیاز بیشتری به سیلیس دارد و بهبود عملکرد از طریق مصرف سیلیس را به غلظت این عنصر در بافت‌ها نسبت دادند. دیرن (۱۹۹۷)، طی گزارشی افزایش غلظت سیلیس در بافت برگ و ساقه را به افزایش سطوح کودهای سیلیکاتی نسبت داد.



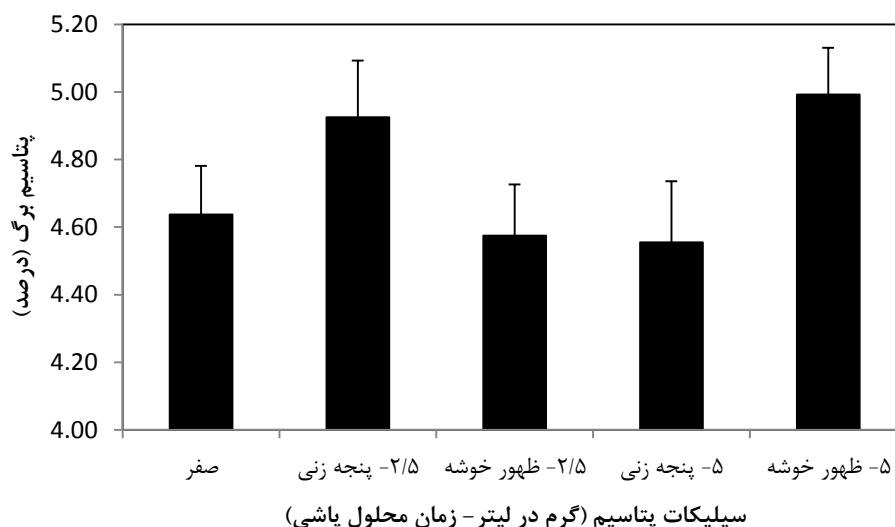
شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین میزان سیلیس ساقه در مرحله ظهور خوشه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

بارهای روی میله ها  $\pm$  SE می باشد.

در یک آزمایش گلدانی، اثر پنج سطح سیلیسیم (۰، ۱۲۵، ۲۵۰، ۳۷۵ و ۵۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک از منبع سیلیکات پتاسیم) روی چند رقم برنج محلی و اصلاح شده ایرانی (خزر، هاشمی، حسنی، کادوس و بی نام) طی ۲ سال متوالی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین وزن خشک کاه و غلظت سیلیسیم ارقام برنج در هر دو سال در بالاترین سطح کاربرد کود سیلیکاته حادث گردید. رقم برنج بی نام در مقایسه با سایر ارقام برنج در هر سطح کاربرد کود سیلیکاته از غلظت سیلیسیم بیشتری در اندام هوایی برخوردار بود، اما بیشترین پاسخ نسبی به مصرف کود سیلیکاته به ترتیب در ارقام برنج خزر و حسنی مشاهده شد (شهدی کومله و همکاران، ۱۳۸۱).

#### ۴-۱۱-۷- میزان پتاسیم برگ در مرحله ظهور خوشه

در جدول پیوست ۲۲ مشاهده می‌گردد که تنها اثر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم بر میزان پتاسیم برگ در مرحله ظهور خوشه معنی‌دار شد ( $P < 0.05$ ). از این رو اثر سطوح مختلف سیلیکات پتاسیم بر میزان پتاسیم برگ در زمان یاد شده در شکل ۴-۲۶ مقایسه شده است.



شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین میزان پتاسیم برگ در مرحله ظهور خوشه تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم

بارهای روی میله‌ها  $\pm SE$  می‌باشد.

بیشترین میزان پتاسیم برگ در این مرحله با میانگینی حدود ۴/۹۹ درصد، در تیمار سیلیکات پتاسیم ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه دیده شد که نسبت به تیمار شاهد ۰/۳۶ درصد بیشتر و از لحاظ آماری معنی‌دار بود. در حالی که اختلاف معنی‌داری با مقدار پتاسیم مشاهده شده در تیمار ۲/۵ گرم در لیتر در زمان پنجه‌زنی (۴/۹۲ درصد) نداشت. به نظر می‌رسد زمان و غلظت محلول‌پاشی دو عامل تأثیرگذار بر درصد پتاسیم ساقه در این مرحله باشند چرا که مقادیر پتاسیم برگ در دو تیمار دیگر محلول-

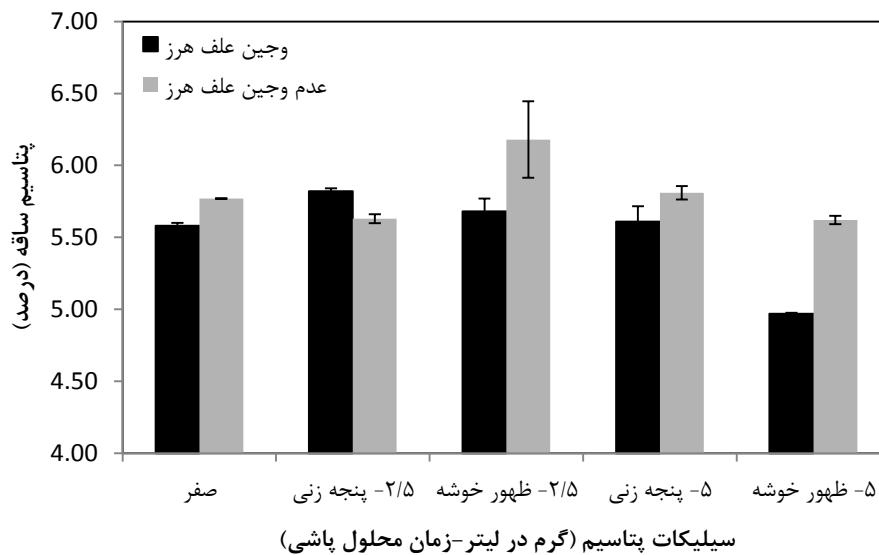
پاشی از شاهد کمتر بود، هرچند اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند. همچنین در شرایط وجین علف هرز مقدار پتاسیم برگ به اندازه‌ی ۰/۰۷ درصد بیشتر از عدم وجین بود که البته این افزایش معنی‌دار نبود. وجود پتاسیم در برگ می‌تواند در تنظیم روابط آبی گیاه و نیز رشد گیاه مفید باشد.

#### ۴-۱۱-۸- میزان پتاسیم ساقه در مرحله ظهور خوشه

اثر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم، وجین علف هرز و اثر متقابل آن‌ها بر میزان پتاسیم ساقه در مرحله ظهور خوشه معنی‌دار بود ( $P < 0/01$ ). با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز مقایسه‌ای بین این ترکیبات صورت گرفته که در شکل ۴-۲۷ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد بیشترین مقادیر پتاسیم ساقه در این مرحله در ترکیب تیماری سیلیکات پتاسیم ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه × عدم وجین علف هرز به دست آمد که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با سایرین داشت. به عبارت دیگر میزان پتاسیم ساقه را نسبت به همین شرایط رقابتی در شاهد ۰/۴۲ درصد و نسبت به غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه ۰/۵۶ درصد افزایش داد.

در شرایطی که رقابت بین گیاه زراعی و علف هرز وجود نداشت، محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان پنجه‌زنی میزان پتاسیم ساقه را تا ۵/۸۱ درصد رساند که ۰/۲۴ درصد از شاهد بیشتر بود. تأثیر محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه بر میزان پتاسیم ساقه به طور قابل‌توجهی منفی بود به طوری که مقدار این عنصر را به کمتر از ۴/۹۷ درصد کاهش داد. به‌طور کلی در این مرحله از نمونه‌برداری (ظهور خوشه) مقادیر پتاسیم مشاهده شده در ساقه بیشتر از برگ بود. علاوه بر این اگرچه برگ گیاهان وجین شده پتاسیم بیشتری نسبت به گیاهان درگیر در رقابت داشت، ولی مقدار پتاسیم در ساقه گیاهان درگیر در رقابت به طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول پیوست ۲۳).

نتایج تحقیقات انجام شده در ژاپن در ارتباط با زمان مصرف پتاسیم و تأثیر آن بر گیاه برنج اثبات کرده است که جذب پتاسیم در مرحله پنجه‌زنی موجب افزایش تعداد خوشه و سنبلچه می‌گردد. جذب پتاسیم در مرحله تشکیل خوشه در افزایش تعداد سنبلچه‌ها و همچنین وزن هزاردانه مؤثر است و پتاسیم جذب شده بعد از مرحله تشکیل خوشه اساساً در وزن هزاردانه مؤثر است (سو، ۱۹۷۶).



شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین میزان پتاسیم ساقه در مرحله ظهور خوشه تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و

وجین علف هرز

بارهای روی میله ها  $\pm SE$  می‌باشد.

#### ۴-۱۱-۹- کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس کلروفیل برگ در زمان‌های مختلف نمونه برداری پس از نشاکاری در جدول پیوست ۲۵ نشان داده شده است. کلروفیل در هیچ یک از نمونه برداری‌ها تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز قرار نگرفت. نتیجه‌ای که می‌توان به آن اشاره کرد این

است که بیشترین مقدار کلروفیل برگ در همه نمونه برداری‌ها به جز نمونه برداری سوم، در محلول پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان پنجه زنی مشاهده شد. همچنین هنگامی که گیاه در رقابت با علف هرز بود، در همه نمونه برداری‌ها به جز نمونه برداری آخر، مقادیر بالاتری از کلروفیل را نشان داد (جدول پیوست ۲۶). نتایج مربوط به آزمایش های انجام شده نیز نشان داده است که تیمارهای سیلیسی تأثیر خاصی را بر کلروفیل برگ نمی گذارند (فلاح، ۲۰۰۰).

#### ۴-۱۲- صفات کیفی دانه

##### ۴-۱۲-۱- آمیلوز

درصد آمیلوز دانه تحت تأثیر هیچ یک از منابع تغییر قرار نگرفت (جدول پیوست ۲۷). با این وجود مقایسه ای بین سطوح سیلیکات پتاسیم صورت پذیرفت که در شکل ۴-۲۸ آمده است.

درصد آمیلوز گیاهان شاهد ۲۴/۱۸ درصد برآورد گردید. تنها محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم در زمان پنجه زنی این صفت کیفی را ۰/۲۱ درصد بهبود بخشید. ولی محلول پاشی با همین غلظت در زمان ظهور خوشه آمیلوز دانه را ۰/۱۸ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. بیشترین اثر منفی مربوط به محلول پاشی با غلظت بالا در زمان ظهور خوشه بود که درصد آمیلوز دانه را به کمتر از ۲۳/۴ درصد رساند.

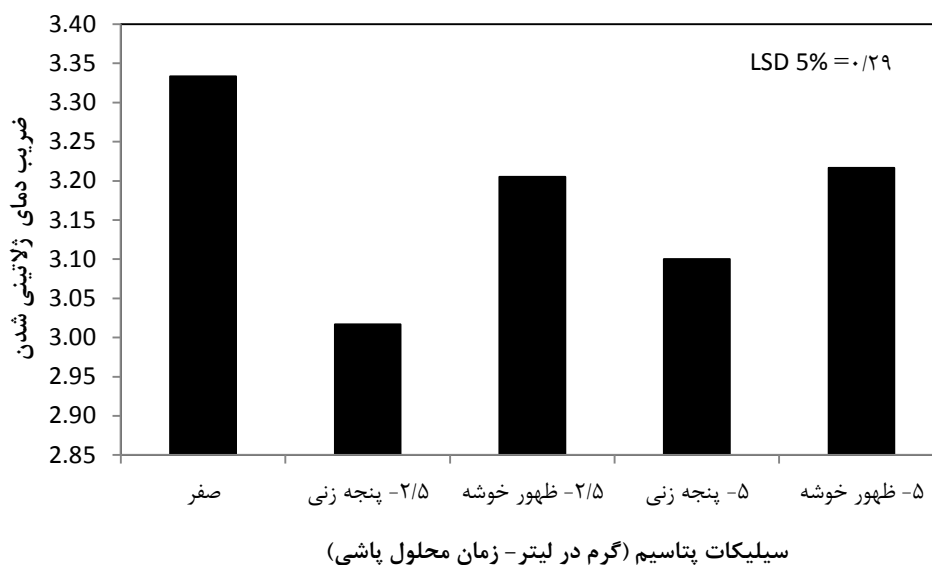


۲۸-۴ - مقایسه میانگین درصد آمیلوز دانه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم

برخلاف نتایج به دست آمده، ما و یاماچی (۲۰۰۶)، اظهار داشتند که سطح بالایی از تجمع سیلیس برای رشد و عملکرد بالا و ثابت برنج نیاز است. به گزارش آن‌ها ذخیره کم سیلیس منجر به کاهش قابل ملاحظه در عملکرد و کیفیت برنج می‌شود.

۲-۱۲-۴ - ضریب دمای ژلاتینی شدن

اثر تیمارهای مختلف محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز بر دمای ژلاتینی شدن نیز معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۲۷). بیشترین و کمترین ضریب دمای ژلاتینی شدن به ترتیب در تیمار شاهد و غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان پنجه زنی با میانگینی معادل ۳/۳۳ و ۳/۰۱ به دست آمد. در بین زمان‌های محلول پاشی، کاربرد سیلیکات پتاسیم در زمان ظهور خوشه از لحاظ تأثیر بر این صفت مفیدتر بود. ولی بین غلظت محلول پاشی در این زمان تفاوتی مشاهده نشد. البته تأکید می‌گردد که تفاوت‌های ذکر شده از لحاظ آماری غیر معنی‌دار بود (شکل ۴-۲۹).



شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین ضریب دمای ژلاتینی شدن تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم

#### ۴-۱۲-۳- قوام ژل

قوام ژل نیز از تیمارهای مختلف محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز تأثیر نپذیرفت (جدول پیوست ۲۷). با این وجود مقایسه میانگین قوام ژل تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم (شکل ۴-۳۰) نشان داد که محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه، همچنین محلول پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان پنجه زنی این صفت کیفی را کاهش دادند. در حالی که قوام ژل در تیمار محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان پنجه زنی با مقداری معادل ۳۸/۴۱ میلی متر تفاوتی با شاهد نداشت.

بهمینار و رنجبر (۲۰۰۷)، با مطالعه روی تأثیر مصرف نیتروژن و پتاسیم بر خصوصیات کیفی برنج نشان دادند که مصرف پتاسیم قوام ژل و محتوی پروتئین دانه را افزایش داد ولی روی دمای ژلاتینی شدن و مقدار آمیلوز دانه تأثیر معنی داری نداشت.





شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین فوام ژل تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم

#### ۴-۱۳- وزن خشک علف های هرز

نتیجه تجزیه واریانس اندازه گیری ماده خشک علف های هرز موجود در کرت های آزمایش در ۶۶ و ۸۰ روز پس از نشاکاری به ترتیب در جدول های پیوست ۲۹ و ۳۱ آورده شده است. ملاحظه می گردد که اثر سیلیکات پتاسیم بر وزن خشک علف های هرز سوروف، اویارسلام و سایر علف های هرز معنی دار نبود.

نکته قابل مشاهده در میانگین ها این است که بین وزن خشک علف های هرز در دو زمان محلول پاشی در پنجه زنی و ظهور خوشه تفاوت وجود داشت. در ۶۶ روز پس از نشاکاری یعنی ۱۰ روز پس از محلول پاشی دوم و ۲۵ روز پس از محلول پاشی اول مشاهده می گردد که در هر دو غلظت ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر وزن خشک علف های هرزی که همراه با گیاه زراعی ۱۵ روز زودتر (در زمان پنجه زنی گیاه برنج) توسط سیلیکات پتاسیم محلول پاشی شده بودند، بیشتر از وزن خشک علف های هرز در تیمار محلول پاشی در

ظهورخوشه بود. اختلاف بین دو زمان محلول‌پاشی در ۶۶ روز پس از نشاکاری، برای علف‌هرز سوروف بیش از ۲ برابر و در سایر علف‌های هرز بیش از ۳ برابر بود (جدول پیوست ۳۰).

با گذشت زمان و رسیدن به ۸۰ روز پس از نشاکاری (جدول پیوست ۳۲) نتایج تغییر کرد. محلول-پاشی با سیلیکات پتاسیم در زمان ظهورخوشه موجب افزایش وزن خشک سوروف شد. بیشترین وزن خشک سوروف در اثر محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه با میانگینی معادل ۱۹/۸۸ گرم در مترمربع مشاهده گردید. در حالی که در این شرایط وزن خشک اویارسلام و سایر علف‌های هرز کم بود. در اثر محلول‌پاشی در زمان پنجه‌زنی وزن خشک علف هرز سوروف نسبت به شاهد کمتر بود. طوری که ماده خشک تولیدی در واحد سطح توسط این علف هرز در غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان پنجه‌زنی خیلی پایین‌تر از سایر تیمارها بود. این درحالی است که در این تیمار و در اثر حضور کم‌رنگ علف هرز سوروف، وزن خشک اویارسلام و سایر علف‌های هرز نسبتاً بالا بود.

سوروف یکی از علف‌های هرز مهم مزارع برنج است که دارای خواص تقلیدکنندگی از گیاه زراعی برنج می‌باشد که خصوصاً در فاز رویشی، شباهت و تقلید گونه سوروف از برنج مشهود است (گل‌محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). بنابراین این علف‌هرز می‌تواند همانند برنج پس از محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف سیلیکات پتاسیم در مرحله پنجه‌زنی و ظهور خوشه، افزایش رشد نشان داده و وزن خشک بیشتری تولید کند که این وضعیت در ۶۶ روز پس از نشاکاری مشاهده شد. اما با گذشت زمان و رسیدن به ۸۰ روز پس از نشاکاری در اثر افزایش ارتفاع ساقه و تعداد پنجه و ماده خشک برنج تحت تأثیر محلول‌پاشی، فشار روی این علف هرز زیاد شد و سبب شد از طریق خودتنکی<sup>۱</sup> وزن خشک این علف هرز کاهش یابد. گل‌محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، بیان کردند که علف هرز سوروف در تراکم‌های بالا از طریق پدیده خودتنکی جمعیت خود را برای دستیابی به وضعیت رشد و تولید مثل بهتر، کاهش می‌دهد.

---

<sup>۱</sup> - Self-thining

ماده خشک علف‌هرز اوپارسلام تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در هر دو زمان پنجه‌زنی و ظهورخوشه و غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه بالا بود و تنها در اثر محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان پنجه‌زنی مقدار آن کاهش پیدا کرد، که شاید به دلیل رشد بیشتر سایر علف‌های هرز در کنار سوروف باشد.

در مجموع از نتایج چنین استنباط می‌شود که اگر محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم در زمان پنجه‌زنی انجام شود، مزاحمت علف‌هرز در اواسط رشد گیاه بیشتر خواهد بود (۶۶ روز پس از نشاکاری). در جدول پیوست ۳۰ مشاهده می‌شود که در اثر محلول‌پاشی در این زمان مقادیری بالاتر از ۲۵ گرم در مترمربع برای وزن خشک کل علف‌های هرز به‌دست آمد و اگر محلول‌پاشی در زمان ظهورخوشه انجام شود، حضور علف‌های هرز مختلف را تا اواخر دوره رشد گیاه زراعی موجب خواهد شد. به‌ویژه اگر محلول‌پاشی در این زمان با غلظت پایین‌تر یعنی ۲/۵ گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم صورت پذیرد.

## نتیجه گیری

در اولین نمونه برداری (۶۶ روز پس از نشاکاری)، گیاهان محلول پاشی شده با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه و در شرایط وجین علف هرز، بیشترین ماده خشک برگ را با میانگینی معادل ۲۶۷/۶ گرم در متر مربع دارا بودند. این در حالی است که در ۸۰ روز پس از نشاکاری محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در شرایط مشابه کمترین ماده خشک برگ را به خود اختصاص داد. از طرفی سطح برگ در این ترکیب تیماری به مراتب بالاتر از سایرین بود که حاکی از نازک بودن و در عین حال وسیع تر بودن برگ ها و همچنین تخلیه بیشتر برگ با نزدیک شدن به پایان فصل رشد در این ترکیب تیماری است که می تواند نقش مهمی در پر شدن دانه ها داشته باشد.

بیشترین تجمع ماده خشک در ساقه، در نمونه برداری اول و سوم، مربوط به محلول پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر سیلیکات پتاسیم بدون توجه به شرایط علف هرز بود. به طور کلی بالا بودن میزان ماده خشک ساقه در این تیمار برآیندی از بالا بودن ارتفاع و قطر ساقه در این تیمار می باشد.

بیشترین وزن خوشه در نمونه برداری چهارم با میانگین ۹۳۳/۸۳ گرم در متر مربع از ترکیب تیماری محلول پاشی با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه در گیاهان وجین شده حاصل شد. نتایج نشان داد که در شرایطی که علف هرز وجود دارد، محلول پاشی با کلیه سطوح سیلیکات پتاسیم مفید است.

محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم در همه سطوح موجب بهبود شاخص سطح برگ گردید. در شرایط وجود علف هرز نیز محلول پاشی با غلظت پایین تر این ماده اثر بهتری بر سطح برگ بر جای گذاشت.

دو برابر شدن غلظت محلول پاشی اثر مثبت و معنی داری بر ارتفاع ساقه داشت به طوری که محلول -

پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان های پنجه زنی و ظهور خوشه این صفت را به ترتیب ۲/۹۴ و ۴/۴۴

سانتی متر نسبت به شاهد افزایش داد. تیمار سیلیکات پتاسیم با غلظت ۵ گرم در لیتر چه در زمان پنجه-زنی و چه در زمان ظهور خوشه بدون توجه به رقابت علف هرز دارای بیشترین قطر میان‌گره پایین بود. قابل توجه است که قطر میان‌گره پایین نقش مهمی در مقاومت غلات به ورس دارد.

تعداد پنجه ثبت شده در گیاه به مقدار اندکی در گیاهان وجین‌شده بیشتر بود. از لحاظ تأثیرگذاری بر این صفت، استفاده از سیلیکات پتاسیم با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر، در زمان پنجه‌زنی نسبت به ظهور خوشه مفیدتر بود.

محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر سبب افزایش طول خوشه نسبت به غلظت ۲/۵ گرم در لیتر شد. همچنین طول خوشه در گیاهانی که در رقابت با علف هرز نبودند، بیشتر بود. وجود خوشه‌های بلند در تیمار محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه سبب تشکیل تعداد دانه بیشتر در خوشه‌ها گردید.

از بین اجزای عملکرد تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه در مترمربع تحت تأثیر بالاترین مقدار سیلیکات پتاسیم در زمان ظهور خوشه قرار گرفتند.

گیاهان محلول‌پاشی شده با غلظت ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه سطح برگ بالایی داشتند و در عین حال وزن خشک برگ آن‌ها با نزدیک شدن به انتهای فصل کاهش قابل توجهی نشان داد. علاوه بر این طول خوشه و تعداد کل دانه در این تیمار کمتر از سایر تیمارها بود که همه اینها نشان دهنده فراهم بودن آسیمیلات بیشتر برای پرشدن دانه‌های موجود در خوشه می‌باشد که در نهایت به صورت وزن هزار دانه بالاتر نمایان گردید.

بیشترین عملکرد با میانگین ۹۵۲/۸۹ گرم در مترمربع در شرایط محلول‌پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه و عدم وجین علف هرز ثبت شد که ۲۱/۱۰ درصد بیشتر از ترکیب تیماری

شاهد و کنترل علف هرز و ۱۸/۷ درصد بیشتر از تیمار شاهد و عدم کنترل علف هرز بود. در اثر محلول پاشی با غلظت ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه مقادیر بالایی از تعداد پنجه، طول خوشه، تعداد کل دانه، تعداد خوشه در واحد سطح و تعداد دانه پر در خوشه مشاهده گردید. که به طور مستقیم یا غیر مستقیم در عملکرد تأثیر دارند.

بیشترین سیلیس برگ در مرحله پنجه‌زنی به میزان ۱۰۴/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در غلظت ۲/۵ گرم در لیتر مشاهده شد که نسبت به شاهد ۱۳/۵۳ درصد بیشتر بود. در شرایطی که گیاه در رقابت با علف‌های هرز بود محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم موجب افزایش معنی‌دار در مقدار سیلیس ساقه نسبت به شاهد شد. دلیل آن احتمالاً نیاز ساقه به عنصر سیلیس برای تقویت بیشتر در شرایط رقابت با علف هرز و در نتیجه کاهش احتمال ورس می‌باشد. در مرحله ظهور خوشه، اختلاف بین سیلیس موجود در برگ و ساقه قابل توجه بود. در بوته‌هایی که توسط سیلیکات پتاسیم محلول‌پاشی نشده بودند، اختلافی بین برگ و ساقه از لحاظ میزان عنصر سیلیس وجود نداشت. ولی محلول‌پاشی با این ماده به طور قابل توجهی سیلیس موجود در برگ را نسبت به ساقه افزایش داد.

میزان پتاسیم برگ و ساقه در مرحله پنجه‌زنی تحت تأثیر محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز قرار نگرفت. بیشترین میزان پتاسیم برگ در مرحله ظهور خوشه با میانگینی حدود ۴/۹۹ درصد، در تیمار سیلیکات پتاسیم ۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه دیده شد که نسبت به تیمار شاهد ۰/۳۶ درصد بیشتر بود. همچنین بیشترین مقادیر پتاسیم ساقه در این مرحله در ترکیب تیماری سیلیکات پتاسیم ۲/۵ گرم در لیتر در زمان ظهور خوشه × عدم وجین علف هرز به دست آمد.

کلروفیل، درصد آمیلوز دانه، قوام ژل و دمای ژلاتینی شدن در هیچ یک از نمونه برداری‌ها تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز قرار نگرفتند.

بین وزن خشک علف‌های هرز در دو زمان محلول‌پاشی در پنجه‌زنی و ظهورخوشه تفاوت (غیر معنی - دار) وجود داشت. در هر دو غلظت ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر وزن خشک علف‌های هرزی که همراه با گیاه زراعی ۱۵ روز زودتر (در زمان پنجه‌زنی گیاه برنج) توسط سیلیکات پتاسیم محلول‌پاشی شده بودند بیشتر از وزن خشک علف‌های هرز در تیمار محلول‌پاشی در ظهورخوشه بود.

## پیشنهادات

- ۱- آزمایش در شرایطی مشابه حداقل در ۲ سال متوالی انجام شود تا نتایج قابل تعمیم حاصل گردد.
- ۲- سایر ترکیبات دارای عنصر سیلیس به صورت محلول پاشی مورد آزمایش قرار گیرد. زیرا ممکن است عنصر سیلیس در کنار سایر عناصر مانند کلسیم یا سدیم جذب متفاوتی داشته باشد.
- ۳- شاید بهتر باشد محلول پاشی در چند مرحله انجام شود تا نتیجه بهتری داشته باشد. بنابراین توصیه می شود این موضوع نیز مورد آزمون قرار گیرد.
- ۴- دامنه وسیع تری از غلظت های محلول سیلیکات پتاسیم در مراحل مختلف رشد برنج مورد آزمایش قرار گیرد.



# منابع

ابطالی، ی. و ابطالی، م. ۱۳۸۷. مهمترین علفهای هرز برنج و مدیریت کنترل آن. نشریه ترویجی سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران. ۲۴ صفحه.

۱- احمدی، ع.ر؛ رستمی، م؛ شاکرمی، ج. و فیضیان، م. ۱۳۸۴. دوره بحرانی کنترل علف های هرز در استان لرستان. مجله پژوهش های زراعی ایران. جلد ۳، شماره ۲. صفحات ۱۷۱ تا ۱۸۱.

۲- اخوت، م. و وکیلی، د. ۱۳۷۶. کاشت، داشت و برداشت برنج. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۰۶ صفحه.

۳- اسدی، ر. ۱۳۸۸. تعیین آب مصرفی برنج لاین ۷۳۲۸ با روش لایسیمتری و کرت های کنترل شده و مقایسه آن با مدل های تجربی در مازندران. گزارش نهایی معاونت موسسه تحقیقات برنج آمل. ۱۵ صفحه.

۴- اصفهانی، م؛ مجتبابی زمانی، م. و امیری لاریجانی، ب. ۱۳۸۸. ریخت شناسی رشد و نمو گیاه برنج. انتشارات دانشگاه گیلان. ۳۸۰ صفحه.

۵- اصفهانی، م؛ صدرزاده، س.م؛ کاووسی، م. و دباغ محمدی نسب، ع. ۱۳۸۴. اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن پتاسیم بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه برنج رقم خزر. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۷. شماره ۳. صفحات ۲۲۶ تا ۲۴۲.

۶- امین پناه، ه؛ سروش زاده، ع؛ زند، ا؛ مومنی، ع. و محدثی، ع. ۱۳۸۷. بررسی میزان کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام برنج (*Oryza sativa* L.) در شرایط رقابت با سوروف (*Echinochloa crus-galli* (L.) (P.Beauv)). هجدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران. دانشگاه بوعلی سینا. همدان. صفحه ۳۳.

۷- پاداشت دهکایی، ف. ۱۳۸۷. آثار نیتروژن و سیلیس روی بیماری بلاست برنج. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳. شماره ۴. صفحات ۷۳۵ تا ۷۴۲.

- ۸- پیوست، غ.ع؛ زارع، م.ر. و سمیع زاده، ح. ۱۳۸۷. اثر متقابل سطوح مختلف سیلیسیم و تنش شوری بر رشد کاهو پیچ تحت شرایط کشت در سیستم لایه نازک محلول غذایی (NFT). مجله علوم و صنایع کشاورزی، ویژه علوم باغبانی. جلد ۲۲. شماره ۱. صفحه ۷۹ تا ۸۸.
- ۹- توسلی لاریجانی، ف. ۱۳۷۴. تکنیک‌های مدرن ارزیابی کیفیت برنج در موسسه بین المللی تحقیقات برنج (IRRI). انتشارات معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور. ۶۰ صفحه.
- ۱۰- توسلی لاریجانی، ف. ۱۳۸۴. خصوصیات کیفی ارقام محلی و اصلاح شده برنج مازندران. نشریه علمی ترویجی. معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور. ۱۲ صفحه.
- ۱۱- توفیقی، ح. ۱۳۷۷. بررسی پاسخ برنج به کود پتاسیم در خاک‌های شالیزاری شمال ایران. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۹. شماره ۴. صفحات ۸۶۹-۸۸۲.
- ۱۲- حاجی پور، ر. ۱۳۸۶. برنج محصولی با رنج. انتشارات فرهنگ سبز. ۱۳۰ صفحه.
- ۱۳- حسینی ایمنی، س.ص. ۱۳۸۲. بررسی اثر تاریخ نشاکاری، فواصل بوته و کود نیتروژنه بر شاخص‌های رشد و عملکرد برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه کشاورزی مازندران. ۹۷ صفحه.
- ۱۴- حق پرست تنها، م.ر. ۱۳۷۱. تغذیه و متابولیسم گیاهان. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت. ۵۲۷ صفحه.
- ۱۵- خدابنده، ن. ۱۳۷۱. غلات. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۳۷ صفحه.
- ۱۶- خداحمی، س. و خوش گفتار منش، ا.ح. ۱۳۹۰. برهمکنش سیلیسیم و کادمیم بر رشد، عملکرد و جذب آهن در دو رقم خیار. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران. تبریز.
- ۱۷- خلد برین، ب. و اسلام زاده، ط. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز. ۹۰۲ صفحه.

- ۱۸- خوگر، ز. و غیبی، م.ن. ۱۳۹۰. بررسی نقش مولیدن و سیلیسیم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گندم. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران. تبریز.
- ۱۹- جلالی، م. ۱۳۹۰. مقایسه اثر کود سیلیکاته، پوسته و خاکستر شلتوک برنج بر رشد و عملکرد دانه رقم شیروودی در آزمایش گلدانی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد قائمشهر. ۱۰۰ صفحه.
- ۲۰- داستان، س.؛ قاسمی میانایی، آ.؛ مبصر، ح.ر. و میر هادی، م.ج. ۱۳۹۰. نتایج کاربرد سیلیس و پتاسیم بر خصوصیات مرفولوژیکی وابسته به ورس و عملکرد کمی برنج رقم طارم هاشمی. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران. تبریز.
- ۲۱- دواتگر، ن. ۱۳۸۲. بررسی وضعیت پتاسیم در شالیزارهای گیلان. گزارش نهایی موسسه تحقیقات برنج کشور. ۵۰ صفحه.
- ۲۲- راشد محصل، م.ح. و موسوی، س.ک. ۱۳۸۵. اصول مدیریت علف های هرز. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۵۴۵ صفحه.
- ۲۳- راعی، ی. و قاسمی گلعدانی، ک. ۱۳۸۶. ارزیابی رقابت سویا و سورگوم علوفه ای. دومین همایش علوم علف های هرز ایران. مشهد. صفحات ۴۵۵ تا ۴۵۹.
- ۲۴- رحیم سروش، ج.؛ ربیعی، ب.؛ نحوی، م. و قدسی، م. ۱۳۸۶. مطالعه برخی از صفات زراعی، کیفی و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های برنج. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۷۵. صفحات ۲۵ تا ۳۲.
- ۲۵- رستگار، م.ع. ۱۳۸۳. زراعت عمومی. انتشارات برهمند. ۴۱۰ صفحه.
- ۲۶- زمانی، ق. و علیزاده، م.ر. ۱۳۸۶. خصوصیات و فراوری ارقام مختلف برنج ایران. انتشارت پلک. ۲۲۰ صفحه.
- ۲۷- سالاردینی، ع.ا. و مجتهدی، م. ۱۳۸۴. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۴۱ صفحه.

۲۸- سرمدنیا، غ. و کوچکی، ع. ۱۳۶۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ صفحه.

۲۹- سعادت، ن. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر منابع پتاسیم (سولفات و کلرور) و زمان مصرف آن بر عملکرد برنج در مازندران. گزارش نهایی معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور. ۱۵ صفحه.

۳۰- سلیمانی، ع. و امیری لاریجانی، ب. ۱۳۸۳. اصول به زراعی برنج. انتشارات مرکز توسعه منابع انسانی کشاورزی هراز. ۳۰۳ صفحه.

۳۱- شریفی، م.م. ۱۳۸۰. راهنمای کاربردی علفهای هرز مزارع برنج ایران. انتشارات فنی معاونت ترویج سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۱۱۴ صفحه.

۳۲- شهدی کومله، ع؛ شکری واحد، ح. و احمدی پور، م. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر کاربرد کود سیلیکاته بر رشد گیاه برنج. گزارش نهایی موسسه تحقیقات برنج کشور. ۳۰ صفحه.

۳۴- شیبانی، ک؛ باغستانی، م.ع؛ صوفی زاده، س. و عطری، ع.ر. ۱۳۸۴. اثر رقابت علف هرز تاج خروس ریشه قرمز بر شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک ذرت. اولین همایش علوم علف های هرز ایران. تهران. صفحات ۱۸۶ تا ۱۸۹.

۳۵- صادقی لطف آبادی، س؛ کافی، م. و خزاعی، ح.ر. ۱۳۸۹. بررسی اثرات تعدیل کنندگی کاربرد خاکی و محلول پاشی کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم بر صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) در شرایط تنش شوری. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۴. شماره ۲. صفحه ۳۸۵-۳۹۳.

۳۶- طالبی زاده، ع؛ موحدی، س.ع؛ پهلوانی، م.ه. و زینلی، ا. ۱۳۸۸. تأثیر انواع تیمارهای کودی همراه با کود پتاسیم بر عملکرد دانه گندم و برداشت پتاسیم در یک خاک با سطح ویژه بالا. یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. گرگان.

۳۷- عزیزاده، م.ع. و عیسوند، ح.ر. ۱۳۸۴. برنج در مصر (ترجمه). ۵۳۷ صفحه.

۳۸- فلاح، ا. ۱۳۸۰. نقش سیلیس در گیاهان. انتشارات معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور. ۱۴ صفحه.

۳۹- فلاح، ا. ۱۳۸۲. بررسی تأثیر مصرف سیلیس بر روی رشد و عملکرد برنج. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. معاونت موسسه تحقیقات برنج مازندران. ۱۵ صفحه.

۴۰- فلاح، و.م. و سعادت، ن. ۱۳۷۴. بررسی تأثیر زمان مصرف پتاسیم بر روی ارقام برنج در مازندران. گزارش نهایی معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور. ۱۰ صفحه.

۴۱- فلاح، و.م. و سعادت، ن. ۱۳۷۶. مدیریت مصرف کود در شالیزار. انتشارات موسسه تحقیقات برنج کشور. شورای عالی سیاست گذاری کاهش مصرف سموم و استفاده بهینه از کودهای شیمیایی وزارت کشاورزی. ۲۰ صفحه.

۴۲- قاسمی لمراسکی، م. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر مصرف مقادیر کود سیلیس و فسفر بر روی عملکرد دانه، اجزای عملکرد و شدت بیماری بلاست برنج رقم طارم محلی در استان مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه آزاد قائمشهر.

۴۳- کاظمینی، س.ع. و غدیری، ح. ۱۳۸۱. بررسی مقایسه ای رشد و عملکرد دو رقم برنج تحت تاثیر نیتروژن و تراکم علف هرز سوروف. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. گیلان. صفحه ۲۸۶.

۴۴- کاووسی، م. و شگری واحد، ح. ۱۳۸۳. بررسی اثرات متقابل بین سطوح مختلف ازت و پتاسیم بر روی عملکرد برنج. گزارش نهایی معاونت موسسه تحقیقات برنج آمل. ۳۲ صفحه.

۴۵- کوچکی، ع. و خیابانی، ح. ۱۳۷۳. مبانی اکولوژی کشاورزی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۸ صفحه.

۴۶- گرامی، م. ۱۳۸۳. بررسی اثر سیلیس و ازت بر روی رشد و عملکرد برنج در شرایط گلدانی. پایان نامه دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. دانشکده علوم پایه (گروه زیست شناسی).

۴۷- گلچین، ا. و عزیز آبادی، ا. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر سیلیسیم و پتاسیم بر شاخص های رشد گلرنگ. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران. تبریز.

۴۸- گل محمدی، م.ج.؛ علیزاده، ح.؛ یعقوبی، ب. و نحوی، م. ۱۳۸۹. اثر رقابت گونه مهاجم سوروف (*Echinochloa oryzicola*) (Ard) Fisher در مزارع برنج گیلان. نشریه بوم شناسی کشاورزی. جلد ۲. شماره ۱. صفحات ۹۵ تا ۱۰۲.

۴۹- محقق، پ. ۱۳۸۸. اثر کاربرد سیلیسیم بر تحمل ژنوتیپ خیار در برابر پوسیدگی طوقه و ریشه ناشی از *Phytophthora melionis*. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک شناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵۰- محمد شریفی، م. ۱۳۸۰. راهنمای کاربردی علف‌های هرز مزارع برنج ایران. انتشارات معاونت ترویج وزارت جهاد کشاورزی. ۱۱۴ صفحه.

۵۱- ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۸. ضرورت مصرف بهینه کود بر روی افزایش عملکرد ارقام برنج پرمحصول (قسمت دوم). معاونت ترویج جهاد کشاورزی. ۱۴ صفحه.

۵۲- ملکوتی، م.ج. و افخمی، م. ۱۳۷۸. ضرورت جلوگیری از تخلیه پتاسیم خاکهای اراضی شالیزاری شمال کشور. نشر آموزش کشاورزی، معاونت وزارت جهاد کشاورزی کرج. نشریه فنی شماره ۶۲. ۳۵ صفحه.

۵۳- ملکوتی، م.ج. و طباطبایی، ج. ۱۳۷۵. نقش تغذیه مطلوب در کنترل آفات و بیماری‌ها. نشر آموزش کشاورزی کرج. شماره ۱۷. ۳۰ صفحه.

۵۴- ملکوتی، م. و طهرانی، م. ۱۳۷۸. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۲۹۳ صفحه.

۵۵- ملکوتی، م.ج. و کاووسی، م. ۱۳۸۳. تغذیه متعادل برنج. ستاد برنج وزارت جهاد کشاورزی. انتشارات سنا. ۶۱۱ صفحه.

۵۶- میرکمالی، ح. ۱۳۸۵. علفهای هرز مزارع برنج و روش مبارزه. معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی جهاد کشاورزی. ۲۵ صفحه.

۵۷- موسوی، م.ر. ۱۳۸۷. کنترل علف‌های هرز، اصول و روش‌ها (چاپ دوم). انتشارات مرز دانش. ۵۰۰ صفحه.



۵۸- میرآخوری، م.؛ پاک نژاد، ف.؛ ارکانی، م.ر.؛ مرادی، ف.؛ ناظری، پ. و نصری، م. ۱۳۸۹. اثر محلول پاشی متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا. نشریه بوم شناسی کشاورزی. جلد ۲. شماره ۲. صفحه ۲۳۶ تا ۲۴۴.

۵۹- میرنیا، خ. و محمدیان، م. ۱۳۸۴. برنج، اختلالات عناصر غذایی، مدیریت عناصر غذایی (ترجمه). انتشارات دانشگاه مازندران. ۴۳۶ صفحه.

۶۰- نورمحمدی، ق.؛ سیادت، ع. و کاشانی، ع. ۱۳۸۰. زراعت غلات (جلد اول). انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۴۴۶ صفحه.

۶۱- همیشگی، م. و بابا اکبری، م. ۱۳۸۷. تکنولوژی برنج (کاشت، داشت، برداشت). انتشارات سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی کشور. ۲۷۷ صفحه.

۶۲- یوسفنیا، ع. ۱۳۷۹. بررسی تنوع ژنتیکی ارقام بومی و اصلاح شده برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اردبیل.

63- Adtina, M.H. and Beasford, R.T. 1986. The effect of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. *Ann. Bot.*, 58:343-351.

64- Agarie, S., Agata, W. and Kaufman, P.B. 1998. Involvement of silicon in the senescence of rice leaves. *Plant Prod. Sci.* 1(2):104-105.

65- Agarie, S., Agata, W., Uchida, H., Kubota, F. and Kaufman, P.B. 1996. Function of silica bodies in the epidermal system of rice (*Oryza sativa* L.) testing the window hypothesis. *J. Exp. Bot.*, 47(299):655-660.

66- Agarie, S., Uchida, H., Agata, W., Kubota, F. and Kaufman, P.B. 1993. Effect of silicon on growth, dry matter production and photosynthesis in rice plant (*Oryza sativa* L.). *Crop product. and improve. technol.*, 34:225-234.

67- Ahmad, N. 1998. Foliar fertilization in Pakistan: Status, scope and constraints. *Proc. Symp. "Foliar Fertilization: A Technique to Improve Production and Decrease Pollution"*. 10-14 Dec. 1995 Cairo, Egypt, Publ. NRC. Cairo, 7-15.

- 68- Ahmad, R., Saeed, M., Ullah, E. and Mahmood, T. 1999. Effect of potassium on protein, oil and fatty acid contents in two autumn planted sunflower hybrids. *Inter. J. of Agric. and Bio.*, 1:325-327.
- 69- Ahmadi, A., Bazgir, E. and Mousavi, S.K. 2008. Sowing date and crop density effects on weed interference in chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Lorestan province. *Proceeding of the 2<sup>nd</sup> National Weed Sci. Congress. (Vol. 1: Weed Management and Herbicides)*. 29-30 Jan. Mashhad, 15-18.
- 70- Ahmed, M., Hassen, F., Qadeer, U. and Aqeel Aslam, M. 2011. Silicon application and drought tolerance mechanism of sorghum. *Afr. J. of Agric. Res.* 6(3):594-607.
- 71- Aldana, M.E., Agronomo, I., Panamericana, E.A. and Zamorano, E. 2008. Effect of phosphorus and potassium fertility on fruit quality and growth of Tabasco pepper in hydroponic culture. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. University of Louisiana State.
- 72- Ali, A., Salim, M., Zia, M.S., Mahmood, I.A. and Shahzad, A. 2005. Performance of rice as affected by foliar application of different K fertilizer sources. *J. Agri. Sci.*, 42: 38-41.
- 73- Arif, M., Chohan, M.A., Ali, S., Gul, R. and Khan, S. 2006. Response of wheat to foliar application of nutrients. *J. Agric. and bio. Sci.*, 4:30-34.
- 74- Arthanari, P.M., Gnanamoorthy, P. and Ramasamy, S. 2002. Effect of silicon at panicle initiation on the growth of rice (Var. ADT-36) plants at different growth stages. *Acta Agronomica Hungarica.*, 50(2):179-184.
- 75- Arthur, W. 1989. Relationships among silicon and heavy metal uptake by plants. *Soil Sci.*, 147:457-460.
- 76- Aruna Geetha, S. and Thiyarajan, T.M. 2003. Remobilization of nitrogen in rice genotypes. *Crop Res.*, 25(3):406-409.
- 77- Bahmaniar, M.A. and Ranjbar, G.A. 2007. Response of rice (*Oryza sativa* L.) cooking quality properties to nitrogen and potassium application. *Pak. J. of Bio. Sci.*, 10(11):1880-1884.
- 78- Balastra, M.L.F., Perez, C.M., Juliano, B.O. and Villeal, P. 1989. Effect of silica level on some 129pitting 129s *oryza sativa* straw and hull. *Can. J. of Bot.*, 67:2356-2363.
- 79- Baque, A., Karim, A., Hamid, A. and Tetsushi, H. 2006. Effect of fertilizer potassium on growth, yield and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum*) under water stress conditions. *South Pacific Studies.*, 27:25-35.
- 80- Barberi, P., Silvestri, N. and Bonari, E. 1997. Weed communities of winter wheat as influenced by input level and rotation. *Weed Res.*, 37:301-313.

- 81- Bergmann, W. 1992. Nutritional disorders of plants development: Visual and Analytical Diagnosis. Gustav Fisher Verlag Jena, Stuttgart, New York, 741 pp.
- 82- Bensch, C.N., Horak, M.J. and Peterson, D. 2003. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmeri*), and common waterhemp (*A. rudis*) in soybean. *Weed Sci.*, 51: 37–43.
- 83- Benvenuti, S., Macchia, M. and Miele, S. 2001. Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth. *Weed Sci.*, 49:528–535.
- 84- Bocharnikova, E.A. and Matichenkov, V. 2008. Using Si fertilizers for reducing irrigation water application rate. Silicon in Agriculture Conference, Wild Coast Sun, South Africa, 26-31 October.
- 85- Bowen, P.A., Menzies, J.G., Ethret, D.L., Samuels, L. and Glass, A.M.D. 1992. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves, *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 117:906–912.
- 86- 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.
- 87- Buck, G.B., Korndorfer, G.H., Nolla, A. and Coelho, L. 2008. Potassium silicate as foliar spray and rice blast control. *J. of plant nutr.*, 31(2):231-237.
- 88- Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of a biotic stresses in plants, *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168:521-530.
- 89- Chaoming, Z., Jianfei, L. and Liping, C.H. 1999. Yield effects on the application of silicon fertilizer in early hybrid rice. *J. article.* 2:79-80.
- 90- Chen, Y. 1990. Characteristics of Silicon uptaking and accumulation in rice. *J. Guizhou Agric. Sci.*, 6:37-40.
- 91- Cosens, R., Firbank, L.G., Mortimer, A.M. and Smith, R.S. 1998. Variability in the relationship between crop yield and weed density for winter wheat and *Bromus tertilis*. *J. of Apply Ecol.*, 25:1033-1044.
- 92- Datnoff, L.E., Deren, C.W. and Snyder, G.H. 1997. Silicon fertilization for disease management of rice Florida. *Crop Prod.*, 16(6): 525-531.
- 93- Datnoff, L.E., Raid, R.N., Snyder, G.H. and Jones, D.B. 1991. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. *Plant Dis.* 75: 729-732.
- 94- Datnoff, L.E., Snyder, G.H. and Korndorfer, G.H. 2001. Silicon in Agriculture. Studies in plant science. Amsterdam: Elsevier, 403 pp.

- 95 -Davis, A.S., Anderson, K.I., Hallett, S.G. and Renner, K.A. 2006. Weed seed mortality in soils with contrasting agricultural management histories. *Weed Sci.*, 54:291–297.
- 96- Davis, A.S., Cardina, J., Forcella, F., Johnson, G.A., Kegode, G., Lindquist, J.L., Luschei, E.C., Renner, K.A., Sprague, C.L. and Williams, M.M. 2005. Environmental factors affecting seed persistence of 13 annual weeds across the U.S. Corn Belt. *Weed Sci.*, 53:860–868.
- 97- Davis, A., Sweeney, A.E., Renner, K.A. and Laboski, C. 2008. Effect of Fertilizer Nitrogen on Weed Emergence and Growth. *Weed Sci.*, 56 :714–721.
- 98- DeDatta, S.K. and Mikkelsen, D.S. 1985. Potassium nutrition of rice. In: Munson, R.D., Sumner, M.E., Bishop, W.D. (eds.), *Potassium in agriculture*. American society of agronomy, CSSA, SSSA, adison, WI., 665–699.
- 99- Defolice, M. 2000. Critical period of weed interference in corn and proper timing of herbicide programs. Division of agriculture and natural resources, university of California. 9 pp.
- 100- Dela cruz, N.M. 1972. Standard test method and criteria of rice quality at the rice laboratory, IRRI. Philippines, 6: 62-73.
- 101- Deren, C.W. 1997. Changes in nitrogen and phosphorus concentrations of silicon-fertilized rice grown on organic soil. *J. Plant Nutr.* 20(6): 765-771.
- 102- Derksen, D.A., Thomas, A.G., Lafond, G.P., Loeppky, H.A. and Swanton, C.J. 1995. Impact of post-emergence herbicides on weed community diversity within conservation-tillage systems. *Weed Res.*, 35: 311–320.
- 103- Din, C., Mehdi, S.M., Sarfraz, M. and Sadiq, M. 2001. Comparative efficiency of foliar and soil application of K on salt tolerance in rice. *Pak. J. Biol. Sci.*, 4(7): 815-817.
- 104- DiTomaso, J.M. 1995. Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. *Weed Sci.*, 43: 491–497.
- 105- Dobermann, A. and Fairhurst, T. 1997. *Field Handbook. Nutritional disorders and nutrient management in rice*. International Rice Research Institute (IRRI). Potash and phosphate Institute of Canada (PPIC). 162 P.
- 106- Dobermann, A. and Fairhurst, T. 2000. *Rice: Nutrien disorders and nutrient management*. International Rice Research Institute (IRRI) Handbook Series. Los Banos, Philippines.
- 107- EL-Naggar, A.H. 2009. Response of *Dianthus caryophyllus* L. Plants to Foliar Nutrition. *World J. of Agric. Sci.*, 5(5): 622-630.

- 108- Elwad, S.H., Gascho, G.H. and Street, J.J. 1982. Response of sugarcane to silicate source and rate. 2. Leaf freckling and nutrient content. *Agron. J.* 74: 484-487.
- 109- Elwad, S.H. and Green, V.E. 1979. Silicon and the rice plant environment. A review of recent research. *Riso* 28: 235-253.
- 110- Epstein, E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. In: *Proceeding of the National/ Academy of Science USA.* 91:11-17.
- 111- Epstein, E. 1999. Silicon. *Annuals review plant physiology. Plant mol. biol.,* 50:641-664.
- 112- Epstein, E., Datonoff, L., korndorfer, G. and Synder, G. 2001. *Silicon in plants.* Elsevier Science.1-15.
- 113- Fallah, A. 2000. Effects of silicon and nitrogen on growth lodging and spikelet filling in rice (*Oryza sativa* L.). University of the 132plitting132s Los Banos (Thesis). 88-91.
- 114- Fallah, A. 2008. Studies effect of silicon on lodging parameters in rice plant under hydroponics culture in a greenhouse experiment. *Silicon in Agriculture Conference, Wild Coast Sun, South Africa,* 26-31 October.
- 115- 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. Scientist.* 87: 174-176.
- 116- FAO, (Food and agriculture organization of the United Nation). 2007. Available in: [WWW.World Wheat production](http://WWW.WorldWheatproduction.com), [World Maize production](http://WWW.WorldMaizeproduction.com), [World Rice production.com](http://WWW.WorldRiceproduction.com).
- 117- Fisk, J.W., Hesterman, O.B., Shrestha, A., Kells, J.J., Harwood, R.R., Squire, J.M. and Sheaffer, C.C. 2002. Weed suppression by annual legume cover crops in no tillage corn. *Agron. J.* 99: 319-325.
- 118- Galvez, L., Clark, R.B., Govmleg, L.M. and Maranvilla, W. 1987. Silicon interaction s with manganese and aluminium toxicity in sorghum. *J. Plant Nutr.,* 10:1139-1147.
- 119- Gao, X., Zou, C., Wang, L. and Zhang, F. 2004. Silicon improves water use efficiency in maize plants. *J. Plant Nutr.,* 27(8): 1457–1470.
- 120- Gibson, K.D., Fischer, A.J., Foin, T.C. and Hill, J.E. 2003. Crop traits related to weed suppression in water – seed rice (*Oryza sativa*). *Weed Science,* 51: 87-93.
- 121- Gillman, J.H., Zlesak, D.C. and Smith, J.A. 2003. Aplications of potassium silicate decrease black spot infection in Rosa 132plitt Meipelta (*Fuschia Meidland*). *Hort. Sci.* 38:1144-1147.
- 122- Gravois, K.A. and Helms, R.S. 1992. Analysis of rice yield and components as affected by seeding rate. *Agron. J.,* 2:263-273.

- 123- Guevel, M.H., Menzies, J.H. and Blanger, R.R. 2007. Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants . J. of Plant Pathol. V 119(4):429-436.
- 124- Haefele, S.M., Wopereis, M.C.S. and Wiechmann, H. 2002. Long term fertility experiment for irrigated rice in the West African Sahel. Field Crops Res. 78: 119-131.
- 125- Hartzler, R.G., Battles, B.A. and Nordby, D. 2004. Effect of common water hemp (*Amaranthus rudis*) emergence date on growth and fecundity in soybean. Weed Sci., 52: 242–245.
- 126- Hattori, T., Sonobe, K., Inanaga, S., Tsuji, A.P, Araki, H., Eneji, A.E. 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.
- 127- Hellou, G.C., Dibet, A., Nielsen, H.H., Crozat, Y., Gooding, M., Ambus, P., Dahlmann, C., Von Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M. and Jensen, E.S. 2011. The competitive ability of pea–barley intercrops against weeds and the interactions with crop productivity and soil N availability. Field Crops Res., 122: 264–272.
- 128- Heneriet, C., Draye, X., Oppitz, L., Swennen, R. and Delvaux, B. 2006. Effects, distribution and uptake of silicon in banana (*Musa spp.*) under controlled conditions. Plant Soil, 287: 359-374.
- 129- Hiscox, J.D. and Israelstam, G.F. 1978. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Can. J. Bot., 57: 1332-1334.
- 130- Hodson, M.J. and Evans, D.E. 1995. Aluminum/silicon interactions in higher plants. J. of Exp. Bot., 46:161-171.
- 131- Hussain, N., Khan, M.A. and Javed, M.A. 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.
- 132- Inanaga, S., Okasaka, A. and Tanaka, S. 1995. Does silicon exist in association with organic compounds in rice plant. Plant Nut., 41:111-117.
- 133- Islam, M.S., Haque, M.M., Khan, M.M., Hidaka, T. and Karim, M.A. 2004. Effect of fertilizer potassium on growth, yield, water relation of bushbean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water stress conditions. Jpn. J. Trop. Agr., 48:1-9.
- 134- James, H.C. and Yoshida, S. 1970. An assessment of the effect of silicate application on rice by as simulation method. Soil Sci. Plant Nutr., 16: 212-214.
- 135- Jones, J.B. 1967. Inter pretation of plant analysis for several agronomic crops. In soil testing and plant analysis. Soil Sci., 2:49-58.

- 136- Jones, L.H.P. and Handreck, K.A. 1967. Silica in soils and plants. *Adv. Agron.* 19: 107-149.
- 137- Jugdaohsingh, R. 2007. Silicon and bone health. *J. Nutr. Health Aging*, 11(2): 99–110.
- 138- Juma, K.A. 2006. Response of *Solanum retroflexum* Dun. To nitrogen, phosphorus and potassium in pots. *Crop Sci.* 1-163.
- 139- Kabba, B.S., Knight, J.D. and Van Rees, K.C.J. 2011. Modeling nitrogen uptake for hybrid poplar with and without weed competition. *Forest Ecology and Manag.*, 262:131–138.
- 140- Kalita, U., Ojha, N.J. and Talukdar, M.S. 1995. Effect of levels and time of potassium application on yield attributes of upland rice. *J. Potassium Res.*, 11:( 2):203-206.
- 141- Kamenidou, S., Cavins, T.J. and Marek, M. 2009. Evaluation of silicon as a nutritional supplement for greenhouse zinnia production. *Scientia Hort.*, 119:297–301.
- 142- Kato, N. and Owa, N. 1990. Dissolution mechanism of silicate slag fertilizers in paddy soils. XIV. Int. Cong. Soil Sci., 4: 609-610.
- 143- Kaya, C., Tuna, L. and Higgs, L. 2006. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize growth under water-stress conditions. *J. Plant Nutr.*, 29:1469-1480.
- 144- Kemmler, G. 1970. Potash fertilization of rice in Japan. *Fert. News.* 15(2):57-63.
- 145- Kenzevic, S.Z. and Horak, M.J. 1998. Interference of emergence time and density on redroot pigweed (*Amaranthos retroflexus*). *Weed Sci.*, 46:665-672.
- 146- Kettenring, K.M. and Galatowwitsch, S.M. 2007. Temperature requirements for dormancy break and seed germination vary greatly among 14 wetland *Carex* species. *Aquat. Bot.*, 87:209-220.
- 147- Khalili, S. 2008. The effect of nitrogen, water stress at different grow stage and foliar application of urea on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). Thesis submitted for the degree of M.Sc. Faculty of Agricultural Scienc, University of Zanjan.
- 148- Kim, C.B. and Choi, J. 2002. Changes in rice yield, nutrient's use efficiency and soil chemical properties as affected by annual application of slag silicate fertilizer. *Korean J. Soil Sci. Fertil.*, 35(5):280-289.
- 149- Krauss, A. 2003. Crop insurance against stress with adequate potash. International Potash Institute. POB 1609, CH-4001 Basel, Switzerland.
- 150- Kupfer, C. and Kahnt, G. 1992. Effects of application of amorphous silica on transpiration and photosynthesis of soybean plants under varied soil and relative air humidity conditions. *J. Agron. Crop Sci.*, 168(5):318–325.

- 151- Li, Z., Sugaya, S., Gemma, H. and Lwahori, S. 2003. The effect of calcium, nitrogen and phosphorus on anthocyanin synthesis in Fuji apple callus. *Acta Hort.*, 653:209-214.
- 152- Liang, Y.C. 1999. Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. *Plant Physiol.* 29:217-224.
- 153- Liang, Y.C., Chen, Q., Liu, Q., Zhang, W.H. 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.
- 154- Liang, Y.C., Shen, Q.R., Shen, Z.G. and Ma, T.S. 1996. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. *J. Plant Nutri.*, 19:173-183.
- 155- Liang, J.S., Zhang, J.H. and Cao, X.Z. 2001. Grain sink strength may be related to the poor grain filling of indica Japonica rice hybrids. *Physiologia plantarum.* 112:470-477.
- 156- Liang, Y.C., Wong, J.W.C. and Wei, L. 2005. Silicon-mediated enhancement of cadmium tolerance in maize (*Zea mays* L.) grown in cadmium contaminated soil. *Chemosphere.* 58: 475-483.
- 157- Lux, A., Luxova, M., Hattori, T., Inanaga, S. and Sugimoto, Y. 2002. Silicification in sorghum (*Sorghum bicolor*) cultivars with different drought tolerance. *Physiol. Plant.* 115:87-92.
- 158- Ma, J., Nishimura, K. and Takahashi, E. 1989. Effect of silicon on the growth of rice plant at different growth stages. *Soil Sci. and Plant Nutr.*, 35:347-356.
- 159- Ma, J.F., and Takahashi, E. 1990. Effects of silicic acid on phosphorus uptake by rice plant. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 35:227-234.
- 160- Ma, J.F. and Takahashi, E. 2002. *Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan*, Elsevier science, Amsterdam. PP. 296.
- 161- Ma, J.F. and Yamaji, N. 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Research Institute for Bioresources, Okayama University, Japan.* Pp. 393-397.
- 162- Maksimovic, D., Ragisic, J.D., Bogdanovic, J., Maksimovic, V. and Nikolic, M. 2007. Silicon modulates the metabolism and utilization of phenolic compounds in cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown at excess manganese. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 170: 739-744.
- 163- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. Limited, London. Second edition. PP. 674.
- 164- Massinga, R.A., Currie, R.S., Horak, M.J. and Boyer, J. 2001. Interference of Palmer amaranth in corn. *Weed Sci.*, 46:202-208.
- 165- Matichenkov, V. and Kosobrukhov, A. 2004. Si effect on the plant resistance to salt toxicity. 13<sup>th</sup> International Soil Conservation Organization Conference-Brisbane.



- 166- Matoh, T., Kairusmee, P. and Takahashi, E. 1986. Salt-induced damage to rice plants and alleviation effect of silicate. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 32:295-304.
- 167- Mauod, M., Cruscio, C.A.C., Grassi Filho, L.H. and Correa, J.C. 2003. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. *Scientia Agricola*. 60:761-765.
- 168- Matsuo, T., Kumazawa, K., Ishihara, R. and Hirata, H. 1995. Science of the rice plant. Vol. 2. Physiology. Food and Agriculture Policy Research Center, Tokyo, Japan.
- 169- Mengel, K. and Forester, H. 2002. The effect of potassium on translocation of photosynthates and yield pattern of potato plants. *J. Sci. Food Agric.*, 24:1479- 1487.
- 170- Menzies, J.G., Bowen, P.A., Ethret, D.L. and Glass, A.M.D. 1992. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 117:902-905.
- 171- Mickelson, J.A. and Grey, W.E. 2006. Effect of soil water content on wild oat (*Avena fatua*) seed mortality and seedling emergence. *Weed Sci*. 54:255-262.
- 172- Miller, B.C., Hill, J.E. and Roberts, S.R. 1991. Plant population effects on growth and in water seedbed rice. *Agron. J.*, 83:291-297.
- 173- Mishra, G.N. 2000. Crop-weed competition under varying densities of jungle rice in upland rice. *Ind. J. of Agric. Sci.*, 70(4):215-217.
- 174- Miyake, Y. and Takahashi, E. 1985. Effect of silicon on the growth of soybean plants in a solution culture. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 31:625-636.
- 175- Mobasser, H.R., Ghanbari-Malidareh, A. and Sedghi, A.H. 2008. Effect of silicon application to nitrogen rate and 136plitting on agronomical characteristics of rice. Silicon in Agriculture Conference, Wild Coast Sun, South Africa, 26-31 October.
- 176- Mohiti, M. 2008. Comparative efficiency of foliar and soil application of K on yield and yield components of rice plant in salt stress. Faculty of Agric. Sci, Islamic Azad University Karaj Branch.
- 177- Mousavi, S.K., Pezeshkpour, P. and Shahverdi, M. 2007. Weed population response to Chickpea (*Cicer arietinum* L.) variety, and planting date. *J. Sci. and Technol. Agric. and Natur. Resour.*, 40(A):167-177.
- 178- Murillo-Amador, B., Jones, H.G., Kayac, C. and Aguilar, R.L. 2006. Effects of foliar application of calcium nitrate on growth and physiological attributes of cowpea (*Vigna unguiculata*) grown under salt stress. *Environ. and Exp. Bot.*, 58:188-196.
- 179- Neumann, D. and Zur Nieden, U. 2001. Silicon and heavy metal tolerance of higher plants. *Phytochemistry*. 56: 685-692.

- 180 - Okuda, A. and Takahashi, E. 1962. Studies on the physiological role of silicon in crop plant. Part 6. Effect of silicon supply on the iron uptake by rice plant from ferrous sulphate solution and the oxidation power of the root. *Soil Sci. Manure.*, 33:59-64.
- 181- Okuda, A. and Takahashi, E. 1965. The role of silicon in the mineral nutrition of plant. John the rice Hopkins press. Baltimore. Md. PP: 126-146.
- 182- Osuna Canizales, F.J., Dedatta, S.K. and Bonman, J.M. 1991. Nitrogen form and silicon nutrition effects on resistance to blast disease of rice. *Plant Soil.*, 135:223-231.
- 183- Ou, S.H. 1985. Rice diseases. Common wealth mycological institute. Food Fertilization Technology Center, Taipei, Taiwan. PP. 221.
- 184- Pandley, A.K. and Yadav, R.S. 1999. Effect of antitranspirants on physiological traits and yield of wheat under water deficit conditions. *Ind. J. Agric. Res.*, 33(3): 159–164.
- 185- Pervez, H., Makhdum, M.I., Ashraf, M. and UD-DIN, Sh. 2006. Influence of potassium nutrition on leaf area index in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under an arid environment. *Pak. J. Bot.*, 38(4):1085-1092.
- 186- Pettigrew, W.T. 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiol. Plant.*, 133: 670–681.
- 187- Prakash, N.P., Narayanaswamy, C. and Hanumantharaju, T.H. 2010. Effect of calcium silicate as a silicon source on growth and yield of rice in different acid soils of Karnataka, southern India. *Int. Rice Res. Notes.*, PP:414-418.
- 188- Rashed Mohasel, M.H. and Mosavi, K. 2006. Principle of weed management. (Translated in Persian). Mashhad Ferdosi University Publication.
- 189- Raven, J.A. 1983. Transport and function of silicon in plants. *Biological Review.* 58:179-207.
- 190- Ravindranath, N. N.V.S., Satyanarayana, N.V., Prasad, P. and Madhava Rao, K.V. 1985 .Foliar application of potassium on the growth and yield components of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). *Plant Sci.*, 94:671-676.
- 191- Rezende, D.C., Rodrigues, F.A., Carre-Missio, V., Schurt, D.A., Kawamura, I.K. and Korndorfer, G.H. 2009. Effect of root and foliar applications of silicon on brown spot development in rice. *Aust. Plant Pathol.*, 38(1) 67–73.
- 192- Richmond, K.E. and Sussman, A. 2003. Got silicon? The non-essential beneficial plant nutrient. *Current Opinion in Plant Biol.* 6:268–272.
- 193- Rodrigues, F.A., McNally, D.J., Datnoff, L.E., Jones, J.B., Labbe, C., Benhamou, N., Menzies, J.G. and Belanger, R.R. 2004. Silicon enhances the accumulation of diterpenoid phytoalexins in rice: A potential mechanism for blast resistance. *Phytopathology.* 94:177-183.

- 194- Rogalla, H. and Romheld, V. 2002. Role of leaf apoplast in silicon-mediated manganese tolerance of *Cucumis sativus* L. *Plant. Cell and Environ.*, 25: 549-555.
- 195- Sadana, A.K. and Varghese, E.J. 1968. Studies on the silicate nutrition of rice in the laterite soil of Kerala. 1. Effect on growth and yield. *Madras Agric. J. PP.*, 261-264.
- 196- Sanjuan, N., Clemente, G. and Ubeda, L. 2003. Environmental effect of fertilizers. In: Dris, R., Niskanen, R. & Jain, M.S. (eds.). *Crop management and post-harvest handling of horticultural products: crop fertilization, nutrition and growth*. Enfield, USA: Science Publishers, Inc: 1-53.
- 197- Sarmadnia, G. and Koocheki, A. 2002. Effect of population density of *Echinochloa crusgalli* and *Echinochloa colonum*. *Pak. J. of Agr.*, 2(3):120-125.
- 198- Savant, N.K. and Korndorfer, G.H. 1999. Silicon nutrition and sugarcane production: A review. *Plant Nutr.*, 22: 1853-1903.
- 199- Savant, N.K., Snyder, G.H. and Datnoff, L. 1998. Silicon management and sustainable rice production. Department of Soil-Water Science and Plant Physiology. University of Florida.
- 200- Shi, X.H., Zhang, C.C., Wang, H. and Zhang, F.S. 2005. Effect of Si on the distribution of Cd in rice seedlings. *Plant soil*. 272: 53-60.
- 201- Shimoyama, S. 1958. Effects of silicic acid on the lodging tolerance and the alleviation of wind damage to rice plants in the growth stage toward heading. In: Okuda, A. (ed.), *studies on the advancement of yield potentials of crop plants with the adoption of silicic acid inputs*. Rept. Res. By Min. Educ. 48:57-59.
- 202- Singh, S. and Jain, M.C. 2000. Growth and yield response of traditional tall and improved semi-tall rice cultivars to moderate and high nitrogen, phosphorus levels. *Ind. J. of Plant Physiol.*, 5:38-46.
- 203- Singh, K., Singh, R., Singh, J.P., Singh, Y. and Singh, K.K. 2006. Effect of level and time of silicon application on growth, yield and its uptake by rice (*Oryza sativa*). *Ind. J. Agric. Sci.*, 76(7):410-413.
- 204- Sivakumar, V. and Ponnusami, V. 2011. Influence of spacing and organics on plant nutrient uptake of black nightshade (*Solanum nigrum*). *J. of Hort. and Forestry*. 3(11):333-335.
- 205- Snyder, G.H., Jones, D.B. and Gascho, G.J. 1986. Silicon fertilization of rice on Everglades histosols. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50:1259-1263.
- 206- Stevenson, F.C., Legere, A., Simard, R.R., Angers, D.A., Pageau, D. and Lafond, J. 1997. Weed species diversity in spring barley varies with crop rotation and tillage, but not with nutrient source. *Weed Sci.*, 45: 798-806.

- 207- Su, N.R. 1976. Potassium fertilizer of rice. pp: 117-148. In the fertility of paddy soils and fertilizers application for rice. ASTAC. Food and fertilizer technology center Taipei, Taiwan. Cited by potassium nutrition of rice.
- 208- Suzuki, T., Shiraiwa, T. and Horie, T. 2002. Competitiveness of four rice cultivars against Barnyardgrass, *Echinochloa oryzicola* vasing, with reference to root and shoot competition. Plant Pro. Sci., 5(1): 77-82.
- 209- Sultana, N., Ikeda, T. and Kashem, M.A. 2001. Effect of foliar spray of nutrient solutions on photosynthesis, dry matter accumulation and yield in seawater-stressed. Environ. Exp. Bot., 46:129-140.
- 210- Tahir, M.A., Ullah, R., Aziz, T., Ashraf, M., Kanwal, Sh. And Maqsood, M.A. 2006. Beneficial effect of silicon in wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. Pak. J. Bot., 38(5): 1715-1722.
- 211- Takahashi, E. and Miyak, Y. 1977. Silica and plant growth. Proc. Int. Semin. Soil Environ. Fert. Manage Agric., 603-611.
- 212- Takur, R.B. 1992. Potassium fertilization in transplanted rice. J. Potassium Res., 8:(2):158-161.
- 213- Tamado, T. and Milberg, P. 2000. Weed flora in arable fields of eastern Ethiopia with emphasis on the occurrence of (*parthenium hysterophorus*). Weed Res., 40: 507-521.
- 214- Tariq, M. and Shah, M. 2002. Response of wheat to applied soil potassium. Asian J. of Plant Sci. 1(4): 470-471.
- 215- Tewari, A.N., Tiwari, S.N., Rathi, J.P.S., Verama, R.N. and Tripathi, A.K. 2001. Crop-weed competition studies in chickpea having *Asphodelus tenuifolius*-dominated weed community under rainfed condition. Ind. J. Weed Sci., 33:198-199.
- 216- Tofighi, H. 1999. Study of rice response of potassium fertilizer in north paddy soil. Iran Agric. Sci. J., 29(4):882-869.
- 217- Ullah, E., Rehman, A.U., Arshad, Q. and Shamsaad Hussain Shah, S. 2009. Yield response of fine rice to NP fertilizer and weed management practice. Pak. J. Bot., 41(3):1351-1357.
- 218- Vandervorm, P.D.J. 1980. Uptake of Si by five plant species, as influenced by variations in sci-supply. Plant Soil. 56: 153-156.
- 219- VanDevender, K.W., Costello, T.A., Smith, R.J., 1997. Model of rice (*Oryza sativa*) yield reduction as a function of weed interference. Weed Sci., 45:218-224.
- 220- Vlamis, J. and Williams, D.E. 1967. Manganese and silicon interaction in the gramineae. Plant and soil, 27:131-140.

- 221- Von Uexkull, H.R. 1978. Potash and rice production in Asia. Potash Review. Subj 9, cereal crops, 41<sup>st</sup> suite., 8:1-6.
- 222- Wahing, I., Van, W., Houba, V.J.G. and Vanderlee, J.J. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. part 7, plant analysis procedure. wageningen agriculture university.
- 223- Yang, X.F., Bie, Z.L. and Xu, J.L. 2007. Effect of potassium supply on the growth, photosynthetic characteristics and quality of lettuce. ISHS. Acta Hort.
- 224- Yoshida, S. 1975. The physiology of silicon in rice. Food fert. Tech. center, Taipei. Taiwan. No. 25.
- 225- Yoshida, S. 1981. Fundamentals of crop science. International Rice Research Institute (IRRI). PP:293.
- 226- Yoshida, S., Forno, D.A., Cock, J.H. and Gomez, K.A. 1976. Laboratory manual for physiological studies of rice. 3<sup>rd</sup> ed. Int. Rice Res. Inst, Los Banos, Laguna, Philippines.
- 227- Yoshida, S., Navasero, S. and Ramirez, E.A. 1969. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characters of the rice plant. Plant Soil. 31: 48-56.
- 228- Yoshida, S., Navasero, S. and Ramirez, E.A. 1989. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characters of the rice plant , plant and soil. 31:46-48.
- 229- Yousefi, A.R., Mohamad Alizadeh, H., Rahimian, H. and Jahansooz. M.R. 2007. Investigation on single and integrated application of different herbicides on chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield and its components in entezari sowing date. J. Agric. Sci., 8:73-84.
- 230- Zeng, L., Scott, M.L. and Grive, C.M. 2002. Rice growth and yield respond to changes in water depth and salinity stress. Agric. Water manage., 48:191-206.
- 231- Zhang, L., Xie, C., Li, W. and Yang, G., 2008. Effects of Nitrogen and potassium on Starch Content and Activities of Starch Synthase in Grains of Hybrid Rice B You 827. Zhongguo Shuidao Kexue., 22(5):551-554.
- 232- Zimdahl, R.L. 1995. Weed science in sustainable agriculture. Amer. J. Alternative Agric., 10:138-142.

پیوست

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات وزن خشک برگ تحت تأثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در نمونه برداری های مختلف

میانگین مربعات وزن خشک برگ					
منابع تغییر	درجه آزادی	۶۶	۷۳	۸۰	۹۰ روز پس از نشاکاری
تکرار	۲	۲۹/۱۸	۲۱۴۵/۳۹	۹۲۴/۱۰	۲۷/۵۰
سیلیکات پتاسیم	۴	۳۸۶/۱۳ *	۱۳۹۹/۷۲	۲۲۱۹/۹۲ **	۱۵۷۹/۰۶ **
علف هرز	۱	۷۴۴/۷۰ *	۲/۲۰	۵۸/۲۹	۹/۵۲
سیلیکات پتاسیم × علف هرز	۴	۱۱۸۱/۸۰ **	۲۸۶/۶۷	۷۶۴/۳۳ *	۳/۵۰
خطا	۱۸	۹۴/۷۷	۵۷۳/۹۱	۲۱۵/۲۲	۵۵/۸۲
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۹۶	۱۱/۲۷	۷/۱۸	۳/۹۱

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

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ (گرم در متر مربع) تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در نمونه برداری های مختلف

وزن خشک برگ (گرم در متر مربع)				
تیمارها	۶۶	۷۳	۸۰	۹۰ روز پس از نشاکاری
سیلیکات پتاسیم				
غلظت (گرم در لیتر)	زمان محلول پاشی			
صفر	صفر	۲۳۳/۷۹ a	۲۱۱/۹۱ a	۲۱۲/۳۲ a
۲/۵	پنجه زنی	۲۰۷/۵۸ ab	۲۰۸/۹۹ a	۱۹۱/۳۵ b
	ظهور خوشه	۱۹۷/۵۶ b	۱۷۰/۱۶ b	۱۶۶/۵۸ c
۵	پنجه زنی	۲۲۲/۶۱ ab	۲۱۲/۶۰ a	۱۹۱/۷۹ b
	ظهور خوشه	۲۵۳/۵۴ a	۲۰۱/۰۹ b	۱۹۲/۰۸ b
	LSD 5%	۱۱/۸۰	۲۹/۰۵	۹/۰۶
علف هرز	وجین	۲۴۰/۴۲ b	۲۱۲/۷۹	۱۹۰/۲۶
	عدم وجین	۲۵۰/۴۰ a	۲۱۲/۲۵	۱۹۱/۳۹
	LSD 5%	۷/۴۶	۱۸/۳۷	۵/۷۳

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات وزن خشک ساقه تحت تأثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز در نمونه برداری های مختلف

میانگین مربعات وزن خشک ساقه					
منابع تغییر	درجه آزادی	۶۶	۷۳	۸۰	۹۰ روز پس از نشاکاری
تکرار	۲	۱۱۵۳/۳۷	۲۲۰۸/۸۶	۲۸۱۷/۷۷	۳۱۷/۷۸
سیلیکات پتاسیم	۴	۳۹۴۲/۵۸ *	۱۳۶۰/۵۹	۲۵۳۵/۷۹ *	۷۸۲/۱۹ **
علف هرز	۱	۱۲۴۰۰/۴۸ **	۸۹۹۰/۱۲ *	۱۵۹/۵۲	۶۲۴/۵۳ *
سیلیکات پتاسیم × علف هرز	۴	۴۶۳۳/۰۹ *	۴۳۰۶/۵۹	۳۲۰۷/۶۸ **	۷۱۰/۶۴ **
خطا	۱۸	۱۱۳۱/۵۴	۱۵۶۸/۲	۶۰۳/۲۹	۹۳/۱۹
ضریب تغییرات(درصد)		۷/۳۴	۱۲/۵۵	۷/۶۴	۳/۱۴

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

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز در نمونه برداری های مختلف

وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع)				
تیماها	۶۶	۷۳	۸۰	۹۰ روز پس از نشاکاری
سیلیکات پتاسیم				
غلظت (گرم در لیتر)	زمان محلول پاشی			
صفر	صفر	۴۲۸/۵۳ c	۳۲۴/۷۸	۳۲۱/۴۵ a
۲/۵	پنجه زنی	۴۴۷/۶۳ bc	۲۹۷/۶۹	۳۰۵/۲۹ b
	ظهور خوشه	۴۴۵/۰۴ bc	۳۰۲/۹۹	۲۹۱/۷۰ c
۵	پنجه زنی	۴۷۸/۰۸ ab	۳۱۷/۹۵	۳۰۳/۴۹ b
	ظهور خوشه	۴۹۰/۸۸ a	۳۳۳/۹۸	۳۱۴/۹۹ ab
LSD 5%				
علف هرز	وچین	۴۳۷/۷۰ b	۳۳۲/۷۹ a	۳۱۱/۹۵ a
	عدم وچین	۴۷۸/۳۶ a	۲۹۸/۱۷ b	۳۰۲/۸۲ b
LSD 5%				
		۲۵/۸۰	۲۰/۳۸	۷/۴۰



جدول پیوست ۵- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع) تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز در نمونه برداری های مختلف

وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع)				ترکیب تیماری	
۹۰ روز پس از نشاکاری	۸۰	۷۳	۶۶	علف هرز	سیلیکات پتاسیم
۳۲۴/۳۷	۲۹۶/۵۵	۳۴۹/۸۷	۴۱۰/۱۵	وچین	عدم مصرف
۳۱۸/۵۳	۳۴۷/۴۸	۲۹۹/۶۷	۴۴۶/۹	عدم وچین	
۳۱۹/۰۹	۲۸۷/۹۳	۲۸۷/۲۸	۴۲۲/۱۲	وچین	۲/۵ گرم در لیتر در پنجه زنی
۲۹۱/۵۰	۳۴۲/۴	۳۰۸/۱۰	۴۷۳/۱۴	عدم وچین	
۳۰۸/۷۵	۳۱۶/۰۱	۳۳۷/۹۱	۴۰۹/۹۵	وچین	۲/۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه
۲۷۴/۶۵	۲۸۳/۳۳	۲۶۸/۰۶	۴۸۰/۱۲	عدم وچین	
۲۹۴/۲۵	۳۱۷/۱۱	۳۰۷/۰۱	۵۰۳/۳۳	وچین	۵ گرم در لیتر در پنجه زنی
۳۱۲/۷۳	۳۱۲/۲۶	۳۲۸/۸۸	۴۵۲/۸۲	عدم وچین	
۳۱۳/۲۸	۳۷۷/۴۸	۳۸۱/۸۵	۴۴۲/۹۳	وچین	۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه
۳۱۶/۷۱	۳۳۲/۶۷	۲۸۶/۱۰	۵۲۸/۸۱	عدم وچین	
۲۱/۸۸	۵۵/۶۸	۸۹/۷۷	۷۶/۲۶	LSD 5%	

جدول پیوست ۶- میانگین مربعات وزن خشک خوشه تحت تاثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در نمونه برداری های مختلف

میانگین مربعات وزن خشک خوشه					
منابع تغییر	درجه آزادی	۶۶	۷۳	۸۰	۹۰ روز پس از نشاکاری
تکرار	۲	۵۳/۱۸	۲۳۹۹/۵۲	۹۳۶۴/۵۱	۱۹۳۵/۸۱
سیلیکات پتاسیم	۴	۳۳۴۵/۵۹ **	۹۵۷۸/۶۴ *	۱۲۳۵۰/۰۶ *	۷۷۹۸/۵۵ *
علف هرز	۱	۴۵۴۰۰/۹۶ **	۷۳۲/۶۰	۲۵۵۴/۳۱	۳۲۴۹۴/۰۱ **
سیلیکات پتاسیم × علف هرز	۴	۲۰۳۵/۸۳ **	۱۴۶۲۲/۸۲ **	۴۷۱۱/۸۳	۹۹۲۶/۶۴ **
خطا	۱۸	۴۰۷/۶۱	۲۳۸۸/۹۴	۳۸۳۰/۷۷	۱۸۲۵/۵۳
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۴۶	۹/۰۷	۹/۱۸	۵/۱۶

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

جدول پیوست ۷- مقایسه میانگین وزن خشک خوشه (گرم در متر مربع) تحت تاثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در نمونه برداری های مختلف

وزن خشک خوشه (گرم در متر مربع)				
تیمارها	۶۶	۷۳	۸۰	۹۰ روز پس از نشاکاری
سیلیکات پتاسیم				
غلظت (گرم در لیتر)	زمان محلول پاشی			
صفر	صفر	۳۱۶/۸۵ b	۵۵۷/۴۸ ab	۷۱۳/۹۷ a
۲/۵	پنجه زنی	۳۱۱/۹۰ b	۵۳۱/۵۷ bc	۶۲۸/۸۸ b
	ظهور خوشه	۳۴۶/۰۹ a	۵۹۶/۰۶ a	۶۳۲/۹۸ b
۵	پنجه زنی	۲۸۰/۴۵ c	۵۱۷/۳۵ bc	۶۷۴/۱۳ ab
	ظهور خوشه	۳۰۴/۹۵ b	۴۹۱/۴۱ c	۷۲۳/۴۲ a
	LSD 5%	۲۴/۴۸	۵۹/۲۸	۷۵/۰۷
علف هرز	وجین	۲۷۳/۱۴ b	۵۳۳/۸۳	۶۶۴/۴۵
	عدم وجین	۳۵۰/۹۵ a	۵۴۳/۷۲	۶۸۲/۹۰
	LSD 5%	۱۵/۴۸	۳۷/۴۹	۴۷/۴۸

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین وزن خشک خوشه (گرم در متر مربع) تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در نمونه برداری های مختلف

وزن خشک خوشه (گرم در متر مربع)				ترکیب تیماری	
۹۰ روز پس از نشاکاری	۸۰	۷۳	۶۶	علف هرز	سیلیکات پتاسیم
۹۰۸/۷۷	۶۸۵/۹۶	۵۵۵/۶۵	۲۷۸/۹۵	وجین	عدم مصرف
۷۲۸/۲۵	۷۴۱/۹۶	۵۵۹/۳	۳۵۴/۷۵	عدم وجین	
۸۲۰/۶۶	۶۰۴/۲۳	۴۶۲/۸۳	۲۷۵/۱۵	وجین	۲/۵ گرم در لیتر در پنجه زنی
۷۵۰/۱۵	۶۴۳/۵۳	۶۰۰/۳	۳۴۸/۶۵	عدم وجین	
۹۳۳/۸۳	۶۱۲/۵۱	۵۸۲/۳۵	۲۸۵/۱۲	وجین	۲/۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه
۸۳۳	۶۵۳/۴۵	۶۰۹/۷۷	۴۰۷/۰۴	عدم وجین	
۸۳۰/۵۰	۶۵۵/۶۵	۵۰۷/۲۵	۲۶۹/۵۲	وجین	۵ گرم در لیتر در پنجه زنی
۸۳۳/۳۷	۶۹۲/۶۰	۵۲۷/۴۵	۲۹۱/۳۷	عدم وجین	
۸۰۳/۲۲	۷۶۳/۸۷	۵۶۱/۰۷	۲۵۶/۹۷	وجین	۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه
۸۲۳/۱۱	۶۸۲/۹۶	۴۲۱/۷۵	۳۵۲/۹۲	عدم وجین	
۹۶/۸۶	۱۴۰/۳	۱۱۰/۸	۴۵/۷۷		LSD 5%

جدول پیوست ۹- میانگین مربعات شاخص سطح برگ تحت تاثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز

میانگین مربعات شاخص سطح برگ					
منابع تغییر	درجه آزادی	۶۶	۷۳	۸۰	۹۰ روز پس از نشاکاری
تکرار	۲	۰/۰۰۳	۰/۱۹	۰/۷۱	۰
سیلیکات پتاسیم	۴	۰/۲۴۷	۰/۹۶ **	۳/۲۷ **	۰/۰۰۰۰۷
علف هرز	۱	۰/۳۲۲	۰/۶۰ **	۲/۹۰ **	۰/۰۰۰۰۷
سیلیکات پتاسیم × علف هرز	۴	۰/۹۷۵ *	۰/۵۹ **	۱/۱۴ *	۰/۰۰۰۱۵ *
خطا	۱۸	۰/۲۷	۰/۳۴	۰/۲۶	۰/۰۰۰۰۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۳۵	۱۱/۸۷	۱۵/۰۵	۱۶/۴۲

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

جدول پیوست ۱۰- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز در نمونه برداری های مختلف

شاخص سطح برگ				
تیمارها	۶۶	۷۳	۸۰	۹۰ روز پس از نشاکاری
سیلیکات پتاسیم				
غلظت (گرم در لیتر)	زمان محلول پاشی			
صفر	۳/۵۵	۵/۸۵ a	۲/۴۷ c	۰/۰۰۱
۲/۵	۳/۷۸	۴/۸۵ b	۳/۴۰ b	۰/۰۰۴
ظهور خوشه	۳/۵۸	۴/۳۸ b	۴/۴۹ a	۰
۵	۳/۴۸	۴/۵۵ b	۳/۱۳ b	۰/۰۰۶
ظهور خوشه	۳/۹۸	۴/۹۸ b	۳/۶۶ b	۰/۰۰۹
LSD 5%	۰/۶۴	۰/۷	۰/۶۲	۰/۰۰۸
علف هرز	۳/۵۷	۵/۲۱ a	۳/۷۴ a	۰/۰۰۵
عدم وچین	۳/۷۸	۴/۶۳ b	۳/۱۲ b	۰/۰۰۲
LSD 5%	۰/۴۰	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۰۰۵

جدول پیوست ۱۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز در نمونه برداری های مختلف

شاخص سطح برگ				ترکیب تیماری	
۹۰ روز پس از نشاکاری	۸۰	۷۳	۶۶	علف هرز	سیلیکات پتاسیم
۰	۲/۷۳	۶/۴۸	۳/۶۷	وچین	عدم مصرف
۰/۰۰۳۷	۲/۲۱	۵/۲۲	۳/۴۴	عدم وچین	
۰/۰۰۸۷	۳/۳۲	۶/۳۹	۳/۳۱	وچین	۲/۵ گرم در لیتر در پنجه زنی
۰	۳/۴۸	۳/۳۱	۴/۲۶	عدم وچین	
۰	۵/۱۶	۳/۴۱	۳/۲۹	وچین	۲/۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه
۰	۳/۸۱	۵/۳۵	۳/۸۸	عدم وچین	
۰/۰۰۲۵	۳	۳/۹۵	۳/۹۸	وچین	۵ گرم در لیتر در پنجه زنی
۰/۰۰۹۸	۳/۲۷	۵/۱۵	۲/۹۸	عدم وچین	
۰/۰۱۸	۴/۵۰	۵/۸۵	۳/۶۲	وچین	۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه
۰	۲/۸۲	۴/۱۱	۴/۳۴	عدم وچین	
۰/۰۱	۱/۱۵	۱/۳۲	۱/۱۷		LSD 5%

جدول پیوست ۱۲- میانگین مربعات ارتفاع بوته، تعداد پنجه و قطر میانگره پایین و بالا تحت تاثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	ارتفاع بوته	تعداد پنجه در کپه	تعداد پنجه در کپه	تعداد پنجه در کپه
		۶۶	۸۰	۶۶	۸۰	۸۰ روز پس از نشاکاری
قطر میان	قطر میان	قطر میان	قطر میان	قطر میان	قطر میان	قطر میان
گره بالا	گره پایین	گره بالا	گره پایین	گره بالا	گره پایین	گره بالا
تکرار	۲	۰/۷۸	۶/۱۷	۰/۲۷	۱/۶۱	۰/۰۰۰۰۶
سیلیکات پتاسیم	۴	۲۳/۱۲ **	۱۴/۰۹	۱۰/۴۸ **	۱۵/۷۸ **	۰/۰۰۰۹۲ **
علف هرز	۱	۲/۰۲	۴	۱/۳۲	۱/۸۷	۰/۰۰۰۰۱
سیلیکات پتاسیم × علف هرز	۴	۰/۲۱	۴/۹۷	۰/۲۹	۰/۴۶	۰/۰۰۰۰۲ *
خطا	۱۸	۰/۸۳	۶/۵۷	۱/۸۱	۱/۴۸	۰/۰۰۰۰۵
ضریب تغییرات (درصد)	۰/۶۷	۲	۹/۷۰	۸/۶۷	۲/۶۱	۳/۴۳

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

جدول پیوست ۱۳- مقایسه میانگین ارتفاع بوته، تعداد پنجه و قطر میانگره پایین و بالا تحت تاثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

تیماها	ارتفاع بوته	ارتفاع بوته	قطر میان گره پایین	قطر میان گره بالا
	(سانتی متر)	(سانتی متر)	(سانتی متر)	(سانتی متر)
	۶۶	۸۰ روز پس از نشاکاری		
سیلیکات پتاسیم				
غلظت (گرم در لیتر)	زمان محلول پاشی			
صفر	صفر	۱۳۲/۹۶ d	۰/۷۴ c	۰/۲۱۰ c
۲/۵	پنجه زنی	۱۳۲/۷۸ d	۰/۷۶ c	۰/۲۱۳ c
	ظهور خوشه	۱۳۴/۵۸ c	۰/۸۲ b	۰/۲۲۸ b
۵	پنجه زنی	۱۳۵/۹۰ b	۰/۸۴ b	۰/۲۳۳ ab
	ظهور خوشه	۱۳۷/۴۰ a	۰/۸۷ a	۰/۲۳۸ a
LSD 5%		۱/۱۰	۰/۰۲	۰/۰۰۰۹۴
علف هرز	وجین	۱۳۴/۹۸	۰/۸۰۸	۰/۲۲۴
	عدم وجین	۱۳۴/۴۶	۰/۸۱۲	۰/۲۲۵
LSD 5%		۰/۶۹	۱/۹۶	۰/۰۰۵

جدول پیوست ۱۴- میانگین مربعات طول خوشه، خوشه‌چه پوک و کل دانه تحت تاثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییر
کل دانه	خوشه‌چه پوک	طول خوشه		
۸/۱۹	۱۳/۱۱	۰/۰۳	۲	تکرار
۱۵۶۹/۴۳ **	۳۹/۴۶ *	۰/۷۵ **	۴	سیلیکات پتاسیم
۳۹۵/۳۰	۲/۶۲	۰/۳۴ *	۱	علف هرز
۹۴/۰۳	۱۱/۶۴	۰/۰۲	۴	سیلیکات پتاسیم × علف هرز
۱۲۳/۳۶	۱۳/۱۱	۰/۰۵	۱۸	خطا
۵/۷۰	۱۲/۴۸	۰/۶۵		ضریب تغییرات (درصد)

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

جدول پیوست ۱۵- مقایسه میانگین طول خوشه، درصد خوشه‌چه پوک و کل دانه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز

کل دانه	خوشه‌چه پوک	طول خوشه	ترکیب تیماری	
(در خوشه)	(درصد)	(سانتی متر)	علف هرز	سیلیکات پتاسیم
۱۸۰/۲۰	۲۹/۵۵	۳۴/۰۶	وچین	عدم مصرف
۱۷۳/۵۳	۲۷/۵۶	۳۴/۰۳	عدم وچین	
۱۸۳/۸۶	۳۴/۰۹	۳۴/۳۰	وچین	۲/۵ گرم در لیتر در پنجه زنی
۱۹۶/۲۳	۳۱/۶۷	۳۴/۱۰	عدم وچین	
۱۸۱/۰۶	۲۶/۹۷	۳۴/۵۰	وچین	۲/۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه
۱۸۹/۵۰	۳۰/۴۴	۳۴/۱۰	عدم وچین	
۱۹۷/۷۶	۲۴/۰۷	۳۴/۸۰	وچین	۵ گرم در لیتر در پنجه زنی
۲۰۸/۶۰	۲۷/۳۲	۳۴/۵۶	عدم وچین	
۲۱۲/۴۰	۲۸/۸۹	۳۵/۵۰	وچین	۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه
۲۲۳/۷۳	۲۹/۵۳	۳۵/۳۰	عدم وچین	
۲۵/۱۸	۸/۲۰	۰/۵	LSD 5%	

جدول پیوست ۱۶- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد	تعداد خوشه در متر مربع	وزن هزار دانه	تعداد دانه پر در خوشه
تکرار	۲	۱۷۲۳/۹۷	۲۰۸۸/۹۵	۰/۲۴	۵۳/۱۱
سیلیکات پتاسیم	۴	۱۹۵۷۶/۳۲ **	۱۵۹۴۳/۹۵ **	۰/۱۲ **	۱۰۸۴/۰۶ **
علف هرز	۱	۸۶۶/۹۳	۳۵۰/۲۰	۰/۶۳ *	۱۰۳/۴۱
سیلیکات پتاسیم × علف هرز	۴	۳۸۶۳/۷۹ *	۷۳/۱۲	۰/۱۳	۵۲/۵۲
خطا	۱۸	۱۰۸۰/۳۰	۵۱۹/۳۸	۰/۰۷	۲۵/۹۱
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۸۳	۶/۲۵	۱/۱۳	۳/۶۸

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

جدول پیوست ۱۷- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

سیلیکات پتاسیم					
تیمارها	عملکرد (گرم مترمربع)	تعداد خوشه (در متر مربع)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه پر (در خوشه)	
غلظت (گرم در لیتر)	زمان محلول پاشی				
صفر	صفر	۷۹۴/۷۳ c	۲۹۲/۵۰ c	۲۴/۸۳ b	۱۲۶/۲۰ b
۲/۵	پنجه زنی	۸۰۴/۱۴ c	۳۵۳/۷۵ b	۲۴/۲۱ c	۱۲۷/۱۱ b
	ظهور خوشه	۹۰۱/۱۹ ab	۳۴۷/۵۰ b	۲۵/۳۹ a	۱۳۱/۹۰ b
۵	پنجه زنی	۸۶۸/۱۱ b	۴۰۱/۶۷ a	۲۴/۹۳ b	۱۵۰/۷۳ a
	ظهور خوشه	۹۲۲/۶۵ a	۴۲۵ a	۲۵/۰۸ ab	۱۵۴/۳۰ a
LSD 5%					
علف هرز	وجین	۸۶۳/۵۴	۳۶۷/۵۰	۲۵/۰۳ a	۱۳۶/۱۹
	عدم وجین	۸۵۲/۷۹	۳۶۰/۶۶	۲۴/۷۴ b	۱۳۹/۹۰
LSD 5%					
		۲۵/۲۱	۱۷/۴۸	۰/۲۱	۳/۹۰



جدول پیوست ۱۸- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

تعداد دانه پر	وزن هزار دانه	تعداد خوشه	عملکرد	ترکیب تیماری	
(در خوشه)	(گرم)	(در مترمربع)	(گرم در مترمربع)	علف هرز	سیلیکات پتاسیم
۱۲۶/۹۳	۲۴/۸۳	۲۹۸/۳۳	۷۸۶/۸۳	وجین	عدم مصرف
۱۲۵/۴۶	۲۴/۸۳	۲۸۶/۶۶	۸۰۲/۶۱	عدم وجین	
۱۲۰/۷۳	۲۴/۳۰	۳۵۴/۱۶	۸۱۲/۵۴	وجین	۲/۵ گرم در لیتر در پنجه زنی
۱۳۳/۵۰	۲۴/۱۳	۳۵۳/۳۳	۷۹۵/۷۳	عدم وجین	
۱۳۲/۱۶	۲۵/۴۸	۳۵۵/۸۳	۹۳۵/۴۰	وجین	۲/۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه
۱۳۱/۶۳	۲۵/۳۰	۳۳۹/۱۶	۸۶۶/۹۷	عدم وجین	
۱۵۰/۰۶	۲۵/۳۳	۴۰۲/۵۰	۸۹۰/۵۰	وجین	۵ گرم در لیتر در پنجه زنی
۱۵۱/۴۰	۲۴/۵۳	۴۰۰/۸۳	۸۴۵/۷۱	عدم وجین	
۱۵۱/۰۶	۲۵/۲۳	۴۲۶/۶۶	۸۹۲/۳۹	وجین	۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه
۱۵۷/۵۳	۲۴/۹۳	۴۲۳/۳۳	۹۵۲/۸۹	عدم وجین	
۱۱/۵۴	۰/۵۹	۵۱/۶۶	۷۴/۵۱	LSD 5%	

جدول پیوست ۱۹- میانگین مربعات میزان عنصر سیلیس و پتاسیم در برگ و ساقه تحت تاثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در مرحله پنجه زنی

میانگین مربعات					
پتاسیم ساقه	پتاسیم برگ	سیلیس ساقه	سیلیس برگ	درجه آزادی	منابع تغییر
۰/۰۰۴	۰/۰۲۲	۰/۵۰	۳۷/۷۲	۲	تکرار
۰/۰۵۱	۰/۰۰۴	۳۱/۵۰	۲۹۳/۰۵ **	۲	سیلیکات پتاسیم
۰/۰۴۶	۰/۰۰۴	۴۳/۵۵	۱۸	۱	علف هرز
۰/۰۱	۰/۰۰۷	۲۰۶/۷۲ *	۱۱/۱۶	۲	سیلیکات پتاسیم × علف هرز
۰/۰۲	۰/۰۱	۳۱/۱۰	۱۳/۱۲	۱۰	خطا
۳/۵۹	۲/۳۲	۶/۳۸	۳/۷۴		ضریب تغییرات (درصد)

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

جدول پیوست ۲۰- مقایسه میانگین میزان عنصر سیلیس و پتاسیم در برگ و ساقه تحت تأثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در مرحله پنجه زنی

پتاسیم ساقه (درصد)	پتاسیم برگ (درصد)	سیلیس ساقه (میلی گرم بر کیلوگرم)	سیلیس برگ (میلی گرم بر کیلوگرم)	تیمارها	
				سیلیکات پتاسیم	
				غلظت (گرم در لیتر)	زمان محلول پاشی
۴/۲۲	۴/۸۸	۸۹/۸۳	۹۲/۳۳ b	صفر	صفر
۴/۰۶	۴/۸۹	۸۵/۳۳	۱۰۴/۸۳ a	پنجه زنی	۲/۵
۴/۰۵	۴/۹۳	۸۶/۸۳	۹۳/۱۶ b	پنجه زنی	۵
۰/۱۹	۰/۱۴	۷/۱۷	۴/۶۶	LSD 5%	
۴/۱۶	۴/۹۱	۸۵/۷۷	۹۷/۷۷	وجین	علف هرز
۴/۰۶	۴/۸۸	۸۸/۸۸	۹۵/۷۷	عدم وجین	
۰/۱۵	۰/۱۱	۵/۸۵	۳/۸۰	LSD 5%	

جدول پیوست ۲۱- مقایسه میانگین میزان عنصر سیلیس و پتاسیم در برگ و ساقه تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در مرحله پنجه زنی

ترکیبات تیماری							
سیلیکات پتاسیم	علف هرز	(میلی گرم برکیلوگرم)	سیلیس برگ	(میلی گرم برکیلوگرم)	سیلیس ساقه	پتاسیم برگ	پتاسیم ساقه
عدم مصرف	وجین	۹۳/۶۶	۹۵	(درصد)	(درصد)	۴/۳۱	۴/۹۲
عدم وجین	وجین	۹۱	۸۴/۶۷	۴/۸۴	۴/۱۲		
۲/۵ گرم در لیتر در پنجه زنی	وجین	۱۰۷	۷۹/۶۷	۴/۸۷	۴/۱۱		
عدم وجین	وجین	۱۰۲/۶۶	۹۱	۴/۹۱	۴/۰۱		
۵ گرم در لیتر در پنجه زنی	وجین	۹۲/۶۶	۸۲/۶۷	۴/۹۶	۴/۰۶		
عدم وجین	وجین	۹۳/۶۶	۹۱	۴/۹۰	۴/۰۵		
<b>LSD 5%</b>						۰/۴۹	۰/۳۵

جدول پیوست ۲۲- میانگین مربعات میزان عنصر سیلیس و پتاسیم در برگ و ساقه تحت تاثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در مرحله ظهور خوشه

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
پتاسیم ساقه	پتاسیم برگ	سیلیس ساقه	سیلیس برگ		
۰/۰۰۱	۰/۶۸	۱۱۳/۲۳	۳۷۲۳/۳۳	۲	تکرار
۰/۳۱ **	۰/۲۵ *	۱۰۶۷/۴۱ **	۶۷۰۲/۹۱ **	۴	سیلیکات پتاسیم
۰/۵۵ **	۰/۰۳	۱۰۸/۳۰	۳۳۳/۳۳	۱	علف هرز
۰/۱۵ **	۰/۱۸	۳۳۰/۷۱ **	۲۱۰/۴۱	۴	سیلیکات پتاسیم × علف هرز
۰/۰۳	۰/۰۸	۵۳/۰۴	۳۱۴/۰۷	۱۸	خطا
۳/۱۲	۶/۱۷	۵/۶۸	۱۱/۱۲		ضریب تغییرات (درصد)

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

جدول پیوست ۲۳- مقایسه میانگین عنصر سیلیس و پتاسیم در برگ و ساقه تحت تاثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در مرحله ظهور خوشه

پتاسیم ساقه (درصد)	پتاسیم برگ (درصد)	سیلیس ساقه (میلی گرم بر کیلوگرم)	سیلیس برگ (میلی گرم بر کیلوگرم)	تیمارها	
				غلظت (گرم در لیتر)	زمان محلول پاشی
۵/۶۷ b	۴/۶۳ bc	۱۰۶/۱۶ c	۱۰۵/۸۳ c	صفر	صفر
۵/۷۲ ab	۴/۹۲ ab	۱۳۲/۳۳ b	۱۵۶/۶۷ b	پنجه زنی	۲/۵
۵/۹۲ a	۴/۵۷ bc	۱۲۶/۵۰ b	۱۶۰/۰۰ b	ظهور خوشه	
۵/۷۰ b	۴/۵۵ c	۱۴۱/۳۳ a	۱۸۱/۶۷ a	پنجه زنی	۵
۵/۲۹ c	۴/۹۹ a	۱۳۴/۵۰ ab	۱۹۲/۵۰ a	ظهور خوشه	
۰/۲۱	۰/۳۵	۸/۸۳	۲۱/۴۹	LSD 5%	
۵/۵۲b	۴/۷۷	۱۲۰/۰۶	۱۵۶	وجین	علف هرز
۵/۸۰a	۴/۷۰	۱۲۶/۲۶	۱۶۲/۶۶	عدم وجین	
۰/۱۳	۰/۲۲	۵/۵۸	۱۳/۵۹	LSD 5%	

جدول پیوست ۲۴- مقایسه میانگین میزان عنصر سیلیس و پتاسیم تحت تاثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز در مرحله ظهور خوشه

ترکیب تیماری		سیلیس برگ	سیلیس ساقه	پتاسیم برگ	پتاسیم ساقه
سیلیکات پتاسیم		(میلی گرم بر کیلوگرم)	(میلی گرم بر کیلوگرم)	( درصد )	( درصد )
عدم مصرف	وجین	۱۰۱/۶۶	۱۰۶	۴/۸۰	۵/۵۷
عدم وجین	عدم وجین	۱۱۰	۱۰۶/۳۳	۴/۴۷	۵/۷۶
۲/۵ گرم در لیتر در پنجه زنی	وجین	۱۵۶/۶۶	۱۳۸/۶۶	۴/۹۹	۵/۸۱
عدم وجین	عدم وجین	۱۵۶/۶۶	۱۲۶	۴/۸۵	۵/۶۲
۲/۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه	وجین	۱۶۰	۱۲۱/۶۶	۴/۷۸	۵/۶۷
عدم وجین	عدم وجین	۱۶۰	۱۳۱/۳۳	۴/۳۶	۶/۱۸
۵ گرم در لیتر در پنجه زنی	وجین	۱۶۸	۱۳۷	۴/۳۳	۵/۶۰
عدم وجین	عدم وجین	۱۹۵	۱۴۵/۶۶	۴/۷۸	۵/۸۱
۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه	وجین علف	۱۹۳	۱۴۷	۴/۹۳	۴/۹۷
عدم وجین	عدم وجین	۱۹۱	۱۲۲	۵/۰۵	۵/۶۲
					<b>LSD 5%</b>
					۰/۳۹
					۰/۶۴
					۱۶/۵۱
					۴۰/۱۸

جدول پیوست ۲۵- میانگین مربعات کلروفیل برگ تحت تاثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز در نمونه برداری های مختلف

میانگین مربعات کلروفیل برگ					
منابع تغییر	درجه آزادی	۶۶	۷۳	۸۰	۹۰ روز پس از نشاکاری
تکرار	۲	۱/۲۱	۰/۰۹	۰/۳۵	۳/۸۶
سیلیکات پتاسیم	۴	۱/۱۶	۰/۴۶	۰/۲۱	۶/۵۲
علف هرز	۱	۱/۲۸	۰/۸۳	۰/۲۴	۱۱/۱۳
سیلیکات پتاسیم × علف هرز	۴	۱/۴۹	۰/۰۴	۰/۹۱	۳/۷۸
خطا	۱۸	۰/۹۳	۰/۶۹	۰/۵۱	۶/۶۲
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۵۴	۲/۲۲	۲/۰۳	۱۱/۱۳

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

جدول پیوست ۲۶- مقایسه میانگین کلروفیل برگ (واحد اسپد) تحت تاثیر محلول پاشی سیلیکات پتاسیم و وچین علف هرز در نمونه برداری های مختلف

کلروفیل برگ				
تیمارها	۶۶	۷۳	۸۰	۹۰ روز پس از نشاکاری
سیلیکات پتاسیم				
غلظت (گرم در لیتر)	زمان محلول پاشی			
صفر	صفر	۳۷/۹۶	۳۷/۵۱	۳۴/۹۳
۲/۵	پنجه زنی	۳۸/۲۶	۳۷/۷۱	۳۵/۱۱
	ظهور خوشه	۳۷/۶۰	۳۷/۱۱	۳۵/۲۶
۵	پنجه زنی	۳۸/۷۵	۳۷/۸۰	۳۵/۱۸
	ظهور خوشه	۳۷/۸۵	۳۷/۳۵	۳۵/۴۵
	LSD 5%	۱/۱۷	۱/۰۱	۰/۸۶
علف هرز	وچین	۳۷/۸۸	۳۷/۳۳	۳۵/۱۰
	عدم وچین	۳۸/۲۹	۳۷/۶۶	۳۵/۲۸
	LSD 5%	۰/۷۴	۰/۶۴	۰/۵۴

جدول پیوست ۲۷- میانگین مربعات صفات کیفی دانه تحت تاثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

میانگین مربعات			
منابع تغییر	درجه آزادی	آمیلوز	قوام ژل
تکرار	۲	۲/۱۸	۳/۳۲
سیلیکات پتاسیم	۴	۰/۸۲	۲/۹۰
علف هرز	۱	۰/۶۶	۱/۶۳
سیلیکات پتاسیم × علف هرز	۴	۲/۰۲	۱۳/۴۲
خطا	۱۸	۱/۳۱	۸/۷۸
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۷۸	۷/۸۶
			۷/۷۱

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

جدول پیوست ۲۸ - مقایسه میانگین مربعات صفات کیفی دانه تحت تاثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم و وجین علف هرز

دمای ژلاتینی شدن	قوام ژل (میلی متر)	آمیلوز (درصد)	ترکیب تیماری	
			سیلیکات پتاسیم	علف هرز
۳/۲۶	۳۸/۳۳	۲۴/۱۳	عدم مصرف	وجین
۳/۴۰	۳۸/۵۰	۲۴/۲۳	عدم وجین	وجین
۳/۰۳	۳۹/۳۳	۲۵/۵۵	۲/۵ گرم در لیتر در پنجه زنی	وجین
۳	۳۷/۵۰	۲۳/۲۴	عدم وجین	عدم وجین
۳/۰۶	۳۸/۸۳	۲۳/۶۸	۲/۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه	وجین
۳/۳۳	۳۶/۳۳	۲۴/۳۳	عدم وجین	عدم وجین
۳/۰۳	۳۶/۱۶	۲۳/۸۲	۵ گرم در لیتر در پنجه زنی	وجین
۳/۱۶	۳۷/۶۶	۲۴/۱۰	عدم وجین	عدم وجین
۳/۲۰	۳۴/۶۶	۲۳/۵۰	۵ گرم در لیتر در ظهور خوشه	وجین
۳/۲۳	۳۹/۶۶	۲۳/۲۹	عدم وجین	عدم وجین
۰/۵۵	۶/۷۱	۲/۵۹	LSD 5%	

جدول پیوست ۲۹- میانگین مربعات وزن خشک علف های هرز در ۶۶ روز پس از نشاکاری تحت تاثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم

میانگین مربعات ماده خشک علف های هرز					منابع تغییر
مجموع علف های هرز	سایر علف های هرز	اویارسلام	سوروف	درجه آزادی	
۵۲/۲۱	۸/۹۵	۹/۸۴	۷۰/۵۲	۲	تکرار
۱۵۵/۷۷	۲۱/۴۸	۱۳/۵۸	۴۷/۸۱	۴	سیلیکات پتاسیم
۱۰۹/۲۵	۲۳/۸۰	۲۸/۴۶	۱۳۰/۶۳	۸	خطا
۵۳/۴۳	۱۴۲/۱۳	۱۰۵/۹۹	۱۰۳	۱۴	ضریب تغییرات (درصد)

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

جدول پیوست ۳۰- مقایسه میانگین وزن خشک علف های هرز در ۶۶ روز پس از نشاکاری تحت تاثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم

تیمارها				سیلیکات پتاسیم	
سوروف	اویارسلام	سایر علف های هرز	مجموع علف های هرز	غلظت (گرم در لیتر)	زمان محلول پاشی
				(گرم در مترمربع)	
۱۳/۱۱	۸/۲۳	۱/۹۹	۲۳/۳۳	صفر	صفر
۱۵/۵۱	۵/۹۴	۳/۹۵	۲۵/۴۰	پنجه زنی	۲/۵
۶/۹۶	۲/۸۹	۱/۱۰	۱۰/۹۵	ظهور خوشه	
۱۳/۱۳	۴/۵۷	۷/۸۵	۲۵/۵۵	پنجه زنی	۵
۶/۷۵	۳/۵۲	۲/۲۶	۱۲/۵۳	ظهور خوشه	
۲۱/۵۲	۱۰/۰۴	۹/۱۸	۱۹/۶۸	LSD 5%	



جدول پیوست ۳۱- میانگین مربعات وزن خشک علف های هرز در ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تاثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم

میانگین مربعات ماده خشک علف های هرز					
منابع تغییر	درجه آزادی	سوروف	اویارسلام	سایر علف های هرز	مجموع علف های هرز
تکرار	۲	۴۸/۴۱	۳/۸۴	۱/۶۳	۱۵/۴۳
سیلیکات پتاسیم	۴	۱۲۴/۱۹	۷/۸۴	۱۱/۲۵	۹۸/۳۸
خطا	۸	۵۲/۲۰	۱۰/۸۳	۱۰/۴۴	۸۱/۳۳
ضریب تغییرات(درصد)	۱۴	۷۵/۲۰	۷۸/۴۰	۸۱/۷۸	۴۹/۹۸

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

جدول پیوست ۳۲- مقایسه میانگین وزن خشک علف های هرز در ۸۰ روز پس از نشاکاری تحت تاثیر محلول پاشی با سیلیکات پتاسیم

تیمارها		سوروف	اویارسلام	سایر علف های هرز	مجموع علف های هرز
سیلیکات پتاسیم		(گرم در مترمربع)			
غلظت (گرم در لیتر)	زمان محلول پاشی				
صفر	صفر	۱۰/۲۶	۵/۵۹	۱/۳۳	۱۷/۱۸
۲/۵	پنجه زنی	۸/۳۹	۱/۷۳	۶/۰۷	۱۶/۱۹
	ظهور خوشه	۱۹/۸۸	۴/۷۰	۲/۶۵	۲۷/۲۳
۵	پنجه زنی	۲/۴۲	۴/۶۴	۴/۴۵	۱۱/۵۱
	ظهور خوشه	۷/۰۷	۵/۷۳	۵/۲۳	۱۸/۰۳
LSD 5%		۱۳/۶۰	۶/۱۹	۶/۰۸	۱۶/۹۸

## **Abstract**

Appropriate nutriment and applying novel techniques are known as fundamental methods in elevating rice production. Silica (Si) is a useful element in rice which improves its quality and yield. On the other hand, following nitrogen, potassium has the most effective role in both qualitative and quantitative rice production. Furthermore, weeds serve as a destructive factor influencing rice quality and yield. In order to investigate the effect of applying different concentrations of potassium silicate on rice (*Oriza sativa* Shirudi variety) in competition with weeds, an experiment was conducted at Iran's Rice Research Institution in 2010. The experiment was organized as factorial based on completely randomized blocks design in 3 replications. Treatments consisted of application of potassium silicate foliar application in different concentrations (5 levels) and growth stages (0, 2.5 g/l at tillering and earing stages and 5 g/l at tillering and earing stages) as the first factor, weeds in two levels (controlled and uncontrolled) as the second factor. Sampling was performed 10 days following spraying at the earing stage and continued weekly. Results indicated that foliar application of 5 g/l potassium silicate at the earing stage had the most effect on stem dry weight, ear length, total seed number, upper internode diameter, plant height and leaf silica content at the earing stage. Concentration of 2.5 g/l at the earing stage and weed control condition produced the highest leaf area index and 1000 seed weight. Moreover, potassium silicate foliar application and doubling its concentration increased ear number in m<sup>2</sup> and number of seeds in ears considerably. The highest yield (952.89 g/m<sup>2</sup>) was recorded when 5 g/l Si applied in no weed control condition. Spraying 2.5 g/l Si at the tillering stage improved stem potassium content up to 5.81 percentages. When there was no competition with weeds, the highest stem Si content was obtained from 5 g/l Si application at the earing stage. On the other hand, weeds dry-weight which were sprayed at the tillering stage were significantly higher than their weight in the spraying treatment at the earing stage. Different levels of Si foliar application and weed control did not affect the leaf chlorophyll and some qualitative traits such as amylose percentage, gel condensing and gelatinization temperature. By and large, 5 g/l Si foliar application at the earing stage and weed control condition produced better results on the investigated traits.

**Key words:** rice, potassium silicate, weed



**Shahroud University Of Technology**  
**Faculty Of Agronomy Science**

Thesis M.Sc  
**Effect of potassium silicate foliar application on some morphological and  
physiological traits of rice in weed competition**

**Zohreh Ekbatani Amiri**

Supervisors  
**Dr. Mehdi Baradaran Firouzabadi**  
**Dr. Hasan Makarian**

Advisors  
**Dr. Allahyar Fallah**  
**Dr. Ahmad Gholami**

**January 2012**