

## تأثیر مقادیر مختلف سیلیسیوم و نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم

- الهه اسدی، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه خاکشناسی، فارس، ایران (نویسنده مسئول)
- غلامحسین حق نیا، استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
- امیر لکزیان، دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
- منوچهر مفتون، استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه خاکشناسی، فارس، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: آبان ماه ۱۳۹۱  
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۹۳۲۴۸۹۰  
پست الکترونیک نویسنده مسئول: e.asadi85@yahoo.com

### چکیده

سیلیسیوم از دیدگاه تغذیه گیاه به عنوان عنصر ضروری شناخته نشده است لیکن نشانه های مثبت آن بر رشد بسیاری از گیاهان دیده شده است. به منظور مطالعه تأثیر مقادیر مختلف سیلیسیوم و نیتروژن بر اجزای عملکرد دو رقم گندم پیشتاز و روشن، پژوهشی در شهرستان تربت حیدریه واقع در استان خراسان رضوی در سال ۹۰-۸۹ بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط گلخانه ای انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو رقم گندم (پیشتاز و روشن) و سه سطح سیلیسیوم (۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم) از منبع سیلیکاتسیدیم و سه سطح نیتروژن (۲۵۰، ۵۰۰ و ۸۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم) از منبع اوره بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که سیلیسیوم سبب افزایش معنیدار عملکرد دانه و اجزای عملکرد (وزن سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت) گردید. با توجه به بررسی های انجام شده ورس عامل مهمی در کاهش عملکرد (بطور مستقیم و غیرمستقیم با بروز بیماریهای قارچی و مشکلات برداشت) می باشد. مصرف سیلیسیوم جرم واحد طول ساقه را افزایش داد که این افزایش سبب مقاومت گیاه به ورس خواهد شد. با کاربرد سیلیسیوم، ارتفاع بوته بصورت آرام و کند افزایش یافت که در مقاومت به ورس نیز اهمیت دارد. کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژن در خاک کارایی جذب سیلیسیوم را افزایش داد که برگرفته شده از برهمکنش این دو عنصر می باشد. تیمارهای ۵۰۰ و ۸۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم سیلیسیوم و نیتروژن سبب افزایش معنی دار وزن هزار دانه و شاخص برداشت در هر دو رقم گندم گردید. کاربرد همزمان این دو عنصر تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه دو رقم گندم داشت. بطوریکه در سطح ۵۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم سیلیسیوم بیشترین عملکرد دانه مشاهده شد. ارقام گندم پیشتاز و روشن پاسخ های متفاوتی به کاربرد سیلیسیوم نشان دادند. پاسخ رقم پیشتاز از نظر ویژگیهای رشد و عملکرد از روشن بیشتر بود.

کلمات کلیدی: رقم های پیشتاز و روشن، برهمکنش سیلیسیوم و نیتروژن، اجزای عملکرد گندم.

Agronomy Journal (Pajouhesh &amp; Sazandegi) No:103 pp: 167-178

**Effect of Silicon and Nitrogen different quantities on morphology characteristics, yield and yield components of two varieties of wheat**

- By: E. Asadi, (Corresponding Author; Tel: 09159324890), M. Sc. Student of Islamic Azad University - Branch Fars
- G. H. Haghnia, Professor of Ferdowsi University of Mashhad
- A. Lakzian, Associate Professor of Ferdowsi University of Mashhad
- M. Maftoun, Professor of Ferdowsi University of Mashhad

Received: May 2012

Accepted: November 2013

From the plants nutrition view point, silicon has not been recognized as an essential element but its useful effects on growth and development of many plants have been reported. In order to study the effect of application of different silicon on the yield component of wheat, an experiment was conducted in the city Torbat Heidarieh located in Razavi Khorasan province. The experiment was performed as a completely randomized design (CRD) with factorial arrangement and four replications in green house condition. Experimental factors include two wheat varieties (Pishtaz and Roshan), three levels of silicon (0, 250 and 500 mg/kg) from sodium silicate source and three levels of nitrogen (250, 500 and 800 mg/kg) from Urea source. Results showed that yield components (panicle weight, weight of 1000 grain, harvest index) significantly increased when silicon was applied to the soil. investigations have shown that lodging is an important factor for yield reduction, either directly or indirectly due to the appearance of some fungal diseases and also problems encountered at harvesting. Silicon application increased the density of stem unit which may have positive effect on the resistance of plants to lodging. It was observed that silicon increased plant height in a slow manner which is important for lodging. application of different nitrogen levels in the soil improved the efficiency of silicon uptake by the plant which shows the interaction between these two elements. Treatments of 500 and 800 mg/kg silicon and nitrogen respectively increased the weight of 1000 grain and harvest index. Application these two elements respectively effect the performance of varieties of wheat yield. Treatments of 500 mg/kg silicon performance of the highest yield. Pishtaz and Roshan varieties responded differently to silicon application. Pishtaz responded better to growth characteristics and seems to have higher yield potential to Roshan variety.

**Key words:** Varieties Pishtaz and Roshan, Silicon and nitrogen interaction, wheat Yield components.

**مقدمه**

خوابیدگی از عارضه های نامطلوبی است که در زراعت های غلات رخ میدهد. شدت خسارت خوابیدگی بسته به اینکه در چه مرحله ای از رشد گیاه روی دهد متفاوت و ممکن است تا ۲۰ درصد محصول را از بین ببرد (لافان، ۱۹۹۹). از میان عناصر غذایی که با خوابیدگی ارتباط مستقیم دارد میتوان سیلیسیوم را نام برد. برای تأثیر مفید سیلیسیوم بر گیاهان چندین فرضیه وجود دارد که از جمله آنها میتوان به افزایش فعالیت فتوسنتزی و آنزیمی اشاره کرد (متچنکو و کاسوبرکو، ۲۰۰۴). کمالی مقدم و همکاران (۱۳۸۴) با اعمال سطوح مختلف کودی دارای سیلیسیوم به بررسی تأثیر این عنصر بر عملکرد و میزان پروتئین گندم پرداختند. آنها نشان داده اند که سیلیسیوم موجب افزایش کارایی جذب نور و در نتیجه تحریک و تشدید فتوسنتز و در نهایت افزایش تولید محصول میگردد. دانتوف (۲۰۰۱) با انجام آزمایشاتی روی برنج به این نتیجه رسیده است که با کاربرد سیلیسیوم رشد و نمو گیاه بطور معنی داری افزایش می یابد. سوندهری و همکاران (۲۰۰۱) تأثیر مثبت ژپس و سدیم سیلیکات را بر رشد گندم در شرایط غرقابی مطالعه کرده اند و نشان داده اند که با افزودن سیلیسیوم، ارتفاع بوته و سطح برگ و وزن خشک ریشه افزایش می یابد، در حالیکه

عملکرد نهایی محصول تغییر معنی داری نمی یابد. سینگ و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر سطوح مختلف سیلیسیوم و زمان کاربرد آن را بر گیاه برنج بررسی نموده اند. آنها به این نتیجه رسیده اند که با کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم سیلیسیوم در هکتار مقدار نیتروژن و فسفر در دانه و ساقه گیاه افزایش یافت. نصری و همکاران (۱۳۸۷) تأثیر سطوح مختلف محلولپاشی عنصر سیلیسیوم و تراکم کاشت بر خصوصیات کمی کلزا را بررسی نمودند. آنها ادعا کردند که درصد خوابیدگی بوته ها با مصرف سیلیسیوم از ۳۲ درصد به ۲ درصد کاهش یافت. این یافته ها با توجه به نقش سیلیسیوم در گیاه، چندان دور از انتظار نبوده است و با نظر محققانی از جمله موریلوآمدور و همکاران (۲۰۰۶) که معتقدند وجود سیلیسیوم باعث افزایش تحمل گیاه در برابر خمیدگی می شود مطابقت دارد. آنها اینگونه عنوان کردند که با ته نشین شدن سیلیسیوم در دیواره سلولی، آوند چوبی از فرو ریختن آوندها در شرایط تعرق زیاد جلوگیری میکند و با استحکام ساقه موجب کاهش ورس بوته می شود. حاصلخیزی مطلوب خاک یکی از عامل های اصلی افزایش تولید گندم است و کمبود نیتروژن محدود کننده ترین عامل کاهش عملکرد آن به شمار می رود (دیویس و همکاران، ۲۰۰۲). نیتروژن از طریق افزایش تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه و وزن هزاردانه سبب

سیاهک به نسبت یک در هزار ضد عفونی شد. تعداد ده عدد بذر از هر رقم گندم ارقام پیشتاز و روشن در هر گلدان کشت گردید. این عملیات در تاریخ ۲۶ آذر ۱۳۸۹ بصورت دستی انجام شد. تیمارهای کودی مورد نظر سیلیسیوم از منبع سدیم سیلیکات (NaSiO<sub>3</sub>) و نیتروژن از منبع اوره تامین شدند. اولین آبیاری با آب مقطر در همان روز انجام گرفت. پس از دو هفته از سبز شدن بذرها به پنج گیاه تنک گردیدند. در طی دوره رشد، آبیاری با توجه به دوره رشد گیاه و نیاز آبی آن انجام گرفت. در طول دوره رشد گیاه دو مرتبه سم پاشی با سم دیزاینون دو در هزار برای مبارزه با شته سبز انجام شد. میانگین رطوبت نسبی محیط گلخانه متعادل در حدود ۴۵ درصد بوده و گیاهان از نور طبیعی بدون هیچ نور اضافی استفاده میکردند. در تمام مراحل، گلدان ها از نظر فضایی و مکانی در جایگاه مشابهی قرار داده شدند؛ به طوری که نور یکسانی دریافت نمودند. گلدانها بوسیله توزین با افزودن مقادیر لازم آب مقطر در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی نگه داشته شدند. تا مرحله رسیدگی کامل جمعا ۲۰ بار آبیاری در زمانهای مورد نیاز گیاه انجام شد. ضمناً ذکر این نکته ضروری است که در تمام طول آزمایش گلدانها هر سه روز به طور تصادفی جایجا شدند. کلیه مراقبت های زراعی لازم در طول فصل کاشت بطور یکسان برای کلیه گلدان ها انجام پذیرفت. بعد از ۱۶۰ روز (۹۰/۳/۲) کل گیاهان از بستر خارج شده و ویژگیهای رویشی، عملکرد دانه و شاخصهای عملکرد شامل تعداد پنجه، وزن سنبله، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، قطر ساقه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت، جرم واحد طول ساقه و غلظت سیلیسیوم در شاخسار با رعایت اصل میانگین گیری اندازگیری شد. بطوریکه تعیین تعداد پنجه با شمارش پنجه های هر بوته در مرحله پنجه زنی انجام شد. جهت تعیین ارتفاع بوته ابتدا یک متر نواری را روی میله چوبی ثابت نموده و با قراردادن این خطکش در کنار بوته عدد مربوط به ارتفاع بوته یادداشت شد. جهت تعیین وزن سنبله ابتدا ۵ بوته را از هر گلدان در ۵ پاکت جداگانه و این ۵ پاکت را درون یک پاکت بزرگتر قرار داده و بعد از ثبت شماره مربوط به تیمار به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه به ترتیب وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه تعیین شد. تعیین قطر ساقه با کولیس انجام شد. جهت تعیین جرم مخصوص ساقه (وزن هر سانتیمتر ساقه، اندام هوایی نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۷۰-۶۵ درجه سانتیگراد قرار داده و سپس توزین شده و با داشتن ارتفاع زیر بوته، جرم واحد طول ساقه را محاسبه نمودیم (سیاهپوش و همکاران، ۱۳۸۲). برای محاسبه از رابطه زیر استفاده شد:

طول ساقه از طوقه تا زیر سنبله/وزن خشک ساقه = جرم واحد طول ساقه (mg/cm)  
برای تعیین شاخص برداشت بوتتهایی که کفبر و به آزمایشگاه منتقل شدند به دقت وزن و بعد از کوبیدن و جدا کردن دانه از کلش، وزن دانه و کلش مشخص شد. برای محاسبه شاخص برداشت از رابطه زیر استفاده شد.

$$۱۰۰ \times (\text{عملکرد زیستی} / \text{عملکرد دانه}) = \text{شاخص برداشت}$$

لازم به توضیح است که برای تعیین عملکرد دانه، دانههای تولیدی هر گلدان ابتدا با آب مقطر شسته شده و در دمای ۷۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت داخل آون خشک شدند. پس از توزین نمونه ها با ترازوی دقیق (یک هزارم گرم) عملکرد بر حسب گرم در هر گلدان محاسبه گردید (هوشمند فر و همکاران، ۱۳۸۷). برای تعیین سیلیسیوم شاخسار، نمونه ها

افزایش عملکرد گندم می شود. به طور کلی اجزای عملکرد در گندم تحت تأثیر مستقیم نیتروژن می باشند (هاتفیلد و همکاران ۲۰۰۴). شهسوار و صفاری (۲۰۰۵) به بررسی اثرات سطوح نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم پرداختند. نتایج نشان داد که وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به طور معنی داری با مصرف بیشتر کود نیتروژن افزایش یافت. اثر مثبت افزایش کاربرد نیتروژن بر بهبود ویژگیهای کمی و کیفی دانه گندم در بسیاری موارد گزارش شده است اما استفاده بیش از حد این عنصر سبب ایجاد ورس و تشدید بیماریها در گندم شده و در نهایت موجب کاهش عملکرد و افزایش هزینه ها میشود (ملکوئی، ۱۳۸۴). یوشیدا و همکاران (۱۹۸۹) به بررسی صفات برگ در گیاه برنج با کاربرد سیلیسیوم و نیتروژن پرداخته اند. بر اساس مطالعات آنها عمود بودن برگ، عاملی مهم و موثر در جذب نور از سوی گیاهان است و با افزایش مصرف نیتروژن کاهش می یابد. سیلیسیوم، اثرات اصلاحی بر برخی از خصوصیات برگ، به ویژه عمود بودن آن دارد. مصرف مطلوب سیلیسیوم سبب میشود که گیاه برگه ایش را به صورت عمودی و بدون انحنای نکه دارد. بنابراین، فتوسنتز بهبود یافته و اثرات منفی مصرف زیاد نیتروژن بر روی استحکام ساقه و حساسیت به ورس و جذب نور را خنثی میکند. آنها در ادامه افزایش فتوسنتز، تولید بیشتر ماده خشک و عملکرد زیستی را گزارش کردند. ساها و همکاران (۱۹۹۸) در مطالعه کاربرد سیلیسیوم و زمان کود نیتروژن در گیاه برنج افزایش ریشه زایی و استحکام ساقه گیاه را عنوان نمودند. هدف از این پژوهش ارزیابی تأثیر مقادیر مختلف سیلیسیوم در خاک به همراه سطوح مختلف نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم بود. در این پژوهش فرض بر این است که استفاده از سیلیسیوم علاوه بر افزایش عملکرد میتواند حساسیت گیاه گندم را در برابر خوابیدگی کاهش داده و مقاومت ساقه را افزایش دهد. تاکنون بسیاری از پژوهشگران به تاثیر مثبت کودهای نیتروژنه بر افزایش عملکرد گیاهان مختلف پرداخته اند اما با افزایش مصرف نیتروژن که افزایش عملکرد را به دنبال دارد امکان ورس گیاه افزایش می یابد. در این پژوهش در نظر است تا اثرات مثبت سیلیسیوم بر کاهش ورس دو واریته روشن و پیشتاز، از ارقام شناخته شده گیاه گندم پرداخته شود.

## مواد و روشها

به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف سیلیسیوم و نیتروژن بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و مورفولوژی گندم، پژوهشی در سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ در گلخانه شهرداری تربت حیدریه که در فاصله ۲ کیلومتری شرق شهرستان تربت حیدریه واقع است، انجام شد. ویژگیهای خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. از آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار و در وضعیت کنترل شده گلخانه استفاده شد. عامل اول دربرگیرنده مقدار مصرف سیلیسیوم در سه سطح، صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم و عامل دوم کود نیتروژن در سه سطح ۲۵۰، ۵۰۰ و ۸۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم برای دو رقم گندم پیشتاز و روشن بکار برده شد. برای کشت از گلدانهای پلاستیکی (با قطر دهانه و ارتفاع ۲۵ سانتیمتر) استفاده شد. به هر گلدان ۴ کیلوگرم خاک خشک که از الک ۲ میلی متری عبور داده شده بود اضافه گردید. گلدان های مورد استفاده ۷۲ عدد بودند. بذور با قارچ کش بنومیل برای پیشگیری از آسیب

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های خاک محل آزمایش

pH	EC	P	K	Si	N	T.N.V	O.C	S.P	Clay	Silt	Sand
	dSm <sup>-1</sup>		mg/kg					%			
۷/۶۱	۱/۱۲	۱۷	۲۲۰	۱۰۱/۲	۰/۱۳۸	۲۴/۲	۱/۵۳	۴۰/۱۷	۳۲	۳۲	۳۸

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی گیاه در سطوح مختلف سیلیسیوم و نیتروژن

میانگین مربعات		درجه		منابع تغییرات	
قطر ساقه	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	وزن سنبله	تعداد پنجه	آزادی
۵/۰۶**	۱۶۵۳/۱۲**	۱۱۹/۳۵**	۳/۶۹**	۰/۰۵ <sup>NS</sup>	۱
۱۱/۲۱**	۱/۷۶ <sup>NS</sup>	۸۹/۹۲**	۳/۶۰**	۰/۳۴ <sup>NS</sup>	۲
۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۱۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۲ <sup>NS</sup>	۰/۳۸ <sup>NS</sup>	۲
۰/۰۱*	۳/۷۹**	۳/۸۸**	۰/۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۱۳ <sup>NS</sup>	۲
۰/۱۷ <sup>NS</sup>	۰/۱۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۸ <sup>NS</sup>	۰/۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۳۸ <sup>NS</sup>	۲
۰/۰۷ <sup>NS</sup>	۰/۹۷ <sup>NS</sup>	۳/۲۴**	۰/۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۱۳ <sup>NS</sup>	۴
۰/۰۸*	۰/۳۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۹ <sup>NS</sup>	۰/۲۲ <sup>NS</sup>	۴
۰/۰۲	۱/۱۴	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۳۰	۵۴
۲/۵۷	۲/۲۵	۰/۵۵	۴/۶۴	۶/۰۴	.....

میانگین مربعات		درجه		منابع تغییرات	
مقدار سیلیسیوم شاخسار	جرم واحد طول ساقه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	ارتفاع بوته	آزادی
۰/۰۲ <sup>NS</sup>	۶۹۴/۰۹*	۳/۷۶*	۱۲۲/۷۲**	۶۹۲۲/۷**	۱
۳۸/۱۵**	۱۷۵/۵۹*	۴۶/۶۸**	۱۶۶/۰۵**	۱۰/۷۶**	۲
۰/۰۲ <sup>NS</sup>	۲۵۳/۴۵*	۳۰/۰۷**	۲۴۶/۲۶**	۲۶/۳۸**	۲
۳۷/۶۹**	۵۹/۳۴**	۷/۰۴**	۱۴۲/۰۵**	۲/۶۸ <sup>NS</sup>	۲
۰/۰۱ <sup>NS</sup>	۳۴/۸۸ <sup>NS</sup>	۴/۳۴*	۱۸۱/۲۶**	۰/۲۲ <sup>NS</sup>	۲
۵/۴۰**	۱۳۰/۷۹*	۹۰/۸۷**	۲۰۲/۱۴**	۱۸/۵۱**	۴
۰/۰۱ <sup>NS</sup>	۱۰۶/۴۵*	۶/۱۰**	۱۹۱/۰۹**	۰/۶۸ <sup>NS</sup>	۴
۰/۳۹	۱۲/۶۱	۳۳/۲۱	۰/۶۱	۲/۸۸	۵۴
۸/۲۹	۴/۴۲	۱/۷۶	۲/۲۰	۱/۷۳	.....

NS : عدم تفاوت معنی دار \* و \*\*: بترتیب تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

مورد استفاده دارای بافت نیمه سنگین رسی- لومی و طبقه بندی Fine loamy mixed mesic Typic Haplocambid بود. به طور کلی سیلیسیوم در خاک به سه شکل سیلیسیوم موجود در فاز جامد، سیلیسیومی که جذب سطحی میشود و سیلیسیوم موجود در محلول خاک (اسید منو سیلیسیک) وجود دارد. گستره متوسط این عنصر در خاکها معمولا بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم میباشد (نرینسومی و پراکش، ۲۰۰۹). میزان نیاز گیاهان به سیلیسیوم متفاوت است. مکانیسم جذب این عنصر بسته به نوع گیاه، متفاوت است، غلظتهای سیلیسیوم در قسمتهای هوایی گیاه بسیار متفاوت (از ۰/۱ تا ۱۰/۰ درصد وزن خشک گیاه) است (رنگانا و همکاران، ۲۰۰۶). در جدول ۲ تجزیه واریانس شاخصهای رشدی گیاه در سطوح مختلف سیلیسیوم و نیتروژن نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین دو رقم گندم مورد مطالعه در وزن سنبله، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، قطر ساقه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت، عملکرد دانه و جرم واحد طول ساقه اختلاف معنی داری

خشک و آسباب شدند و سپس مقدار سیلیسیوم آنها به طریق رنگ سنجی تعیین شد (الیوت و جورج، ۱۹۹۱). بطوریکه ۱۰۰ میلیگرم بافت گیاهی به روش مولیبدات آمونیوم و اسید استیک هضم گردید. سپس محلول کاهنده تهیه و به نمونه ها افزوده شد. بعد از واسنجی دستگاه اسپکتروفتومتر، نمونه ها در طول موج ۶۵۰ نانو متر قرائت شدند. با قرائت استانداردهای سیلیسیوم و سایر نمونه ها نمودار واسنجی رسم و معادله خط محاسبه شد. با انجام محاسبه های ضروری غلظت سیلیسیوم بر حسب درصد گزارش گردید. در پایان اطلاعات بدست آمده به وسیله نرم افزار MStatC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین داده های آزمایشی با آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد انجام شد. جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

### نتایج و بحث

ویژگیهای خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نمونه خاک بیانگر وجود مقدار متوسط آهک بود. بطور کلی خاک

ضروری است مقادیر سیلیسیوم اضافه شده در آزمایش فراز احمد نسبت به آزمایش انجام شده کمتر بود. شاید یکی از دلایل تاثیر کمی سیلیسیوم بر وزن سنبله گندم در آزمایش فراز احمد همین نکته باشد

جدول ۳- تاثیر سطوح سیلیسیوم و نیتروژن بر وزن سنبله (گرم در

میانگین	سطوح سیلیسیوم (mg/kg)			میانگین
	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	
گلدان) دو رقم گندم				
رقم پیشتاز				
۱/۹۱c	۱/۹۰c	۱/۹۲c	۱/۹۰c*	۰
۲/۳۴b	۲/۳۲b	۲/۳۵b	۲/۳۵b	۲۵۰
۲/۷۲a	۲/۶۷a	۲/۷۷a	۲/۷۰a	۵۰۰
.....	۲/۳۰ A	۲/۳۵ A	۲/۳۲ A	میانگین
رقم روشن				
۲/۴c	۲/۴۰c	۲/۴۵c	۲/۳۵c	۰
۲/۷۸b	۲/۷۵b	۲/۸۷b	۲/۷۲b	۲۵۰
۳/۱۴a	۳/۱۷a	۳/۱۲a	۳/۱۲a	۵۰۰
.....	۲/۷۷ A	۲/۸۲ A	۲/۷۳ A	میانگین

\* میانگین هایی که برای هر صفت اندازه گیری شده در یک حرف کوچک و یا هر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک میباشند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی دار نیستند.

زیرا پاسخ وزن سنبله در ارقام روشن و پیشتاز در این آزمایش به سطوح بالاتر سیلیسیوم، مثبت بوده است و همانطور که اشاره شد حداکثر غلظت سیلیسیوم موثر بر وزن سنبله در این آزمایش مشخص نشد. همچون و همکاران (۲۰۰۳) تاثیر سیلیسیوم را بر رشد گندم در شرایط تنش خشکی مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد که سیلیسیوم بر رشد گندم در تنش خشکی موثر بوده است. البته آنها گزارشی مبنی بر تاثیر سیلیسیوم بر وزن سنبله یا بخش های دیگر گیاه ارائه نکردند اما آنها ادعا کردند که با کاربرد سیلیسیوم میتوان به تولید بیشتر گندم در مناطق خشک و نیمه خشک که بخش اعظم چین (۴۷٪) را تشکیل میدهد امیدوار بود.

### وزن هزار دانه

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده ها، اثر اصلی تیمارها نشان میدهد که بین ارقام گندم از نظر وزن هزاردانه اختلاف معنی داری مشاهده می شود. کاربرد سیلیسیوم نیز سبب تفاوت معنی داری در تیمارهای مختلف شد اما این صفت تحت تاثیر کود نیتروژن قرار نگرفت. برهمکنش رقم و سیلیسیوم و همچنین سیلیسیوم و نیتروژن تاثیر معنی داری بر وزن هزار دانه داشت (جدول ۲). تاثیر سیلیسیوم بر وزن هزار دانه دو رقم گندم روشن و پیشتاز تقریباً مشابه با اثر آن بر وزن سنبله است. بطوریکه کاربرد سیلیسیوم سبب افزایش معنیدار وزن هزاردانه هر دو رقم گندم گردید (جدول ۴). در تیمار صفر سیلیسیوم، وزن هزاردانه هر دو رقم گندم در مقایسه با سایر تیمارها کمترین بوده و بیشترین وزن هزاردانه در تیمار ۵۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم سیلیسیوم مشاهده شد. به نظر میرسد این عنصر در پوسته دانه انباشته شده است و با افزایش ضخامت پوسته سبب افزایش وزن هزار دانه گردیده است. همانطور که

مشاهده میشود. کاربرد سطوح مختلف سیلیسیوم نیز سبب اختلاف معنی دار در وزن سنبله، وزن هزار دانه، قطر ساقه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت، عملکرد دانه، جرم واحد طول ساقه و غلظت سیلیسیوم شاخص شد. کاربرد کود محسوتی نیتروژن نیز بر ارتفاع بوته، شاخص برداشت، عملکرد دانه و جرم واحد طول ساقه تاثیر معنی داری داشته در حالیکه در سایر صفات اندازه گیری شده اختلاف معنی داری ایجاد نکرده است. تاثیر سطوح مختلف سیلیسیوم و نیتروژن را برای کلیه صفات اندازه گیری شده بطور جداگانه مورد بررسی قرار می دهیم.

### وزن سنبله

بر اساس تجزیه واریانس شاخص های رشدی گیاه اثر اصلی تیمارها نشان داد که تاثیر ارقام مورد مطالعه و سیلیسیوم بر وزن سنبله معنی دار بود ( $p=0.01$ ). همچنین تاثیر سیلیسیوم بر وزن سنبله در سطح یک درصد معنی دار بود در حالیکه نیتروژن بر وزن سنبله دو رقم گندم تاثیر معنی داری نداشت. برهمکنش سیلیسیوم و نیتروژن نیز تاثیر معنی داری بر دو رقم گندم نداشت (جدول ۳).

در جدول دو طرفه مقایسه میانگین اعداد دو حاشیه جدول اثرهای اصلی (ساده) سیلیسیوم و نیتروژن و اعداد میانی جدول، برهمکنش این دو عنصر را نشان میدهد (جدول ۳). بر اساس نتایج بدست آمده کاربرد سیلیسیوم در خاک تاثیر معنی داری بر وزن سنبله هر دو رقم گندم داشت. در تیمار بدون سیلیسیوم وزن سنبله هر دو رقم گندم در مقایسه با سایر تیمارها کمترین بود و بیشترین وزن سنبله در تیمار ۵۰۰ میلیگرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک مشاهده شد. البته بطور کلی و صرفه نظر از تیمارهای اعمال شده نتایج این پژوهش نشان می دهد که وزن سنبله روشن (معادل ۲/۷۶ گرم) از وزن سنبله پیشتاز (معادل ۲/۳۰ گرم) بیشتر میباشد. همچنین نتایج این بررسی نشان داد که تاثیر سیلیسیوم بر هر دو رقم گندم مورد آزمایش تقریباً یکسان بود. به نظر میرسد که در این آزمایش حداکثر غلظت سیلیسیوم موثر بر وزن سنبله گندم مشخص نشد زیرا با افزایش سطح سیلیسیوم اضافه شده به خاک وزن سنبله همچنان افزایش پیدا کرد. به نظر میرسد با افزودن سیلیسیوم به خاک غلظت این عنصر در محلول خاک افزایش یافته است. احتمالاً سیلیسیوم با اصلاح pH خاک سبب تقلیل سمیت عناصر کم مصرف و تعدیل در جذب عناصر پرمصرف گردیده است. از طرفی کاربرد سیلیسیوم افزایش طول برگ، استحکام آن و در نهایت افزایش فتوسنتز را به دنبال داشت. سرانجام مواد ساخته شده به اندام حیاتی گیاه (دانه) منتقل، در همین قسمت ذخیره شده اند و وزن سنبله در هر گلدان را افزایش داده اند. بر اساس داده های بدست آمده در جدول ۳ تیمار صفر سیلیسیوم و ۲۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم نیتروژن (معادل ۱/۹۰ گرم در رقم پیشتاز و ۲/۳۵ گرم در رقم روشن) کمترین و تیمار ۵۰۰ سیلیسیوم و ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم نیتروژن با بیشترین وزن سنبله در رقم پیشتاز و تیمار ۵۰۰ سیلیسیوم و ۸۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم نیتروژن با ۳/۱۷ بیشترین وزن سنبله در رقم روشن بود. عبارتی در هر سطح سیلیسیوم با افزودن نیتروژن تغییر چشمگیری در وزن سنبله دو رقم مورد مطالعه مشاهده نشد.

فراز احمد و همکاران (۲۰۰۷) اثرات سیلیسیوم را بر رشد گیاه گندم در وضعیتهای رطوبتی مختلف مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش مقدار سیلیسیوم وزن سنبله افزایش یافت. اگرچه میزان افزایش وزن سنبله از نظر آماری معنی دار نبود. ضمناً ذکر این نکته

سیلیسیوم بر عملکرد و میزان پروتئین گندم پرداختند. نتایج آنها نشان داد کاربرد سیلیسیوم بر وزن هزاردانه گندم تأثیر معنی داری نداشته است. شاخص برداشت

اثر اصلی تیمارها در جدول تجزیه واریانس ۲ نشان داد که اثر ارقام گندم، سیلیسیوم و نیتروژن در شاخص برداشت تفاوت بسیار معنی داری داشتند. این تفاوتها در سطح یک درصد معنی دار بود ( $p=0.01$ ). بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل آنها نیز در شاخص برداشت معنی دار گزارش شد (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین‌ها برهمکنش سیلیسیوم و نیتروژن بر شاخص برداشت در سطح ۵ درصد معنی دار گزارش شد. بطوریکه رقم پیش‌تاز در تیمار صفر سیلیسیوم و ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن با ۳۱ درصد کمترین و تیمار ۵۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سیلیسیوم و نیتروژن با ۳۷/۵ درصد بیشترین شاخص برداشت را دارا بود. لازم به توضیح است که بیشترین شاخص برداشت رقم روشن نیز در همین تیمار و برابر ۳۹/۵ درصد گزارش شد. حال آنکه کمترین مقدار آن معادل ۳۳/۶ درصد و مربوط به سطح صفر سیلیسیوم و هر سه تیمار نیتروژن بود (شکل ۱ و ۲). بطور کلی و صرفه نظر از تیمارهای اعمال شده مشاهده شد که شاخص برداشت روشن از شاخص برداشت پیش‌تاز بیشتر می‌باشد. چنانچه میانگین شاخص برداشت برای رقم روشن ۳۶/۸۳ و برای رقم پیش‌تاز ۳۴/۲۲ درصد بود. شاید سیلیسیوم با تأثیری که بر استحکام ساقه گیاه داشته سبب ایستادگی بهتر آن گردیده است. بنابراین انتقال مواد از ساقه به دانه گیاه بهتر و بیشتر شده و در نهایت عملکرد دانه بیشتر میشود. همانطور که در قسمت مواد و روشها گفته شد شاخص برداشت، حاصل تقسیم عملکرد دانه به عملکرد زیستی میباشد. لذا با افزایش عملکرد دانه شاخص برداشت نیز افزایش مییابد. به نظر میرسد اثرات مثبت ناشی از مصرف نیتروژن بر افزایش شاخص برداشت به نقش نیتروژن در افزایش ماده خشک گیاه مربوط است، شاید استفاده از منبع کودی نیتروژن به دلیل فراهمی بهتر  $-NO_3$  و سنتز بیشتر و بهتر آنزیم نترات ردوکتاز، جذب و آسمیلایسیون نیتروژن بهتر صورت گرفته و منجر به افزایش بیشتر ماده خشک می‌شود.

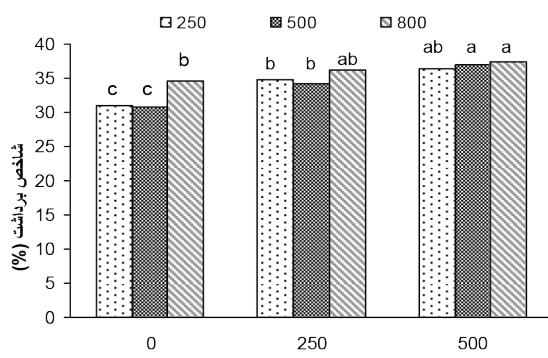
لیانگ و همکاران (۱۹۹۴) سیلیکات سدیم را در سه سطح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای دو گیاه برنج و گندم بکار بردند. آنها گزارش کردند با افزودن کود محتوی سیلیسیوم به خاکهای آهکی عملکرد دانه

در قسمت قبل اشاره شد صرفه نظر از تیمارهای اعمال شده وزن سنبله روشن از وزن سنبله پیش‌تاز بیشتر است؛ وزن هزار دانه روشن نیز از پیش‌تاز بیشتر می‌باشد. بطوریکه میانگین وزن هزار دانه رقم روشن برابر ۳۸/۴۵ و در رقم پیش‌تاز برابر ۳۵/۸۲ گرم گزارش شد. همچنین بیشترین غلظت سیلیسیوم موثر بر وزن هزار دانه در این آزمایش نیز مشخص نشد. بر اساس جدول مقایسه میانگین داده‌ها برهمکنش سیلیسیوم و نیتروژن بر وزن هزاردانه رقم پیش‌تاز و روشن تأثیر معنی داری در سطح ۵ درصد داشت. بطوریکه در تیمار عدم کاربرد سیلیسیوم و ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن وزن هزاردانه کمترین (۳۳/۷) گرم برای رقم پیش‌تاز و ۳۶/۰۵ گرم برای رقم روشن) و در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سیلیسیوم و ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن بیشترین مقدار (۳۷/۴۲) گرم برای رقم پیش‌تاز و ۴۰/۷ گرم برای رقم روشن) بود. لذا استنباط میشود که کود اوره با افزایش فراهمی یون آمونیوم باعث افزایش جذب نیتروژن و بهبود جذب نور گردیده است. از آنجا که نیتروژن یکی از اجزای اصلی کلرفیل می‌باشد سبب افزایش فعالیتهای متابولیکی

جدول ۴- تأثیر سطوح سیلیسیوم و نیتروژن بر وزن هزاردانه (گرم در

سطوح سیلیسیوم (mg/kg)	گلدان) دو رقم گندم			رقم پیش‌تاز
	سطوح نیتروژن (mg/kg)			
۲۵۰	۸۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۳۳/۷۰e*
۲۵۰	۳۴/۱۷b	۳۶/۱۳b	۳۶/۰۳d	۳۴/۰۶c
۵۰۰	۳۷/۳۱a	۳۷/۴۲a	۳۷/۲۸a	۳۶/۱۷b
میانگین	.....	۳۶ A	۳۵/۸۱B	۳۵/۷۳B
	رقم روشن			
۲۵۰	۳۸/۱۶b	۳۸/۱۵b	۳۸/۱۵b	۳۶/۰۵d
۵۰۰	۴۰/۸a	۴۰/۷۵a	۴۰/۸۳a	۴۰/۸۳a
میانگین	.....	۳۸/۵۴A	۳۸/۵۴A	۳۸/۳۵ A

\* میانگین‌هایی که برای هر صفت اندازه‌گیری شده در یک حرف کوچک و یا هر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک میباشند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی دار نیستند.



شکل ۱- اثر برهمکنش سیلیسیوم و نیتروژن بر شاخص برداشت گندم رقم پیش‌تاز

فتوسنتز و تنفس و در نتیجه افزایش وزن هزار دانه شده است. هنفی احمد و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر محلولپاشی سیلیسیوم و بور روی رشد گندم در شرایط خاک شور را مورد ارزیابی قرار داده و مشاهده نمودند که استفاده از سیلیسیوم باعث افزایش وزن هزار دانه گندم میشود. نتایج آنها نشان داد که سیلیسیوم و بور تا حدی اثرات منفی شوری را بر رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی از خاک کاهش میدهد. موریتی و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر منابع مختلف سیلیسیوم را بر رشد و عملکرد برنج در کنیا مطالعه کردند. هرچند با افزایش منابع مختلف سیلیسیوم وزن هزاردانه تغییر معنی داری نداشت اما آنها نشان دادند که کلسیم سیلیکات، پتاسیم سیلیکات و خاکستر کاه به ترتیب بیشترین تأثیر را بر افزایش وزن هزار دانه داشتند. کمالی مقدم و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی تأثیر

جدول ۵- تاثیر سطوح سیلیسیوم و نیتروژن بر عملکرد دانه (گرم در گلدان) دو رقم گندم

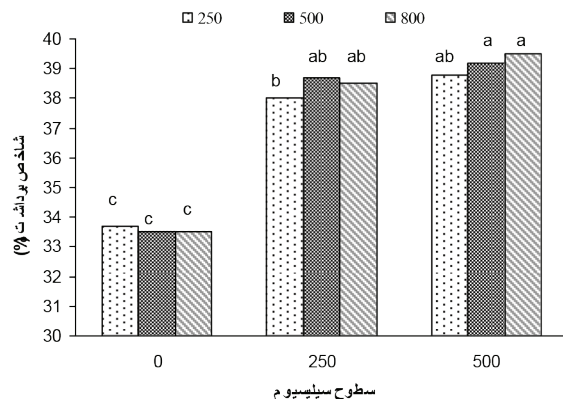
میانگین	سطوح نیتروژن (mg/kg)			سطوح سیلیسیوم (mg/kg)
	۸۰۰	۵۰۰	۲۵۰	
رقم پیش‌تاز				
۷/۳۹c	۷/۶۳c	۷/۵۷c	۶/۹۸d*	۰
۹/۰۴b	۹/۰۳b	۹/۰۴b	۹/۰۶b	۲۵۰
۱۲/۵۲a	۱۲/۵۱a	۱۲/۵۷a	۱۲/۵۸a	۵۰۰
.....	۹/۷۲A	۹/۷۳A	۹/۵۴B	میانگین
رقم روشن				
۶/۲۲c	۶/۶۳c	۶/۲۱d	۵/۸۴e	۰
۸/۲۹b	۸/۲۲b	۸/۲۲b	۸/۴۲b	۲۵۰
۹/۳۶a	۹/۴۲a	۹/۳۱a	۹/۳۶a	۵۰۰
.....	۸/۰۹A	۷/۹۱B	۷/۸۷B	میانگین

\* میانگین‌هایی که برای هر صفت اندازه‌گیری شده در یک حرف کوچک و یا هر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند

تفاوت چندانی وجود نداشت. عملکرد دانه در هر سه سطح نیتروژن بطور متوسط برابر ۹/۳۶ برای رقم روشن و ۱۲/۵۲ گرم در گلدان برای رقم پیش‌تاز گزارش شد. شهدی کومه و کاوسی (۱۳۸۳) نتایج مشابهی در این رابطه گزارش کردند. بر اساس یافته‌های آنها سیلیسیوم با بهبود وضعیت مورفولوژیکی و تغییر ترکیب شیمیایی گیاه برنج در افزایش عملکرد آن تاثیر بسزایی داشت. آنها مکانیسم این مسئله را اینگونه عنوان نمودند که سیلیسیوم از طریق تقلیل سمیت عناصر کم مصرف و تعدیل جذب عناصر پرمصرف بر رشد و عملکرد و وزن خشک اندام هوایی گیاه تاثیر دارد. میزان افزایش عملکرد دانه با کاربرد نیتروژن نیز در بسیاری منابع گزارش شده است (مینرد و جفروی، ۲۰۰۱). این افزایش از قانون بازدهی نزولی پیروی میکند بطوریکه با افزایش مصرف نیتروژن عملکرد دانه افزایش مییابد اما میزان این افزایش در مقادیر بالاتر نیتروژن به تدریج کمتر میشود. به نظر میرسد با افزایش نیتروژن مصرفی، مقدار کل نیتروژن جذب شده توسط گیاه افزایش یافته ولی در مقادیر پایینتر آن، کارایی و استفاده از نیتروژن جذب شده برای تشکیل دانه بیشتر بوده است (مینرد و جفروی، ۲۰۰۱).

#### ارتفاع بوته

طبق جدول تجزیه واریانس ۲، اثر اصلی تیمارهای مورد مطالعه نشان داد که در ارقام گندم از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی داری در سطح یک درصد مشاهده شد. همچنین اثر سیلیسیوم، نیتروژن و اثر کاربرد همراه آن دو بر ارتفاع بوته گندم بسیار معنی دار بود ( $p=0.01$ ). نتایج تاثیر سیلیسیوم بر ارتفاع بوته دو رقم گندم روشن و پیش‌تاز نشان داد که سیلیسیوم تاثیر معنی داری بر ارتفاع بوته هر دو رقم گندم در سطح ۵ درصد داشت (جدول ۶). همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش سیلیسیوم ارتفاع بوته هر دو رقم گندم افزایش یافت. روند تغییرات ارتفاع در رقم روشن نسبت به رقم پیش‌تاز کمتر بود. بطوریکه میزان افزایش ارتفاع در مرحله دوم معنی دار نبود. تاثیر نیتروژن بر ارتفاع بوته دو رقم گندم روشن و پیش‌تاز نشان داد که نیتروژن تاثیر معنی داری بر ارتفاع بوته



شکل ۲- اثر برهمکنش سیلیسیوم و نیتروژن بر شاخص برداشت گندم رقم روشن

برنج ۷/۲۰ درصد و عملکرد دانه گندم به میزان ۳/۹ درصد افزایش یافته است. رحیمی و کافی (۱۳۸۹) به مقایسه تاثیر سطوح مختلف شوری و سیلیسیوم در تولید زیست توده گیاه خرفه پرداختند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش سدیم سیلیکات وزن خشک ریشه و برگ کاهش مییابد. کاربرد سیلیسیوم باعث بهبود معنی دار عملکرد کل دانه، وزن کل دانه در انشعابات و شاخص برداشت شد. آنها همچنین تایید کردند که کاربرد سیلیسیوم با کاهش تجمع سدیم و افزایش درصد پتاسیم در برگ‌ها تاثیر مثبتی بر تحمل گیاه به شوری داشته است. امام و همکاران (۱۳۸۸) تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژن‌دار بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم در شرایط آبی و دیم بررسی نمودند. نتایج آزمایش آنها نشان داد که در هر دو رژیم رطوبتی افزودن نیتروژن سبب بهبود اجزای عملکرد دانه می‌گردد و این افزایش با ازدیاد عملکرد بیولوژیک و شاخص برگ همراه بود.

#### عملکرد دانه

طبق نتایج بدست آمده در جدول تجزیه واریانس اثر اصلی تیمارها نشان داد بین ارقام مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۲). همچنین تاثیر سیلیسیوم و نیتروژن بر عملکرد دانه گندم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گزارش شد. اثر متقابل رقم در نیتروژن، رقم در سیلیسیوم، سیلیسیوم در نیتروژن و رقم در هر عنصر مذکور نیز معنی دار بود (جدول ۲).

جدول مقایسه میانگین نشان داد که تاثیر سیلیسیوم بر عملکرد دانه هر دو رقم گندم روشن و پیش‌تاز در سطح ۵ درصد معنی دار بود. بطوریکه کاربرد سیلیسیوم در خاک سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه هر دو رقم گندم گردید (جدول ۵). کاربرد نیتروژن در گندم پیش‌تاز موجب افزایش معنی دار عملکرد دانه در سطح ۵ درصد شد. کاربرد همزمان سیلیسیوم و نیتروژن نیز تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه دو رقم گندم داشت. برای دو رقم مورد مطالعه در تیمار عدم کاربرد سیلیسیوم و کمترین سطح نیتروژن، کمترین عملکرد دانه گزارش شد. این مقادیر در رقم روشن و پیش‌تاز به ترتیب برابر ۵/۸۴ و ۶/۹۸ گرم در گلدان بود. با افزایش سیلیسیوم عملکرد دانه به تدریج افزایش یافت. بطوریکه در سطح ۵۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم سیلیسیوم بیشترین عملکرد دانه مشاهده شد. لازم به توضیح است که در این سطح بین تیمارهای مختلف نیتروژن

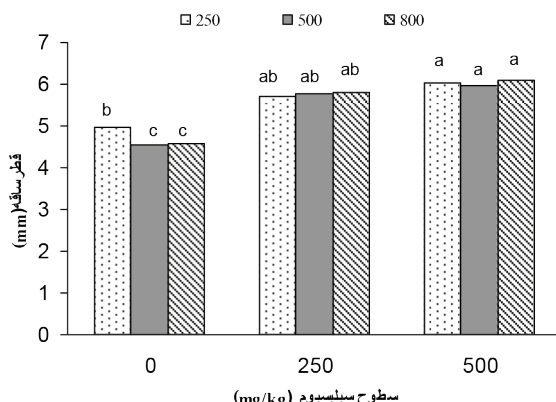
شرایط تنش رطوبتی به این نتیجه رسیدند که با کاربرد سیلیسیوم ارتفاع بوته افزایش پیدا میکند. سعید و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر سطوح مختلف سیلیسیوم روی رشد و عملکرد گندم در خاکهای سیلتیوم را مطالعه نمودند. آنها در آزمایشات خود از اسیدسیلیسیک (با سه غلظت ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) و سه رقم گندم مهران، آبادگر و کایران ۹۵ استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که ارتفاع بوته گیاه در هر سه رقم گندم با کاربرد ۲۵ درصد سیلیسیوم افزایش و در مقادیر بیشتر از آن کاهش می یابد.

### قطر ساقه

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۲ مشاهده میشود که رقم و سیلیسیوم از نظر تأثیر بر قطر ساقه تفاوت معنی داری در سطح یک درصد را نشان میدهند ( $p=0.01$ ). در حالیکه نیتروژن و اثر متقابل این عنصر با سیلیسیوم تأثیر معنی داری در قطر ساقه گندم نداشت (جدول ۲).

میانگین	سطوح نیتروژن (mg/kg)			سطوح سیلیسیوم (mg/kg)
	۸۰۰	۵۰۰	۲۵۰	
	رقم پیشتاز			
۸۷/۳b	۸۸/۹ b	۸۶/۷c	۸۶/۲c*	۰
۸۹ab	۸۹ ab	۸۹ ab	۸۹ ab	۲۵۰
۸۹/۵a	۹۰/۲a	۸۹/۲ab	۸۹/۲ab	۵۰۰
.....	۸۹/۴A	۸۸/۳AB	۸۸/۱B	میانگین
	رقم روشن			
۱۰۶/۷b	۱۰۷/۳a	۱۰۷ab	۱۰۵/۸b	۰
۱۰۸a	۱۰۹a	۱۰۸ab	۱۰۷ab	۲۵۰
۱۰۷/۹a	۱۰۹a	۱۰۷/۳ab	۱۰۷/۳ab	۵۰۰
.....	۱۰۸/۴A	۱۰۷/۴AB	۱۰۶/۷B	میانگین

\* میانگینهایی که برای هر صفت اندازه گیری شده در یک حرف کوچک و یا هر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک میباشند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی دار نیستند.



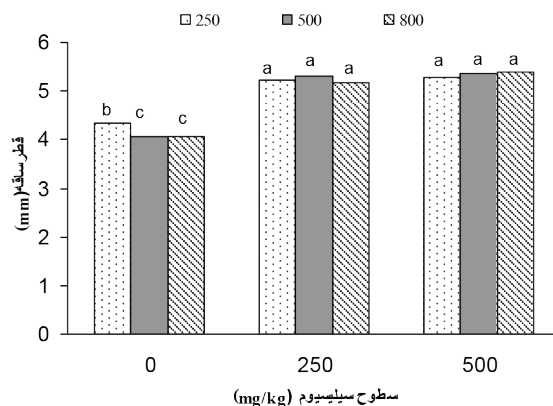
شکل ۳: اثر برهمکنش سیلیسیوم و نیتروژن بر قطر ساقه رقم پیشتاز

هر دو رقم گندم داشت. با کاربرد نیتروژن ارتفاع بوته هر دو رقم گندم افزایش معنی داری داشت. البته بطور کلی صرفه نظر از تیمارهای اعمال شده نتایج این تحقیق نشان می دهد که ارتفاع بوته روشن از ارتفاع بوته پیشتاز بیشتر میباشد. شاید به همین دلیل است که رقم روشن در منابع رقمی حساس به ورس گزارش میشود. بر اساس جدول مقایسه میانگین ۵ کاربرد سیلیسیوم همراه با نیتروژن موجب تغییر ارتفاع بوته گیاه در سطح ۵ درصد گندم شد. در تیمار عدم کاربرد سیلیسیوم با کاربرد نیتروژن افزایش معنی داری در ارتفاع بوته گندم مشاهده شد. اما در تیمار ۲۵۰ و ۵۰۰ میلیگرم بر گرم سیلیسیوم در خاک، با کاربرد کود نیتروژن در ارتفاع بوته تغییر چشمگیری مشاهده نشد. عبارتی با کاربرد سیلیسیوم ارتفاع بوته با شدت کمتری افزایش پیدا می کند. بنابراین با افزودن این عنصر، اثر منفی مصرف زیاد نیتروژن بر افزایش ارتفاع بوته خنثی گردیده است. در هر دو رقم گندم کمترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار عدم کاربرد سیلیسیوم و ۲۵۰ میلیگرم بر کیلوگرم نیتروژن بود (برابر ۸۶/۲ و ۱۰۵/۸ سانتیمتر در رقم پیشتاز و روشن). بیشترین ارتفاع بوته به ترتیب در تیمار ۵۰۰ همراه با ۸۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم سیلیسیوم و نیتروژن بود. این عدد برای رقم پیشتاز برابر ۹۰/۲ و رقم روشن برابر ۱۰۹ سانتیمتر گزارش گردید (جدول ۶).

شهسواری و صفاری (۱۳۸۴) اثر مقدار نیتروژن را بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم روشن، قدس و شههاد بررسی نمودند. نتایج آنها نشان میدهد که اثر مصرف نیتروژن بر ارتفاع بوته سه رقم در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک معنی دار نبود. آنها ادعا کردند که رقم روشن دارای بیشترین ارتفاع در بین ارقام مورد مطالعه میباشد. مرادی تلاوت و همکاران (۱۳۸۹) اثر مصرف نیتروژن و علفکش بر رقابت گندم و یولاف وحشی را بررسی کردند. تجزیه واریانس داده های آنها نشان میدهد که با افزایش نیتروژن تا سطح ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار ارتفاع بوته گندم بطور معنی داری افزایش می یابد. در نتیجه این موضوع، در اثر بر هم خوردن توازن رشد رویشی و زایشی گیاه و همچنین ایجاد ورس در بوته عملکرد دانه گندم افزایش چندانی از سطح ۱۲۰ تا ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشت. این موضوع با نتایج فرجی (۲۰۰۶) مطابقت داشت. مک داف (۱۹۹۱) گزارش کرد مصرف زیاد نیتروژن باعث رشد بیش از حد گیاه شده و برگ ها به رنگ سبز تیره در می آید و ممکن است زیادی نیتروژن خاک در صورتی که مقدار سایر عناصر غذایی کم باشد، دوره رشد گیاه را طولانیتر کرده و رسیدن محصول را به تأخیر بیندازد. اگرچه عرضه نیتروژن با مصرف کربوهیدرات ها رابطه عکس دارد. انباشتگی کربوهیدراتها در سلولهای رویشی سبب افزایش ضخامت آنها میشود. چنانچه نیتروژن اضافی به گیاه داده شود و شرایط رشد نیز مناسب باشد، کربوهیدراتها صرف ساختن پروتئین شده و به همین خاطر آب بیشتری جذب پروتوپلاسم گیاه گشته که در نتیجه گیاه ترد و شکننده میشود. همچنین نیتروژن در بسیاری از ترکیبات سلولهای گیاهی از قبیل اسیدامینوها و نوکلئیک اسیدها وجود دارد. بنابراین، یکی از علائم کمبود آن در گیاه کند شدن رشد میباشد. به علاوه کمبود نیتروژن در گیاه ممکن است بشدت سبب باریکی و اغلب چوبی شدن ساقه شود این چوبی شدن ممکن است ناشی از ساخت بیش از حد کربوهیدراتها باشد (گوتلر و رینز، ۱۹۱۱). فراز احمد و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی رشد گندم با کاربرد سیلیس در



نتایج تاثیر سیلیسیوم بر جرم واحد طول ساقه دو رقم گندم روشن و پیش‌تاز نشان داد که سیلیسیوم تاثیر معنی داری بر جرم واحد طول ساقه هر دو رقم گندم در سطح ۵ درصد داشت (جدول ۷). طبق بررسی انجام شده با افزایش میزان سیلیسیوم، جرم مخصوص ساقه هر دو واریته گندم مورد مطالعه افزایش یافت. میزان این افزایش در رقم روشن از ۸۳/۳ تا ۹۱ گرم بر متر و برای رقم پیش‌تاز از ۷۴/۳ تا ۸۲/۷ گرم بر متر در تیمار صفر و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سیلیسیوم متغیر بود. چنین به نظر می‌رسد که با افزایش میزان سیلیسیوم در خاک جذب این عنصر توسط ریشه گیاه افزایش یافته است. با رسوب ترکیبات سیلیسیومی در سلولهای ساقه و برگ گیاه تاثیر معنی داری بر وزن هر سانتیمتر ساقه داشته است. نتایج تاثیر نیتروژن بر جرم واحد طول ساقه دو رقم گندم روشن و پیش‌تاز نشان داد که نیتروژن نیز تاثیر معنی داری در سطح ۵ درصد بر جرم واحد طول ساقه هر دو رقم گندم داشت (جدول ۷). طبق بررسی انجام شده با



شکل ۴- اثر برهمکنش سیلیسیوم و نیتروژن بر قطر ساقه رقم روشن

جدول ۷- تاثیر سطوح سیلیسیوم و نیتروژن بر جرم واحد طول ساقه (g/m) دو رقم گندم

میانگین	سطوح نیتروژن (mg/kg)			سطوح سیلیسیوم (mg/kg)
	۸۰۰	۵۰۰	۲۵۰	
<u>رقم پیش‌تاز</u>				
۷۴/۳b	۶۰c	۷۹ab	۸۴a*	۰
۸۳/۳a	۸۴ab	۸۲a	۸۴a	۲۵۰
۸۲/۷a	۸۴a	۸۲/۱a	۸۲a	۵۰۰
.....	۷۶C	۸۱B	۸۳/۳A	میانگین
<u>رقم روشن</u>				
۸۳/۳b	۷۹b	۷۹b	۹۲a	۰
۸۵/۳ab	۸۲ab	۸۴ab	۹۰a	۲۵۰
۹۱/۰a	۹۰a	۹۲a	۹۱a	۵۰۰
.....	۸۳/۷C	۸۵B	۹۱A	میانگین

\* میانگین‌هایی که برای هر صفت اندازه‌گیری شده در یک حرف کوچک و یا هر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

افزایش میزان نیتروژن، جرم واحد طول ساقه هر دو واریته گندم کاهش یافت. میزان این کاهش در رقم روشن از ۹۱ تا ۸۳/۷ گرم بر متر و برای رقم پیش‌تاز از ۸۳/۳ تا ۷۶ گرم بر متر در تیمار ۲۵۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن متغیر بود. چنین به نظر می‌رسد که با افزایش میزان نیتروژن در خاک جذب این عنصر توسط ریشه گیاه افزایش یافته است. در نهایت با افزایش ارتفاع بوته (باریک و بلند شدن ساقه) تاثیر معنی داری بر وزن هر سانتیمتر ساقه داشته است. بر اساس مقایسه میانگینها در جدول ۶ برهمکنش سیلیسیوم و نیتروژن خاک بر جرم واحد طول ساقه نشان داد که با افزایش سیلیسیوم همراه با نیتروژن جرم واحد طول ساقه هر دو رقم گندم تغییر معنی داری در سطح ۵ درصد یافت. بطوریکه تیمار کودی صفر سیلیسیوم و ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن با ۶۰ گرم بر متر کمترین جرم مخصوص ساقه را در رقم پیش‌تاز دارا بود و بیشترین آن معادل ۸۴ گرم بر متر در تیمار بالاترین سطح کاربردی کود سیلیسیوم و نیتروژن مشاهده گردید. در رقم روشن نیز کمترین جرم مخصوص ساقه

با کاربرد توام سیلیسیوم و نیتروژن در قطر ساقه هر دو رقم پیش‌تاز و روشن در سطح ۵ درصد تغییر معنی داری مشاهده گردید. در سطح عدم کاربرد سیلیسیوم با افزایش نیتروژن قطر ساقه بطور معنی داری کاهش یافت (شکل ۳ و ۴). احتمالاً با افزودن نیتروژن تقسیم سلولی و در نتیجه رشد طولی ساقه افزایش یافته است. بنابراین ارتفاع گیاه به سرعت زیاد شده و زمان کافی برای انباشتن مواد در دیواره سلولی و افزایش قطر نبوده است. با کاربرد سیلیسیوم بیشتر تغییر معنی داری در قطر ساقه مشاهده نشد. بنابراین این عنصر اثر منفی نیتروژن بر کاهش قطر ساقه را خنثی نموده است. لیانگ و همکاران (۱۹۹۶) در مطالعات خود اثر سیلیسیوم بر گیاه جو را مورد بررسی قرار دادند. آنها در گزارش خود بیان کردند که سیلیسیوم با ایجاد کمپلکسهای پیچیده در ترکیبات دیواره‌های گندمیان سبب استحکام و افزایش اندازه منافذ دیواره و نیز رشد قطری و طولی یاخته‌ها به ویژه آوند چوبی این گیاهان میگردد. خصوصی و جعفرلو (۱۳۸۹) سیلیس و نقش آن در گیاه برنج را مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش مقدار سیلیسیوم مقاومت ساقه گیاه در برابر خوابیدگی افزایش می‌یابد. آنها مکانیسم این پدیده را اینگونه عنوان کردند که با جذب سیلیسیوم و تشکیل لایه اپیدرمی ضخیم سیلیکاتی حساسیت گیاه نسبت خوابیدگی کاهش می‌یابد. شاید یکی از دلایل تاثیر سیلیسیوم بر مقاومت ساقه در برابر خوابیدگی در آزمایش خصوصی و جعفرلو همین نکته باشد زیرا در این آزمایش با افزایش کاربرد سیلیسیوم قطر ساقه در ارقام روشن و پیش‌تاز افزایش می‌یابد. صیادی و جمنژاد (۱۳۸۹) خوابیدگی در گندم و موتاسیون را مطالعه نمودند. نتایج بررسی آنها نشان داد که کم بودن قطر ساقه گندم و کمبود سیلیسیوم در محل گره های ساقه از عوامل موثر در ایجاد خوابیدگی ساقه گندم هستند.

### جرم واحد طول ساقه

اثر اصلی تیمارها در جدول تجزیه واریانس شاخصهای رشد گیاه نشان داد که اثر ارقام گندم، سیلیسیوم و نیتروژن بر جرم واحد طول ساقه معنی دار بود (جدول ۲). همچنین اثر متقابل سیلیسیوم در رقم، سیلیسیوم در نیتروژن، رقم در سیلیسیوم در نیتروژن بر جرم واحد طول ساقه معنی دار بود در حالیکه اثر رقم در نیتروژن معنی دار گزارش نشد.

از این عنصر را جذب نموده و آن را در سلولهای خود ذخیره میکنند. بنابراین دارای ساقه‌های ضخیمتری نسبت به رقم روشن است و حساسیت کمتری به خوابیدگی نشان میدهد. نتایج تأثیر سیلیسیوم همراه با نیتروژن بر غلظت سیلیسیوم در شاخسار دو رقم گندم روشن و پیشتاز نشان داد که کاربرد توأم این دو عنصر تأثیر معنی داری بر غلظت سیلیسیوم شاخسار هر دو رقم گندم در سطح ۵ درصد داشت. بر اساس نتایج به دست آمده رقم پیشتاز با تجمع سیلیسیوم در شاخسار به میزان ۴/۱۷ درصد کمترین مقدار را در مقایسه با سایر تیمارها دارا بود. این مقدار مربوط به تیمار ۲۵۰ میلیگرم بر کیلوگرم سیلیسیوم و ۲۵۰ میلیگرم بر کیلوگرم نیتروژن بود. با افزایش کاربرد این دو عنصر مقدار سیلیسیوم اندام هوایی افزایش داشت؛ بطوریکه حداکثر غلظت سیلیسیوم در تیمار تلفیقی ۵۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم سیلیسیوم و ۸۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم نیتروژن برای رقم پیشتاز معادل ۱۰ درصد بود. لازم به توضیح است با کاربرد ۵۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم سیلیسیوم، غلظت سیلیسیوم شاخسار رقم پیشتاز در سطوح ۵۰۰ و ۸۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم نیتروژن، در یک گروه آماری قرار داشتند. در رقم روشن غلظت سیلیسیوم شاخسار با ۵/۵ درصد (در تیمار عدم کاربرد سیلیسیوم و ۲۵۰ میلیگرم بر کیلوگرم نیتروژن) کمترین مقدار را دارا بود. در حالیکه بیشترین تجمع این عنصر در شاخسار در تیمار ۵۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم سیلیسیوم و ۸۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم نیتروژن و برابر ۹/۴ درصد بود. لذا استنباط میشود که با افزودن کودهای نیتروژن به خاک، سیلیسیوم بیشتری توسط ریشه گیاه جذب شده، به قسمتهای بالایی گیاه منتقل و در آنجا ذخیره میگردد. تناکا و پارک (۱۹۶۶) نقش سیلیسیوم بر رشد گیاه برنج بررسی نمودند. آنها در نتایج آزمایشات خود نشان دادند که کاربرد سیلیسیوم منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی و همچنین افزایش غلظت این عنصر در گیاه گردیده است. همچنین بیان کردند که توزیع و تراکم سیلیسیوم در گیاه برنج توسط فرآیند متابولیکی و میزان تعرق اندامهای هوایی کنترل میشود. شهیدیکومله و کاوسی (۱۳۸۳) نیز در بررسیهای خود در رابطه با اثر متقابل سیلیسیوم و فسفر بر گیاه برنج بیان کردند که کاربرد سیلیسیوم در جذب آن توسط ریشه گیاه و در نتیجه غلظت آن تأثیر معنی داری داشته است. بر اساس نتایج آنها تیمار تلفیقی ۸۰۰ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار از منابع کودی سلیکاته و فسفات هداکثر عملکرد دانه را در این تحقیق بروز داده است. نظر به پژوهش به عمل آمده میتوان عنوان کرد که با کاربرد کودهای سلیکاته در خاک عملکرد دانه و برخی از اجزای عملکرد گندم افزایش یافت. سیلیسیوم با افزایش اجزاء عملکرد (وزن سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت) موجب افزایش عملکرد گندم شد. در هر دو رقم مورد مطالعه بهترین وزن هزار دانه، شاخص برداشت و برخی از اجزای عملکرد که نقش مهمی در تولید دارند از تیمار ۵۰۰ و ۸۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم سیلیسیوم و نیتروژن به دست آمد. سیلیسیوم با ذخیره شدن در دیواره سلولی گیاه جرم واحد طول ساقه را افزایش داد. نیتروژن موجود در خاک کارایی جذب سیلیسیوم را بیشتر کرد. غلظت سیلیسیوم جذب شده در دو رقم مورد استفاده متفاوت بود بطوریکه رقم پیشتاز گندم در جذب سیلیسیوم نسبت به رقم روشن برتری نشان داد.

## پاورقی ها

### 1. Harvest index

برابر با ۸۲ گرم بر متر (تیمار ۲۵۰ میلیگرم بر کیلوگرم سیلیسیوم و ۸۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم نیتروژن) بود. بیشترین جرم مخصوص ساقه در تیمار صفر سیلیسیوم و ۲۵۰ نیتروژن و همچنین در تیمار ۵۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم سیلیسیوم و نیتروژن (معادل ۹۲) مشاهده شد. لازم به توضیح است که در رقم روشن در تیمار ۲۵۰ میلیگرم بر کیلوگرم نیتروژن، با کاربرد سطوح سیلیسیوم تفاوت معنی داری در تیمارهای مورد آزمایش مشاهده نشد. متوسط جرم واحد طول ساقه گیاه در تیمار صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم سیلیسیوم به ترتیب به ۸۳، ۷۴/۳ و ۸۳ در رقم پیشتاز و ۸۳، ۸۵/۳ و ۹۱/۵ گرم بر متر در رقم روشن بود. در مجموع با کاربرد این دو عنصر در خاک وزن هر سانتی متر ساقه رقم پیشتاز ۱۰/۴۸ درصد و در رقم روشن ۹/۲۳ درصد افزایش یافت. نتایج آزمایشات لی و همکاران (۱۹۸۹) نشان داده که سیلیسیوم باعث افزایش وزن خشک ساقه در گندم میشود.

## غلظت سیلیسیوم در شاخسار گیاه

جدول تجزیه واریانس ۲ نشان میدهد که اثر ارقام گندم مورد مطالعه و نیتروژن بر غلظت سیلیسیوم در شاخسار گیاه از نظر آماری معنی دار نبود (p=0.01). تأثیر سیلیسیوم و همچنین اثر متقابل این عنصر در رقم و نیتروژن بر غلظت سیلیسیوم شاخسار در سطح یک درصد معنی دار گزارش شد اما اثر نیتروژن در رقم و اثر آن در سیلیسیوم و رقم معنی دار نبود (جدول ۲). نتایج تأثیر سیلیسیوم بر غلظت آن در گیاه دو رقم گندم روشن و پیشتاز نشان داد که سیلیسیوم تأثیر معنی داری بر غلظت آن در هر دو رقم گندم در سطح ۵ درصد داشت (جدول ۸). تأثیر مثبت سیلیسیوم بر افزایش غلظت این عنصر در اندام هوایی هر دو واریته گندم مشابه بود. میزان تجمع سیلیسیوم شاخسار در تیمار عدم کاربرد این عنصر برای هر دو رقم گندم کمترین (معادل ۶/۷ درصد در رقم پیشتاز و ۶ درصد در رقم روشن) بوده و تیمار ۵۰۰ میلیگرم بر کیلوگرم سیلیسیوم بیشترین مقدار این عنصر در شاخسار گیاه (۹/۳ و ۸/۴ درصد به ترتیب برای ارقام پیشتاز و روشن) بود. با اینکه با کاربرد سیلیسیوم در خاک، غلظت سیلیسیوم در شاخسار بطور معنی داری افزایش یافت اما درصد این تغییرات در رقم پیشتاز بیشتر بود (جدول ۸). لذا اینگونه استنباط میشود که با وجود غلظتهای برابر سیلیسیوم در خاک رقم پیشتاز مقدار بیشتری

جدول ۸- تأثیر سطوح سیلیسیوم و نیتروژن بر غلظت سیلیسیوم در شاخسار (%) دو رقم گندم

میانگین	سطوح نیتروژن (mg/kg)			میانگین
	۸۰۰	۵۰۰	۲۵۰	
	رقم پیشتاز			
۶/۷ c	۷/۲e	۶/۹f	۶/۰۱ g*	۰
۷/۶b	۹/۷b	۹/۰۱c	۴/۱۷ h	۲۵۰
۹/۳a	۱۰a	۱۰a	۷/۹d	۵۰۰
.....	۸/۹ A	۸/۶ A	۶C	میانگین
	رقم روشن			
۶c	۶/۶f	۶g	۵/۵i	۰
۷/۲b	۸/۱c	۷/۷d	۵/۷h	۲۵۰
۸/۴a	۹/۴a	۸/۴b	۷/۵c	۵۰۰
.....	۸A	۷/۴AB	۶/۲B	میانگین

\* میانگین هایی که برای هر صفت اندازه گیری شده در یک حرف کوچک و یا هر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک میباشند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی دار نیستند.

## منابع مورد استفاده

- digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. *J. Agric. Food Chem.* 39: 1118-1119.
16. Faraji, H. 2006. The mechanism of nitrogen effect on eco-physiological restrictions of wheat yield in khuzestan. Ph.D. thesis. Ramin Agriculture and Natural Resources University. (In Persian).
  17. Faraz, A., L. Rahmatullah, A. Tariq, M. Aamer, A. Mukkram, Tahir and Sh. Kanwal. 2007. Effect of silicon application on wheat (*Triticum aestivum* L.) growth under water deficiency stress. *J. Food Agric.* Vol, 19, No, 2. pp: 01-07.
  18. Gutler, J. M., and D.W. Rains. 1911. Effect of irrigation history on responses of cotton to subsequent water stress. *Crop Sci.* 11: 329-334.
  19. Haanafy, A. H., E. M. Harb, M. A. Higazy, and Sh. H. Morgan. 2008. Effect of silicon and boron foliar applications on wheat plants grown under saline soil conditions. *Int. nat. J. Agric. Res.* Vol, 3, No, 10. pp: 1-26.
  20. Hatfield, J. L., and J. H. Prueger. 2004. Nitrogen over-use, under-use, and efficiency. *Crop Sci.* 26: 156-168.
  21. Gong, H. J., K. M. Chen, G. C. Chen, S. M. Wang, and C. L. Zhang. 2003. Effects of silicon on growth of wheat under drought. *J. Plant Nutr.* Vol, 26, No, 5. pp: 1055-1063.
  22. Laffan, J. 1999. Cropping systems for sustainable wheat production. Continuing education, CB Alexander agricultural college, Tocal, NSW.
  23. Liang, Y. C., S. Qirong, and S. Zhenguo. 1996. Effect of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. *J. Plant Soil.* Vol, 209, No, 2. pp: 217-224.
  24. Liang, Y. C., T. S. Ma, F. J. Li, and Y. J. Feng. 1994. Silicon availability and response of rice and wheat to silicon in calcareous soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25: 2285-2297.
  25. Li, Y. C., A. K. Adva, and M. E. Sumner. 1989. Response of cotton cultivars to aluminium in solution with varying silicon concentration. *J. Plant Nutr.* 12: 881- 892.
  26. Ranganathan, S., Suvarchala, V., Rajesh, Y. B. R. D., Srinivasa Prasad, M., Padmakumari, A. P., and Voleti, S. R. 2006. Effects of silicon sources on its deposition, chlorophyll content, and disease and pest resistance in rice. *Biol. Plant.* 50: 713-716.
  27. Saeed A. A., R. Qureshi, F. M. Soomro, A. A. Mirbahar, and G. S. Jakhar. 2009. Effects of silicon levels on growth and yield of wheat in silty loam soil. *Pak. J. Bot.* Vol, 41, No, 3. pp: 1385-1390.
  28. Saha, A., R. K. Sarkar, and Y. Yamagishi. 1998. Effect of time
۱. امام، ی.، س. سلیمی کوچی و آ. شکوفا. ۱۳۸۸. تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژن دار بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم در شرایط آبی و دیم. مجله پژوهشهای زراعی ایران. جلد ۷، شماره ۱. صفحه ۳۲۱-۳۳۲.
  ۲. خصوصی، م. و ا. جعفر لو. ۱۳۸۹. سیلیس و نقش آن در گیاه برنج. در: <http://www.gyah.ir/gyahcrop>
  ۳. رحیمی، ز. و م. کافی. ۱۳۸۹. مقایسه تاثیر سطوح مختلف شوری و سیلیسیوم در تولید زیست توده، مقدار سدیم و پتاسیم برگ و ریشه خرفه (*Portulaca oleracea* L.) نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۴، شماره ۲. صفحه ۳۶۷.
  ۴. سایهپوش، م. ر. ی. امام و ع. سعیدی. ۱۳۸۲. تنوع ژنتیکی، قابلیت توارث و ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی عملکرد دانه، اجزاء آن و برخی صفات مورفو فیزیولوژیک در گندم نان. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۵، شماره ۲.
  ۵. شهدی کومله، ع. و م. کاوسی. ۱۳۸۳. بررسی اثر متقابل سیلیسیوم و فسفر بر رشد و عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.). مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵، شماره ۳. صفحه ۵۸۱-۵۸۶.
  ۶. شهسواری، ن. و م. صفاری. ۱۳۸۴. اثر مقدار نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم در کرمان. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۶۶، صفحه ۸۲-۸۷.
  ۷. صیادی، ر. و م. جم نژاد. ۱۳۸۹. خوابیدگی در گندم و موتاسیون، در <http://irkeshavarzi.blogfa.com/post-4.aspx>:
  ۸. کمالی مقدم، ع.، م. ج. ملکوتی و م. لطف الهی. ۱۳۸۴. بررسی تاثیر سیلیسیوم بر عملکرد و میزان پروتئین گندم. چاپ اول. انتشارات نشر آبخیز. صفحه ۳۷.
  ۹. مرادی تلاوت، م.، ر. سیادت، س. ع. ا. فتحی، ق. ا. زند و س. خلیل عالمی. ۱۳۸۹. اثر مصرف نیتروژن و علف کش بر رقابت گندم و یولاف وحشی. مجله علوم زراعی ایران. جلد دوازدهم، شماره ۴.
  ۱۰. ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۴. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. انتشارات سنا. چاپ سوم.
  ۱۱. نصری، م.، م. خلعتبری، ف. پاک نژاد، ج. حسن پور و پ. کسرابی. ۱۳۸۷. تاثیر سطوح مختلف محلولپاشی عنصر سیلیسیوم و تراکم کاشت بر خصوصیات کمی کلزا در شرایط آب و هوایی ورامین. دانش کشاورزی ایران. جلد ۵، شماره ۳. صفحه ۳۱۵-۳۲۵.
  ۱۲. هوشمند فر، ع.، م. طهرانی و ب. هاشم‌لویان. ۱۳۸۷. تاثیر مقدار مصرف نیتروژن بر میزان پروتئین دانه و کارایی مصرف نیتروژن در گندم. گیاه و زیست بوم. شماره ۱۵. صفحه ۵۲-۶۲.
  13. Datnoff, L. E., R. N. Raid., G. H. Snyder., and D. B. Jones. 2001. Effect of Calcium silicate on blast and brown spot intensities and yield of rice. *Plant Dis.* 75: 729-732.
  14. Davis, J. G., D. G. Westfall, J. J. Mortvedt, and J. F. Shanahan. 2002. Fertilizing winter wheat. *Agron. J.* 84: 1198-1203.
  15. Elliott, C. L., and H. S. George. 1991. Autoclave-Induced

- of nitrogen application on spikelet differentiation and degeneration of rice. Bot. Bull. Acad. Sin. 39: 119-123.
29. Shahsavari, N., and M. Safari. 2005. The effect of N on yield component on three wheat cultivars yield. Pagohesh and Sazandegi J. 66: 124-140.
  30. Singh, K., R. Singh, J. P. Singh, Y. Singh, and K. K. Singh. 2006. Effect of level and time of silicon application on growth, yield and its uptake by rice (*Oryza sativa*). Indian J. Agric. Sci. Vol,76, No, 7. pp: 410-413.
  31. Sundahri, T., C. J. Bell, P. W. G. Salel, and R. Peries. 2001. Response of canola and wheat to applied silicate and gypsum on raised beds. Proc. 10th Australian Agronomy Conference. 2001. Available online: [www.regional.org.au/au/asa/2001/p/14/sundahri.htm](http://www.regional.org.au/au/asa/2001/p/14/sundahri.htm)
  32. Tanaka, A., and Y. D. Park. 1966. Significance of the absorption and distribution of silicon in the growth of the rice plant. Soil Sci. Plant Nutr. 12: 23-27.
  33. Magdaff, F. 1991. Minimizing nitrate leaching in agricultural products: dept. plant and soil sci. Univ. of Vermont, Burlington, Vt, USA.
  34. Matichenkov, V., and A. Kosobrukhov. 2004. Silicon effect on the plant resistance to salt toxicity. 13th International Soil Conservation Organization Conference. Conserving soil and water for society. Brisbane, July.
  35. Mainard, S. D., and M. H. Jeuffroy. 2001. Partitioning of dry matter and N to the spike throughout the spike growth period in wheat crops subjected to N deficiency. Field Crops Res. 70: 153-165.
  36. Muriithi, C., E. Mugai, A. W. Kihurani, C. J. Nafuma, and S. Amboga. 2009. Determination of silicon from rice by-products and chemical sources on rice blast management. Jomo Keny Univ. Agric. and Technol. P.O. Box.
  37. Murillo-Amador, B., H. G. Jones., C. Kayac., and R. L. Aguilar. 2006. Effects of foliar application of calcium nitrate on growth and physiological attributes of cowpea (*Vigna unguiculata*) grown under salt stress. Environ. Exp. Bot. 58: 188-196.
  38. Narayanaswamy, C., and N. B. Prakash. 2009. Calibration and Categorization of Plant Available Silicon in Rice Soils of South India. J. Plant Nutr. 32: 1237-1254.
  39. Yoshida, S., S. A. Navasero, and E. A. Ramirez. 1989. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characteristics of the rice plant. Plant Soil 31: 46-56.