Plant Production Technology/ Volume 24/ Issu 1/ Pages 103-111/ Spring and Summer 2024
https://doi.org/10.22084/PPT.2024.28853.2122

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Investigating the Effect of Potassium Silicate as a Messenger in Retransmission in Bitter Vetch(*Vicia ervilia* L.)

Nabati[1*], J., Yousefi[2], A., Hasanfard[3], A. and Nemati[4], Z.

1, 2 and 3. Assistant Professor, PhD Student and PhD Graduated, Respectively, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
4. PhD Graduated, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
*: Corresponding Author Email: jafarnabati@um.ac.ir

Received: 2024/01/24 Accepted: 2024/07/30

Introduction
Silicon is increasingly recognized as a beneficial element for improving plant growth by enhancing physiological, biochemical, and molecular responses. It plays a role in various plant processes like osmosis, metabolism, stomatal physiology, and phytohormone relationships. Some researchers believe that silicon, as a signaling molecule, reduces damage caused by reactive oxygen species and ionic leakage by increasing the plant's antioxidant defense capacity. silicon plays a significant role in increasing the accumulation of photosynthetic materials in seeds; researchers attribute this increase to the flow of assimilates towards the seed, reduced source limitation, enhanced sink capacity, and improved remobilization of photosynthetic materials. The results indicate that silicon can affect the production and allocation of dry matter and the relationship between source strength and sink size. The consumption of silicon leads to favorable interactions with fertilizer elements such as potassium, thereby enhancing agronomic traits and improving the efficiency of this element to increase yield. Potassium plays a crucial role in osmotic control, enzyme activity, regulating cell pH, maintaining the balance between anions and cations within cells, controlling evaporation and transpiration through stomatal regulation, and aiding in the transport of metabolic materials from photosynthetic activities, ultimately improving yield by increasing leaf area and chlorophyll content. It has been shown that the application of silicon improves biomass, seed yield, and tiller number in several crops. Bitter vetch is a forage plant from the legume family and is native to regions in West and Southwest Asia, cultivated in various countries, including Iran. Bitter vetch is ecologically adaptable to drought and has always been of interest due to its high nutritional value, short growing period, and ability to fix soil nitrogen. The research aims to investigate the effect of silicon as a signaling molecule in nutrient remobilization in bitter vetch to enhance yield.

Materials and Methods
In order to investigate the effect of potassium silicate levels (control (distill water), 2/1000, 3/1000, 4/1000 and 5/1000) on bitter vetch plant yield, an experiment was conducted in the form of a randomized complete block design with three replications at the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. In this study, local seeds from Lorestan province were used. The seeds were manually planted at a depth of two centimeters in the soil in the first half of February 2022. The application of potassium silicate was carried out in two stages as foliar spraying. The first stage took place at the time of pod formation and 10 days after first application. At the end of the growth season, morphological traits including plant height, lowest pod hight, number of secondary branches in five plants, 1000- grain weight and yield traits were were measured and recorded. Statistical analysis was performed using the LSD method.

Results and Discussion
The application of potassium silicate significantly affected plant height, leaf canopy height, number of secondary branches, seed weight, seed yield, biomass, and harvest index. Silicon plays a role in strengthening the cell walls of stems and leaves, enhancing their physical strength, which can improve plant growth and light absorption by leaves, thereby stimulating plant growth. The results showed that the highest grain yield and biological yield in the foliar spraying treatment were 5/1000 and 4/1000 potassium silicate, which increased by 28 and 44%, respectively, compared to the control. In addition, the highest plant height, the number of branches and the weight of 1000- grain weight were observed in treatment of 5/1000 potassium silicate. The results showed that grain yield has a positive and significant correlation with the number of sub-branches ($r = 0.51^{**}$), 1000- grain weight ($r = 0.65^{**}$) and biological yield ($r = 0.46^{**}$), respectively. In the present experiment, the positive and significant correlation of seed yield with the weight of 1000- grain weight and biomass shows that the process of transferring and distributing photosynthetic products to the reservoir is directly related to the source. The application of potassium silicate had a positive impact on various physiological processes, leading to increased biomass production and ultimately enhancing seed yield.

Conclusion
The application of potassium silicate significantly increased seed yield and had positive effects on various yield components of bitter vetch plants. Silicon application during the formation of sheath and sheath development enhances the translocation of photosynthetic materials to reproductive organs, ultimately improving plant performance.

Keywords: Distributing, Silicon, Sink, Source

Citations: Nabati, J., Yousefi, A., Hasanfard, A. & Nemati, Z. (2024). Investigating the Effect of Potassium Silicate as a Messenger in Retransmission in Bitter Vetch(*Vicia ervilia* L.). *Plant Production Technology*, *24*(1), 103-111. https://doi.org/10.22084/ppt.2024.28853.2122

© 2022 The Author(s). Bu- Ali Sina University Publication. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Online ISSN: 2476-5651 **Print ISSN:** 2476-6321

فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد بیست و چهارم/ شمارهٔ اول/ صفحات ۱۰۳-۱۱۱ / بهار و تابستان ۱۴۰۳
https://doi.org/10.22084/PPT.2024.28853.2122

اثر سیلیکات پتاسیم بر انتقال مجدد در گاودانه (*Vicia ervilia* L.)

Investigating the Effect of Potassium Silicate on Retransmission in Bitter Vetch (*Vicia ervilia* L.)

جعفر نباتی[1*]، افسانه یوسفی[2]، علیرضا حسن‌فرد[3] و زهرا نعمتی[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۹
(مقاله پژوهشی)

چکیده

امروزه استفاده از سیلیس به‌عنوان یک عنصر مفید برای بهبود رشد گیاهان مطرح است که با تنظیم پاسخ‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی، موجب بهبود وضعیت گیاه می‌شود. به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف سیلیکات پتاسیم (شاهد (آب مقطر)، دو، سه، چهار و پنج در هزار) بر عملکرد گیاه گاودانه، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. نتایج نشان داد، بیش‌ترین عملکرد دانه و زیست‌توده در تیمار محلول‌پاشی پنج در هزار و چهار در هزار سیلیکات پتاسیم بود که به‌ترتیب نسبت به شاهد ۲۸ و ٤٤ درصد افزایش داشت. علاوه براین، بیش‌ترین ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی و وزن هزار دانه در تیمار محلول‌پاشی پنج در هزار سیلیکات پتاسیم مشاهده شد. نتایج نشان داد که عملکرد دانه به ترتیب با تعداد شاخه فرعی (r =۰/۵۱**) و وزن هزاردانه (r =۰/٦٥**) و زیست‌توده (r =۰/٤٦**) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. در آزمایش حاضر، همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با وزن هزار دانه نشان می‌دهد که فرایند انتقال و تسهیم فراورده های فتوسنتزی به مخزن به‌طور مستقیم با منبع در ارتباط است؛ بنابراین توانایی بالا در تولید زیست‌توده می‌تواند به افزایش تولید شاخه فرعی در بوته و درنهایت افزایش عملکرد دانه منجر شود.

واژه‌های کلیدی: تسهیم، سیلیس، مخزن، منبع

ارجاع به مقاله: نباتی، ج.، یوسفی، ا.، حسن فرد، ع. و نعمتی، ز. (۱٤۰۳). اثر سیلیکات پتاسیم بر انتقال مجدد در گاودانه (*Vicia ervilia* L.)، *مجله فنآوری تولیدات گیاهی*، ۲٤(۱)، ۱۰۳-۱۱۱. https://doi.org/10.22084/ppt.2024.28853.2122

حق نشر متعلق به نویسنده (گان) است و نویسنده تحت مجوز Commons Creative License Attribution (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) به مجله اجازه می‌دهد مقاله‌ی چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

شاپا الکترونیکی: ۲٤۷٦-٥٦٥۱ **شاپا چاپی:** ۲٤۷٦-٦۳۲۱

۱ و ۲ و ۳. به‌ترتیب استادیار، دانشجوی دکتری و دانش‌آموخته دکتری، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
٤. دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
*: نویسنده مسئول Email: jafarnabati@um.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه استفاده از سیلیس به‌عنوان یک عنصر مفید برای بهبود رشد گیاهان مطرح است که با تنظیم پاسخ‌های فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی، موجب بهبود وضعیت گیاه شده (Coskun et al., 2019) و در بسیاری از فرایندهای گیاهی ازجمله واکنش‌های اسمزی، فرایندهای متابولیکی، فیزیولوژی روزنه، فیتوهورمون‌ها و روابط مبدأ و مقصد، دخیل است (Ahire et al., 2021). برخی پژوهشگران معتقدند که سیلیس به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان با افزایش توان دفاع آنتی اکسیدانی گیاه، خسارت ناشی از گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن و نشت یونی را کاهش می‌دهد (Moussa, 2006).

عنصر سیلیس نقش مهمی در افزایش تجمع مواد فتوسنتزی در دانه دارد، به‌طوری‌که پژوهشگران دلیل این افزایش را سرازیر شدن مواد پرورده به سمت دانه، کاهش محدودیت منبع، افزایش ظرفیت مخزن و هم‌چنین افزایش و بهبود فرایند انتقال مجدد مواد فتوسنتزی می‌دانند (Detmann et al., 2012). این نتایج نشان می‌دهد که سیلیس می‌تواند تولید و تسهیم ماده خشک و رابطه قدرت منبع و اندازه مخزن را تحت‌تأثیر قرار دهد (Detmann et al., 2012; Rastogi et al., 2021). مصرف سیلیس باعث واکنش‌های مطلوب با عناصر کودی مانند پتاسیم می‌شود و این امر سبب بهبود ویژگی‌های زراعی و راندمان بهتر این عنصر برای افزایش عملکرد می‌شود (Najafi Tirtash & Mahmoudi, 2015). پتاسیم نقش مهمی در کنترل اسمزی، فعالیت آنزیم‌ها، تنظیم pH سلول‌ها، تعادل بین آنیون و کاتیون درون‌سلولی، کنترل تبخیر و تعرق از تنظیم روزنه‌ها و انتقال مواد سوخت‌وساز شده از فعالیت‌های فتوسنتزی دارد و با افزایش سطح برگ و افزایش میزان کلروفیل موجب بهبود عملکرد می‌شود (Johnson et al., 2022).

نشان داده شده است که کاربرد سیلیس باعث بهبود زیست‌توده، عملکرد دانه و تعداد پنجه در چندین محصول می شود (Pati et al., 2016; Deren et al., 1994). به‌طور مشابه، آزمایش‌های مزرعه‌ای طولانی‌مدت با سیلیکات پتاسیم نشان داده است که عملکرد گندم (*Triticum aestivum*) به‌طور متوسط ۱۳/۸ درصد، برنج (*Oryza sativa*) و نیشکر (*Saccharum officinarum*) تا ۵۰ درصد افزایش یافته است. افزایش مشاهده شده در عملکرد دانه و زیست‌توده احتمالاً به محتوای کلروفیل بالا و افزایش مواد فتوسنتزی نسبت داده می شود (Liang et al., 2015; Alvarez et al., 2004). نتایج پژوهشی نشان داد؛ کاربرد ترکیب سیلیکات پتاسیم به‌دلیل نقشی که در باز و بسته کردن روزنه‌ها در شرایط کمبود آب و درنهایت کمک به فرآیند فتوسنتز، کاهش تعرق از سطح برگ و هم‌چنین افزایش فعالیت‌های فیزیولوژیک دارد موجب افزایش عملکرد ذرت (*Zea mays*) می‌شود (Drikvand et al., 2022).

گاودانه با نام علمی (*Vicia ervilia* L.) از گیاهان علوفه‌ای تیره بقولات و از نیام‌داران محسوب می‌شود (Derakhshani et al., 2021). این گیاه بومی مناطق غرب و جنوب غرب آسیا است که در کشورهای مختلف جهان ازجمله ایران کشت می شود. عملکرد زراعی این گیاه در شرایط دیم ۱/۲ تن دانه و ۱/۵–۱/۷ تن کاه است (Ghorbani, 2016). گاودانه ازلحاظ اکولوژیکی سازگار با خشک‌سالی (Moeini et al., 2010) و به‌دلیل ارزش غذایی بالا، دوره رشد کوتاه و توانایی تثبیت ازت خاک همواره موردتوجه بوده است (Sahhafi et al., 2017). در بررسی قابلیت هضم گاودانه، ماشک (*Vicia sativa* L.) و خلر (*Lathyrus sativus* L.) گزارش شده است که گاودانه با میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر ۱/۵۰۶ میلی‌مول و انرژی قابل متابولیسم ۱۱/۷۲ مگاژول بر کیلوگرم دارای بالاترین ارزش غذایی است (Razmazar et al., 2016). دانه گاودانه غنی از انرژی، پروتئین و منبع مناسبی از مواد معدنی و اسیدآمینه‌های ضروری است (Sahhafi et al., 2017). این دانه حاوی ۲۶/۶۵ درصد پروتئین و ۱۸/۱۰ مگاژول بر کیلوگرم انرژی خام است و می‌تواند به‌عنوان تأمین‌کننده انرژی و پروتئین در تغذیه دام و طیور مورداستفاده قرار گیرد (Derakhshani et al., 2021) لذا؛ به‌نظر می‌رسد برای احیای کشت مجدد این گیاه در تناوب زراعی اراضی دیم، به‌عنوان یک اصلاح‌کننده خاک و تولید محصولات باارزش غذایی بالا در تغذیه دام باید اقدامات مدیریتی لازم صورت گیرد (Ashraf Jafari, & Sepahvand, 2014). باتوجه به نقش سیلیس در کمک به بهبود شرایط رشدی گیاه و انتقال مجدد عناصر غذایی و نقش آن در افزایش عملکرد، هدف از این پژوهش بررسی اثر سیلیس به‌عنوان پیام‌رسان در انتقال مجدد عناصر غذایی در گیاه گاودانه به‌منظور افزایش عملکرد بود.

۲. مواد و روش‌ها

این مطالعه در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار روی گاودانه در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرق مشهد (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی) و ۹۸۵ متر ارتفاع از سطح دریا در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارهای موردمطالعه شامل پنج سطح سیلیکات پتاسیم (K_2SiO_3) حاوی ۲۰٪ SiO_2 و ۱۵٪ K_2O با غلظت‌های (شاهد آب مقطر)، دو، سه، چهار و پنج در هزار اجرا شد.

قبل از کاشت، عملیات آماده‌سازی زمین و خاک‌ورزی انجام شد. هم‌چنین قبل از کاشت از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه خاک تهیه شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

Table 1: Physical and chemical properties of experimental field soil (0-30 cm)

Year	Soil acidity	Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)	Texture	Mineral Carbon (٪)	Organic carbon (٪)	Nitrogen(٪)	Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	Potassium ($mg.kg^{-1}$)
2022	8.12	1.98	Loam	1.25	0.65	0.068	16.3	126

هر کرت شامل چهار ردیف کاشت به طول سه متر و با فاصله ردیف ۵۵، فاصله روی ردیف ۱/۱ سانتی‌متر و با تراکم ۲۰۰ بوته در مترمربع کشت شد. در این بررسی از بذور توده محلی لرستان استفاده شد. بذور به صورت دستی در عمق دو سانتی‌متری خاک در نیمه اول اسفندماه ۱۴۰۰ کشت شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت به صورت نشتی و آبیاری‌های بعدی به صورت تکمیلی در دو مرحله انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز در طی فصل رشد سه بار به صورت دستی صورت گرفت. اطلاعات هواشناسی محل آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است.

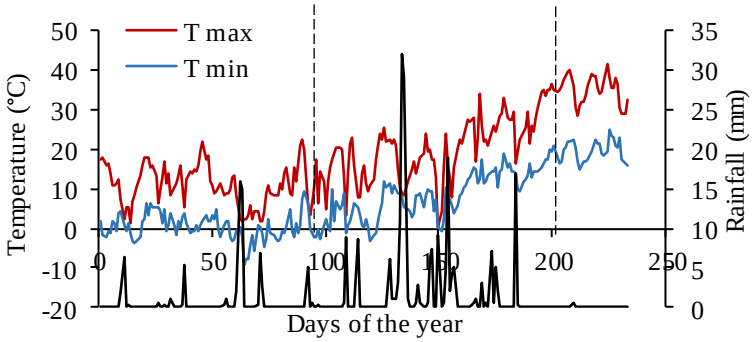

Fig. 1: Growing conditions for bitter vetch crops resulting from the sowing dates to harvest time. The range between the two points shows the period of bitter vetch growth

کاربرد سیلیکات پتاسیم دو مرحله به صورت محلول‌پاشی بود، مرحله اول در زمان تشکیل غلاف در تاریخ ۱۴۰۱/۲/۱۸ و تکرار آن ۱۵ روز بعد از محلول‌پاشی اول انجام شد. غلظت‌های موردنظر به صورت حجمی/حجمی تهیه شد و با استفاده از سم‌پاش قابل حمل شارژی به صورت کاملاً یکنواخت روی سطح برگ‌ها در ساعات ابتدای روز محلول پاشی گردید.

در انتهای فصل رشد صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف از سطح خاک، تعداد شاخه فرعی در پنج بوته و وزن هزار دانه اندازه‌گیری و ثبت شد. به‌منظور تعیین شاخص برداشت پنج بوته از هر کرت کف‌بر گردید و با استفاده از معادله زیر شاخص برداشت محاسبه شد.

$$HI=(EY/BY)\times100$$

در این معادله HI: شاخص برداشت، EY: عملکرد اقتصادی و BY: عملکرد بیولوژیکی است.

به‌منظور تعیین زیست‌توده و عملکرد دانه، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای بوته‌های دو ردیف وسط هر کرت برداشت شده و پس از خشک شدن در هوای آزاد (حدود ۱۵ درصد

رطوبت)، وزن آن‌ها (پس از جداسازی دانه‌ها به روش دستی) تعیین شد. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از روش LSD در سطح پنج درصد توسط نرم افزار R 4.3.1 انجام شد.

۳. نتایج و بحث

در آزمایش حاضر صفات ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف، تعداد شاخه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، زیست توده و شاخص برداشت تحت‌تأثیر معنی‌دار محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم قرار گرفتند (جدول ۲).

Table 2: Analysis of variance (mean square) effect of potassium silicate on plant hight, lowest pod hight, branch number, yield , biomass and hrvest index (HI) of studied traits in Bitter vetch

S.O.V	df	Plant hight	Lowest pod hight	Branch No	1000- grain weight	Yield	Biomass	HI
Block	2	3.58	5.20	0.065	1.20	49.40	12680	0.009
Potassium silicate	4	4.58*	6.28**	0.737**	24.89*	173*	9873*	0.003*
Error	12	1.15	0.92	0.39	2.22	13.60	1765	0.0008
CV%		4.87	11.89	10.38	4.92	4.65	12.33	12.34

ns, * and ** non significant at 5 % probability level and significant at 1 and 5 % probability levels.

براساس جدول ۳ بیش‌ترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار محلول‌پاشی پنج در هزار سیلیکات پتاسیم بود که نسبت به شاهد ۱۵ درصد افزایش داشت. سیلیس در ساختار دیواره سلولی ساقه و برگ‌ها وارد می‌شود و موجب استحکام فیزیکی آن‌ها می‌شود، همین امر می‌تواند با کمک به بهبود افراشتگی گیاه، دریافت نور توسط برگ‌ها را بیش‌تر نماید که خود محرک رشد بیش‌تر گیاه می‌باشد (Yan et Gong et al., 2008 ; al., 2018). افزایش ارتفاع بوته تحت‌تأثیر سیلیکات پتاسیم توسط بسیاری از پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است که با نتایج این آزمایش هم‌خوانی دارد (Pulz at al., 2008 ; Bakhat et al., 2009; Kim et al., 2012).

Table 3: Effect of potassium silicate on plant hight, lowest pod hight, branch number, yield , biomass and hrvest index (HI) of studied traits in Bitter vetch

Potassium silicate	Plant hight (cm)	Lowest pod height (cm)	Branch No	1000- grain weight (g)	HI (%)
Control	20.36^{b}	11.01^{ab}	5.57^{c}	25.59^{b}	23^{b}
2/1000	21.44^{ab}	8.55^{b}	6.06^{ab}	29.82^{a}	21^{b}
3/1000	21.77^{ab}	10.01^{ab}	6.17^{ab}	31.00^{a}	26^{ab}
4/1000	23.01^{a}	9.50^{b}	5.66^{b}	31.90^{a}	19^{c}
5/1000	23.44^{a}	12.32^{a}	6.82^{a}	33.08^{a}	27^{a}

In each characteristics, numbers with similar letters have no significant difference at the 5% probability level based on the LSD test.

بیش‌ترین ارتفاع اولین غلاف در شاهد مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی پنج و سه در هزار تفاوت معنی‌داری نداشت. بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی مربوط به تیمار محلول‌پاشی پنج در هزار سیلیکات پتاسیم با میانگین ٦/٨٢ شاخه در بوته بود؛ و کم‌ترین مقدار این صفت مربوط به شاهد با میانگین ۵/۷۵ بود. بیش‌ترین وزن هزاردانه در تیمار محلول‌پاشی پنج در هزار سیلیکات پتاسیم مشاهده شد که نسبت به شاهد ۲۹ درصد افزایش داشت؛ اما نسبت به سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. تولید شاخ و برگ بیش‌تر در گیاه موجب افزایش جذب نور و فتوسنتز در گیاه شده که این امر موجب می‌شود تا گیاه در تولید عملکرد نهایی و افزایش وزن دانه‌ها نیز موفق عمل کند (Torabi Jefroodi et al., 2014) به‌طوری‌که تیمار محلول‌پاشی پنج در هزار سیلیکات پتاسیم با بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی بیش‌ترین وزن هزار دانه و عملکرد دانه را به خود اختصاص داد.

۳-۱. عملکرد و زیست توده

بر اساس شکل ۲ بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی پنج در هزار سیلیکات پتاسیم بود که نسبت به شاهد ۲۸ درصد افزایش داشت؛ اما در تیمارهای دو در هزار، سه در هزار و چهار در هزار کاربرد سیلیکات پتاسیم تغییر معنی‌داری در عملکرد دانه مشاهده نشد. کاربرد سیلیکات پتاسیم، سبب افزایش معنی‌دار زیست‌توده نسبت به شاهد شد. به‌طوری‌که کاربرد چهار در هزار سیلیکات پتاسیم سبب افزایش ٤٤ درصدی زیست‌توده نسبت به شاهد شد با این وجود کاربرد سیلیکات پتاسیم در تیمار سه در هزار تأثیر مثبتی در افزایش وزن زیست‌توده نداشت. بیش‌ترین شاخص برداشت در تیمار محلول‌پاشی پنج در هزار سیلیکات پتاسیم مشاهده شد که نسبت به تیمار سه در هزار سیلیکات پتاسیم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تیمارهای محلول‌پاشی چهار در هزار و پنج در هزار سیلیکات پتاسیم با شاخص برداشت بالاتر میزان بیشتری از ماده خشک را به دانه‌ها اختصاص داده است. به‌عبارت‌دیگر با توزیع بیش‌تر مواد فتوسنتزی به مخازن، قسمت زیادی از ماده خشک به عملکرد دانه تخصیص‌یافته است. نتایج پژوهشگران نشان داد؛ محلول‌پاشی سیلیکات زیست‌توده کل خلر (*Lathyrus sativus*) را به‌واسطه بهبود صفات فیزیولوژیکی افزایش داد. آن‌ها دلیل افزایش عملکرد در محلول‌پاشی سیلیکات را، به اثر این ماده در بهبود فتوسنتز جاری و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی نسبت داده‌اند (Nazary et al., 2021). به‌نظر می‌رسد کاربرد سیلیکات پتاسیم در مراحل انتهای رشد رویشی و اوایل رشد زایشی نقش مهمی در بهبود فتوسنتز، تجمع مواد فتوسنتزی و درنهایت انتقال مجدد آن‌ها به دانه دارد (Lavinsky et al., 2016). علاوه براین نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که استفاده از سیلیکات پتاسیم به صورت محلول‌پاشی برگی، در ایجاد مقاومت به آفات و بیماری‌ها، خشکی و سایر تنش‌های زیستی و غیرزیستی توسط افزایش فعالیت فیزیولوژیکی و درنهایت افزایش عملکرد گیاهان نقش دارد (Bacchus & Bennett, 2010). با این وجود نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت سیلیکات پتاسیم مورداستفاده نقش مؤثری در میزان تحریک رشد و فرایندهای فیزولوژیک دارد به‌طوری‌که در برخی از غلظت‌ها مانند محلول‌پاشی در غلظت سه در هزار نسبت به سایر غلظت‌ها تأثیری بر میزان تولید زیست‌توده نداشت.

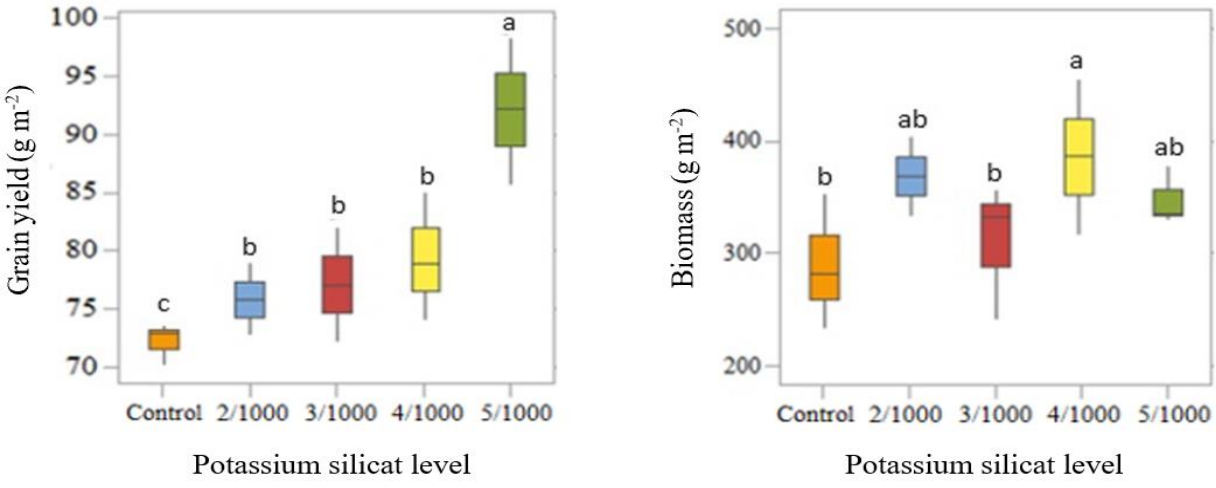

Fig. 2: Boxplot of Bitter vetch grain yield and biological yield value in different levels of potassium silicate

۳-۲. تعیین ضرایب همبستگی صفات

نتایج نشان داد که عملکرد دانه به‌ترتیب با ارتفاع بوته ($r = ۰/۵۰^{**}$) و وزن هزار دانه ($r = ۰/٦٥^{**}$) و شاخص برداشت ($r = ۰/٥٦^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. هم چنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین زیست‌توده و تعداد شاخه فرعی مشاهده شد ($r = ۰/٤٢^{**}$). در آزمایش حاضر، همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با وزن هزار دانه و زیست‌توده نشان می‌دهد که فرایند انتقال و تسهیم فراورده‌های فتوسنتزی به مخزن به‌طور مستقیم با منبع در ارتباط است؛ بنابراین توانایی بالا در تولید زیست‌توده می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه شود (جدول ٤).

Table 4: Correlation coefficient between yield and yield components of Bitter vetch

	Traits	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1.	Plant height	1						
2.	Lowest pod	0.43**	1					
3.	Branch No	0.32	0.05	1				
4.	1000-gw	0.71**	0.00	0.53**	1			
5.	Yield	0.50**	0.13	0.51**	0.65**	1		
6.	Biomass	0.27	0.13	0.42**	0.26	0.46**	1	
7.	HI	0.04	0.2	0.33*	0.16	0.56**	-0.82**	1

No: Number; gw: grain weight; HI: Harvest Index. *and ** accordingly, there is a significant difference in probability levels of 5% and 1%.

٤. نتیجه‌گیری

کاربرد سیلیکات پتاسیم توانست عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد. به‌طوری‌که عملکرد دانه تیمار محلول پاشی پنج در هزار سیلیکات پتاسیم نسبت به شاهد ۲۸ درصد افزایش داشت. هم‌چنین ترکیب سیلیکات پتاسیم نسبت به شاهد اثرات مثبت بالایی بر اجزای عملکرد گاودانه داشت. درنتیجه محلول‌پاشی سیلیکات پتاسیم در مرحله تشکیل غلاف و غلاف‌دهی سبب انتقال مواد فتوسنتزی بیش‌تر به اندام‌های زایشی و درنهایت بهبود عملکرد خواهد شد.

٥. منابع

Ahire, M.L., Mundada, P.S., Nikam, T.D., Bapat, V.A. & Penna, S. (2021). Multifaceted roles of silicon in mitigating environmental stresses in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, *169*, 291-310. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.11.010

Alvarez, J., Datnoff, L. & Snyder, G. (2004). *The Economics of Silicon Applications on Rice and Sugarcane in Florida*. Gainesville, FL: University of Florida. https://doi.org/10.32473/edis-fe475-2004

Ashraf Jafari, A. & Sepahvand, A. (2014). Study for yield and quality traits in 14 domestic populations of bitter vetch (*Vicia ervilia*) in optimum and dry condition in Khoramabad, Iran. *Applied Field Crops Research*, *27*(102), 20-30. https://doi.org/10.22092/aj.2014.100925. (In Persian)

Bacchus, G.L. & Bennett, S. (2010). An evaluation of the influence of biodynamic practices including foliar applied silica spray on nutrient quality of organic and conventionally fertilized lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Organic Systems*, *5*(1), 1177-4258.

Bakhat, H.F., Hanstein, S. & Schubert, S. (2009). Optimal level of silicon for maize (*Zea mays* L. c.v. Amadeo) growth in nutrient solution under controlled conditions. *The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium* XVI, Davis, USA.

Coskun, R., Deshmukh, H., Sonah, J.G., Menzies, O., Reynolds, J.F., Ma, H.J., Kronzucker, R.R. & Belanger, D. (2019). The controversies of silicon's role in plant biology. *New Phytology*, *221*, 67-85. https://doi.org/10.1111/nph.15343

Derakhshani, A., Heidari, G. & Khalesro, S. (2021). Evaluation of bitter vetch (*Vicia ervilia*) forage quality in intercropping with spring barley (*Hordeum vulgare*). *Journal Of Agroecology*, *13*(3), 489-505. https://doi.org/10.22067/jag.v13i3.85494. (In Persian)

Deren, C.W., Datnoff, L.E., Snyder, G.H. & Martin, F.G. (1994). Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. *Crop Science*, *34*, 733-737. https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183X003400030024x

Detmann, K.C., Araújo, W.L., Martins, S.C., Sanglard, L.M., Reis, J.V., Detmann, E., Rodrigues, F.Á., Nunes Nesi, A., Fernie, A.R. & DaMatta, F.M. (2012). Silicon nutrition increases grain yield, which, in turn, exerts a feed forward stimulation of photosynthetic rates via enhanced mesophyll conductance and alters primary metabolism in rice. *New Phytologist*, *196*(3), 752-762. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04299.x

Drikvand, T., Modarres-Sanavy, S.A.M., Aghaalikhani, M. & Heidarzadeh, A. (2022). Effect of potassium silicate, calcium chloride and nanosilicate on yield, yield components, photosynthetic pigments and proline in sweet corn under differentirrigation regimes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *53*(1), 39-54. https://doi.org/10.22059/ijfcs.2021.284502.654624. (In Persian)

Ghorbani, K. (2016). Introducing bitter vetch, a valuable fodder plant for feeding livestock and poultry. Sixth National Conference on Iranian Beans،Khorramabad،https://civilica.com/doc/486125. (In Persian)

Gong, H., Chen, K., Zhao, Z., Chen, G. & Zhou, W. (2008). Effects of silicon on defense of wheat against oxidative stress under drought at different developmental stages. *Biologia Plantarum*, *52*(3), 592-596. https://doi.org/10.1007/s10535-008-0118-0

Johnson, R., Vishwakarma, K., Hossen, M.S., Kumar, V., Shackira, A.M., Puthur, J.T., Abdi, G., Sarraf, M. & Hasanuzzaman, M. (2022). Potassium in plants: growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, *172*, 56-69. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.01.001

Kim, Y.H., Khan, A.L., Shinwari, Z.K., Kim, D.H., Waqas, M. & Lee, I.J. (2012). Silicon treatment to rice (*Oryza sativa* L. cv 'gopumbyeo') plants during different growth periods and its effects on growth and grain yield. *Pakistan Journal of Botany*, *44*, 891-897.

Lavinsky, A.O., Detmann, K.C., Reis, J.V., Avila, R.T., Sanglard, M.L., Pereira, L.F. & DaMatta, F.M. (2016). Silicon improves rice grain yield and photosynthesis specifically when supplied during the reproductive growth stage. *Plant Physiology*, *206*, 125-132. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.09.010

Liang, Y., Nikolic, M., Bélanger, R., Gong, H. & Song, A. (2015*). Silicon in Agriculture: From Theory to Practice. Dordrecht*: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9978-2

Moeini, M. M., Azari Torbat, M. & Amanlou, H. (2010). Degradability and nutritional value of *Vicia ervilia* seed on holstein dairy cow performance. *Animal Production*, *12*(2), 51-59. 20.1001.1.20096776.1389.12.2.6.5. (In Persian)

Mohammadzadeh, Z., Seyedsharifi, R. & Farzaneh, S. (2023). Effects of nanoparticles (zinc and silicon) and plant growth promoting rhizobacteria on yield, photosynthetic pigments and grain filling components of triticale under salinity stres. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *21*(3), 347-361. https://doi.org/10.22067/jcesc.2023.81343.1231. (In Persian)

Moussa, H.R. (2006). Influence of exogenous application of silicon on physiological response of salt-stressed maize (*Zea mays* L.). *Agriculture and Biology*, *8*(2), 293-297.

Najafi Tirtash, A. & Mahmoudi. (2015). Foliar spraying of potassium silicate along with the use of low and high consumption elements on the agronomic traits of *Tarom variety*. *Crop production*, *7*(2), 162-173.

Nazary, G., Seyed sharifi, R. & Arimani, H. (2021). Effect of mycorrhiza, vermicompost and nano silicon on agronomic and physiological traits of triticale under different intensities drought stress. *Journal of Crop Production*, *14*(4), 21-45. https://doi.org/10.22069/ejcp.2022.18925.2413. (In Persian)

Pati, S., Pal, B., Badole, S., Hazra, G.C. & Mandal, B. (2016). Effect of silicon fertilization on growth, yield, and nutrient uptake of rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *47*, 284-290. https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1122797

Pulz, A.L., Crusciol, C.A.C., Lemos, L.B. & Soratto, R.P. (2008). Silicate and limestone effects on potato nutrition, yield and quality under drought stress. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, *32*, 1651-1659. https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000400030

Rastogi, A., Yadav, S., Hussain, S., Kataria, S., Hajihashemi, S., Kumari, P., Yang, X. and Brestic, M., 2021. Does silicon really matter for the photosynthetic machinery in plants?. *Plant Physiology and Biochemistry*, *169*, 40-48. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.11.004

Razmazar, V. Torbatinejad, N.M., Seifdavati, J. & Zerehdaran, S. (2016). Effect of different varieties of pomegranate peels (Torsh Jangali Gorgan, malas Behshahr and Shirin kolbad) on dry matter digestibility, number of protozoa and methane production in vitro. *Journal of Ruminant Research*, *4*(2), 111-132. https://doi.org/10.22069/ejrr.2016.3230. (In Persian)

Sahhafi, S.R., Maleki Zanjani, B.,, Talebi, M. & Fotovat, R. (2017). Evaluation of genetic diversity in some iranian bitter vetch landraces using microsatellite markers. *Journal of Crop Breeding*, *9*(21), 18-26. https://doi.org/10.29252/jcb.9.21.18. (In Persian)

Salehi Moteahd, F., Hafezi Moghaddas, N., Lashkaripour, G.R. & Dehghani, M. (2019). Geological parameters affected land subsidence in Mashhad plain, north-east of Iran. *Environmental Earth Sciences*, *78*, 1-12. https://doi.org/10.1007/s12665-019-8413-y

Torabi Jefroodi, A., Fayaz Moghaddam, A. & Hasanzadeh Ghoort Tapeh, A. (2005). An investigation of the effect of plant population density on yield and its components in common bean (Phaseolus vulgaris L.). *Iranian Journal of Agriculture Science*, *36*(3), 639-646. (In Persian)

Yan, G., Nikolic, M., Ye, M., Xiao, Z. & Liang, Y. (2018). Silicon acquisition and accumulation in plant and its significance for agriculture. *Integrative Agriculture*, *17*(10), 2138-2150. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62037-4