Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Effect of nanoboron and nanopotassium spraying on growth and yield of mungbean (*Vigna radiate L.*)

Nawal Kadhim Joni Alsaedi[1] | Mohammad Mirzaei Heydari[2]✉ | Durgham sabeeh kareem Altai[3]

1. International Department of Production Engineering and Plant Genetics, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. E-mail: nawalkadhim433@gmail.com
2. Department of Production Engineering and Plant Genetics, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. E-mail: mirzaeiheydari@yahoo.com
3. Faculty of Agriculture, University of Misan, Misan, Iraq. E-mail: Dhrgm.altaii@yahoo.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: July. 30, 2023

Revised: Oct. 4, 2023

Accepted: Oct. 7, 2023

Published online: Nov. 23, 2023

Keywords:
Biological Yield,
Nano Fertilizer,
Foliar Application,
Mungbean Seed Yield.

ABSTRACT

One of the effective and necessary factors during plant growth period is plant nutrition and management of fertilizer resources. Nowadays, the use of nanotechnology in the preparation of nanofertilizers is popular. This research aims to investigate the effect of spraying nanofertilizers of potassium and boron on the growth and yield of mungbean (Vigna radiate L.). For this purpose, a factorial experiment based on randomized complete blocks design with three replications in 2021-2022 was conducted in a field experiment at the Misan University of Iraq. The factors were three levels of boron (0, 1 and 2 mg liter-1) and three levels of potassium (0, 4 and 8 mg liter-1). The results showed that the use of nanoboron and potassium spraying led to an improvement in crop growth parameters of mungbean. So that potassium spraying with 2 and 8 mg liter-1 led to a significant increase in the number of branches plant-1, the number of pods per plant, and grain yield in the plant compared to the control treatment. Furthermore, the application of boron in the plant at the highest concentration (2 mg liter-1) increased the grain yield per hectare, the number of seeds per pod, pod length and protein yield significantly compared to the control treatment (no boron spraying). In general, it can be said that the simultaneous spraying nanofertilizers of potassium and boron on the mungbean plant showed a more significant effect on growth and plant yield, compared to the application of nanopotassium and nanoboron alone.

Cite this article: Kadhim Joni Alsaedi, N., Mirzaei Heydari, M., & Sabeeh Kareem Altai, D. (2023). Effect of nanoboron and nanopotassium spraying on growth and yield of mungbean (Vigna radiate L.), *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 54 (10), 1397-1414. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.363097.669543

© The Author(s). Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.363097.669543

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۴، شماره ۹ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

تاثیر محلول‌پاشی نانوبر و نانوپتاسیم بر رشد و عملکرد گیاه ماش (*Vigna radiate* L.)

نوال کاظم جونی الساعدی[۱] | محمد میرزائی حیدری[۲]✉ | دورقام صابح کارم آلتی[۳]

۱. گروه بین‌الملل مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. رایانامه: nawalkadhim433@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. رایانامه: mirzaeiheydari@yahoo.com

۳. دانشکده کشاورزی دانشگاه میسان، میسان، عراق. رایانامه: Dhrgm.altaii@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۷/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۱۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۹/۱

واژه‌های کلیدی:
نانوکود،
عملکرد دانه ماش،
عملکرد بیولوژیک،
محلول‌پاشی.

چکیده

یکی از عوامل موثر و ضروری در دوره رشد گیاه، تغذیه و مدیریت منابع کودی در آن است. امروزه استفاده از فناوری نانو در تهیه نانو کود نیز رواج یافته است. این پژوهش با هدف بررسی محلول‌پاشی نانو کود بر (B) و پتاسیم (K) در گیاه ماش در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه میسان کشور عراق در فصل پاییز و سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ صورت گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل غلظت‌های مختلف نانوبر در سه سطح (۰، ۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر) و فاکتور غلظت های مختلف نانوپتاسیم در سه سطح (۰، ۴ و ۸ میلی‌گرم بر لیتر) بود. نتایج پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی گیاه با استفاده از نانوکود بر و پتاسیم منجر به بهبود صفات رشدی در گیاه شد. به طوری‌که محلول‌پاشی گیاه با ۲ میلی گرم در لیتر نانوبر و ۸ میلی‌گرم در لیتر نانوپتاسیم منجر به افزایش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی بوته، تعداد غلاف در بوته ، عملکرد دانه در بوته در مقایسه با تیمار شاهد شد. علاوه بر این کاربرد نانوبر در بالاترین غلظت (۲ میلی‌گرم در لیتر) عملکرد دانه در هکتار، تعداد دانه در غلاف، طول غلاف و عملکرد پروتئین را در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. به طور کلی می‌توان بیان کرد که محلول‌پاشی توامان نانو کود بر و پتاسیم بر گیاه ماش تاثیر موثرتری بر شاخص‌های رشدی و عملکردی گیاه داشت در مقایسه با نانو کود پتاسیم و نانو کود بر به تنهایی.

استناد: کاظم جونی الساعدی، نوال؛ میرزائی حیدری، محمد و صابح کارم آلتی، دورقام. (۱۴۰۲). تاثیر محلول‌پاشی نانوبر و نانوپتاسیم بر رشد و عملکرد گیاه ماش (Vigna radiate L.)، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۴ (۱۰)، ۱۴۱۴-۱۳۹۷. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.363097.669543

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.363097.669543

مقدمه

یکی از عوامل موثر و ضروری در دوره رشد، تغذیه و مدیریت منابع کودی در آن است (Jafarzadeh et al., 2013). تغذیه معدنی نقش حیاتی در تولید محصولات دارد (Wells and Wood, 2007; میرزائی و باقری،۱۴۰۱). به دلیل دسترسی محدود به مواد مغذی و منابع آب، رشد بهینه کشاورزی را می‌توان با بهبود شیوه‌های تولید محصول با حمایت از استفاده موثر از فناوری مدرن شاهد بود (Shireen et al., 2018). در حال حاضر، استفاده از روش‌های مبتنی بر فناوری نانو، توسعه علمی استراتژی‌های چند رشته‌ای و سودمندی آنها را افزایش داده است (Moradi et al., 2020). نانوفناوری با فناوری‌های ساخت مواد در مقیاس ۱ تا ۱۰۰ نانومتر مرتبط است (مقصودی و نجفی، ۱۳۹۵). فناوری نانو می‌توانند برای کاربردهای کشاورزی مانند کوددهی استفاده شود. به دلیل محدودیت منابع و افزایش جمعیت انسانی، باید کارامدی کشاورزی برای حفظ و حتی افزایش سطح تولیدی که در آینده مورد نیاز خواهد بود، بهبود یابد (Zhang et al., 2015; Heydari et al., 2009). نانوذرات[1] می‌توانند به دلیل خواص فیزیکوشیمیایی منحصر به فردشان اثر مثبت بر متابولیسم گیاه گذاشته و از این رو، عملکرد محصول و ارزش غذایی را افزایش دهند (Shireen et al., 2013). یکی از ابزارهای نوین توسعه محصولات زراعی و افزایش رشد و تولید آن در مقیاس بزرگ، فناوری نانو است؛ زیرا یکی از کاربردهای امیدوارکننده آن بهبود رشد گیاه و افزایش تولید آن در واحد سطح می‌باشد که این موضوع ناشی از افزایش جذب آب و مواد مغذی و به دنبال آن بهبود رشد گیاه می‌باشد (Al-Ramadi et al., 2016 Feilinezhad et al., 2022). در حال حاضر استفاده از فناوری نانو در قسمت‌های مختلف رواج یافته است. عناصر ریزمغذی مانند مس، آهن، بر، منگنز، روی، کلر و مولیبدن به دلیل تولید ثابت محصول به تدریج از محلول خاک تخلیه می شوند. برای حل این مشکل از کودهای شیمیایی برای دستیابی به رشد بهتر گیاه استفاده می‌شود، اما به دلیل خواص آبشویی و اثرات مخرب محیطی، نیاز به به حداقل رساندن تلفات عناصر غذایی در کوددهی وجود دارد. اخیراً مفهوم نانوکود به دلیل خواص کند آزاد شدن و حداقل شسته شدن آن محبوبیت پیدا کرده است (Shireen et al., 2013). نانوکود فناوری جدیدی است که از طریق کوچک کردن اندازه ذرات در مقیاس نانو، جذب عناصر مغذی مورد نیاز رشد گیاه را افزایش می‌دهد (Davoody et al., 2013).

محلول‌پاشی عناصر مغذی در گیاه روشی بسیار کارآمد و کارا در عناصر غذایی پرمصرف و ریزمغذی‌ها می‌باشد. با این روش مصرف کود در گیاه اقتصادی بوده و به راحتی انجام می‌شود. همچنین میزان جذب عناصر غذایی به دلیل تماس مستقیم با برگ افزایش می‌یابد. در استفاده از این روش، مسائل و شرایط استفاده خاکی کود وجود ندارد و گیاه عناصر مورد نیاز رشد را راحت و سریع به‌دست می‌آورد (Ali et al., 2011). در حال حاضر، قدرت نانوذرات به عنوان حامل مواد مغذی در حال بررسی است. بنابراین، با توجه به مواد معدنی که انتقال می‌دهند، این کودهای جدید به عنوان نانوکودهای ریزمغذی یا درشت مغذی طبقه‌بندی می‌شوند (Zulfiqar et al., 2019). عنصر پتاسیم نقش مهمی در مراحل رشد و تولید مثل ایفا می‌کند (Malvi et al., 2011). پتاسیم یک عنصر با کیفیت است زیرا بر سلامت و ویژگی‌های کیفی یک محصول حاکم است. پتاسیم فراوان‌ترین کاتیون در گیاهان است و تا ۱۰ درصد در زیست توده خشک سهم دارد (Brar et al., 2011). بهبود رشد ریشه، استحکام ساقه، فعال شدن آنزیم‌ها، تنظیم تورژسانس سلول‌های گیاهی، انتقال قند و نشاسته، بیوسنتز پروتئین و کنترل بیماری‌ها و حملات آفات حشرات به عرضه کافی پتاسیم در محصولات نسبت داده شده است (shah et al., 2011). علاوه بر این، منجر به افزایش وزن و اندازه دانه در گیاه شده که در نتیجه آن افزایش عملکرد در گیاه صورت می‌گیرد (Malvi et al., 2011). پتاسیم بر تنظمیات اسمزی در گیاه موثر بوده و در باز و بسته شدن روزنه‌های گیاهی نقش تعیین کننده‌ای دارد (Yang et al., 2011). این عنصر نقش کلیدی در فعالیت بیشتر از ۶۰ آنزیم دارد (Bukhsh et al., 2011). رشد، عملکرد و کیفیت محصولات در خاک‌های دارای کمبود پتاسیم کاهش می‌یابد (Wang et al., 2011). دلیل عمده کمبود پتاسیم در خاک به تراکم کاشت، منبع کانال آبیاری، عدم استفاده از مواد آلی در خاک، بافت درشت خاک و استفاده ناکافی و عدم استفاده از کودهای حاوی پتاسیم در خاک مرتبط است (Akhtar et al., 2020). در بسیاری از موارد، ریز مغذی‌ها نیز نقش حیاتی در بهبود رشد، عملکرد و کیفیت حبوبات دارند (Mondal et al., 2011). حبوبات علاوه بر نیاز به عناصر غذایی پرمصرف به عناصر ریز مغذی برای افزایش فعالیت باکتریایی گره نیاز دارند. بنابراین، تامین بهینه ریزمغذی‌ها در شرایط متعادل برای دستیابی به بهره وری بالاتر بسیار مهم است (Mondal et al., 2011). بر یکی از عناصر ضروری مورد نیاز رشد گیاه بوده (Batabyal et al., 2011) و دارای نقش قابل توجهی در فرآیند حیاتی گیاه همچون رشد لوله گرده و

1. Nanoparticles

جوانه زنی دانه گرده می‌باشد. علاوه بر این در بهبود لقاح در گیاه نیز کمک می‌کند (Shireen et al., 2018). بر در بسیاری از عملکردهای سلولی و ساختاری مانند ساختار سلولی، بیوسنتز و لیگنیفیکاسیون[۱]، افزایش طول سلول و نفوذپذیری غشاء نقش دارد (Lewis et al., 2011). بسیاری از عملکردهای مهم در گیاهان را انجام می‌دهد و عمدتاً در سنتز دیواره سلولی و یکپارچگی ساختاری نقش دارد (Hu and Brown, 1994). کاربرد نانوبر می‌تواند باعث بهبود رشد رویشی و زایشی گیاهان شود (Singh et al., 2015)، در حالی که کمبود آن ممکن است منجر به اختلالات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی قابل توجهی از قبیل: کاهش ارتفاع بوته، سطح کل برگ و حداکثر عرض برگ در کلم چینی شود (Choi et al., 2016). عدم غلظت کافی بر در گیاه از رشد ریشه ممانعت کرده و منجر به تشکیل گل‌ها و میوه‌های بدشکل در گیاهان می‌گردد. این موضوع به تاثیر بر در تقسیم سلولی در ناحیه مریستمی در ارتباط است (Gupta et al., 2013). عنصر بر در متابولیسم نیتروژن موثر است (Maleki et al, 2014; Shen et al., 1993). بر در گروه عناصر غیرمتحرک قرار می‌گیرد (Mora et al., 2016) و نشانه‌های کمبود آن در گیاه در برگ‌های جوان گیاه دیده می‌شود (Miwa and Fujiwara, 2010). بنابراین، محلول‌پاشی گیاه با بر می‌تواند به طور موثر کمبود آن در گیاه را رفع کند (Ratan and Kavita, 2017). بر از طریق جریان آب در گیاهان و سلول‌های گیاهی منتقل می‌شود، درنتیجه فرآیند تعرق و وضعیت فیزیولوژیکی گیاه برای این امر بسیار مهم است (Miwa and Fujiwara, 2010).

پیشینهٔ پژوهش

استفاده از نانوکودها تاثیر مثبتی بر پارامترهای رشدی در گیاه دارد. این کودها بر ارتفاع گیاه، سطح برگ، تعداد برگ‌ها، سنتز مواد فتوسنتزی، تولید کلروفیل و نسبت فتوسنتز تتاثیر مثبت دارند. از این رو منجر به افزایش عملکرد در گیاه در مقایسه با کودهای سنتی می‌شوند (Ail and Al-Juthery, 2017).

استفاده از نانو کود پتاسیم در گندم، افزایش محتوی کلروفیل برگ را به همراه داشته است (توان و همکاران، ۱۳۹۳). علاوه بر این در گیاه برنج نیز محلول‌پاشی گیاه با نانوکلات پتاسیم عملکرد گیاه را به طور معنی‌داری افزایش داد (قاسمی لمراسکی و همکاران، ۱۳۹۳). محققین بیان کرده‌اند که وجود بر کافی در گیاه جو عملکرد دانه در گیاه را ۵/۵ درصد افزایش داده است (El-Feky et al., 2021). در محلول‌پاشی متانول (صفر، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی) و نانوکود پتاسیم (صفر، ۲ و ۴ کیلوگرم در هکتار) در گیاه گندم، بالاترین تعداد دانه در سنبله و بالاترین عملکرد دانه در گیاه در تیمار ۱۵ درصد حجمی متانول + ۴ کیلوگرم در هکتار نانو کود پتاس مشاهده شد. این تیمار تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه را در مقایسه با تیمار شاد به ترتیب ۴۲ و ۴۵ درصد افزایش داد (رضائی و همکاران، ۱۳۹۸). محلول پاشی بریک اسید در برگ‌های گیاه ذرت به عنوان منبع بر در غلظت ۰٪۰/۵ منجر به تغییر معنی‌داری در ارتفاع گیاه شد (Soomro et al., 2011). در گیاه ذرت محلول‌پاشی گیاه با بر و منگنز در سه سطح (۰، ۲۵ + ۲۵، ۵۰+۵۰ میلی‌گرم در لیتر) منجر به افزایش معنی‌داری در تعداد برگ شد (Al-Amiri et al., 2015). محلول‌پاشی گیاه گندم با نانو پتاسیم (صفر، ۴ و ۸ گرم بر میلی‌لیتر) و نانو بر (صفر، ۱/۵، ۳ میلی‌گرم بر لیتر) نشان داد که غلظت بالای نانوپتاسیم افزایش معنی‌داری در شاخص‌های رشدی گیاه و عملکرد داشت. علاوه بر این، بیشترین میزان کلروفیل برگ و ارتفاع در گیاه نیز در غلظت بالای نانوپتاسیم حاصل شد. علاوه بر این، افزایش غلظت بر نیز محتوی کلروفیل برگ و ارتقاع گیاه را افزایش داد. غلظت بالای بر منجر به افزایش تعداد سنبله، عملکرد دانه و تعداد دانه در هر سنبله و عملکرد بیولوژیک شد (Shams and Abbas, 2019).

در گیاه کلم بروکلی استفاده از نانوبر منجر به بهبود شاخص‌های رشدی گیاه و عملکرد گردید (Noaema et al., 2020). در پژوهشی که به بررسی غلظت‌های مختلف پتاسیم (صفر، ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و کاینتین (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) در گیاه ماش پرداخت، مشخص گردید که استفاده از پتاسیم در غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر منجر به ثبت بیشترین سطح برگ، میزان پتاسیم در برگ، تعداد غلاف در بوته، درصد باروری غلاف‌ها و عملکرد دانه گردید. با این‌حال استفاده از غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم منجر به ثبت بیشترین فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و طول غلاف در گیاه شد. محلول‌پاشی گیاه با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کاینتین نیز منجر به ثبت بالاترین غلظت پتاسیم در برگ و بیشترین فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گردید. علاوه بر این بیشترین مقدار در تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، درصد باروری غلاف و عملکرد دانه در واحد سطح نیز در این تیمار مشاهده شد (Habeeb and Abdullah, 2021). در پژوهش صورت گرفته توسط حسین و همکاران (۲۰۱۱) که به بررسی سطوح مختلف پتاسیم (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ کیلوگرم در

---

۱. Lignification

هکتار) در دو رقم مختلف ماش پرداختند، مشخص گردید که سطوح مختلف پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و شاخص‌های عملکرد در گیاه به غیر از تعداد گیاه در هر پلات داشت. بیشترین عملکرد دانه در گیاه در تیمار ۹۰ کیلوگرم پتاس در هر هکتار حاصل شد. در مقایسه دو ژنوتیپ مورد مطالعه نیز مشخص گردید که ژنوتیپ M-06 عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با NM-92 داشته است. بیشترین محتوای پروتئین در گیاه نیز در تیمار ۹۰ کیلوگرم پتاس در هکتار و در ژنوتیپ Mung-06 مشاهده شد (Hussein et al., 2011). بر طول سنبله و محتوای رنگدانه گیاهی را افزایش می‌دهد و از احتمال عقیمی در گندم (*Triticum aestivum* L) جلوگیری می‌کند (Abdel-Motagally and El-Zohri, 2016).

استفاده از پتاسیم در غلظت‌های مختلف (صفر، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ کیلوگرم در هکتار) در گیاه ماش نشان داد که سطوح مختلف پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه داشته است. بیشترین عملکرد و بازده آن در گیاه در تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار ماش حاصل شد. علاوه بر این، بیشترین غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، گوگرد، روی و بر نیز در این تیمار مشاهده شد. همچنین استفاده از پتاسیم در غلظت ۶۰ کیلوگرم در هکتار سبب بیشترین جذب پتاسیم در گیاه، بیشترین گره‌سازی و بیشترین محتوی پروتئین دانه شد (Abdul Quddus et al., 2019).

در پژوهش وصایا[1] و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی نانوکود نقره (۱۰، ۲۰ و ۳۰ پی‌پی ام) و روی (۲،۴ و ۶ پی‌پی‌ام) به صورت محلول‌پاشی در گیاه ماش پرداخته شد. نتایج پژوهش نشان داد که محلول پاشی نانو کودها تاثیر معنی‌داری بر رشد، عملکرد و شاخص‌های عملکرد در گیاه داشته است. تعداد شاخه در بوته، تعداد غلاف در هر بوته، محتوی کلروفیل و عملکرد دانه تحت تاثیر ۲۰ پی‌پی‌ام نقره و ۶ پی پی‌ام روی به طور معنی‌داری افزایش یافت. استفاده از نقره در غلظت ۲۰ پی پی‌ام و روی در غلظت ۶ پی پی‌ام عملکرد دانه در گیاه را ۲۶ درصد افزایش داد. نتایج آزمایش تاثیر مثبت ۲۰ پی پی‌ام نقره + ۶ پی –پی‌ام روی در گیاه ماش در نواحی خشک و نیمه خشک را بیان داشت (Wasaya et al., 2020). در گیاه باقلا سبز (*Vicia faba* L) به بررسی اثر محلول پاشی نانوبر (صفر، ۱/۲۵ و ۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم لیتر) و پتاسیم (صفر، ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم لیتر) پرداخته شد. محلول پاشی با نانو پتاسیم در غلظت ۳۰۰۰ میلی گرم منجر به افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته (۷۳/۳۳ سانتی‌متر)، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد کل دانه شد. محلول پاشی با نانو بر در غلظت ۲/۵ میلی‌لیتر بر لیتر منجر به افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌ها و طول غلاف نسبت به شاهد شد. تیمار ترکیبی ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم لیتر پتاسیم + ۲/۵ میلی‌گرم بر گیلوگرم لیتر بر منجر به ثبت بیشترین تعداد غلاف در بوته و وزن کل دانه در بوته گردید (Huthily et al., 2021). در بررسی نانوکود بر در گیاه *Olea europaea* L. cv. Picual مشخص گردید که استفاده از نانوکود بر و روی در غلظت‌های مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی رقم Picual در سال اول و دوم موثر بود. استفاده از ترکیب ۲۰ پی پی‌ام نانوبر + ۲۰۰ پی‌پی‌ام نانو روی بهترین تیمار در این گیاه بود. چرا که منجر به تولید حداکثر تعداد میوه، حداکثر عملکرد میوه و درصد روغن در گیاه می‌گردد (Genaidy et al., 2011). در گیاه ماش سبز در شرایط تنش کم آبی محلول پاشی آهن و منگنز به صورت توام منجر به افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و غلظت آهن و منگنز دانه گردید (اقدسی و همکاران، ۱۳۹۷).

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در شرایط مزرعه‌ای در ایستگاه مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه میسان[2] در استان میسان کشور عراق در فصل پاییز و سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی[3] با سه تکرار طراحی و اجرا شد. هر پلات آزمایشی دارای مساحت ۴ مترمربع بود (۲×۲). بذرهای ماش (رقم آرژانتین) در دو هفته اول ماه جولای (نیمه دوم تیرماه) کشت شد و برداشت آنها در هفته دوم اکتبر (نیمه دوم مهرماه) سال ۲۰۲۲ میلادی (سال ۱۴۰۱ شمسی) صورت گرفت. میزان بذر استفاده شده در آزمایش ۲۰ کیلوگرم در هکتار بود. کشت بذر به صورت ردیفی انجام شد. فاصله هر ردیف از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عامل اول مورد بررسی غلظت‌های مختلف نانوبر (B) در سه سطح ۰، ۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر و عامل دوم مورد مطالعه غلظت‌های مختلف نانوپتاسیم در سه سطح ۰، ۴ و ۸ میلی‌گرم بر لیتر بود. کود اوره (۴۶٪ نیتروژن) به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار، کلسیم سوپر

---

۱ Wasaya

2. Missan University

3. Randomized Complete Block Design

فسفات (۱۵/۵٪ فسفر) به میزان ۴۳ کیلوگرم در هکتار و پتاسیم سولفات (۴۸٪ پتاسیم) به میزان ۴۳ کیلوگرم در هکتار در هنگام آماده‌سازی زمین طبق نتیجه آزمایش خاک و توصیه کودی به آن اضافه شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

شن (Sand)	سیلت (Silt)	رس (Clay)	بافت خاک	pH	E.C. ($dS.m^{-1}$)	Organic matter (%)	نیتروژن (ppm)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)
۱۲۳	۳۹۵	۴۲۸	رسی – لومی (clay loam)	۷/۲۴	۳/۸۶	۳/۴۲	۸۲	۱۲/۷	۸۲

فاکتورهای مورد مطالعه در پژوهش شامل تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز از ۵۰ درصد گلدهی تا رسیدگی، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی در بوته، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد بذر در بوته، عملکرد دانه، درصد پروتئین دانه و عملکرد پروتئین. آنالیز آماری داده‌های پژوهش با استفاده از نرم افزار GENSTAT انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

یافته‌های پژوهش

تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی

داده‌های پژوهش نشان داد که صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی تحت تاثیر تیمارهای آزمایش قرار نگرفته است. از این رو غلظت‌های مختلف نانو بر و نانو پتاسیم تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشته‌اند.

تعداد روز از ۵۰ درصد گلدهی تا بلوغ

با توجه به بررسی داده‌های مرتبط با تعداد روز از ۵۰ درصد گلدهی تا بلوغ مشخص گردید که استفاده از غلظت‌های مختلف بر و پتاسیم به صورت محلول‌پاشی در گیاه از منابع معمولی و نانوکود تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت.

ارتفاع گیاه

درمطالعه ارتفاع گیاه مشخص گردید که تیمارهای مختلف آزمایش تفاوت معنی‌دار و قابل توجهی بر ارتفاع گیاه نداشتند.

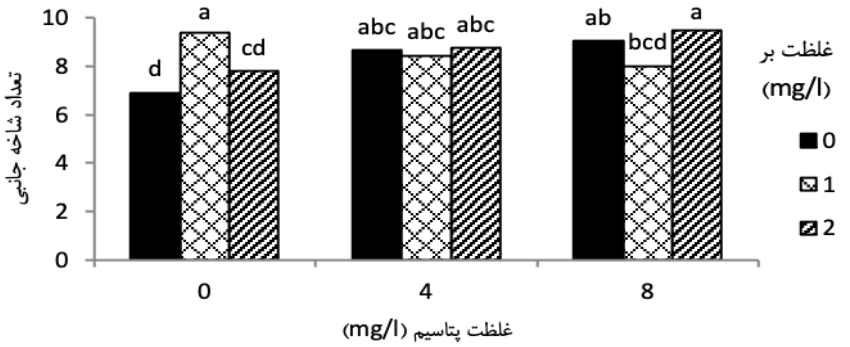
تعداد شاخه جانبی

نتایج نشان داد تعداد شاخه جانبی در بوته تحت تاثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت. اثر متقابل تیمارهای آزمایش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بدین صورت که محلول‌پاشی گیاه با ۱ میلی‌گرم بر لیتر بر + عدم استفاده از پتاسیم تعداد شاخه جانبی در بوته را در مقایسه با تیمار شاهد ۶۵/۳۵ درصد افزایش داد. علاوه بر این محلول‌پاشی گیاه با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر بر + ۸ میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم منجر به افزایش ۳۷/۶۰ درصدی تعداد شاخه جانبی در گیاه در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی در گیاه گردید (شکل ۴-۱). به طور کلی، محلول‌پاشی گیاه با نانوبر (B) و پتاسیم در تمامی غلظت‌ها تعداد شاخه جانبی در گیاه را در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) افزایش داد (شکل۱).

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تعداد شاخه در بوته

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد شاخه جانبی
بلوک	۲	۰/۱۵۲ ns
بر	۲	۲/۹۵ **
پتاسیم	۲	۱/۶۲ ns
بر × پتاسیم	۴	۰/۶۱ *
خطا	۱۶	۰/۴۱

ns: عدم اختلاف معنی‌دار *: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۱. تاثیر غلظت‌های مختلف بر (B) و پتاسیم بر تعداد شاخه جانبی

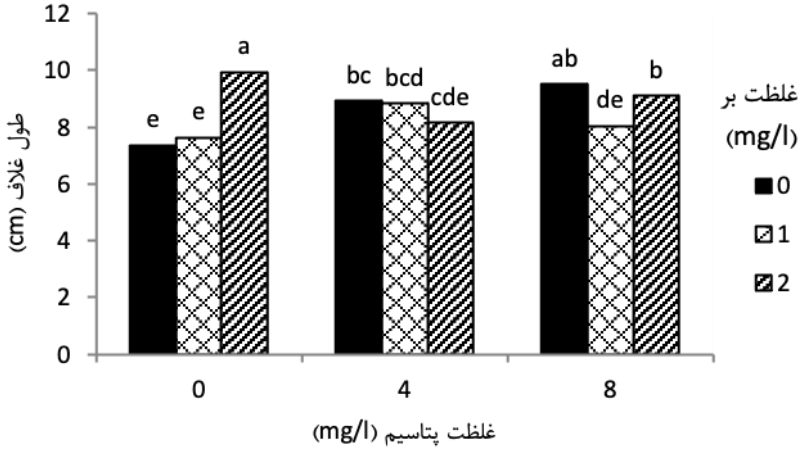
طول غلاف

بررسی نتایج تجزیه واریانس طول غلاف در گیاه نشان داد که این صفت تحت اثیر تیمارهای پژوهش قرار گرفته و تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایش وجود دارد (جدول ۳). به طور کلی، محلول‌پاشی گیاه با استفاده از غلظت‌های مختلف نانوبر و نانوپتاسیم طول غلاف در گیاه را در مقایسه با تیمار شاهد (فاقد هر گونه محلول‌پاشی) افزایش داد (شکل ۲). بیشترین طول غلاف در تیمارهای ۲ میلی‌گرم بر لیتر نانوبر (۹/۹۳ سانتی‌متر) و ۱ میلی‌گرم بر لیتر نانوبر (۹/۲۱ سانتی‌متر) در گیاه مشاهده گردید. این در حالی است که طول غلاف در گیاه در تیمار شاهد ۷/۳۶ سانتی‌متر بود (شکل ۲).

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) طول غلاف

منبع تغییرات	درجه آزادی	طول غلاف
بلوک	۲	۰/۱۱ ns
بر	۲	۱/۸۱ **
پتاسیم	۲	۰/۷۴ ns
بر × پتاسیم	۴	۳/۲۳ **
خطا	۱۶	۰/۲۱

ns: عدم اختلاف معنی‌دار، *: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۲. تاثیر غلظت‌های مختلف بر (B) و پتاسیم بر طول غلاف

تعداد غلاف در گیاه

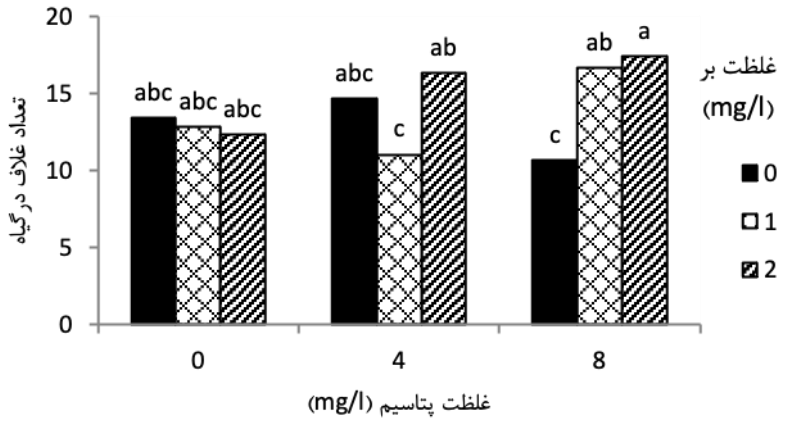
نتایج پژوهش نشان داد که غلظت‌های مختلف نانوبر و نانوپتاسیم بر تعداد غلاف در گیاه تاثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۴). بدین صورت که بیشترین تعداد غلاف در بوته به ترتیب در تیمارهای ۲ میلی‌گرم برلیتر نانوبر + ۸ میلی‌گرم بر لیتر نانوپتاسیم، ۱ میلی‌گرم برلیتر نانوبر + ۸ میلی‌گرم بر لیتر نانوپتاسیم، ۲ میلی‌گرم برلیتر نانوبر + ۴ میلی‌گرم بر لیتر نانوپتاسیم، فاقد نانوبر + ۸ میلی‌گرم بر لیتر نانوپتاسیم،

فاقد نانوبر و نانوپتاسیم، ۱ میلی‌گرم برلیتر نانوبر + فاقد نانوپتاسیم و ۲ میلی‌گرم برلیتر نانوبر + فاقد نانوپتاسیم مشاهده گردید. در این تیمار تعداد غلاف در بوته را ۲۹/۸۰ درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد. پس از آن محلول‌پاشی گیاه با بر در غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر و نانوپتاسیم در غلظت ۸ میلی‌گرم بر لیتر (۱۶/۶۶) و همچنین کاربرد ۴ میلی‌گرم بر لیتر نانوپتاسیم و ۲ میلی‌گرم بر لیتر نانوبر (۱۶/۳۳) منجر به افزایش تعداد غلاف در گیاه گردید (شکل ۳). تعداد غلاف در تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) ۱۳/۴۰ عدد بود (شکل ۳).

جدول ٤. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تعداد غلاف در گیاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد غلاف در گیاه
بلوک	۲	۴۰/۶۹ **
بر	۲	۱۴/۵۶ ns
پتاسیم	۲	۹/۵۶ ns
بر × پتاسیم	۴	۲۴/۴۸*
خطا	۱۶	۷/۴۴

ns: عدم اختلاف معنی‌دار، *: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۳. تاثیر غلظت‌های مختلف بر (B) و پتاسیم بر تعداد غلاف در گیاه

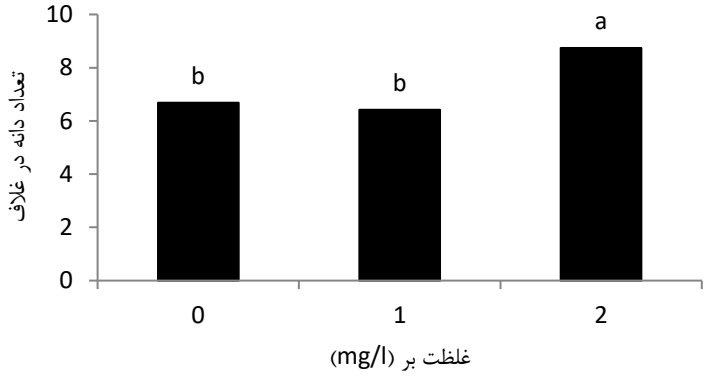
تعداد دانه در غلاف

محلول‌پاشی گیاه با غلظت‌های مختلف بر منجر به تغییرات معنی‌دار در تعداد دانه در غلاف گردید (جدول ۵). استفاده از ۲ میلی‌گرم بر لیتر بر در گیاه به تنهایی تعداد دانه در غلاف را ۲۶/۷ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی گیاه) افزایش داد (شکل ۴). این در حالی است که کاربرد ۱ میلی‌گرم بر لیتر بر در گیاه تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (شکل ۴).

جدول ۵. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تعداد دانه در غلاف

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه در غلاف
بلوک	۲	۰/۳۹ ns
بر	۲	۱۴/۵۳ **
پتاسیم	۲	۰/۲۷ ns
بر × پتاسیم	۴	۵/۳۱ ns
خطا	۱۶	۱/۹۹

ns: عدم اختلاف معنی‌دار، *: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ٤. تاثیر غلظت‌های مختلف بر (B) بر تعداد دانه در غلاف

وزن ۱۰۰ دانه

مطالعه و بررسی صفت وزن ۱۰۰ دانه در گیاه نشان داد که تیمارهای آزمایش تاثیرمعنی‌داری بر این صفت نداشتند و تغییرات این صفت از لحاظ آماری معنی‌دار نشد (جدول۶). وزن ۱۰۰ دانه در تیمار شاهد ۹/۴۴ گرم و در شرایط محلول پاشی گیاه با ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر بر و عدم کاربرد پتاسیم به ۹/۷۰ گرم افزایش یافت؛ اما این مقدار افزایش تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد و سایر تیمارهای آزمایش نداشت (جدول ۷).

جدول ٦. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن ۱۰۰ دانه

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن ۱۰۰ دانه
بلوک	**۲**	**۰/۲۹ ns**
بر	**۲**	**۰/۲۴ ns**
پتاسیم	**۲**	**۰/۰۹ ns**
بر × پتاسیم	**۴**	**۰/۰۲ ns**
خطا	**۱۶**	**۰/۳۹**

ns: عدم اختلاف معنی‌دار

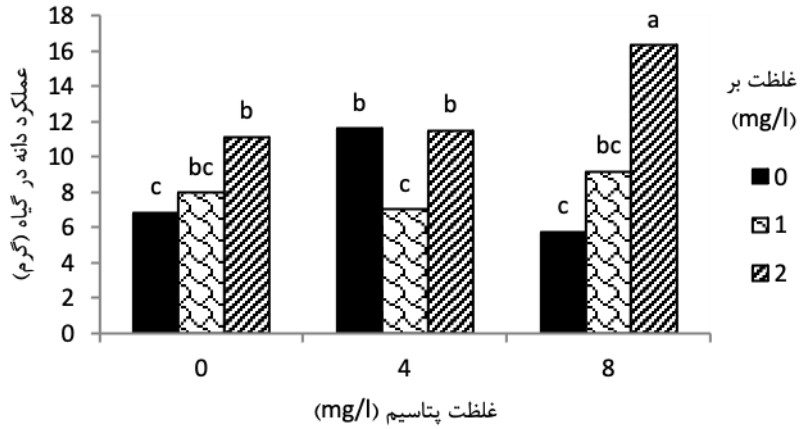
عملکرد دانه در گیاه

مطالعه نتایج مرتبط با عملکرد دانه در گیاه نشان داد که این صفت تحت تاثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت. اثر متقابل تیمارهای آزمایش در این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). با توجه به شکل ۵ مشخص گردید که محلول‌پاشی گیاه با ۸ میلی‌گرم بر لیتر نانوپتاسیم و ۲ میلی‌گرم بر لیتر بر عملکرد دانه در گیاه را ۱۳۸/۷ درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد. عملکرد دانه در گیاه در تیمار شاهد ۶/۸۳ گرم و در تیمار ۲ میلی‌گرم بر لیتر نانوبر + ۸ میلی‌گرم بر لیتر نانوپتاسیم ۱۶/۳۱ گرم بود (شکل ۵).

جدول ۸. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه در گیاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه در گیاه (گرم)
بلوک	۲	۲۵/۸۰ *
بر	۲	۷۲/۴۲**
پتاسیم	۲	۷/۸۴ ns
بر × پتاسیم	۴	۲۴/۹۶**
خطا	۱۶	۵/۱۹

ns: عدم اختلاف معنی‌دار، *: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۵. تاثیر غلظت‌های مختلف بر (B) و پتاسیم بر عملکرد دانه در گیاه

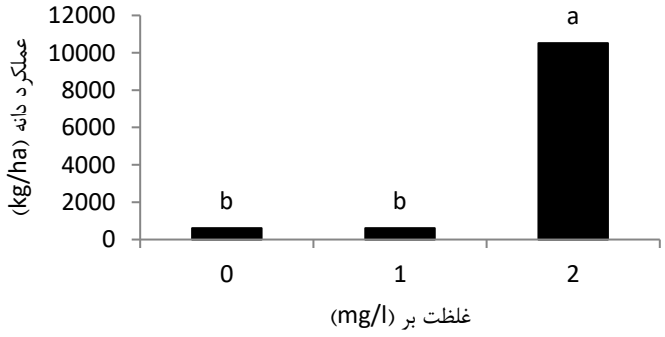
عملکرد دانه در هکتار

عملکرد دانه در هکتار نیز تحت تاثیر اثر ساده غلظت‌های مختلف نانوبر قرار گرفت (جدول ۹). محلول‌پاشی گیاه با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر عملکرد دانه در گیاه را به ۱۰۵۱۹/۸ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. این در حالی است که عملکرد دانه در هکتار در تیمار شاهد ۶۶۱۶/۷ کیلوگرم در هکتار بود. قابل ذکر است که محلول‌پاشی گیاه با غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (شکل۶). عنصر بر (B) یکی از عناصر مهم و تاثیر گذار در فرآیندهای حیاتی در گیاه می‌باشد. این عنصر اثر تعیین کننده‌ای در مرحله گلدهی و فرایند باروری در گیاه دارد. از این رو کاربرد آن در گیاه شاخص‌های مرتبط با عملکرد در گیاه را نیز بهبود می‌بخشد (Zoz et al., 2016). تاثیر مثبت بر (B) افزایش تعداد دانه در غلاف احتمالا با تاثیر مثبت این عنصر بر شاخص‌های زایشی در گیاه ارتباط دارد (Sharma and Chetani, 2017). علاوه بر این عنصر پتاسیم (K) با تاثیر مثبت بر فرایند فتوسنتز در گیاه و تولید بیشتر مواد فتوسنتزی منجر به افزایش شاخص برداشت در گیاه و همچنین عملکرد نهایی گیاه در هکتار می‌گردد (روشن‌ضمیر و همکاران، ۱۳۸۹). تاثیر مثبت محلول‌پاشی گیاهان با نانوکودها در سایر پژوهش‌ها نیز تایید شده است (حقیقی و نقوی، ۱۳۹۷؛ جورابی و همکاران، ۱۳۹۹؛ خلج و همکاران، ۱۳۹۹؛ آقازاده خلخالی و همکاران، ۱۳۹۴؛ ال‌شوماری و همکاران، ۲۰۱۹؛ گنادی و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۹. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه (kg/ha)
بلوک	۲	۶۵۷۰۵۰۰ ns
بر	۲	۲۹۴۲۲۵۶۵۷ **
پتاسیم	۲	۴۷۴۱۳۲۴ ns
بر × پتاسیم	۴	۴۳۷۸۲۳۲ ns
خطا	۱۶	۱۶۹۵۶۶۷۵

ns: عدم اختلاف معنی‌دار، **: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ٦. تاثیر غلظت‌های مختلف بر (B) بر عملکرد دانه

محتوای پروتئین دانه

مطالعه و بررسی درصد پروتئین دانه در گیاه نشان داد که این صفت تحت تاثیر تیمارهای آزمایش قرار نگرفت و تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایش با یکدیگر و تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) مشاهده نشد (جدول ۱۰).

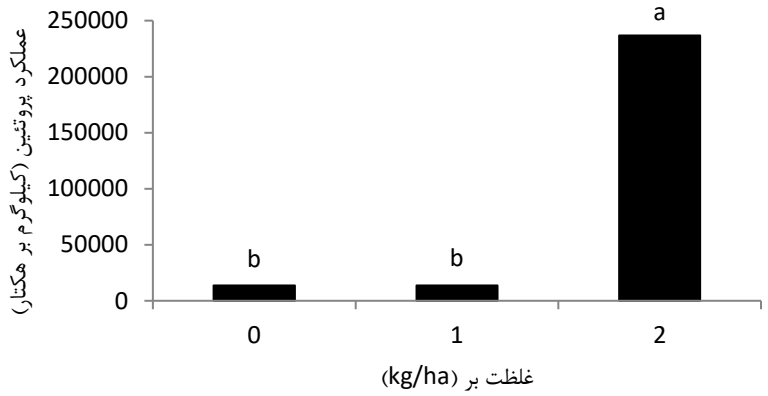
عملکرد پروتئین

عملکرد پروتئین در گیاه تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نانوبر قرار گرفت. سایر تیمارهای آزمایش تاثیر معنی‌داری بر عملکرد پروتئین نداشت (جدول ۱۰). کاربرد ۲ میلی‌گرم بر لیتر در گیاه عملکرد پروتئین را به طور معنی‌داری افزایش داد، به طوریکه بیشترین عملکرد پروتئین در گیاه به میزان ۲۳۶۶۳۲/۵ کیلوگرم بر هکتار در این تیمار مشاهده شد. عملکرد پروتئین ۱۳۵۴۱/۹ کیلوگرم بر هکتار بود (شکل ۷).

جدول ۱۰. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد پروتئین

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد پروتئین
بلوک	۲	۴/۳۰۳۷ e+۹ ns
بر	۲	۱/۴۹۳ e+۱۱ **
پتاسیم	۲	۲/۵۸۰۱ e+۹ ns
بر × پتاسیم	۴	۲/۳۱۴۱ e+۹ ns
خطا	۱۶	۸/۲۲۳۳ e+۹

: عدم اختلاف معنی‌دار، **: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۷. تاثیر غلظت‌های مختلف بر (B) بر عملکرد پروتئین

بحث

کارایی مصرف آب در نانوکودها در مقایسه با کودهای معمولی بالاتر است. از این رو دسترسی گیاه به عناصر غذایی در ناحیه رشد ریشه راحت‌تر صورت می‌گیرد. در نتیجه آن، ویژگی‌های رشدی گیاه تحت تاثیر قرار گرفته و بهبود می‌یابد (مظاهری‌نیا و همکاران، ۱۳۸۹). در این پژوهش استفاده از نانود کود بر (B) و پتاسیم در اغلب صفات مورد مطالعه در گیاه تاثیر مثبت داشته و منجر به بهبود صفات رشدی در گیاه گردید. نتایج پژوهش نشان داد که غلظت بالای بر (۲ میلی‌گرم بر لیتر) و پتاسیم (۸ میلی‌گرم بر لیتر) بیشترین تاثیر را بر صفات مورد مطالعه داشتند. تاثیر مثبت محلول‌پاشی گیاهان با نانوکودها در سایر پژوهش‌ها تایید شده است (حقیقی و نقوی، ۱۳۹۷؛ جورابی و همکاران، ۱۳۹۹؛ خلج و همکاران، ۱۳۹۹؛ آقازاده خلخالی و همکاران، ۱۳۹۴؛ AL-Shumary et al., 2020؛ Genaidy et al., 2020).

استفاده از پتاسیم در گیاه به حفظ پتانسیل آب سلول کمک کرده و سیستم جذب آب در گیاه را بهبود می‌بخشد. این موضوع می‌تواند در ارتفاع گیاه موثر باشد (حیدری و اصغری‌پور، ۱۳۹۱). در این پژوهش محلول‌پاشی گیاه با بر (B) و پتاسیم منجر به افزایش ارتفاع بوته شد، اما تغییر ارتفاع از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. بیان شده است که پتاسیم تولید کربوهیدارت در گیاه در افزایش می‌دهد و در پی انتقال سریع کربوهیدارت تولید شده به دانه، عملکرد دانه نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد (یارنیا و همکاران، ۱۳۸۸). علاوه بر این پتاسیم با تاثیر مثبت بر فرایند فتوسنتز در گیاه و تولید بیشتر مواد فتوسنتزی منجر به افزایش شاخص برداشت در گیاه و در همچنین عملکرد نهایی گیاه در هکتار می‌گردد (روشن‌ضمیر و همکاران، ۱۳۸۹). استفاده از نانو کود پتاس و متانول در گیاه گندم نیز صفات رشدی

گیاه و عملکرد آن تاثیر مثبت داشته است (رضایی و همکاران، ۱۳۹۸). افزایش ظرفیت فتوسنتزی در گیاه تاثیر مثبت و مستقیمی بر افزایش عملکرد در گیاه دارد (Sio semardeh, 2003). از طرف دیگر مقدار کلروفیل برگ نیز از فاکتورهای مهم و تاثیر گذار در ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌باشد (Jiang and Huang, 2001). کاربرد پتاسیم در گیاه، سنتز پیش‌ماده رنگدانه‌های کلروفیل در برگ را تحت تاثیر قرار داده و در پی آن افزایش نسبی در مقدار کلروفیل برگ صورت می‌گیرد. افزایش مقدار کلروفیل برگ نیز مقدار انرژی تولید شده در فرایند فتوسنتز در کلروپلاست برگ را نیز بهبود بخشیده و در پی آن ظرفیت فتوسنتزی در گیاه نیز افزایش می‌یابد (Kumar and Kumar, 2008). هم‌راستا با پژوهش صورت گرفته محلول‌پاشی گیاه گندم با نانو کود پتاسیم و بر تاثیر معنی‌داری بر وزن ۱۰۰۰ دانه در گیاه نداشت (Huthily et al., 2020).

علاوه بر این مشخص شده است که پتاسیم در ایجاد تعادل هورمونی در گیاه نقش دارد. ایجاد تعادل بین اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها در بوته در پی استفاده از پتاسیم، غالبیت انتهایی در گیاه را کاهش داده که در نتیجه آن شانس رشد جوانه و شاخه‌های جانبی در گیاه نیز افزایش می‌یابد (Abu-dahi et al., 2009). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که کابرد پتاسیم در سطح برگ گیاه باعث تحریک تقسیم سلولی و افزایش طول سلول و همچنین افزایش درصد لیگنین و سلولاز می‌گردد (Al-Rawi, 2020). بهبود سطح برگ گیاه در گیاه تحت تاثیر پتاسیم نیز تایید شده است (Habeeb and Abdullah, 2021). تاثیر مثبت کاربرد پتاسیم در گیاه بر شاخص‌های مرتبط با عملکرد در گیاه در سایر پژوهش‌ها نیز تایید شده است (Alak et al., 2015; Buriro et al., 2015). پتاسیم علاوه بر افزایش دسترسی دیگر عناصر غذایی منجر به افزایش انتقال مواد فتوسنتزی می‌شود (Hussain et al., 2011). تاثیر مثبت پتاسیم بر شاخص‌های رشدی گیاه ماش و افزایش بهره‌وری آن توسط عبدل‌القدوس و همکاران (۲۰۱۹) نیز تایید شده است.

عنصر بر (B) یکی از عناصر مهم و تاثیر گذار در فرآیندهای حیاتی در گیاه می‌باشد. این عنصر اثر تعیین کننده‌ای در مرحله گلدهی و فرایند باروری در گیاه دارد. از این رو کاربرد آن در گیاه شاخص‌های مرتبط با عملکرد در گیاه را نیز بهبود می‌بخشد (Zoz et al., 2016). تاثیر مثبت بر افزایش تعداد دانه در غلاف احتمالا با تاثیر مثبت این عنصر بر شاخص‌های زایشی در گیاه ارتباط دارد. این نتایج توسط ماندل و شارما (۲۰۱۷) تایید شده است. بهبود رشد لوله گرده و جوانه‌زنی از مزایای کاربرد بر در گیاه می‌باشد. محلول‌پاشی گیاه با بر تشکیل میوه در گیاه را بهبود بخشیده که در نتیجه آن تولید بذر در گیاه افزایش می‌یابد. در نهایت بهره‌وری محصول نیز روند افزایشی نشان می‌دهد (Shireen et al., 2018). در این پژوهش نیز محلول‌پاشی گیاه با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر بر منجر به افزایش معنی‌داری در تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه در گیاه و در هکتار گردید. هم‌راستا با نتایج این پژوهش محققین بیان کرده‌اند که وجود بر کافی در گیاه جو عملکرد دانه در گیاه را ۵/۵ درصد افزایش داده است (El-Feky et al., 2012). علاوه بر این، بر در گیاه گندم منجر به افزایش طول سنبله شده و از درصد عقیمی دانه در گیاه کاسته است (Abdel-Motagally and El-Zohri, 2016).

سیستم ریشه‌ای گیاه تحت تاثیر مصرف پتاسیم تقویت شده که این موضوع افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه را در پی دارد. در نتیجه آن تولید محصولات فتوسنتزی در گیاه افزایش یافته که در نهایت شاخص‌های رشد گیاه نیز تحت تاثیر قرار گرفته و بهبود می‌یابد (Kumar et al., 2016). تاثیر مثبت بر در رشد ریشه نیز توسط سایر پژوهشگران تایید شده است. در پی بهبود رشد سیستم ریشه‌ای توسط بر در گیاه انتقال مواد از محلول خاک به گیاه افزایش یافته که در پی آن شاخص‌های رشدی در گیاه نیز بهبود می‌یابد (Al-Hilfy and Zeboon, 2016).

بر (B) یکی از عناصر غذایی ضروری برای رشد و توسعه مناسب گیاه، بهبود عملکرد و افزایش کیفیت محصولات می‌باشد (Shireen et al., 2018). حضور بر در گیاه نیز بر آنزیم‌های موثر در فرآیند فتوسنتز در گیاه موثر می‌باشد. از این رو، محلول‌پاشی گیاه با بر منجر به افزایش مقدار کلروفیل در برگ و به دنبال آن ظرفیت فتوسنتزی در گیاه شده که در نتیجه آن شاخص‌های رشد و عملکرد آن نیز بهبود می‌یابد (Bager, 2015). بر نقش مهمی در پیوند شبکه‌های پکتیکی دارد (Miwa and Fujiwara, 2010). از این رو، منجر به بهبود یکنواختی ساختار و عملکرد دیوار و غشاء سلول گیاهی می‌گردد (Martínez et al., 2015). بنابراین بر در فرآیندهای حیاتی مهمی همچون تقسیم سلولی و طویل شدن آن، انتقال شکر (Shireen et al., 2018)، اتصال آنزیمی برای پروتئین‌های سیتواسکلتون و پلاسمالما نقش دارد (Bastías et al., 2010).

تاثیر مثبت محلول‌پاشی بر (B) در گیاه می‌تواند با افزایش هم‌زمان انتشار یون‌ها همچون فسفات، نیتروژن و پتاسیم با استفاده از غشاء سلولی در ارتباط باشد (Shireen et al., 2018). علاوه بر این، جذب بر توسط گیاه به طور مطلوبی منجر به افزایش جذب کلسیم توسط گیاه می‌گردد. این اتفاق با بار مثبت (کاتیون) موجود در کلسیم سوپر فسفات در ارتباط می‌باشد. علاوه بر این عمل ممکن است به

طور غیر مستقیم منجر به افزایش جذب فسفر در گیاه گردد. کمبود بر در گیاه بر جذب کربن دی‌اکسید خالص، تنفس و هدایت روزنه‌ای گیاه تاثیر منفی می‌گذارد. کاربرد بر به صورت محلول‌پاشی با بهبود عوامل ذکر شده رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بهبود بهتر پارامترهای تبادل گازی در گیاه هنگام کاربرد نانو کود بر نیز تایید شده است (Heydari et al., 2019; Rios et al., 2021).

حضور مقدار مناسب و کافی بر (B) در گیاه بر سیستم انتقال یون‌ها در گیاه بسیار موثر است (Shireen et al., 2018). این موضوع دسترسی گیاه به سایر عناصر غذایی را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این بیان شده است که بر نقش بسیار حیاتی بر متابولیسم نیتروژن در گیاه دارد. این عنصر در افزایش سطح نیترات نقش موثری دارد (Shireen et al., 2018 میرزایی و بابای، ۱۴۰۱). کاربرد بر در گیاه به طور قابل توجهی انتقال عناصرغذایی همچون فسفر، نیتروژن، پتاسیم، روی، آهن و مس در برگ، جوانه و بذر را بهبود می‌بخشد (Ahmad et al., 2011). تاثیر مثبت محلول‌پاشی گیاه گندم با نانو کود پتاسیم و بر نیز تایید شده است. غلظت بالای نانو کود پتاسیم (۸ میلی‌گرم در لیتر) منجر به افزایش شاخص‌های رشدی و عملکرد در گیاه گندم شده است. علاوه بر این، محلول‌پاشی با غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر نانو کود بر نیز شاخص‌های رشدی گیاه گندم و عملکرد آن را نیز بهبود بخشید (Hulail Noaema et al., 2020). به طور کلی می‌توان بیان داشت که محلول‌پاشی گیاه با نانوکود بر و پتاسیم با هم در مقایسه با کاربرد تکی آنها، به طور موثرتر باعث بهبود صفات رشدی و عملکردی در گیاه ماش شده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش استفاده از نانودکود بر (B) و پتاسیم در اغلب صفات مورد مطالعه در گیاه تاثیر مثبت داشته و منجر به بهبود صفات رشدی در گیاه گردید. نتایج پژوهش نشان داد که غلظت بالای نانوبر (۲ میلی‌گرم بر لیتر) و نانوپتاسیم (۸ میلی‌گرم بر لیتر) بیشترین تاثیر را بر صفات تعداد شاخه جانبی بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، طول غلاف، عملکرد پروتئین و عملکرد دانه داشتند. در این پژوهش محلول‌پاشی گیاه با نانوبر و نانوپتاسیم منجر به افزایش ارتفاع گیاه شد، اما تغییر ارتفاع از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. در این پژوهش نیز محلول‌پاشی گیاه با غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر نانوبر منجر به افزایش معنی‌داری در تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه در گیاه و در هکتار گردید. به طور کلی می‌توان بیان داشت که محلول‌پاشی گیاه با نانوکود بر و پتاسیم با هم در مقایسه با کاربرد تکی آنها، به طور موثرتر باعث بهبود صفات رشدی و عملکردی در گیاه ماش شده است.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

منابع

اقدسی، سجاد؛ مدرس ثانوی، سید علی محمد؛ آقاعلیخانی، مجید و کشاورز، حامد. ۱۳۹۷. اثر محلول پاشی آهن و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش سبز در شرایط تنش کم آبی. *نشریه دانش آب و خاک*. ۲۸(۳): ۱۳-۲۵.

امام، یحیی. ۱۳۸۶. *زراعت غلات*. انتشارات دانشگاه شیراز. شیراز. ایران. ۱۹۰ ص.

آقازاده خلخالی، دلارا؛ مهرآفرین، علی؛ عبدوسی، وحید؛ نقدی بادی، حسنعلی. ۱۳۹۴. عملکرد دانه و موسیلاژ اسفرزه (*Plantago psyllium L.*) در پاسخ به محلول پاشی نانو کود کلات آهن و پتاسیم. فصلنامه گیاهان دارویی. ۱۴(۴): ۲۳-۳۴.

توان، طاهره؛ نیاکان، مریم و نوری‌نیا، عباسعلی. ۱۳۹۳. اثر کود نانو پتاسیم بر فاکتورهای رشد، سیستم فتوسنتزی و میزان پروتئین گیاه گندم رقم N 8019. *مجله پژوهش اکوفیزیولوژیکی گیاهی ایران*. ۹(۳): ۶۱-۷۱.

جورابی، عیسوند؛ اسماعیلی، احمد و نصرالهی، علی‌حیدر. ۱۳۹۹. بررسی تأثیر محلول پاشی نانوکلات روی بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک و عملکرد پروتئین و دانه سویا در تنش کم آبیاری. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۹(۳۵): ۷۴-۸۶.

حقیقی، مریم و نقوی، بهاره. ۱۳۹۷. اثر محلول پاشی کلسیم و نانوکلسیم در کاهش اثرات تنش شوری گوجه‌فرنگی در مرحله رشد رویشی به روش آبکشت. *نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)*. ۳۲(۴): ۵۰۷-۵۱۸.

حیدری، محمود و اصغری‌پور، محمدرضا. ۱۳۹۱. اثر مقادیر مختلف سولفات پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای تحت تنش خشکی. *مجله پژوهش‌های زراعی ایران*. ۱۰: ۳۷۱-۳۸۴.

خلج، حمیده؛ برادران فیروزآبادی، مهدی و دلفانی، مریم. ۱۳۹۹. تأثیر محلول پاشی کود نانو کلات آهن و منیزیم بر رشد و عملکرد دانه لوبیا چشم

بلبلی (*Vigna sinensis* L.). فرآیند و کارکرد گیاهی. ۹(۳۵): ۱۶۱-۱۷۷.

رضائی، فردوس؛ براری، مهرشاد؛ حاتمی، علی و حسنیان‌خوشرو، حمید. ۱۳۹۸. تأثیر محلول پاشی متانول و نانو کود پتاس بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم. *مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی*. ۱۱(۳۹): ۱۸۱-۱۹۱.

روشن‌ضمیر، حسین؛ حسینی، سیدماشاالله؛ میرطالبی، سیدحسین و امینی، زهره. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر دور آبیاری و سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم شیراز در منطقه اقلید. *همایش ملی مدیریت تنش خشکی و کمبود آب در زراعت*. ارسنجان. ایران. ۶۵-۷۱.

قاسمی لمراسکی، مهرداد؛ نورمحمدی، قربان؛ مدنی، حمید؛ حیدری شریف‌آباد، حسین؛ و مبصر، حمیدرضا. ۱۳۹۳. تأثیر محلول‌پاشی سیلیس و پتاسیم و کاربرد نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام برنج ایرانی طارم هاشمی و طارم محلی (*oryza sativa L*). *یافته‌های نوین کشاورزی*. ۹(۱)، ۴۸-۶۷.

مقصودی، محمدرضا و نجفی، نصرت‌اله. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر کاربرد نانوکودهای عناصر غذایی کم مصرف در تغذیه گیاهان. *نشریه مدیریت اراضی*. ۴(۲)، ۱۱۶-۱۳۲.

میرزایی حیدری، محمد و بابایی، رویا. ۱۴۰۱. اثر تلقیح باکتری‌های محرک رشد گیاه با خاک و سطوح مختلف کود فسفاته بر روی رشد و عملکرد گندم پاییزه. *تحقیقات آب و خاک ایران*. ۵۳(۱۰)، ۲۲۵۹-۲۲۴۷.

میرزائی حیدری و محمد، باقری، محمد. ۱۴۰۱. کودهای شیمیایی و غذای سالم. *همایش بین المللی غذای طیب*. مشهد. ایران. ۷۱۹-۷۱۵.

یارنیا، مهرداد؛ صفایی پرنا؛ خورشیدی بنام، محمدباقر و فرج زاده معماری تبریزی، الناز. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی و سولفات پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان رقم ایروفلور. *یافته‌های نوین کشاورزی*. ۳(۳)، ۳۱۷-۳۳۱.

REFERENCES

Abdel-Motagally, F.M.F., & El-Zohri, M., (2016). Improvement of wheat yield grown under drought stress by boron foliar application at different growth stages. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, 17(2), pp.178-185.

Abdul Quddus, M.D., Ashraf Hussain, M.D., Neser, H.M., Anwar, B., Alamgir Siddiky, M.D., Razzab, & Ali, M.D., (2019). Influence of potassium addition on productivity, quality and nutrient uptake of mungbea (vigna radiate L.). *Journal of agriculture studies.* 7(1): 21-40.

Abu-dahi, Y.M., Shati, R.K., & Al-Taher, F.M., (2009). Effect of foliar feeding of iron, zinc and potassium on grain yield, and protein percentage of bread wheat. . *Iraqi.J. of Agri. Sci*.40 (4):27-37.

Ahmed, N., Abid, M., Ahmad, F., Ullah, M.A., Javaid, Q., & Ali, M.A., (2011). Impact of boron fertilization on dry matter production and mineral constitution of irrigated cotton. *Pak. J. Bot*., 43, 2903–2910.

Aghazadeh-Khalkhali, D., Mehrafarin, A., Abdossi, V. & Badi, H.N., (2015). Mucilage and seed yield of psyllium (Plantago psyllium L.) in response to foliar application of nano-iron and potassium chelate fertilizer. *Journal of Medicinal Plants*, 14(56), 23-34. (in Persian)

Aghdasi, S., Modares Sanavy, S.A.M., Aghaalikhani, M. & Keshavarz, H., (2018). Effect of foliar application of iron and manganese on yield and yield components of mungbean under water deficit stress. *Water and Soil Science*, 28(3), 13-25. (in Persian)

Ail, N.S., & Al-Juthery, H.W.A., (2017). The application of nanotechnology for micronutrient in agricultural production (review article). *The lraqi Journal of Agricultural Sciences*. 48(9): 489-441.

Akhtar, M.N.; Ul-Haq, T., Ahmad, F., Imran, M., Ahmed,W., Ghaffar, A., Shahid, M., Saleem, M.H., Alshaya, H., Okla, M.K. & Ali, S., (2020). Application of Potassium along with Nitrogen under Varied Moisture Regimes Improves Performance and Nitrogen-Use Efficiency of High- and Low-Potassium Efficiency Cotton Cultivars. *Agronomy*. 12, 502.

Alak, M.K., Abdul-Razzaq, M.M.A., Ahmed, S.A.H., & Hamza, I.A., (2015). Effect of spraying benzyl adenine (BA), zinc, and boron on bean yield and its components. *Journal of Biotechnology Research Center*. 9(1): 67-76.

Al-Amiri, Abbas Ali, Razzaq Lotte Ateya, Ahmed Najem Al-Moussawi & Hamid Abdul Khashan Al-Fartous. (2015). Response of three genotypes of yellow maize (Zea mays L.) for paper feeding in manganese and boron under calcareous soil conditions in some growth and yield traits. Al-Baher Magazine1: 31-42.

Al-Hilfy, I. H., & Zeboon, N. H., (2016). Respons of bread wheat yield and its components to boron and vitaminc foliar applied. *Iraqi J. of Agri. Sci*.47 (5):1171-1180.

Ali, N. S., Rahi, H.S., and Shaker, A. A., 2014. Soil Fertility. Scientific Book House. *College of Agriculture* - University of Baghdad.

Al-Ramadi, Hassan Rajab and Nehmeh Abdulmonem Abdullah, Tareq Ali Shall, Abdullah Hassan Al- Saeedi, Mohammed Salem Al-Sikhan & Tareq Abdulaziz Shalabi. (2016). Botany and Environmental Nanotechnology. Faculty of Agriculture - *Kafr El-Sheikh University. First Edition*. P. 189.

Al-Rawi, O.A.T., (2020) Growth, yield, and quality of four cultivars of bean under the influence of potassium spray. College of Agriculture, University of Anbar, Department of Field Crops.

AL-Shumary, A.M.J., Ali, H.A., & Alabdulla, S.A., (2019). Effect of Spraying Concentrations of Integrated Nano-Fertilizer on Growth and Yield of Genotypes of Corn (Zea mays L.). *Muthanna journal of Agriculture Science*. 7(2): 114-121.

Asgharipour, M.R., & Heidari, M. (2011). Effect of potassium supply on drought resistance in sorghum plant growth and macronutrient content. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(2), 374-381. (in Persian)

Baqer, H.A.A., (2015). Response of bread wheat Shaam-6 cultiver to ground added potassium and foliar boron on growth characters. *Al Furat J. of Agri.Sci*.7 (1):152-166.

Bastías, E., Alcaraz-López, C., Bonilla, I., Martínez-Ballesta, M. C., Bolaños, L., & Carvajal, M., (2010). Interactions between salinity and boron toxicity in tomato plants involve apoplastic calcium. *J. Plant Physiol*. 167, 54–60.

Batabyal, K., Sarkar, D., & Mandal, B., (2015) Critical Levels of Boron in Soils for Cauliflower (*Brassica oleracea var. Botrytis*). *J Plant Nutr* 38, 1822-1835.

Brar, M.S., Singh, B., Bansal, S.K., & Srinivasa, R. (2011). Role of Potassium Nutrition in Nitrogen Use Efficiency in Cereals; e-ifc No. 29; IPI: Bern, Switzerland.

Bukhsh, M. A. A. H. A., R. Ahmad, A. U. Malik, S. Hussain & M. Ishaque. (2011). Profitability of three maize hybrids as influenced by varying plant density and potassium application. J. Anim. Plant Sci., 21(1): 42-47.

Buriro, M, Hussain, F, Talpur, GH, Gandahi, A.W., & Buriro, B. (2015). Growth and yield response of mung bean varieties to various potassium levels. *Pak. J. Agri., Agril. Engg*., Vet. Sci., 31 (2): 203-210.

Choi, E.Y., Jeon, Y.A., Choi, K.Y., & andStangoulis, J. (2016). Physiological and morphological responses to boron deficient chinese cabbage. *Hortic. Environ. Biotechnol*. 57, 355.

Davoody, N., Seghatoleslami M. J., Mousavi, S. G. H., and Nasrabad Azari, A. 2013. Foxtail millet responses to bulk and nano zinc oxide particles in water stress conditions. *Annual Review & Research in Biology,* 3: 959-973.

El-Feky, S.S.; El-Shintinawy, F.; Shaker, E.M., & El-Din, H.A.S. (2012). Effect of elevated boron concentrations on the growth and yield of barley (Hordeum vulgare L.) and alleviation of its toxicity using different plant growth modulators. *Aust. J. Crop Sci*. 2012, 6, 1687–1695.

Emam, Y., (2011). *Cereal Production. Shiraz University Press*. 4th ed. Shiraz, Iran. 190 pp. (in Persian)

Feilinezhad, A., Mirzaeiheydari, M., Babaei, F., Maleki, A., & Rostaminya, M., (2022). The Effect of Tillage, Organic Matter and Mycorrhizal Fungi on Efficiency and Productivity Use of Nutrients in Maize. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 53(20), pp.2719-2733.

Ghasemi Lemraski, M., Normohamadi, G., Madani, H., Heidari Sharifabad, H., & Mobasser, H. R. (2014). Effect of silicon and potassium foliar application and nitrogen rates on yield and yield components of Iranian rice cultivars, Tarom Hashemi and Tarom Mahalli. *New Finding in Agriculture*, 9(1), 47-66. (in Persian)

Genaidy, E.A.E., Abd-Alhamid, N., Hassan, H.S.A., Hassan, A.M., & Hagagg, L.F. (2020). Effect of foliar application of boron trioxide and zinc oxide nanoparticles on leaves chemical composition, yield and fruit quality of Olea europaea L. cv. Picual. Genaidy et al. *Bulletin of the National Research Centre*. 44:106.

Gupta, U., & Solanki, H. (2013). Impact of boron deficiency on plant growth. *Int. J. Bioassay*, 2, 1048–1050.

Habeeb, M.I., & Abdullah, B.H. (2021). Effect of Spraying with Potassium and Kinetin on Specific Physiological and Productive Characteristics of Three Mungbean Genotypes (*Vigna Radiata* L.). 3rd Scientific & 1st International Conference of Desert Studies. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.

Haghighi, M., & Asghariopur, M.R. (2019). Effect of Ca and nano-Ca spray on reducing the effects of salinity stress on tomato at vegetative growth stage in hydro culture. *Journal of Horticultural Science*, 32(4), 507-518. (in Persian)

Heydari, M.M., & Babaei, Z. (2022). The effect of plant growth promoting bacteria inoculated in soil and different rates of phosphorous fertilizer on growth and yield of autumn wheat. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53(10), 2423-7833. (in Persian)

Heydari, M.M., Brook, R.M., & Jones, D.L., (2019). The role of phosphorus sources on root diameter, root length and root dry matter of barley (Hordeum vulgare L.). *Journal of plant nutrition*, 42(1), pp.1-15.

Heydari, M.M., & Bagheri, M. (2022). (2018). Chemical fertilizers and healthy food. *International conference on Tayyeb Food*. Mashhad. Iran. 715-719. (in Persian)

Heydari, M.M., Maleki, A., Brook, R., & Jones, D.L., (2009). Efficiency of phosphorus solubilising bacteria

and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield components of wheat cultivar (Chamran). *Aspects of Applied Biology*, (98), pp.189-193.

Hu, H. & Brown, P.H. 91994). Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin- Evidence for a structural role of boron in the cell wall. *Plant Physiol*.105, 681–689.

Hulail Noaema, A., Leiby, H.R., & Alhasany, A.R. (2020). Effect of Spraying Nano Fertilizers of Potassium and Boron on Growth and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *The First International Conference of Pure and Engineering Sciences* (ICPES2020). 871.

Hussain, F., Malik, U., Haji, M.A., & Malghani, A.L. (2011). Growth And Yield Response Of Two Cultivars of Mungbean (*Vigna radiata* L.) to Different Potassium Levels. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21(3): 622-625.

Huthily, K. H., Manshood, M. A., Noaema, A.H., & Alhasany, A.R. (2021). Effect of Foliar Application with Nano Potassium and Boron on Growth and Productivity of Vacia faba L. *Indian Journal of Ecology*. 48(13): 148-152.

Jafarzadeh, R., M. Jami Moeini & M. R. Hokm Abadi. (2013). Wheat yield response to foliar and soil application of potassium fertilizer Nano. *J. of Farming Res*. 5 (2), 189 - 97.

Joorabi S, Eisvand H.R., Ismaili A., & Nasrolahi A.H. (2020) Effects of Zn nano-chelate foliar application on some physiological parameters and grain yield of soybean under water deficit stress. *Plant Process and Function*, 9 (35), 73-86. (in Persian)

Khalaj H., Baradarn Firouzabadi M., delfani M. & (2020). Effect of nano iron and Magnesium chelate fertilizers on on Growth and Grain Yield of (Vigna sinensis L.). *Plant Process and Function*. 9(35), 161-177. (in Persian)

Kumar, A. R., and M. Kumar. (2008). Studies on the efficacy of sulphate of potash on physiological, yield and quality parameters of Banana cv. Robusta (Cavendish- AAA). *Asian J Biologi of Sci*. 2:102-109.

Kumar, M., Sarangi, A., Singh, D. K., Rao, A.R., & Sudhishri, S. (2016). Response of wheat cultivars to foliar potassium fertilization under irrigated saline environment. *J. of Applied and Natural Sci.* 8 (1): 429 - 436.

Lewis, D. H. (2019). Boron: the essential element for vascular plants that never was. *N. Phytol*. 221, 1685–1690.

Maqsoodi, M., & Najafi, N. (2017). Effects of nano-micronutrient fertilizersI on plant nutrition. *Land Management Journal*, 4(2), 115-132. (in Persian)

Maleki, A., Pournajaf, M., Naseri, R., Rashnavadi, R., & Heydari, M., (2014). The effect of supplemental irrigation, nitrogen levels and inoculation with rhizobium bacteria on seed quality of chickpea (Cicer arietinum L.) under rainfed conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(6), pp.902-909.

Malvi, U. (2011). Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. *Karnataka J. Agric. Sci*. 24: 106 – 109.

Mandala, A. B., & Sharmab, A. (2017). Effect of boron and myo-inositol on pollen tube growth of hybrid of bread wheat (*triticum aestivum* L. Emend. Thell.). *J.of Agric. and Veterinary Sci*. 10(4): 26- 31.

Martínez-Cuenca, M.-R., Martínez-Alcántara, B., Quiñones, A., Ruiz, M., Iglesias, D.J., Primo Millo, E. & Forner-Giner, M.Á. (2015). Physiological and molecular responses to excess boron in *Citrus macrophylla* W. *PLoS ONE* 10, e0134372.

Miwa, K. & Fujiwara, T. (2010). Boron transport in plants: co-ordinated regulation of transporters. *Ann. Bot.*, 105, 1103–1108

Miwa, K. & Fujiwara, T. (2010). Boron transport in plants: co-ordinated regulation of transporters. *Ann. Bot.*, 105, 1103–1108.

Mondal, M.M.A., Rahman, M.., Akterm M.B., & Fakir, M.S.A. (2011). Effect of Foliar Application of Nitrogen and Micronutrients on Growth and Yield in Mungbean. *Legume Res*. 34(3): 166-171.

Mora, K.A., Kumar, K., Chhikara, S., Musante, C., White, J.C. & Dhankher, O.P. (2016). Enhanced boron tolerance in plants mediated by bidirectional transport through plasma membrane intrinsic proteins. *Sci Rep.* 6, 21640.

Moradi, S. Z., Momtaz, S., Bayrami, Z., Farzaei, M. H., & Abdollahi, M. (2020). Nanoformulations of Herbal Extracts in Treatment of Neurodegenerative Disorders. *Front. Bioengine. Biotechnol*. 8:238.

Noaema, A.H., leiby, H.R., & Alhasany, A.R. (2020). Effect of Spraying Nano Fertilizers of Potassium and Boron on Growth and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *The First International Conference of Pure and Engineering Sciences*. 871.

Ratan, K. & Kavita, K. (2017). Influence of foliar fertilization of boron on broccoli (*Brassica oleracea var. italica*) in boron deficient soil of Doon Valley, India. *Progressive Horticulture* 49, 65-68.

Rezaie, F., Barary, M., Hatami, A., & Hassanein Khoshro, H. (2019). The effect of nano-potass fertilizer and methanol application on some physiological characters, yield and yield components of wheat. *Journal of Plant Ecophysiology*, 11(39), 180-191. (in Persian)

Rios JJ, Lopez-Zaplana A, Bárzana G, Martinez-Alonso A & Carvajal M. (2021). Foliar Application of Boron Nanoencapsulated in Almond Trees Allows B Movement Within Tree and Implements Water Uptake and Transport Involving Aquaporins. *Front. Plant Sci*. 12:752648.

Roshan Zamir, H., Hosseini, S.M., Mirtalebi, S.H., & Amini, Z. (2018). Investigating the effect of irrigation frequency and different levels of potassium sulfate on the yield and yield components of Shiraz variety wheat in Eghlid region. *National conference on management of drought stress and water shortage in agriculture*. Arsanjan. Iran. 65-71. (in Persian)

Shah, Z.; Ahmad, S.R.; Rahman, H. & Shah, M.Z. (2011). Sustaining rice-wheat system through management of legumes. II. Effect of green manure legumes and N fertilization on wheat yield. *Pak. J. Bot*., 43, 2093–2097.

Shams, A.S., & Abbas, M.H.H. (2019). Can Hydroxyapatite and Boron Oxide Nano-fertilizers Substitute Calcium Superphosphate and Boric Acid for Broccoli (*Brassica oleracea var. italica*) Grown on A Heavy Clay Soil? *Egyptian Journal of Horticulture*. 46(2): 215-234.

Sharma, A. and Chetani, R., 2017. A review on the effect of organic and chemical fertilizers on plants. Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol, 5, pp.677-680.

Shen, Z.G.; Liang, Y.C. & Shen, K. (1993). Effect of boron on the nitrate reductase activity in oilseed rape plants. *J. Plant Nutr*. 16, 1229–1239.

Shireen F., Nawaz M. A., Chen C., Zhang Q., Zheng Z., Sohail H., Sun J., Cao H., Huang Y., & Bie Z. (2018). Boron: functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture. *Int. J. Mol Sci*. 19 (7): 1856-1870.

Singh, M.K., Chand, T., Kumar, M., Singh, K.V., Lodhi, S.K., Singh, V.P. & Sirohi, V.S. (2015). Response of different doses of NPK and boron on growth and yield of Broccoli (*Brassica oleraceavar. italica*). *International Journal of Bio-resource and Stress Management.* 6, 108-112.

Sio semardeh, A. 2003. Physiological of growth and yield of wheat cultivar related to drought resistance ATP synthesis. Ph.D. Dissertation, University of Tehran, Iran.

Soomro, Z .H; P.A. Baloch & A.W.Gandhai. (2011). Comparative Effects of Foliar and Soil applied Boron on Growth and Fodder yield of maize. *Pak. J. Agri. Agril. Engg* .Vet. Sci. 27 (1):18 – 26.

Tavan, T., Niakan, M., & Norinia, A. A. (2014). Effect of nano-potassium fertilizer on growth factors, photosynthetic system and protein content in wheat (Triticum aestivum L. Cv. N8019). *Iranian Journal of Plant Ecophysiological Research,* 35(3), 61-71. (in Persian)

Wang, Y. & Wu,W.H. (2013). Potassium transport and signaling in higher plants. Annu. Rev. *Plant Biol*. 64, 451–476.

Wasaya, A., Ahmad Yasir, T., Sarwar, N., Farooq, O., Sheikh, G.R. & Baloch, A.W. (2020). Improving growth and yield of mungbean (*Vigna radiata* L.) through foliar application of silver and zinc nanoparticles. *Pure Appl. Biol., 9(1): 790-797.*

Wells, M.L. & Wood, B.W. (2007). Relationships between leaflet nitrogen: Potassium ratio and yield of pecan. HortTechnology. 17, 473–479.

Yang, X. E., W. M. Wang & Z. L. He., (2004). Physiological and genetic characteristics of nutrient efficiency of plants in acid soils. P.78-83.

Yarnia, M., Safaie, P., Khorshidi-benam, M. B., & Farajzadeh, E. (2009). Effect of drought stress and potassium sulfate on yield and yield components of sunflower. *New Finding in Agriculture*, 3(3), 317-332. (in Persian)

Zhang, X., Davidson, E. A., Mauzerall, D. L., Searchinger, T. D., Dumas, P., & Shen, Y., (2015). Managing nitrogen for sustainable development. *Nature*. 528, 51–59.

Zoz, T., Steiner, F., Seidel, E. P., castagnara, D. D., & Gabriel E. S., (2016). Foliar application of calcium and boron improves the spike fertily and yield of wheat. *Biosci. J., Uberlandia*. 32(4): 873- 880.

Zulfiqar, F., Navarro, M., Ashraf, M., Akram, N. A., & Munné-Bosch, S. (2019). Nanofertilizer use for sustainable agriculture: Advantages and limitations. *Plant Science, 289,* p.110270.

Effect of nanoboron and nanopotassium spraying on growth and yield of mungbean (Vigna radiate L.)

EXTENDED ABSTRACT

Introduction:

The agriculture and crop production systems sector is and will continue to experience increased pressure resulting from global food demand, strain on natural resources, and the evolution of new feeding and fertilizing patterns. Increased demand for food is inevitable given the current and predicted trend in population growth. One of the effective and necessary factors in the plant growth period is plant nutrition and management of fertilizer resources. Excessive application of chemical fertilizers in agriculture and crop production, which in addition to incurring additional costs, have irreparable effects on the environment quality and human health. The use of nanotechnology in crop production is a new and rapidly evolving area of research with the potential to positively impact agriculture and heath production. This research aims to investigate the effect of spraying nano fertilizers of potassium and boron on growth and yield of mungbean (*Vigna radiate L.*)

Materials and Methods:

A factorial experiment based on the randomized complete blocks design with three replications of Argentinian mung bean variety with amount of 20 kg ha^{-1} was conducted in 2021-2022 in a field at the Misan University of Iraq. The factors were three levels of boron (0, 1 and 2 mg $liter^{-1}$) and three levels of potassium (0, 4 and 8 mg $liter^{-1}$). Each Plot area was 4 m^2 (2 m x 2 m), containing 4 rows with a 20 cm distance between rows. The distance between the plots and blocks were 1 m.

Results and Discussion:

The results showed that the spray of nanoboron and potassium led to an improvement in crop growth parameters and yield of seeds per plant of mungbean. So that 2 mg/l nanoboron spraying with 8 mg/l potassium led to a significant increase in the number of branches per plant, the number of pods per plant, and grain yield in the plant compared to the control treatment. The grain yield was 10519 kg/ha in 2 mg/l nanoboron + 8 mg/l nanopotassium treatment compare to the control treatment which was 6616 kg/ha. Furthermore, application of nanoboron on the plant at the highest concentration (2 mg $liter^{-1}$) significantly increased the grain yield per hectare, the number of seeds per pod, pod length and protein yield compared to the control treatment (no boron spraying).

Conclusion:

In general, it can be said that the simultaneous spray of nanofertilizers of potassium and boron on mungbean plant showed a more significant effect on plant growth and plant yield, as compared to the individual spray of nanopotassium and nanoboron.

Keywords: Biological Yield, Nano Fertilizer, Foliar Application, Mungbean Seed Yield.