



Effect of fertilizer and seed inoculation with *Pantoea agglomerans* on pigments, vegetative, qualitative, and quantitative characteristics of lettuce (*Lactuca sativa*)

Saeed Ashouri¹, Farzin Abdollahi^{*2,4}, Leila Jafari^{3,4}

1- Master of Science Student, Department of Horticulture, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran.

2- Associate Professor, Department of Horticulture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

3- Assistant Professor, Department of Horticulture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

4- Member of Research Group of Agroecology in Dryland Area, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

*Corresponding author: fabdollahi@hormozgan.ac.ir

(Received: 02 June 2023

Revise: 21 July 2023

Accepted: 23 July 2023)

Extended Abstract

- 1. Introduction:** Using chemical fertilizers is considered a common method to improve soil fertility. In recent decades, the increase in crop production has depended on chemical fertilizers, especially nitrogen fertilizers. This issue has increased environmental pollution and damage to agricultural ecosystems in intensive agricultural systems. So, the continuous use of chemical fertilizers has destroyed the soil structure and reduced the potential yield of crops. To coordinate with sustainable agriculture's goals and deal with the adverse effects caused by the use of chemical fertilizers, biofertilizers have been proposed as an alternative to chemical fertilizers. Various studies have shown that the presence of *P. agglomerans* bacteria in the rhizosphere increases the yield of various crops by improving the absorption of nutrients including nitrogen. Therefore, this experiment was carried out to evaluate the use of fertilizer *P. agglomerans* as biofertilizers in lettuce production.
- 2. Materials and Methods:** To investigate the effect of fertilizer (urea and manure) on lettuce under the seed inoculation with *P. agglomerans* condition, a factorial experiment was conducted in the form of a randomized complete block design in the greenhouse Faculty of Agriculture and Natural Resources of the University of Hormozgan, in three replications. The experimental factors include inoculation or non-inoculation of lettuce seeds with *P. agglomerans* bacteria as the first factor and fertilizer levels including 50 and 100 kg N ha⁻¹ as urea fertilizer (108.7 and 217.4 kg ha⁻¹) and manure (5000 and 10000 kg ha⁻¹) as second factors. The evaluated traits included leaf pigment content (chlorophyll and carotenoids), vegetative characteristics (final leaf area, final leaf area index, final head height, and diameter), qualitative characteristics (total phenol, flavonoid, and leaf nitrate content), and yield (head and economic yields and percentage of yield reduction).
- 3. Results and Discussion:** The results of the main effect showed that the application of 100 kg N ha⁻¹ as urea caused a significant increase in leaf number and final leaf area index, chlorophyll a, total, and carotenoid content compared to non-fertilizer control, which did not have a significant difference with the application of 100 kg N ha⁻¹ of manure. However, the highest level of leaf TSS was obtained in the presence of 100 kg N ha⁻¹ of manure. Seed inoculation caused a significant increase in the leaf number per plant, the final leaf area, and the final leaf area index by 12.54, 26.9, and 26.5%, respectively. The highest chlorophyll and carotenoid contents were obtained by applying 100 kg N ha⁻¹ of manure and seed inoculation. Seed inoculation increased the head height and diameter compared to no inoculation, although this increase was not significant. Also, seed inoculation increased leaf phenol and flavonoid content at each level of fertilizer, which was significant for two levels of manure. With the application of fertilizer, the total leaf phenol and flavonoid content increased significantly compared to the non-fertilizer control. In the condition of no seed inoculation, the application of urea and animal manure fertilizer at the rate of 100 kg N ha⁻¹ increases the total phenol by 40.5 and 34.8 percent, respectively, and the flavonoid increases by 62.4 and 34.7 percent, respectively, compared to the non-fertilizer control. Leaf nitrate, as a qualitative index that is directly related to human health, was affected by experimental treatments. Fertilizer application caused a significant increase in this index, and the largest increase was

observed with urea application. Seed inoculation with *P. agglomerans* reduced lettuce leaf nitrate at all fertilizer levels. But this reduction was significant only for animal manure. The results showed that in the conditions of non-seed inoculation and seed inoculation with *P. agglomerans*, the application of 100 kg N ha⁻¹ as urea increased leaf nitrate by 69.6% and 69.3%, respectively, compared to the control, while these values for the highest level of animal manure were obtained by 37.3% and 22.1% respectively. These results showed that seed inoculation with *P. agglomerans* increased economical yield in non-fertilizer application, application of 50 and 100 kg N ha⁻¹ of urea, application of 50 and 100 kg N ha⁻¹ of manure, by 18.0, 32.5, 15.4, 27.0 and 15.4% respectively, compared to non- seed inoculation. The application of fertilizer and seed inoculation caused a significant decrease in the percentage of yield reduction from 15.5 to 42.0%.

4. **Conclusion:** In this study, seed inoculation with *P. agglomerans* increased leaf chlorophyll content, vegetative and yield indices as well as quality characteristics of lettuce leaves. Leaf nitrate increased with fertilizer application, but seed inoculation with *P. agglomerans* caused a significant decrease in this quality index. Overall, the results of this research showed that the inoculation of lettuce seeds in the presence of urea and animal manure increased the economical yield and reduced the percentage of yield reduction through improving vegetative characteristics and increasing leaf chlorophyll.

Keywords: Urea, Lettuce yield, Leaf chlorophyll, Biofertilizers, Manure.

Citation: Ashouri, S., Abdollahi, F. & Jafari, L. (2024). Effect of fertilizer and seed inoculation with *Pantoea agglomerans* on pigments, vegetative, qualitative and quantitative characteristics of lettuce (*Lactuca sativa*). *Journal of Vegetables Sciences*, 15(1), 51-68. doi:10.22034/IUVS.2023.2003849.1292

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



بررسی اثر سطوح کودهای اوره و دامی و تلقیح بذر با باکتری *Pantoea agglomerans* بررنگیزه‌های گیاهی، ویژگی‌های رویشی، کیفی و کمی کاهو (*Lactuca sativa*)سعید آشوری^۱، فرزین عبدالهی^{۲*}، لیلا جعفری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۳- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۴- عضو هسته پژوهشی آگرواکولوژی در مناطق خشک دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

*نویسنده مسئول: fabdollahi@hormozgan.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۲

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح کودهای اوره و دامی و تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان در سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایش شامل استفاده از باکتری *P. agglomerans* به عنوان عامل اول (در دو سطح تلقیح یا عدم تلقیح بذر کاهو) و عامل دوم شامل سطوح کودی اوره (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و کود دامی (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و شاهد بودند. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که کود بر تمام صفات کاهو اثر معنی‌دار داشت. همچنین اثر تلقیح بذر کاهو با باکتری بر صفات کلروفیل a و b و فلاونوئید برگ معنی‌دار نشد در حالی که بر سایر صفات ارزیابی شده معنی‌دار شد. اثر متقابل کود و باکتری بر صفات کلروفیل b، سطح برگ و شاخص سطح برگ نهایی و تعداد برگ در بوته معنی‌دار نشد، اما بر سایر صفات شد. نتایج اثر اصلی نشان داد که کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به صورت اوره باعث افزایش معنی‌دار تعداد و شاخص سطح برگ نهایی، کلروفیل a، کل و کارتنوئید کاهو در مقایسه با شرایط عدم کاربرد کود شد که با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به صورت کود دامی در هکتار تفاوت معنی‌دار نداشتند. اما بیشترین میزان TSS برگ در حضور ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به صورت کود دامی بدست آمد. نتایج اثر اصلی نشان داد که تلقیح بذر باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ، سطح و شاخص سطح برگ نهایی بوته به ترتیب به میزان ۱۲/۵۴، ۲۶/۹ و ۲۶/۵ درصد در مقایسه با شرایط بدون تلقیح شد. بیشترین میزان کلروفیل a و کارتنوئید با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به صورت کود دامی و تلقیح بذر با باکتری بدست آمد. تلقیح بذر و کاربرد کود باعث بهبود ویژگی‌های کیفی و کمی برگ کاهو شد. تلقیح بذر باعث افزایش فنل و فلاونوئید و کاهش نیترات برگ در هر سطح کودی شد. بیشترین عملکرد هد و اقتصادی، با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به صورت کود اوره و تلقیح بذر بدست آمد. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که تلقیح بذر کاهو از طریق بهبود ویژگی‌های رویشی موجب افزایش عملکرد هد و اقتصادی کاهو شد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، کاربرد کود دامی همراه با تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* جهت بهبود ویژگی‌های کیفی و کمی کاهو توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اوره، عملکرد کاهو، کلروفیل برگ، کودهای زیستی، کود دامی

استناد: آشوری، س.، عبدالهی، ف. و جعفری، ل. (۱۴۰۳). بررسی اثر سطوح کودهای اوره و دامی و تلقیح بذر با باکتری *Pantoea agglomerans* بر رنگیزه‌های گیاهی، ویژگی‌های رویشی، کیفی و کمی کاهو (*Lactuca sativa*). علوم سبزی‌ها، ۱۵(۱)، ۶۸-۵۱.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

در دهه‌های اخیر افزایش تولید محصولات کشاورزی به کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژن وابسته بوده است (Berenguer et al., 2009). این موضوع در نظام‌های کشاورزی فشرده باعث افزایش آلودگی زیست محیطی و آسیب به بوم نظام‌های کشاورزی شده است (Sradnick et al., 2013). به طوری که استفاده مداوم از کودهای شیمیایی سبب تخریب ساختار خاک و کاهش پتانسیل تولید محصولات کشاورزی علیرغم استفاده از ارقام پر محصول شده است (Musyoka et al., 2017).

کاهو (*Lactuca sativa* L) از جمله مهمترین سبزی‌های سالادی مورد استفاده در جهان می‌باشد (Shi et al., 2022). مدیریت تغذیه گیاهان از عوامل مهم و کلیدی در تعیین کیفیت و کمیت کاهو است (Sheibani-Rad & Haghghi, 2015). با این وجود به دلیل تجمع زیاد نیتروژن در برگ، کاربرد کودهای شیمیایی به ویژه کود نیتروژن در تغذیه سبزیجات با محدودیت زیادی مواجه است (Musyoka et al., 2017).

جهت رسیدن به عملکرد بالا، کاربرد کودهای شیمیایی به طور روزافزون در ایران افزایش یافته است (Nasiri Mahallati & Koocheki, 2017). از طرف دیگر به دلیل اینکه خاک‌های زراعی ایران از لحاظ ماده آلی فقیر می‌باشند لذا یکی از راهکارهای مهم در جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی کاربرد کودهای آلی از جمله کود دامی می‌باشد (Musyoka et al., 2017). در راستای اهداف کشاورزی پایدار و برای مقابله با اثرات سوء ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، کودهای زیستی به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی مطرح شده است (Sarikhani & Amini, 2020; Rao, 2014). کودهای زیستی ترکیبات حاوی انواع میکروارگانیسم‌های آزادی هستند که قادرند طی فرآیندهای بیولوژیکی عناصر غذایی را از حالت غیرقابل دسترس به شکل قابل دسترس درآورند که موجب بهبود جوانه‌زنی، استقرار و رشد گیاهان زراعی شوند. کودهای

زیستی سبب تأمین عناصر غذایی گیاه، حفظ تعادل مواد غذایی، کنترل بیماری‌های خاکی و بهبود کیفیت و پایداری ساختمان خاک می‌شود (Rao, 2014). باکتری *Pantoea agglomerans* از خانواده Erwiniaceae در ریشه (به صورت اندوفیت)، پوسته خارجی بذر و میوه برخی گیاهان رشد می‌کند. این باکتری به عنوان کودزیستی توانایی بالا در تثبیت نیتروژن آزاد، آزادسازی فسفر غیرقابل دسترس خاک، تسریع رشد گیاه، تحریک جذب آب و مواد غذایی در برخی گیاهان دارد (Loiret et al., 2004; Dutkiewicz et al., 2016).

در پژوهشی که توسط Zandvakili و همکاران (۲۰۱۹) انجام شد کاربرد کودهای آلی باعث بهبود ویژگی‌های رویشی، کیفی و عملکرد کاهو در مقایسه با کودهای شیمیایی شد. در پژوهشی که توسط Farag و همکاران (۲۰۱۳) برای مقایسه ویژگی‌های رویشی و عملکرد دو رقم کاهو در شرایط کاربرد کود شیمیایی و کود آلی کمپوست انجام شد، با افزایش سطوح کودی، عملکرد اقتصادی افزایش یافت. در بررسی تأثیر منابع مختلف کود نیتروژن بر عملکرد سبزیجات مختلف از جمله کاهو مشخص شد که با کاربرد کودهای آلی عملکرد کاهو در مقایسه با کود نیتروژن و شاهد افزایش می‌یابد (Benincasa et al., 2011). در مطالعه‌ای که توسط Di Gioia و همکاران (۲۰۱۷) انجام شد افزایش مصرف کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد اقتصادی کاهو شد. در پژوهشی که توسط Baitilwake و همکاران (۲۰۱۱) برای مقایسه تأثیر سطوح مختلف دو نوع کود آلی (دامی و مرغی) بر شاخص‌های رویشی در کلم چینی (*Brassica rapa*) انجام شد، کود مرغی توانست ویژگی‌های رویشی و عملکرد را در مقایسه با شاهد و کود دامی افزایش دهد.

مطالعات نشان داده است که حضور *P. agglomerans* در محیط ریزوسفر باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی مختلف می‌شود. در مطالعه‌ای که توسط Loiret و همکاران (۲۰۰۴) برای بررسی حضور اندوفیتیک این باکتری انجام شد برای اولین بار این

agglomerans به عنوان عامل اول (در دو سطح تلقیح یا عدم تلقیح بذر کاهو) و عامل دوم شامل سطوح کودی اوره (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و کود دامی (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و شاهد بودند. میزان کود دامی بر اساس درصد نیتروژن خالص موجود در آن (۰.۱٪) در دو سطح ۵ و ۱۰ تن در هکتار به کار رفت.

قبل از انجام آزمایش نمونه برداری کود و خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر انجام شد و برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاک منتقل شد. نتایج آزمون خاک و کود در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. آماده سازی زمین در آبان سال ۱۳۹۹، با نرم کردن کلوخه‌ها و قراردادن نوار تیپ انجام شد؛ سپس کرت‌بندی بلوک‌ها صورت گرفت. تعداد ۳۰ واحد آزمایشی با ابعاد ۱×۱ متر آماده شد. بین هر واحد آزمایشی جهت جلوگیری از اثر حاشیه پشته‌های باعرض ۳۰ سانتی‌متر ایجاد شد. کود زیستی حاوی باکتری *P. agglomerans* از آزمایشگاه فنی شرکت زیست فناور سبز تهیه شد. این کود حاوی حدود 10^9 باکتری در هر گرم بود. قبل از کشت، بذور مطابق دستورالعمل شرکت تولید کننده (زیست فناور سبز) به وسیله باکتری *P. agglomerans* تلقیح شد (روش بذر مال). کشت بذور به صورت ردیفی و با فاصله ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف و فاصله ۲۰ سانتی‌متر روی ردیف در عمق ۱-۲ سانتی‌متر انجام شد. تمام کود دامی و نیمی از کود اوره به صورت پیش از کاشت استفاده شد. نیم دیگر کود اوره در مرحله ۶ تا ۸ برگی کاهو به صورت سرک استفاده شد (Di Gioia et al., 2017). آبیاری به صورت نوار تیپ و هر ۸ تا ۱۰ روز یکبار انجام شد (Ghonjalipour Goshki et al., 2021). در پایان آزمایش از هر واحد آزمایشی به صورت تصادفی ۵ بوته انتخاب و جهت ارزیابی رنگیزه‌های گیاهی، ویژگی‌های رویشی، کیفی و کمی به آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه هرمزگان منتقل شد.

باکتری به عنوان کود زیستی در گیاه نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) معرفی شد. Hasani و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که حضور باکتری *P. agglomerans* عملکرد کمی و کیفی گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.) را بهبود می‌بخشد. در گیاه سیب زمینی شیرین (*Ipomoea batatis*) حضور اندوفیتیک باکتری *P. agglomerans* باعث افزایش جذب نیتروژن خاک گردید (Asis & Adachi, 2004). همچنین Dursun و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که محلول پاشی باکتری *P. agglomerans* از طریق تحریک جذب عناصر معدنی از جمله نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی، تجمع عناصر غذایی و عملکرد گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) و خیار (*Cucumis sativus* L.) می‌شود.

هدف از انجام این پژوهش اولاً بررسی تأثیر کود اوره و کود دامی بر رنگیزه‌های گیاهی، ویژگی‌های رویشی، کیفی و عملکرد کاهو بود. ثانیاً از آنجا که در رابطه با تأثیر *P. agglomerans* بر رشد کاهو اطلاعات کمی وجود داشت لذا جهت بررسی نقش این باکتری و برهمکنش آن با نوع کود مصرفی و تأثیر آن بر ویژگی‌های فوق، تلقیح یا عدم تلقیح بذر کاهو با این باکتری نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر منابع مختلف نیتروژن (اوره و کود دامی) بر رنگیزه‌های گیاهی شامل کلروفیل a، b و کل و کارتنوئید، ویژگی‌های رویشی شامل تعداد برگ خوراکی و سطح برگ نهایی، شاخص سطح برگ نهایی و ارتفاع و قطر نهایی هد، کیفی شامل فنل و فلاونوئید کل برگ، کل مواد جامد محلول (TSS) و نیترات برگ و کمی شامل عملکرد هد، عملکرد اقتصادی و درصد کاهش عملکرد کاهو در شرایط تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در پاییز سال ۱۳۹۹ در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان در سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایش شامل استفاده از باکتری *P.*

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر

Table 1- Some soil physical-chemical characteristics in 0-30 cm depth of field soil.

بافت (Texture)	هدایت الکتریکی (EC)	pH	مس (Cu)	منگنز (Mn)	آهن (Fe)	روی (Zn)	پتاسیم قابل دست رس (Available K)	فسفر قابل دست رس (Available P)	نیترژن کل (Total N)	کربن آلی (Organic Carbon)
سیلتی-لوم Silty-Loam	دسی‌زیمنس بر متر (ds m ⁻¹)						میلی‌گرم بر کیلوگرم (mg kg ⁻¹)		% درصد	
	1.21	7.86	0.9	6.1	7.9	0.8	519.33	6.20	0.03	0.35

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی کود دامی

Table 2- Some chemical characteristics of manure

هدایت الکتریکی (EC)	pH	مس (Cu)	منگنز (Mn)	آهن (Fe)	روی (Zn)	پتاسیم (K)	فسفر (P)	نیترژن کل (Total N)	کربن آلی (Organic Carbon)
(ds m ⁻¹)		(ppm)				(%)			
4.39	8.11	114.4	421.8	625.8	182.5	1.36	3.25	0.98	11.25

Sigma Scanner Pro (EPSON L3156) با نرم افزار

با وضوح ۳۰۰ نقطه در هر اینچ از برگ‌ها تصویربرداری شد و سپس سطح برگ با استفاده از تصاویر بدست آمده و توسط نرم افزار Digimizer نسخه ۵.۷.۲ محاسبه شد (Carvalho *et al.*, 2017). پس از تعیین سطح برگ هر بوته، شاخص سطح برگ به صورت سطح برگ در واحد سطح زمین محاسبه شد.

ویژگی‌های کیفی

برای اندازه‌گیری میزان فنل و فلاونوئید از عصاره برگ تر استفاده شد (Ilić *et al.*, 2017). برای تهیه عصاره تر ابتدا ۲ گرم برگ تر در ۴۰ میلی لیتر اتانول ۷۰٪ حجمی به مدت ۴/۵ ساعت در دمای ۲۵ درجه عصاره‌گیری شد. عصاره حاصل توسط قیف بوخنر صاف شد و سپس در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد خشک شد. کل ماده استخراجی (عصاره خشک) به صورت گرم در ۱۰۰ گرم ماده تر گیاهی بدست آمد.

برای اندازه‌گیری میزان فنل برگ از روش فولین-سیوکالتو استفاده شد. برای این منظور ۰/۵ میلی لیتر محلول اتانولی عصاره برگ با غلظت ۰/۳۲ میلی گرم در

ارزیابی رنگیزه‌های گیاهی

جهت سنجش میزان کلروفیل برگ، از برگ‌های کاملاً توسعه یافته نمونه برداری شد و سپس از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) استفاده گردید. ۰/۵ گرم برگ تازه با ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد هموزنیزه و با دور ۶۰۰۰ (بمدت ۱۷ دقیقه) سانتریفیوژ شدند. سپس از محلول رویی برای قرائت کلروفیل a، b و کارتنوئید در طول موج های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Cecil CE2501 استفاده شد.

ارزیابی ویژگی‌های رویشی

ویژگی‌های رویشی شامل تعداد برگ خوراکی و سطح برگ نهایی، شاخص سطح برگ نهایی و ارتفاع وقطر نهایی هد ارزیابی شدند. برای ارزیابی تعداد برگ خوراکی، پس از برداشت گیاهان، برگ‌های غیر قابل مصرف جدا شده و برگ‌های قابل مصرف به عنوان تعداد برگ خوراکی شمارش شدند. سطح برگ نهایی با نرم افزار Digimizer، پس از اسکن تمام برگ‌ها سبز و سالم و بر حسب سانتی‌متر مربع بدست آمد. برای این منظور بعد از جداسازی تمام برگ‌های هر بوته، توسط اسکنر

پی‌پی‌ام معادل نیترات برگ بود (Peña-Fleitas *et al.*, 2021).

عملکرد هد، اقتصادی و کاهش عملکرد

جهت تعیین عملکرد هد و اقتصادی در پایان آزمایش به‌طور تصادفی در هر کرت از سطح یک مترمربع بوته‌ها با در نظر گرفتن اثر حاشیه کف بر شدند. عملکرد هد با توزین بوته‌های کامل توسط ترازوی دیجیتال و به صورت تن در هکتار بدست آمد. جهت تعیین عملکرد اقتصادی برگ‌های چروکیده، زرد و نامناسب از نظر بازارپسندی از هر بوته حذف شد و با توزین مجدد بوته‌ها عملکرد اقتصادی بدست آمد (Ghonomie *et al.*, 2017).

رابطه (۱)

$$\text{عملکرد هد} - \text{عملکرد اقتصادی} = \frac{\text{عملکرد هد}}{\text{عملکرد}} \times 100 = \text{کاهش عملکرد}$$

تجزیه های آماری

تجزیه و تحلیل داده ها، بوسیله نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت. آنالیز داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. جهت محاسبه ضرایب رگرسیونی از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۵ صورت گرفت، رسم شکل‌ها با کمک نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

اثر اصلی اوره، کود دامی و تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* بر تعداد برگ در بوته، سطح

برگ و شاخص سطح برگ نهایی و کلروفیل b

نتایج جدول ۳ نشان داد کاربرد کود موجب افزایش صفات فوق می‌شود. بیشترین تعداد برگ (۳۱/۰)، سطح برگ نهایی بوته (۲۶۷۹/۶ سانتی‌متر مربع) و شاخص سطح برگ نهایی (۲/۶۸) با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به‌صورت کود اوره بدست آمد که همگی با ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به‌صورت کود دامی تفاوت معنی‌دار نداشتند. بیشترین میزان کلروفیل b

میلی‌لیتر، ۴/۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر فولین-سیوکالتوباهم مخلوط شدند. پس از ۵ دقیقه، ۵ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷ درصد به مخلوط اضافه شد. پس از گذشت ۱ تا ۱/۵ ساعت میزان جذب محلول در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر مدل Cecil CE2501 انگلستان قرائت شد. برای محاسبه غلظت ترکیبات فنلی، از منحنی استاندارد گالیگ اسید استفاده شد. جهت رسم منحنی استاندارد غلظت‌های ۰/۰۶۲۵ تا ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر گالیگ اسید، تهیه شد (Ilić *et al.*, 2017). جهت تعیین میزان فلاونوئید کل، ۲ میلی‌لیتر محلول اتانولی عصاره برگ با غلظت ۰/۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر با ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم یک مولار و ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد مخلوط شدند و به مدت ۴۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. در نهایت جذب نور محلول در طول موج ۴۱۴ نانومتر و با استفاده از کوئرتستین به عنوان استاندارد با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. جهت رسم منحنی استاندارد از غلظت‌های مختلف استاندارد کوئرتستین (۰، ۱۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) استفاده گردید. پس از رسم منحنی استاندارد، از معادله به‌دست آمده برای تعیین میزان فلاونوئید گیاه معادل کوئرتستین موجود در عصاره خشک به صورت میلی‌گرم در هر گرم عصاره خشک استفاده شد (Ilić *et al.*, 2017).

برای اندازه‌گیری کل مواد جامد محلول (TSS) و نیترات برگ، برگ‌های گیاهان برداشت شده از هر واحد آزمایشی از ناحیه دم‌برگ جدا کرده و چند قطره از آب دم‌برگ تهیه شد. پس از تهیه آب دم‌برگ، TSS با استفاده از دستگاه رفاکتومتری دیجیتال، مدل DBR95 برحسب عدد بریکس بدست آمد. جهت سنجش میزان تجمع نیترات برگ (بر حسب پی‌پی‌ام) از دستگاه نیترات سنج پرتابل دیجیتال مدل LAQUATWIN NO3 کمپانی Horiba ژاپن استفاده شد. به این صورت که حدود ۱ میلی‌لیتر آب دم‌برگ را بر روی حسگر دستگاه ریخته و مقدار نمایش داده شده توسط دستگاه بر حسب

برگ (۰/۷۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در حضور ۵۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره بدست آمد که با ۱۰۰

کیلوگرم نیتروژن در هکتار به صورت کود دامی تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۳).

تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ در بوته، سطح برگ نهایی بوته و شاخص سطح برگ نهایی کاهو به ترتیب به میزان ۱۲/۵۴، ۲۶/۹ و ۲۶/۵ درصد در مقایسه با عدم کاربرد این باکتری شد (جدول ۴). مشابه این نتایج، Li و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که حضور باکتری *P. agglomerans* در خاک باعث افزایش رشد رویشی و شاخص سطح برگ فلفل می‌شود. گزارش شده است که باکتری *P. agglomerans* از طریق تحریک جذب عناصر معدنی از جمله نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی می‌شود (Dursun et al., 2010).

اثر متقابل اوره، کود دامی و تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* بر رنگیزه‌های گیاهی، ارتفاع و قطر هد

نتایج جدول ۴ نشان داد که کاربرد کود (منبع اوره یا دامی) در اغلب موارد باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل a، کل و کارتنوئید کاهو در مقایسه با شاهد گردید و بیشترین میزان رنگیزه‌های گیاهی با کاربرد سطوح بالای کود اوره و کود دامی بدست آمد. در تأیید این نتایج نیز گزارش شده است که کاربرد سطوح بالای کودهای دامی و معدنی باعث افزایش معنی‌دار رنگیزه‌های برگ کاهو می‌شود و معمولاً بین کودهای معدنی و آلی در این رابطه تفاوت معنی‌دار وجود ندارد (Liu et al., 2014). از طرف دیگر در هر سطح کودی، حضور باکتری *P. agglomerans* باعث افزایش میزان رنگیزه‌های برگ کاهو شد. به طوری که بیشترین میزان کلروفیل a (۱/۸۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کارتنوئید (۰/۶۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به صورت کود دامی و تلقیح بذر با باکتری بدست آمد هرچند که با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به صورت کود اوره و تلقیح بذر با

باکتری تفاوت معنی‌داری نداشتند. همچنین بیشترین میزان کلروفیل کل (۲/۵۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به صورت کود اوره به همراه تلقیح بذر مشاهده شد که با همین مقدار نیتروژن کود دامی و تلقیح بذر تفاوت معنی‌دار نداشت. در بین تیمارهای مورد مطالعه تنها تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره و عدم تلقیح بذر با باکتری توانست کلروفیل کل و کارتنوئید مشابه با دو تیمار قبل داشته باشد. مشابه این نتایج Diagne و همکاران (۲۰۲۰) نیز گزارش کردند که حضور باکتری *P. agglomerans* در محیط ریشه باعث بهبود میزان رنگیزه‌های گیاهی از جمله کلروفیل گیاه (*Casuarina obesa* (Miq.) در شرایط تنش شوری می‌شود. کاربرد کود باعث افزایش ارتفاع و قطر هد شد که این افزایش در شرایط عدم تلقیح بذر برای کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به صورت اوره و در شرایط تلقیح بذر با کاربرد همین مقدار نیتروژن به صورت کیلوگرم اوره یا کود دامی معنی‌دار بود. در هر سطح کودی تلقیح بذر باعث افزایش جزئی ارتفاع و قطر هد کاهو در مقایسه با عدم تلقیح شد، هرچند این افزایش معنی‌دار نبود. در مجموع بیشترین ارتفاع (۳۱/۲ سانتی‌متر) و قطر (۳۲/۲ سانتی‌متر) هد در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع کود اوره همراه با تلقیح بذر با باکتری بدست آمد. هرچند با همین سطح کود اوره و عدم تلقیح بذر و همچنین با تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن کود دامی و تلقیح بذر تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۴). در تأیید این نتایج، Hong و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که کاربرد کود نیتروژن از طریق بهبود ویژگی‌های رویشی باعث افزایش ارتفاع بوته کاهو می‌شود هرچند در پژوهشی که توسط Liu و همکاران (۲۰۱۴) انجام شد مشخص شد که کاربرد کودهای شیمیایی باعث ایجاد بوته‌های طولتر در مقایسه با کودهای آلی می‌گردد. در رابطه با تأثیر تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* بر ویژگی‌های رویشی

برای دو سطح کود دامی معنی‌دار بود. با کاربرد کود در شرایط عدم تلقیح و تلقیح بذر، میزان فنل کل و فلاونوئید برگ در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد کود) به طور معنی‌دار افزایش یافت. کاربرد کود اوره و کود دامی به میزان ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از نظر آماری به طور مشابه بیشترین تأثیر را در افزایش این دو صفت در هر دو شرایط تلقیح و عدم تلقیح بذر داشتند. به طوری که در شرایط عدم تلقیح بذر، کاربرد این دو کود باعث افزایش فنل کل به ترتیب به میزان ۴۰/۵ و ۳۴/۸ درصد و افزایش فلاونوئید به ترتیب به میزان ۴/۶۲ و ۳۴/۷ درصد در مقایسه با شاهد بدون کاربرد کود شد. این مقادیر در شرایط تلقیح بذر به ترتیب ۳۷/۳ و ۳۰/۶ درصد برای فنل کل و ۷۰/۶ و ۶۱/۶ درصد برای فلاونوئید کل محاسبه شد (جدول ۵).

نحوه پاسخ گیاهان به افزایش میزان نیتروژن خاک از نظر سنتز فنل و فلاونوئید متفاوت است و این موضوع به شدت به گونه و رقم گیاه و همچنین نوع فنل و فلاونوئید ارزیابی شده بستگی دارد (Amarowicz et al., 2020). گزارش شده است که کاربرد کود قادر است از طریق بهبود متابولیسم و رشد گیاه باعث تحریک سنتز ترکیبات فنلی و فلاونوئید در گیاهان شود و در این بین به دلیل فراهمی سریعتر نیتروژن، منابع معدنی کود نیتروژن مؤثرترند (Zhao et al., 2021). در حالی که بر خلاف این نتایج گزارش شده است که در برخی گیاهان در شرایط کمبود نیتروژن، تجمع ترکیبات با پایه کربن افزایش یافته که این موضوع منجر به تحریک سنتز ترکیبات فنلی و فلاونوئید در برخی ارقام کاهو می‌شود (Becker et al., 2015). همچنین مشابه این نتایج گزارش شده است که تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* باعث افزایش معنی‌دار میزان فنل و فلاونوئید برگ ذرت (*Zea mays* L.) می‌شود (Agri et al., 2022). این افزایش احتمالاً به دلیل نقشی است که این باکتری به عنوان محرک رشد ایفا می‌کند (Moradzadeh et al., 2022).

کاهو مطالعه‌ای انجام نشده است اما تأثیر مثبت آن بر رشد گیاهان زراعی مختلف گزارش شده است (Hasani et al., 2019; Dutkiewicz et al., 2016; Dursun et al., 2016).

اثر اصلی اوره، کود دامی و تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* بر TSS برگ کاهو

کاربرد تمام سطوح کودی باعث افزایش معنی‌دار TSS در مقایسه با شاهد شد اما بیشترین میزان این شاخص در حضور ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود دامی و به ترتیب به میزان ۴/۳ و ۴/۱ درصد بدست آمد (شکل ۱). در تأیید این نتایج نیز Ghoname و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که کودهای معدنی و دامی باعث افزایش ویژگی‌های کیفی برگ کاهو از جمله TSS می‌شود و کود دامی در این رابطه تأثیر بیشتری دارد. کودهای آلی با آزادکردن تدریجی و مداوم عناصر معدنی باعث بهبود فعالیت‌های متابولیکی و فتوسنتز در طول رشد گیاه و در نتیجه بهبود عملکرد و ویژگی‌های کیفی از جمله TSS می‌گردد (Ye et al., 2022). نتایج شکل ۲ نشان داد که کاربرد بذر مال باکتری *P. agglomerans* باعث افزایش TSS برگ به میزان ۵۲/۴ درصد در مقایسه با عدم کاربرد این باکتری می‌شود. در رابطه با تأثیر باکتری *P. agglomerans* بر میزان TSS کاهو مطالعه‌ای انجام نشده است اما نتایج برخی مطالعات نشان داده‌اند که کودهای زیستی حاوی باکتری از طریق تحریک جذب عناصر غذایی و افزایش رشد گیاه باعث بهبود افزایش TSS در گوجه‌فرنگی می‌شود (El-Beltagi et al., 2022).

اثر متقابل اوره، کود دامی و تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* بر ویژگی‌های کیفی و عملکرد کاهو

ویژگی‌های کیفی برگ کاهو تحت تأثیر کود و باکتری قرار گرفتند (جدول ۵). تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* و کاربرد کود باعث بهبود ویژگی‌های کیفی برگ کاهو شد. تلقیح بذر باعث افزایش فنل و فلاونوئید برگ در هر سطح کودی شد که این افزایش

آلی و معدنی باعث افزایش نیترات برگ کاهو (*Spinacia* (Zandvakili *et al.*, 2019) و اسفناج (*oleraceae*) (Vojodi Mehrabani *et al.*, 2018) شد و بیشترین افزایش در شرایط کاربرد کودهای معدنی مشاهده گردید. در این مطالعات میزان نیترات برگ با کاربرد کود اوره به طور معنی‌دار بیشتر از کود دامی بود. به نظر می‌رسد کودهای آلی از جمله کود دامی از طریق بهبود شرایط رطوبتی و تهویه خاک باعث افزایش فعالیت آنزیم احیا کننده نیترات شده و در نتیجه موجب کاهش تجمع نیترات در اندام هوایی گیاه می‌شود (Ferrante *et al.*, 2003).

کاربرد کود باعث افزایش معنی‌دار نیترات برگ شد و بیشترین افزایش مربوط به کود اوره بود. تلقیح بذر با باکتری باعث کاهش نیترات برگ در تمام سطوح کودی شد. اما این کاهش تنها برای کود دامی معنی‌دار بود. نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط عدم تلقیح بذر و تلقیح بذر با باکتری، کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره در هکتار باعث افزایش نیترات برگ به ترتیب به میزان ۶۹/۳ و ۶۹/۶ درصد در مقایسه با شاهد شد در حالی که این مقادیر برای سطح بالای کود دامی به ترتیب ۳۷/۳ و ۲۲/۱ درصد بدست آمد (جدول ۵). در تأیید این نتایج، گزارش شده است که کاربرد کودهای

جدول ۳- اثر اصلی اوره، کود دامی و تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* بر تعداد برگ در بوته، سطح برگ و شاخص سطح برگ نهایی و کلروفیل b

Table 3- Main effect of urea, manure and seed inoculation with *P. agglomerans* bacteria on leaf number per plant, final plant leaf area and leaf area index, and leaf chlorophyll b content of lettuce

Trait صفحت	تعداد برگ در بوته Leaf number per plant	سطح برگ نهایی بوته Final plant leaf area (cm ²)	شاخص سطح برگ نهایی Final leaf area index	کلروفیل b chlorophyll b (mg Fw ⁻¹)
سطوح عامل Factor level				
<i>P. agglomerans</i>				
عدم تلقیح بذر Non seed inoculation	*28.7 ^b	2147.5 ^b	2.15 ^b	-
تلقیح بذر Seed inoculation	32.3 ^a	2724.7 ^a	2.72 ^a	-
Fertilizer کود				
Kg N ha⁻¹				
شاهد Control	23.3 ^c	1024.2 ^c	1.42 ^d	0.66 ^c
اوره (۵۰) Urea (50)	27.1 ^b	1825.5 ^b	1.83 ^{cd}	0.74 ^a
اوره (۱۰۰) Urea (100)	31.0 ^a	2679.6 ^a	2.68 ^a	0.71 ^{ab}
کود دامی (۵۰) Manure (50)	23.9 ^c	2131.3 ^b	2.13 ^{ab}	0.68 ^{bc}
کود دامی (۱۰۰) Manure (100)	29.7 ^{ab}	2551.6 ^{ab}	2.55 ^{ab}	0.73 ^a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

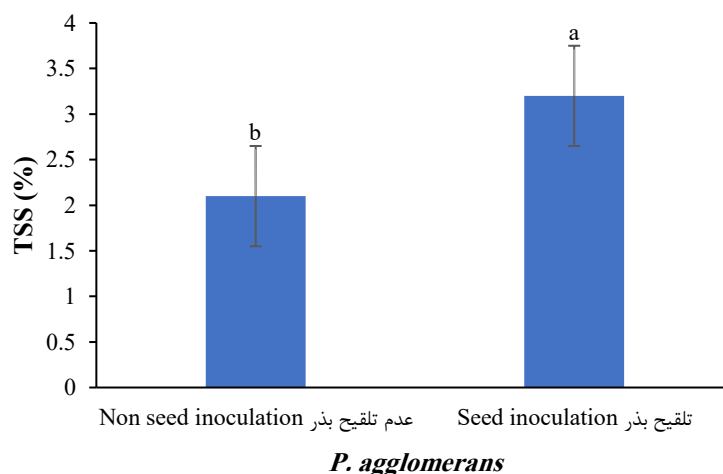
*In each column, means followed by the same letters are not significantly different according Duncan test (P<0.05).

جدول ۴- اثر متقابل اوره، کود دامی و تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* بر رنگیزه‌های گیاهی، ارتفاع و قطر هد کاهو

Table 4- Interaction effect of urea, manure and seed inoculation with *P. agglomerans* bacteria on pigments, head height and diameter of lettuce

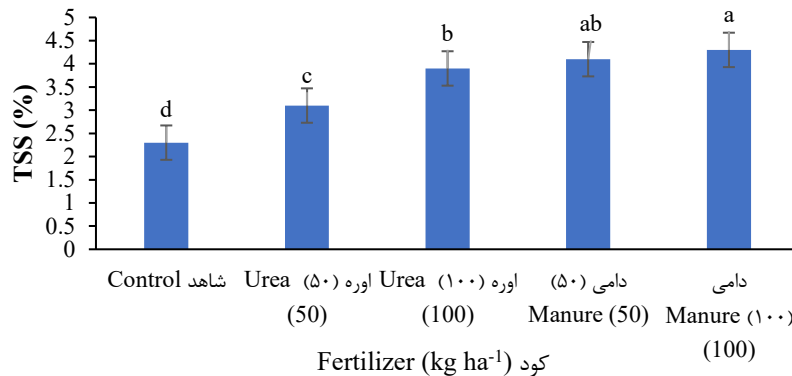
<i>P. agglomerans</i>	کود (کیلوگرم نیتروژن در هکتار) Fertilizer (kg N ha ⁻¹)	کلروفیل a	کلروفیل کل	کاروتنوئید	ارتفاع هد	قطر هد
		Chlorophyll a	Chlorophyll total	Carotenoid	Head height	Head diameter
		میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ (mg g FW ⁻¹)			سانتی‌متر (cm)	
عدم تلقیح بذر Non seed inoculation	شاهد (control)	*1.30 ^d	1.95 ^e	0.42 ^c	20.4 ^c	22.6 ^c
	۵۰ اوره (50 urea)	1.34 ^{cd}	2.02 ^{de}	0.48 ^{cde}	23.7 ^c	24.9 ^c
	۱۰۰ اوره (100 urea)	1.64 ^b	2.35 ^{ab}	0.60 ^{ab}	28.6 ^{ab}	30.8 ^a
	۵۰ کود دامی (50 manure)	1.44 ^c	2.13 ^{cde}	0.44 ^{de}	21.4 ^c	25.5 ^{bc}
	۱۰۰ کود دامی (100 manure)	1.58 ^b	2.28 ^{bc}	0.54 ^{bc}	24.8 ^{bc}	26.4 ^{bc}
	شاهد (control)	1.39 ^{cd}	2.05 ^{de}	0.48 ^{cde}	21.8 ^c	23.3 ^c
تلقیح بذر Seed inoculation	۵۰ اوره (50 urea)	1.42 ^c	2.21 ^{bcd}	0.49 ^{cde}	24.1 ^c	25.7 ^{bc}
	۱۰۰ اوره (100 urea)	1.81 ^a	2.56 ^a	0.62 ^a	31.2 ^a	32.2 ^a
	۵۰ کود دامی (50 manure)	1.57 ^b	2.30 ^{bc}	0.52 ^{bc}	24.6 ^{bc}	26.6 ^{bc}
	۱۰۰ کود دامی (100 manure)	1.89 ^a	2.54 ^a	0.68 ^a	28.5 ^{ab}	29.3 ^{ab}

*در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.
*In each column, means followed by the same letters are not significantly different according Duncan test (P<0.05).



شکل ۱- اثر کود بر میزان TSS برگ کاهو (میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند)

Figure 1- The effect of fertilizer on TSS content of lettuce leaf (means followed by the same letters are not significantly different according Duncan test (P<0.05).)



شکل ۲- تأثیر باکتری *P. agglomerans* بر میزان TSS برگ کاهو (میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون

دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند)

Figure 2- The effect of *P. agglomerans* on TSS content of lettuce leaf (means followed by the same letters are not significantly different according Duncan test ($P < 0.05$)).

و ۱۵/۴ درصد در مقایسه با عدم تلقیح بذر شد (جدول ۵). کاربرد کود باعث کاهش معنی‌دار درصد کاهش عملکرد در شرایط عدم تلقیح و تلقیح بذر شد. از طرف دیگر در هر سطح کود، تلقیح بذر باعث کاهش معنی‌دار درصد کاهش عملکرد شد و این تأثیر در حضور کود اوره بیشتر بود به طوری که تلقیح بذر باعث کاهش این شاخص در شرایط عدم کاربرد کود (شاهد)، کاربرد نیتروژن خالص از منبع کود اوره در مقادیر ۵۰ و ۱۰۰ و کاربرد نیتروژن خالص از منبع کود دامی در مقادیر ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب به مقدار ۱۵/۵، ۳۰/۴، ۴۲/۰، ۲۴/۳ و ۲۶/۵ درصد در مقایسه با عدم تلقیح بذر شد (جدول ۵). در تأیید این نتایج Zandvakili و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش کردند که کاربرد کود اوره و سطوح بالای کود دامی تأثیر مشابه بر وزن تر و عملکرد اقتصادی کاهو دارد. هرچند برخلاف این نتایج Coria-Cayupán و همکاران (۲۰۰۹) با مقایسه کودهای شیمیایی و آلی از جمله کود اوره و کود دامی گزارش کردند که بیشترین وزن تر کاهو با کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بدست آمد و به طور معنی‌دار از کود دامی بیشتر بود. همچنین، Benincasa و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که کودهای آلی به طور معنی‌دار باعث افزایش عملکرد اقتصادی کاهو در مقایسه با کودهای معدنی می‌شود.

با کاربرد کود در هر دو شرایط عدم تلقیح و تلقیح بذر، عملکردهای هد و اقتصادی کاهو به طور معنی‌دار افزایش یافت. در تأیید این نتایج نیز مطالعات مختلف حاکی از بهبود ویژگی‌های رویشی، وزن تر و عملکرد اقتصادی کاهو در اثر کاربرد کود می‌باشد (Zandvakili *et al.*, 2019; Di Gioia *et al.*, 2017; Farag *et al.*, 2013). از طرف دیگر در هر سطح کودی با تلقیح بذر با باکتری، این صفات افزایش یافت که در بیشتر موارد (باستثناء سطوح بالای دو کود) معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد هد، در حضور ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع کود اوره و به ترتیب به میزان ۸۳/۴ تن در هکتار در شرایط عدم تلقیح و ۸۸/۷ تن در هکتار در شرایط تلقیح بذر بدست آمد که با سطح بالای کود دامی تفاوت معنی‌دار نداشتند اما با سطح پایین کود دامی این تفاوت معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد اقتصادی در شرایط تلقیح بذر و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منابع اوره و کود دامی و به ترتیب به میزان ۸۰/۰ و ۷۱/۹ تن در هکتار بدست آمد که با تمام تیمارها تفاوت معنی‌دار داشتند. این نتایج نشان داد که تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* باعث افزایش عملکرد اقتصادی در شرایط عدم کاربرد کود، کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره، کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به صورت کود دامی در هکتار به ترتیب به میزان ۱۸/۰، ۳۲/۵، ۱۵/۴، ۲۷/۰

زراعی مختلف می‌شود (Diagne *et al.*, 2020; Hasani *et al.*, 2019; Dursun *et al.*, 2010; Asis & Adachi, 2004; Loiret *et al.*, 2004) گزارش شده است که تلقیح بذر گیاهان زراعی با این باکتری باعث افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه از طریق افزایش حلالیت پتاسیم و فسفر در خاک و همچنین افزایش تثبیت نیتروژن در محیط ریشه می‌گردد (Lorenzi *et al.*, 2022).

به نظر می‌رسد کودهای معدنی از جمله کود اوره در مقایسه با کودهای آلی از جمله کود دامی عناصر غذایی را به صورت محلول در خاک، با سرعت بیشتر و با فراهمی بالا در اختیار ریشه قرار می‌دهند که این موضوع باعث افزایش جذب عناصر توسط ریشه و در نتیجه افزایش رشد رویشی و عملکرد کاهو می‌شود (Yeshiwas *et al.*, 2018). از طرف دیگر باکتری *P. agglomerans* باعث افزایش جذب عناصر غذایی موجود در خاک و در نتیجه افزایش عملکرد گیاهان

جدول ۵- اثر متقابل اوره، کود دامی و تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* بر ویژگی‌های کیفی و عملکرد کاهو

Table 5- Interaction effect of urea, manure and seed inoculation with *P. agglomerans* bacteria on qualitative and yield characteristics of lettuce

<i>P. agglomerans</i>	کود Fertilizer (kg N ha ⁻¹)	فنل کل Total phenol (mg g ⁻¹ DW)	فلاونوئید کل Total flavonoid (mg g ⁻¹ DW)	نیترات برگ Leaf NO ₃ (ppm)	عملکرد هد Head yield (ton ha ⁻¹)	عملکرد اقتصادی Ec onomical yield (ton ha ⁻¹)	کاهش عملکرد Yield reductio n (%)
عدم تلقیح بذر Non seed inoculation	شاهد (Control)	16.18 ^f	3.75 ^c	1010 ^f	45.2 ^g	34.4 ^h	23.9 ^a
	۵۰ اوره (50 urea)	19.85 ^{cd}	4.68 ^{cd}	1506 ^{bc}	63.1 ^{de}	51.7 ^{ef}	18.1 ^d
	۱۰۰ اوره (100 urea)	22.74 ^{ab}	6.09 ^{ab}	1713 ^a	83.4 ^{ab}	69.3 ^b	16.9 ^{cd}
	۵۰ کود دامی (50 manure)	18.34 ^{de}	4.78 ^{cd}	1245 ^{de}	58.2 ^{ef}	46.0 ^{fg}	21.0 ^{ab}
	۱۰۰ کود دامی (100 manure)	21.81 ^{bc}	5.05 ^{cd}	1387 ^{bcd}	73.4 ^{bcd}	62.3 ^{cd}	15.1 ^{def}
تلقیح بذر Seed inoculation	شاهد (Control)	17.66 ^{ef}	4.11 ^{de}	905 ^f	50.9 ^{fg}	40.6 ^{gh}	20.2 ^{abc}
	۵۰ اوره (50 urea)	21.45 ^{bc}	5.16 ^{bc}	1321 ^{cd}	78.4 ^{bc}	68.5 ^{bc}	12.6 ^{efg}
	۱۰۰ اوره (100 urea)	24.25 ^a	7.01 ^a	1532 ^{ab}	88.7 ^a	80.0 ^a	9.8 ^g
	۵۰ کود دامی (50 manure)	22.18 ^{ab}	6.15 ^{ab}	1002 ^f	69.4 ^{cd}	58.4 ^{de}	15.9 ^{de}
	۱۰۰ کود دامی (100 manure)	23.07 ^{ab}	6.64 ^a	1105 ^{ef}	80.2 ^{ab}	71.9 ^{ab}	11.1 ^{fg}

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letters are not significantly different according Duncan test (P<0.05).

بررسی همبستگی صفات

نتایج جدول ۶ همبستگی موجود بین صفات اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد. بر این اساس بین عملکرد اقتصادی کاهو و سایر صفات (باستثنای درصد کاهش عملکرد) همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. به طوری که بیشترین (۰/۹۹) و کمترین (۰/۵۰) ضریب همبستگی را به ترتیب با عملکرد هد و TSS داشت. از طرف دیگر بین عملکرد اقتصادی و درصد کاهش عملکرد ضریب همبستگی منفی معنی‌دار به میزان ۰/۹۳ وجود داشت. بررسی همبستگی عملکرد اقتصادی با صفات کیفی ارزیابی شده نشان داد که عملکرد اقتصادی بیشترین همبستگی (۰/۹۱) را با میزان فنل کل دارد. از طرف دیگر میزان نیترات برگ بیشترین (۰/۶۴) و کمترین (۰/۲۵) همبستگی را به ترتیب با عملکرد هد و کلروفیل a داشت. به نظر می‌رسد کاربرد کود اوره و کود دامی اگرچه باعث افزایش عملکرد هد و اقتصادی کاهو شده است اما همزمان منجر به افزایش نیترات برگ و فنل کل نیز شده‌اند. هرچند با توجه به نتایج جدول ۵ کود اوره بطور معنی‌دار در مقایسه با کود دامی منجر به افزایش بیشتر نیترات شده است ولی تلقیح بذر با باکتری در شرایط کاربرد کود دامی بطور معنی‌دار موجب کاهش نیترات برگ شده است. از طرف دیگر از آنجا که تأثیر کود اوره و کود دامی بر افزایش فنل کل از نظر آماری مشابه است بنابراین کاربرد کود دامی همراه با تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* جهت بهبود ویژگی‌های کیفی و کمی کاهو مناسبتر از کود اوره می‌باشد است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد کود اوره و کود دامی باعث بهبود ویژگی‌های رویشی، میزان کلروفیل، عملکرد و شاخص‌های کیفی کاهو می‌گردد و در اغلب موارد تأثیر ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار کود اوره با همین مقدار کود دامی در هکتار مشابه بود. در این مطالعه تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* باعث افزایش میزان کلروفیل برگ، شاخص‌های رویشی و

عملکرد و همچنین ویژگی‌های کیفی برگ کاهو شد. بیشترین میزان عملکرد هد و اقتصادی در حضور ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع کود دامی و تلقیح بذر با باکتری بدست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* منجر به بهبود ویژگی‌های کیفی کاهو می‌شود. نیترات برگ به عنوان یکی از شاخص‌های کیفی که ارتباط مستقیم با سلامت انسان دارد با کاربرد کود افزایش یافت اما تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* باعث کاهش معنی‌دار این شاخص کیفی شد. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که تلقیح بذر کاهو در حضور کود اوره و دامی از طریق بهبود ویژگی‌های رویشی و افزایش کلروفیل برگ باعث افزایش عملکرد اقتصادی و کاهش درصد کاهش عملکرد کاهو شد. بنابراین با توجه به نتایج پژوهش حاضر، کاربرد کود دامی همراه با تلقیح بذر با باکتری *P. agglomerans* جهت بهبود ویژگی‌های کیفی و کمی کاهو توصیه می‌شود.

جدول ۶- همبستگی صفات اندازه‌گیری شده

Table 6- The correlation of measured characteristics

	X1†	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16
X1	1															
X2	0.34*	1														
X3	0.97**	0.49*	1													
X4	0.21	0.36	0.93*	1												
X5	0.44*	0.19	0.54**	0.47*	1											
X6	0.71**	0.33*	0.60**	0.28	0.88**	1										
X7	0.52*	0.41	0.45*	0.38	0.65**	0.58**	1									
X8	0.89**	0.36*	0.92**	0.92**	0.25	0.40*	0.59**	1								
X9	0.88**	0.52*	0.91**	0.87*	0.12	0.31*	0.29*	0.96**	1							
X10	0.84**	0.30	0.91**	0.86*	0.32*	0.22*	0.45**	0.92**	0.89*	1						
X11	0.91**	0.18	0.95**	0.88**	0.39*	0.41*	0.21	0.91**	0.93*	0.93**	1					
X12	0.54**	0.23	0.61**	0.35*	0.12	0.21	0.32	-0.11	0.10	0.54*	0.38*	1				
X13	0.25	0.28	0.33*	0.35*	0.51*	0.27	0.48*	0.58*	0.62*	0.53*	0.39*	0.18	1			
X14	0.79**	0.44*	0.88**	0.82**	0.71**	0.78**	0.91**	0.92**	0.91**	0.97**	0.88**	0.62**	0.64*	1		
X15	0.82**	0.56*	0.91**	0.84**	0.68*	0.91**	0.88**	0.91**	0.89**	0.97**	0.90**	0.50*	0.58*	0.99**	1	
X16	-0.79**	-0.21	-0.87*	-0.80**	-0.77**	-0.68*	-0.55*	-0.83**	-0.75**	-0.91**	-0.84**	-0.25	-0.36	-0.90**	-0.94**	1

† X1= کلروفیل a، X2= کلروفیل b، X3= کلروفیل کل، X4= کارتنوئید، X5= تعداد برگ در بوته، X6= سطح برگ نهایی، X7= شاخص سطح برگ نهایی، X8= عملکرد هد، X9= قطر هد، X10= میزان فنل کل، X11= میزان فلاونوئید

کل، X12= کل مواد جامد محلول، X13= نیترات برگ، X14= عملکرد هد، X15= عملکرد اقتصادی، X16= درصد کاهش عملکرد

† X1= Chlorophyll a, X2=Chlorophyll b, X3= Chlorophyll total, X4=Carotenoid, X5= Leaf number per plant, X6= Final plant leaf area, X7= Final plant leaf area index, X8=Head height, X9=Head diameter, X10=Total phenol content, X11= Total flavonoid content, X12=TSS, X13=Leaf NO₃, X14=Head yield, X15=Economical yield, X16=Yield reduction percentage

References

- Agri, U., Chaudhary, P., Sharma, A. & Kukreti, B. (2022). Physiological response of maize plants and its rhizospheric microbiome under the influence of potential bioinoculants and nanochitosan. *Plant and Soil*, 474, 451–468. [doi:10.1007/s11104-02205351-2](https://doi.org/10.1007/s11104-02205351-2).
- Amarowicz, R., Cwalina-Ambroziak, B., Janiak, M. A. & Bogucka, B. (2020). Effect of N fertilization on the content of phenolic compounds in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers and their antioxidant capacity. *Agronomy*, 10 (8), 1215. [doi:10.3390/agronomy10081215](https://doi.org/10.3390/agronomy10081215).
- Asis, C. A. Jr. & Adachi, K. (2004). Isolation of endophytic diazotroph *Pantoea agglomerans* and nondiazotroph *Enterobacter asburiae* from sweet potato stem in Japan. *Letters in Applied Microbiology*, 38(1), 19–23. [doi:10.1046/j.1472-765x.2003.01434.x](https://doi.org/10.1046/j.1472-765x.2003.01434.x)
- Baitilwake, M. A., De Bolle, S., Salomez, J., Mrema, J. P. & De Neve, S. (2011). Effects of manure nitrogen on vegetables' yield and nitrogen efficiency in Tanzania. *International Journal of Plant Production*, 5,417-429. [doi:10.22069/ijpp.2012.751](https://doi.org/10.22069/ijpp.2012.751).
- Becker, C., Urlić, B., Špika, M. J., Kläring, H., Krumbein, A., Baldermann, S., Goreta Ban, S., Perica, S. & Schwara, D. (2015). Nitrogen limited red and green leaf lettuce accumulate flavonoid glycosides, caffeic acid derivatives, and sucrose while losing chlorophylls, β -carotene and xanthophylls. *PLoS ONE*, 10(11), e0142867. [doi:10.1371/journal.pone.0142867](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142867).
- Benincasa, P., Guiducci, M. & Tei, F. (2011). The nitrogen use efficiency: meaning and sources of variation - case studies on three vegetable crops in central Italy. *HortTechnology*, 21, 266-273. [doi:10.21273/HORTTECH.21.3.266](https://doi.org/10.21273/HORTTECH.21.3.266).
- Berenguer, P., Santiveri, F., Boixadera, J. & Lloveras, J. (2009). Nitrogen fertilization of irrigated maize under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*, 30, 163-171. [doi:10.1016/j.eja.2008.09.005](https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.09.005).
- Carvalho, J. O., Toebe, M., Tartaglia, F. L., Bandeira, C. T. & Tambara, A. L. (2017). Leaf area estimation from linear measurements in different ages of *Crotalaria juncea* plants. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89(3), 1851-1868. [doi:10.1590/0001-3765201720170077](https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170077)
- Coria-Cayupán, Y. S., Sánchez de Pinto, M. I. & Nazareno, M. A. (2009). Variations in bioactive substance contents and crop yields of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivated in soils with different fertilization treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 10122-10129. [doi:10.1021/jf903019d](https://doi.org/10.1021/jf903019d)
- Diagne, N., Ndour, M., Djighaly, P. I., Ngom, D., Ngom, M. C. N., Ndong, G., Svistoonoff, S. & Cherif-Silini, H. (2020). Effect of plant growth promoting rhizobacteria (pgpr) and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on salt stress tolerance of *Casuarina obesa* (Miq.). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 601004. [doi:10.3389/fsufs.2020.601004](https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.601004).
- Di Gioia, F., Gonnella, M., Buono, O. & Santamaria, P. (2017). Agronomic, physiological and quality response of romaine and red oak-leaf lettuce to nitrogen input. *Italian Journal of Agronomy*, 12(1), 47-58. [doi:10.4081/ija.2017.806](https://doi.org/10.4081/ija.2017.806)
- Dursun, A., Ekinci, M. & Dönmez, M. F. (2010). Effects of foliar application of plant growth promoting bacterium on chemical contents, yield and growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 42(5), 3349–3356.
- Dutkiewicz, J., Mackiewicz, B., Lemieszek, M. K., Golec, M. & Milanowski, J. (2016). *Pantoea agglomerans*: a mysterious bacterium of evil and good. Part IV. Beneficial effects. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 23,197-205. [doi:10.5604/12321966.1203879](https://doi.org/10.5604/12321966.1203879)
- El-Beltagi, H. S., Ahmad, I., Basit, A., Abd El-Lateef, H. M., Yasir, M., Shah, S. T., Ullah, I., Mohamed, M. E. M., Ali, L., Ali, F., Aziz, I., Kandeel, M. & Ikram, M. Z.

- (2022). Effect of *Azospirillum* and *Azotobacter* species on the performance of cherry tomato under different salinity levels. *Gesunde Pflanzen*, 74, 487–499. [doi:10.1007/s10343-022-00625-2](https://doi.org/10.1007/s10343-022-00625-2)
- Farag, A. A. A., Abdrabbo, M. A. A. & Abd-Elmoniem, E. M. (2013). Using different nitrogen and compost levels on lettuce grown in coconut fiber. *Journal of Horticulture and Forestry*, 5(2), 21–8
- Ferrante, A., Lncrocci, L., Maggini, R., Tognoni, F. & Serra, G. (2003). Pre harvest and post-harvest strategies for reducing nitrate content in rocket (*Eruca sativa*). *Acta Horticulture*, 628(1), 153-159. [doi:10.17660/ActaHortic.2003.628.18](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.628.18)
- Ghoname, A. A., Riad, G. S., El-Bassiony, A. M. M. & Tantawy A. S. (2017). Bio fumigation with fresh manure or Brassicaceae residuals could be a promising methyl bromide alternative in head lettuce production. *Gesunde Pflanzen*, 69, 29–37. [doi:10.1007/s10343-017-0384-x](https://doi.org/10.1007/s10343-017-0384-x)
- Ghonjalipour Goshki, M., Abdollahi, F. & Sadeghi Lari, A. (2021). Effect of mycorrhiza fertilizer on physiological traits and economical yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under water stress conditions. *Journal of Vegetables Sciences*, 5(1), 157-173. (In Farsi). [doi:10.22034/iuvs.2021.531386.1164](https://doi.org/10.22034/iuvs.2021.531386.1164)
- Hasani M., Dana, P. & Tadayon, M. R. (2019). Effect of chemical and biological fertilizers on yield and some biodiesel characteristics of *Camelina sativa* L. *Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery*, 8, 107-120.
- Hong, J., Xu, F., Chen, G., Huang, X., Wang, S., Du, L. & Ding, G. (2022). Evaluation of the effects of nitrogen, phosphorus, and potassium applications on the growth, yield, and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agronomy*, 12:2477. [doi:10.3390/agronomy12102477](https://doi.org/10.3390/agronomy12102477).
- Ilić, S. Z., Milenković, L., Dimitrijević, A., Stanojević, L., Cvetković, D., Kevrešan, Ž., Fallik, E. & Mastilović J. (2017). Light modification by color nets improves quality of lettuce from summer production. *Scientia Horticulturae*, 226, 389–397. [doi:10.1016/j.scienta.2017.09.009](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.009)
- Li, L., Chen, R., Zuo, Z., Lv, Z., Yang, Z., Mao, W., Liu, Y., Zhou, Y., Huang, J. & Song, Z. (2020). Evaluation and improvement of phosphate solubilization by an isolated bacterium *Pantoea agglomerans* ZB. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 36, 27. [doi:10.1007/s11274-019-2744-4](https://doi.org/10.1007/s11274-019-2744-4)
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids, the pigments of photosynthetic biomembranes. In: R. Douce & L. Packer (Eds), *Methods Enzymology*. (pp.350-382.) Academic Press Inc., New York. [doi:10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
- Liu, C.W., Sung, Y., Chen, B. C. & Lai, H.Y. (2014). Effects of nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11, 4427–4440. [doi:10.3390/ijerph110404427](https://doi.org/10.3390/ijerph110404427)
- Loiret, F.G., Ortega, E., Kleiner, D., Ortega-Rode's, P., Rode's, R. & Dong, Z. (2004). A putative new endophytic nitrogen-fixing bacterium *Pantoea* sp. from sugarcane. *Journal of Applied Microbiology*, 97, 504-511.
- Lorenzi, A. S., Bonatelli, M. L., Chia, M. A., Peressim, L. & Quecine, M. C. (2022). Opposite sides of *Pantoea agglomerans* and its associated commercial outlook. *Microorganisms* 10, 2072. [doi:10.3390/microorganisms10102072](https://doi.org/10.3390/microorganisms10102072).
- Moradzadeh, S., Moghaddam, S., Rahimi, A., Pourakbar, L. & Sayyed, R. Z. (2021). Combined bio-chemical fertilizers ameliorate agro-biochemical attributes of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Scientific Reports*, 11, 11399. [doi:10.1038/s41598-021-90731-4](https://doi.org/10.1038/s41598-021-90731-4).
- Musyoka, M. W., Adamtey, N., Muriuki, A. W. & G. Cadisch (2017). Effect of organic and conventional farming systems on nitrogen use efficiency of potato, maize and vegetables in the Central highlands of

- Kenya. *European Journal of Agronomy*, 86,24-36. [doi:10.1016/j.eja.2017.02.005](https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.02.005).
- Nassiri Mahallati, M. & Koocheki, A. (2017). Trend analysis of nitrogen use and productivity in wheat (*Triticum aestivum* L.) production systems of Iran. *Journal of Agroecology*, 9, 360-378. (In Farsi). [doi:10.22067/jag.v9i2.29287](https://doi.org/10.22067/jag.v9i2.29287)
- Peña-Fleitas, M.T., Gallardo, M., Padilla, F. M., Rodríguez, A. & Thompson, R. B. (2021). Use of a portable rapid analysis system to measure nitrate concentration of nutrient and soil solution, and plant sap in greenhouse vegetable production. *Agronomy*, 11(5), 819. [doi:10.3390/agronomy11050819](https://doi.org/10.3390/agronomy11050819).
- Rao, D. L. N. (2014) Recent advances in biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 80(2), 359–378. [doi:10.16943/ptinsa/2014/v80i2/55114](https://doi.org/10.16943/ptinsa/2014/v80i2/55114)
- Sarikhani, M. R. & Amini, R. (2020). Biofertilizer in sustainable agriculture: review on the researches of biofertilizers in Iran. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30, 329-365. (In Farsi). [doi:10.24764310.1399.30.1.20.1](https://doi.org/10.24764310.1399.30.1.20.1)
- Sheibani-Rad, A. & Haghghi, M. (2015). The effect of different concentrations of nutrient solution nitrogen and root temperature on stress indices in lettuce and bell pepper. *Journal of Vegetable Science*. 1, 11-20. (In Farsi). [doi:10.22034/iuvs.2015.15349](https://doi.org/10.22034/iuvs.2015.15349).
- Shi, M., Gu, J., Wu, H., Rauf, A., Emran, TB., Khan, Z., Mitra, S., Aljohani, A. S. M., Alhumaydhi, F. A., Al-Awthan, Y. S., Bahattab, O., Thiruvengadam, M. & Suleria, H. A. R. (2022). Phytochemicals, nutrition, metabolism, bioavailability, and health benefits in lettuce. comprehensive review. *Antioxidants*, 11(6), 1158. [doi:10.3390/antiox11061158](https://doi.org/10.3390/antiox11061158).
- Sradnick, A., Murugan, R., Oltmanns, M., Raupp, J. & Joergensen, R. G. (2013). Changes in functional diversity of the soil microbial community in a heterogeneous sandy soil after long-term fertilization with cattle manure and mineral fertilizer. *Applied Soil Ecology*. 63, 23–28. [doi:10.1016/j.apsoil.2012.09.011](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.09.011).
- Vojodi Mehrabani, L., Valizadeh Kamran, R., Soltanighralar, Z., Emanizeraatcar, Z. & Masumpour, Z. (2018). The effects of urea and organic fertilizers on nitrate accumulation and some physiological traits of spinach (*Spinacia oleraceae*). *Journal of Plant Productions* (Scientific Journal of Agriculture), 41(3), 83-94. (In Farsi). [doi:10.22055/ppd.2018.21546.1462](https://doi.org/10.22055/ppd.2018.21546.1462).
- Yeshiwas, Y., Yikeber, B. B., Chekol, A. & Walle, A. (2018). Effect of nitrogen fertilizer and farmyard manure on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) role of nitrogen fertilizer and farm yard manure on lettuce. *International Journal of Agricultural Research*, 13(2),74-79. 1 [doi:10.3923/ijar.2018.74.79](https://doi.org/10.3923/ijar.2018.74.79).
- Ye, S., Peng, B. & Liu, T. (2022). Effects of organic fertilizers on growth characteristics and fruit quality in Pear-jujube in the Loess Plateau. *Scientific Reports*, 12, 13372. [doi:10.1038/s41598-022-17342-5](https://doi.org/10.1038/s41598-022-17342-5).
- Zandvakili, O. R., Barker, A.V., Hashemi, M., Etemadi, F. & Autio, W. R. (2019). Comparisons of commercial organic and chemical fertilizer solutions on growth and composition of lettuce. *Journal of Plant Nutrition*, 42(9), 990-1000. [doi:10.1080/01904167.2019.1589505](https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1589505).
- Zhao, C., Wang, Z., Cui, R., Su, L., Sun, X., Borrás-Hidalgo, O., Li, K., Wei, J., Yue, Q. & Zhao, L. (2021). Effects of nitrogen application on phytochemical component levels and anticancer and antioxidant activities of *Allium fistulosum*. *PeerJ*. 24,9: 11706. [doi:10.7717/peerj.11706](https://doi.org/10.7717/peerj.11706).