Vol 26, No. 1, Spring 2024

University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

# The Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria, Filter Cake, and Herbicide on the Photosynthetic Pigments and Growth Components of Spinach Plant

**Kosar Asadzadeh[1] | Habiballah Nadian Ghomsheh[2] | Vahid Keshavarz Tohid[3]✉ | Abdolreza Siahpoosh[4]**

1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran. E-mail: asadzadeh.kosar@asnrukh.ac.ir
2. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran. E-mail: nadian.habib@asnrukh.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran. E-mail: keshavarz@asnrukh.ac.ir
4. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran. E-mail: siahpoosh@asnrukh.ac.ir

**Article Info**

**Article type:**
Research Article

**Article history:**
Received 20 December 2022
Received in revised form
24 September 2023
Accepted 30 September 2023
Published online 13 March 2024

**Keywords:**
*Chlorophyll*
*Damage*
*Metribuzin*
*Pseudomonas*

**ABSTRACT**

**Objective:** In order to investigate the impact of plant growth-promoting Pseudomonads isolates and filter cake on the alterations of chlorophyll pigments and growth components in spinach plant under metribuzin herbicide stress, a factorial experiment was conducted as completely randomized blocks at the greenhouse of the Department of Soil Science of the Agricultural Sciences and the Natural Resources University of Khuzestan in 2018-2019.

**Methods:** In this study, *Pseudomonas alloputida* RUM14 and *P. protegens* CHA0 were used as PGPR isolates and filter cake was utilized as organic fertilizer.

**Results:** Statistical analysis of the study's results indicated that treating spinach plants with *Pseudomonas alloputida* RUM14, *P. protegens* CHA0, and filter cake significantly increases chlorophyll a (47, 21, 29%, respectively) and b pigments (42, 20, 18%, respectviely) and carotenoids (96, 33 and 84%) and also increases the dry weight of root (respectively 59, 30, 45%), length of root (108, 51, 53%), dry weight of stem (56, 49, 13%) and the stem length (31, 19, 14%). Statistical analysis clarified that applying metribuzin herbicide at the rate of 100 grams per hectare dramatically reduces the content of photosynthetic pigments and growth components. However, utilization of growth-promoting rhizobacteria and filter cake effectively decrease the extent of such damage.

**Conclusion:** The results of this investigation clarified for the first time that the use of Pseudomonads plant growth-promoting rhizobacteria and/or filer cake, significantly enhance the photosynthetic pigments and growth components of spinach plant. Additionally, the mentioned treatments reduce the damage caused by metribuzin herbicide application.

**Cite this article:** Asadzadeh, K., Nadian Ghomsheh, H., Keshavarz Tohid, V., & Siahpoosh, A. (2024). The Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria, Filter Cake, and Herbicide on the Photosynthetic Pigments and Growth Components of Spinach Plant. *Journal of Crops Improvement*, 26 (1), 197-212.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.352431.2772

© The Authors.
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.352431.2772

دوره بیست و ششم، شماره اول، بهار ۱۴۰۳

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

# تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاهی، فیلترکیک و علف‌کش بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و مؤلفه‌های رشدی گیاه اسفناج

کوثر اسدزاده[۱] | حبیب‌اله نادیان قمشه[۲] | وحید کشاورز توحید[۳]✉ | عبدالرضا سیاه‌پوش[۴]

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران. رایانامه: asadzadeh.kosar@asnrukh.ac.ir

۲. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران. رایانامه: nadian.habib@asnrukh.ac.ir

۳. نویسنده مسئول، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران. رایانامه: keshavarz@asnrukh.ac.ir

۴. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران. رایانامه: siahpoosh@asnrukh.ac.ir

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:** مقالهٔ پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۱/۰۹/۲۹

**تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۲/۰۷/۰۲

**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۷/۰۸

**تاریخ انتشار:** ۱۴۰۲/۱۲/۲۳

**کلیدواژه‌ها:**

*خسارت*

*سودوموناس*

*کلروفیل*

*متری‌بیوزین*

**چکیده**

**هدف:** به‌منظور بررسی تأثیر جدایه‌های باکتری سودوموناس محرک رشد گیاهی و فیلترکیک بر تغییرات رنگیزه‌های کلروفیلی و مؤلفه‌های رشدی در گیاه اسفناج تحت تنش علف‌کش متری‌بیوزین آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در گلخانه گروه خاک‌شناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۹۷-۱۳۹۶ اجرا گردید.

**روش پژوهش:** در این پژوهش از جدایه‌های *Pseudomonas alloputida* RUM14 و *P. protegens* CHA0 به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد گیاهی و از فیلتر کیک به‌عنوان کود آلی استفاده شد.

**یافته‌ها:** بررسی آماری نتایج این پژوهش نشان داد که تیمار گیاه اسفناج با جدایه‌های *Pseudomonas alloputida* RUM14 و *P. protegens* CHA0 و فیلترکیک به‌طور معنی‌داری باعث افزایش رنگدانه‌های کلروفیلی a (به‌ترتیب ۴۷، ۲۱، ۲۹ درصد) و b (۴۲، ۲۰ و ۱۸ درصد) و کاروتنوئید (۹۶، ۳۳ و ۸۴ درصد) و هم‌چنین باعث افزایش وزن خشک ریشه (به‌ترتیب ۵۹، ۳۰ و ۴۵ درصد)، طول ریشه (۱۰۸، ۵۱، ۵۳ درصد)، وزن خشک ساقه (۵۶، ۴۹ و ۱۲ درصد) و طول ساقه (۳۱، ۱۹ و ۱۴ درصد) می‌گردد. بررسی‌های آماری نشان داد که استفاده از علف‌کش متری‌بیوزین به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار به‌طور معنی‌داری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و مؤلفه‌های رشدی را کاهش می‌دهد. اما استفاده از باکتری‌های محرک رشد و/یا فیلترکیک به‌صورت معنی‌داری باعث کاهش این خسارت می‌گردد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این پژوهش برای اولین بیان نمود که استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاهی سودوموناس و/یا فیلترکیک به‌طور معنی‌داری در افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و مؤلفه‌های رشدی گیاه اسفناج مؤثر می‌باشد. هم‌چنین تیمارهای ذکرشده خسارت ناشی از استفاده علف‌کش متری‌بیوزین را در گیاه اسفناج کاهش می‌دهد.

**استناد:** اسدزاده، کوثر؛ نادیان قمشه، حبیب‌اله؛ کشاورز توحید، وحید و سیاه‌پوش، عبدالرضا (۱۴۰۳). تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاهی، فیلترکیک و علف‌کش بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و مؤلفه‌های رشدی گیاه اسفناج. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۶ (۱)، ۱۹۷-۲۱۲.

DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.352431.2772

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

## ۱. مقدمه

سبزی‌ها به لحاظ دارا بودن انواع ویتامین‌ها، مواد معدنی، ترکیبات قندی و هم‌چنین مقدار قابل‌توجهی سلولز که باعث سهولت هضم غذا می‌شوند، نقش اساسی در تغذیه انسان دارند (جیرانگ‌کورسکول[1]، ۲۰۱۶). اسفناج با نام علمی *Spinacia oleracea* L. متعلق به خانواده چغندرسانان[2] می‌باشد و از مهم‌ترین سبزی‌های برگی است، به‌طوربه‌طوری‌که در بین ۴۲ نوع میوه و سبزی رایج از نظر مقدار نسبی۱۰ نوع ویتامین و مواد معدنی (ویتامین A، K، C، E و مواد معدنی کلسیم، آهن، منیزیم، فسفر، پتاسیم و سلنیوم) در رتبه دوم اهمیت قرار دارد و در زمره گیاهان دارویی و خوراکی است (جیرانگ‌کورسکول[1]، ۲۰۱۶؛ میانو[3]، ۲۰۱۶). اسفناج گیاهی یک‌ساله و دو پایه بوده و از سایر سبزیجات رایج در کشور به شوری متحمل‌تر است. با توجه به این‌که اسفناج مربوط به مناطق معتدل و سرد می‌باشد در فصل‌های پاییز و زمستان در خوزستان کشت می‌شود. گیاه اسفناج نسبت به علف‌های هرز تحمل بسیار پایینی دارد و در رقابت با علف‌های هرز خسارت‌های کیفی و کمی در این گیاه ایجاد می‌گردد. سمومی که برای کنترل علف‌های هرز اسفناج استفاده می‌شود بسیار محدودند و به‌دلیل توان رقابتی پایین گیاهچه‌های اسفناج با علف هرز، علف‌کش‌ها در مزارع اسفناج معمولاً به‌صورت پیش ازکاشت مورد استفاده قرار می‌گیرند (مدحج و ثابت‌زنگنه، ۱۳۹۴). از مهم‌ترین این علف‌کش‌ها می‌توان به پندی‌متالین، تریفورالین، اراديکان و متری‌بیوزین اشاره کرد. به‌علاوه، علف‌کش‌های مورد استفاده در اسفناج صد درصد انتخابی نیستند و ممکن باعث کوتاه‌قدی، زردی ناشی از کاهش کلروفیل و یا حتی از بین رفتن گیاهچه اسفناج شوند (مدحج و ثابت‌زنگنه، ۱۳۹۴).

علف‌کش متری‌بیوزین یکی از علف‌کش‌های توصیه‌شده برای مزارع اسفناج می‌باشد، یکی از اهداف این پژوهش بررسی تغییرات مؤلفه‌های رشدی و رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه اسفناج در زمان استفاده از این علف‌کش می‌باشد. در ادامه تأثیر باکتری سودوموناس به‌عنوان کودزیستی و فیلترکیک به‌عنوان کود آلی در افزایش رشد و غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه اسفناج و هم‌چنین بررسی تأثیر موارد ذکرشده در کاهش احتمالی خسارات ناشی از علف‌کش متری‌بیوزین بررسی می‌گردد.

## ۲. پیشینه پژوهش

برخی از باکتری‌ها سودوموناس از گروه باکتری‌های محرک رشد گیاهی[4] بوده که با روش‌های مختلف از جمله تولید سیدروفورها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه و تثبیت نیتروژن باعث افزایش رشد و مواد معدنی گیاه می‌گردند. گروهی از باکتری‌های سودوموناس با تولید آنزیم ای‌سی‌سی‌دی‌آمیناز[5] باعث کنترل میزان اتیلن در گیاهان تحت تنش شده و از زردی گیاهان می‌کاهند. برخی از باکتری‌های سودوموناس توانایی زیست‌پالایندگی داشته و ترکیبات آلی مضر مانند سموم شیمیایی را تجزیه نموده و از خسارت آن‌ها به گیاهان می‌کاهند (ساه[6] و همکاران، ۲۰۲۱). بررسی‌ها نشان داده که جدایه *Pseudomonas putida* KT2440 باعث افزایش وزن تر، خشک، طول ساقه و ریشه گیاه سویا در تنش شوری می‌گردد (کوستا-گوتیرز[7] و همکاران، ۲۰۲۰). هم‌چنین تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاهی از گروه سودوموناس در افزایش میزان پروتئین‌های دخیل در فتوسنتز نشان داه شده است (بنده‌حق[8] و همکاران، ۲۰۱۸).

1. Jiraungkoorskul
2. Chenopodiacea
3. Miano
4. Plant growth promoting rhizobacter (PGPR)
5. 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (acc) deaminase
6. Sah
7. Costa-Gutierrez
8. Bandehagh

تأثیر باکتری *P. persica* VKh13 در کنترل بیماری خاک‌زاد ناشی از قارچ *Rhizoctonia solani*، القای مقاومت و افزایش رشد گیاه لوبیا اثبات شده است (کشاورز–توحید[1] و همکاران، ۲۰۱۷).

فیلتر کیک یک محصول جانبی کارخانه نیشکر است که در فرایند رسوب‌گذاری و تصفیه شربت به‌دست می‌آید. هر ساله مقادیر زیادی فیلترکیک یا گل صافی از کارخانه تصفیه نیشکر به‌دست می‌آید که به‌عنوان پسماند نگهداری می‌شود. این ترکیب منبع غنی از عناصر پر مصرف و کم‌مصرف مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن، منیزیم و سایر ترکیبات معدنی می‌باشد. با توجه به میزان بالای مواد آلی و معدنی فیلترکیک این ترکیب می‌تواند به‌عنوان کود آلی و اصلاح‌کننده شیمیایی و فیزیکی خاک در نظر گرفت (اسدزاده و همکاران، ۱۴۰۰). پیش از این نشان داده شده است که فیلترکیک باعث افزایش مؤلفه‌های رشدی در گیاه گشنیز تحت تنش با کادمیوم می‌شد. هم‌چنین بیان شد چنانچه فیلترکیک با قارچ‌های میکوریزا استفاده گردد، میزان تنش ناشی از کادمیوم در این گیاه به میزان بیش‌تری کاهش می‌یابد (بهمنیان، ۱۳۹۶). بررسی‌های انجام‌گرفته بر روی سویا نشان داد که استفاده از فیلترکیک باعث افزایش میزان رشد و کلروفیل a و b می‌گردد (دا موتا[2] و همکاران، ۲۰۱۹). تأثیر فیلترکیک در افزایش رشد ساقه و ریشه و وزن خشک گیاه برنج نشان داده شده است (دتراکسا[3]، ۲۰۲۰).

پژوهش‌های پیشین نشان داده که استفاده از برخی علف‌کش‌ها باعث کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاهش رشد و وزن گیاهان می‌گردد. به‌عنوان مثال، علف‌کش‌های گروه تریازین بر زنجیره فتوسنتز در فتوسیستم‌های گیاهی تأثیر گذاشته و میزان کلروفیل را در برگ‌ها کاهش می‌دهد (الهی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۲). کاهش میزان ارتفاع و طول ریشه، کاهش وزن خشک ریشه و ساقه و کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در زمان استفاده از علف‌کش گلایفوزیت در گیاه ماش گزارش گردیده است. اگرچه بیان شده است که استفاده از برخی باکتری‌های محرک رشد گیاهی (*Azotobacter* sp. و *Bacillus* sp.) خسارت ناشی از استفاده علف‌کش را کاهش می‌دهد (شهید[4] و همکاران، ۲۰۱۸). هم‌چنین مشخص شده است استفاده از علف‌کش متری‌بیوزین باعث کاهش میزان ارتفاع، وزن ماده خشک و میزان کلروفیل در گیاه ذرت و جو می‌گردد (مکاریان[5] و همکاران، ۲۰۱۶).

در این مطالعه، تأثیر دو جدایه باکتری‌های محرک رشد گیاهی از گروه سودوموناس، فیلترکیک و علف‌کش متری‌بیوزین هرکدام به‌تنهایی و یا همراه با هم بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و مؤلفه‌های رشدی گیاه اسفناج به‌صورت فاکتوریل در غالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بررسی گردید.

## ۳. روش‌شناسی پژوهش

### ۳. ۱. کشت گلخانه‌ای و شرایط گلخانه

بذور اسفناج رقم ورامین به‌صورت مستقیم در گلدان‌های پلاستیکی حاوی خاک مزرعه و ماسه به‌ترتیب با نسبت وزنی ۴۰ به ۶۰ کشت شدند (با توجه به میزان بالای رس و لای خاک و جلوگیری از جداشدن خاک گلدان از بدنه داخلی گلدان با کاهش رطوبت خاک در طول آزمایش، به نسبت فوق، خاک توسط ماسه سبک گردید). لازم به ذکر است که برای پایین‌آوردن شوری ماسه، آن را کاملاً با آب مقطر چندین بار شسته و سپس در معرض هوا خشک شد. برای حذف پاتوژن‌ها، قارچ‌ها و باکتری‌های بومی خاک و ایجاد محیط بدون رقابت جهت وضوح اثرات باکتری‌های ریزوسفری

9. Keshavarz-Tohid
1. Da Mota
2. Detraksa
3. Shahid
4. Makarian

محرک رشد، خاک و ماسه با دستگاه اتوکلاو، در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱ ساعت سترون شدند. آزمایش در فصل زمستان در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان با دمای میانگین ۱۴ درجه سانتی‌گراد و نور طبیعی انجام گرفت. در هر گلدان ۱۰ عدد بذر اسفناج رقم ورامین تهیه‌شده از گروه باغبانی دانشگاه کشت شد.

### ۳. ۲. مایه‌زنی گیاهچه‌های اسفناج با باکتری ریزوسفری محرک رشد گیاهی، فیلتر کیک و علف‌کش متری‌بیوزین

با توجه به انجام آزمایش در گلخانه و شرایط نوری گلخانه (چرخش جهت تابش نور خورشید و عدم دریافت نور به‌صورت یکسان از طلوع تا غروب خورشید) از طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده گردید. چیدمان طرح به گونه‌ای بود که بلوک‌ها عمود بر چرخش نور در نظر گرفته شدند. به‌منظور بررسی تأثیر باکتری ریزوسفری محرک رشد گیاهی بر میزان رنگدانه‌های کلروفیلی و مؤلفه‌های رشدی گیاه اسفناج از دو جدایه باکتری سودوموناس *P. protegens* CHA0 و *P. allopotida* RUM14 استفاده شد. جدایه *P. protegens* CHA0 جدایه بین‌المللی با خصوصیات محرک رشد گیاهی و آنتاگونیستی می‌باشد و جدایه *P. allopotida* RUM14 از خاک مزارع ایران جداسازی شده و پیش از این خصوصیات محرک رشد گیاهی آن شناسایی شده است. هم‌چنین این جدایه دارای ژن ای‌سی‌سی‌دی آمیناز می‌باشد که در کاهش میزان اتیلن در گیاهان تحت تنش مؤثر می‌باشد (کشاورز–توحید[1] و همکاران، ۲۰۱۷). در مایه‌زنی باکتری‌ها به گیاهان اسفناج از روش کشاورز–توحید و همکاران (۲۰۱۷) استفاده گردید. در این روش باکتری‌ها ابتدا در محیط کشت مایع مغذی کشت داده شدند. محیط‌های کشت در انکوباتور لرزاننده با دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد و لرزش ۴۵ دور بر دقیقه به‌مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد. پیکره باکتری با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۹۰۰۰ دور بر دقیقه به‌مدت ۵ دقیقه جداسازی گردید. سوسپانسیون باکتری با غلظت نوری یک در طول موج ۶۰۰ نانومتر تهیه شد ($OD^{۲}_{600}$=1) و از هر جدایه ۵۰ میلی‌لیتر از سوسپانسیون فوق به گلدان‌های حاوی گیاهچه اسفناج ۲۸ روزه مایه‌زنی گردید (همراه با آب آبیاری). تیمار شاهد با آب مقطر تیمار شد.

به‌منظور بررسی تأثیر فیلتر کیک نیشکر بر مؤلفه‌های رشدی و رنگدانه‌های فتوسنتزی ۹۰ گرم فیلترکیک تازه به‌صورت پودر با خاک گلدان‌ها به‌صورت یکنواخت مخلوط گردید. فیلترکیک از مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر، شرکت توسعه کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر در جنوب استان خوزستان تهیه شد. این میزان فیلترکیک معادل ۳ درصد وزنی گلدان سه کیلویی می‌باشد (تیمار F3%). تیمار F0 فاقد فیلترکیک و به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. برخی از خصوصیات فیلترکیک استفاده‌شده در این پژوهش در جدول (۱) ذکر گردیده است.

مایه‌زنی علف‌کش متری‌بیوزین (علف‌کش توصیه‌شده برای مزارع اسفناج) براساس آزمایش و مشاهدات اولیه در سه سطح انجام گرفت: صفر (H0)، ۵۰ گرم (H1) و ۱۰۰ گرم (H2) در هکتار (به‌ترتیب معادل صفر، ۰/۱ و ۰/۲ میلی‌گرم برای هر گلدان). سطوح فوق در یک نوبت به گیاهچه‌های اسفناج چهار هفته‌ای همراه با آب آبیاری در حد ظرفیت مزرعه به گلدان‌ها اضافه گردید.

تأثیر تیمار جدایه‌های باکتری محرک رشد گیاهی، فیلترکیک و سطوح مختلف علف‌کش به‌تنهایی و یا با هم بر میزان کلروفیل a و b و کاروتنوئید و مؤلفه‌های رشدی در گیاه اسفناج بررسی گردید. در مجموع ۱۸ تیمار شامل CHA0، RUM14، F3%، H0، H1، H2، CHA0+F3%، CHA0+H1 RUM14+F3%، RUM14+H1، CHA0+H2، RUM14+H2، CHA0+F3%+H1، CHA0+F3%+H2، RUM14+F3%+H1، RUM14+F3%+H2، F3%+H1 و F3%+H2 مورد ارزیابی قرار گرفت. برای هر تیمار پنج گلدان در نظر گرفته شد.

1. Keshavarz-Tohid
2. Optical density

### ۳. ۳. استخراج و اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کاروتنوئید)

برای استخراج و سنجش کلروفیل از روش لیختن‌تالر[1] و ولبورن[2] (۱۹۸۳) استفاده شد. برای این منظور ۰/۱ گرم بافت برگ تازه از گیاهچه‌های هشت هفته‌ای به قطعات ۲ تا ۳ میلی‌متر مربعی تقسیم شده و رگبرگ اصلی حذف گردید. پس از آن نمونه گیاهی در ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد کاملاً ساییده شد. سپس محلول به‌دست‌آمده به لوله‌های فالکون ۱۵ میلی‌لیتری منتقل گردید. ظرف نمونه توسط فویل آلومینیومی پوشانده شده و در تاریکی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از سفیدشدن رنگ بافت برگ، جذب نوری محلول در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Cray 100 Agilent, U.S) قرائت گردید. لازم به ذکر است که در قرائت توسط اسپکتروفتومتر از استون ۸۰ درصد به‌عنوان شاهد استفاده شد. در نهایت اعداد قرائت‌شده در فرمول زیر قرار داده شده و میزان کلروفیل a و b و کاروتنوئید محاسبه گردید.

رابطه ۱)
$$\text{کلروفیل} a = \frac{۷/۱۲ \times D\left(۶۶۳\right) - ۶۹/۲ \times D\left(۶۴۵\right) \times \text{حجم نمونه}}{\text{وزن بافت تازه} \times ۱۰}$$

رابطه ۲)
$$\text{کلروفیل} b = \frac{۹/۲۲ \times D\left(۶۴۵\right) - ۶۸/۴ \times D\left(۶۶۳\right) \times \text{حجم نمونه}}{\text{وزن بافت تازه} \times ۱۰}$$

رابطه ۳)
$$\text{کاروتنوئید} = \frac{۱۰۰۰ \times D(۴۷۰) - ۸/۱\ (a\text{کلروفیل}) - ۲/۵۸(b\text{کلروفیل}) + \frac{\text{حجم کل}}{\text{وزن نمونه} \times ۱۰۰}}{۱۹۸}$$

**جدول ۱.** برخی از ویژگی‌های فیلترکیک نیشکر استفاده‌شده در پژوهش و اندازه‌گیری‌شده توسط مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر

| فیلترکیک | pH | شوری (دسی‌زیمنس بر متر) | مواد آلی قابل‌اکسیده (درصد) | خاکستر (درصد) | نیتروژن کل (درصد) | C/N | فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۶/۱ | ۴/۶۲ | ۲۴/۳ | ۱۳/۳ | ۱/۰۷ | ۱۳/۱۹ | ۳۲۵ |
| فیلترکیک | پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | کلسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | منیزیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) |
| | ۱۸۰۰ | ۷۸۰۰۰ | ۳۵۰۴۰ | ۲۶۸ | ۲۷۸ | ۱۰۹/۲ | ۶۴ |

### ۳. ۴. تعیین ماده خشک اندام هوایی و ریشه

به‌منظور اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی و ریشه در انتهای هفته هشتم محتویات گلدان‌ها شامل گیاه اسفناج و خاک به داخل سرند ریخته شد و با تکان‌های آهسته و شستن خاک اطراف ریشه، ریشه‌ها از خاک جدا شدند. بعد از جداسازی، ریشه‌ها به‌طور کامل با آب مقطر شسته شدند و با استفاده از کاغذ صافی آب اضافی ریشه‌ها گرفته شد. قسمت هوایی و ریشه از محل طوقه به‌وسیله قیچی از هم جدا شدند. قسمت هوایی و ریشه تکرارهای هر تیمار به‌صورت جداگانه در پاکت‌های کاغذی در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت درون آون قرار داده شدند. پس از خشک‌شدن، وزن خشک آن‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم (Sartorius, TE2145, Germany) اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی و ریشه برای ۱۸ تیمار انجام گرفت.

1. Lichtenthaler
2. Wellburn

### ۳. ۵. اندازه‌گیری طول قسمت هوایی و مجموع طول ریشه

به‌منظور محاسبه ارتفاع گیاه، در انتهای هفته هشتم از هر گلدان سه گیاه انتخاب شد و ارتفاع هر گیاه از محل طوقه تا بالاترین نقطه گیاه توسط خط‌کش، اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مجموع طول ریشه از روش تانت[1] (۱۹۷۵) در پایان هفته هشتم استفاده شد (چهار هفته پس از مایه‌زنی‌ها). این روش بر پایه تعداد برخورد ریشه‌ها با خطوط شبکه قرار دارد که برای انجام این روش از میکروسکوپ نوری (OLYMPUS, CX21, Japan) و صفحه مشبک با اضلاع ۱×۱ سانتی‌متر استفاده گردید. روش کار چنین است که در زیر تشتک پتری، صفحه‌ی مشبک با اندازه‌های مشخص قرار داده شد، سپس گلیسیرین حاوی ۰/۲ گرم از ریشه‌های خردشده بر روی پتری‌دیش به گونه‌ای تصادفی منتقل می‌شود، به‌نحوی‌که ریشه‌ها بر روی هم قرار نگیرند، سپس تعداد دفعات برخورد ریشه‌ها با خطوط افقی و سپس با خطوط عمودی شمارش می‌شود. در صورت نیاز به‌منظور مشاهده بهتر ریشه‌ها با فوشین رنگ‌آمیزی گردیدند و در صورت لزوم برخی ریشه‌های بلند را به قطعات کوچک‌تر تقسیم شدند. کل طول ریشه به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد:

رابطه ۴) $$RL = \frac{11}{14} n.d$$

که در این رابطه، RL: مجموع طول ریشه برای زیر نمونه ریشه، n: تعداد برخورد ریشه‌ها با خطوط متقاطع شبکه (افقی و عمودی) و d: طول ضلع هر مربع در کف پتری‌دیش مدرج می‌باشند.

پس از محاسبه طول ریشه برای ۰/۲ گرم نمونه برداشته شده، طول ریشه برای وزن ریشه در هر تیمار محاسبه گردید.

### ۳. ۶. طرح آزمایشی و محاسبات آماری

آزمایش‌های این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی اجرا گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۸/۲) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن[2] در سطح ۵ درصد انجام شد.

## ۴. یافته‌های پژوهش

### ۴. ۱. بررسی تغییرات رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان اسفناج تیمارشده با باکتری سودوموناس، فیلترکیک و علف‌کش و در بر هم‌کنش با یکدیگر

سه تیمار علف‌کش، فیلترکیک و باکتری سودوموناس، به‌صورت جداگانه بر رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، b و کاروتنوئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). غلظت کلروفیل a، b و کاروتنوئید در تیمار مصرف ۱۰۰ گرم علف‌کش متری‌بیوزین (H2) به‌ترتیب ۲/۵۸، ۲/۵۳ و ۰/۵میلی‌گرم بر گرم وزن تر اندازه‌گیری شد که این میزان نسبت به شاهد کاهش شدید را نشان می‌دهد (میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید در تیمار شاهد به‌ترتیب برابر با ۴/۵۸، ۴/۵۷ و ۱/۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر اندازه‌گیری گردید). در مقابل در تیمار استفاده از فیلترکیک (F3%) به‌طور معنی‌داری باعث افزایش غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، b و کاروتنوئید گردید (غلظت رنگیزه‌ها به‌ترتیب ۵/۹۳، ۵/۳۹ و ۳/۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر اندازه‌گیری شد). غلظت کلروفیل a، b و کاروتنوئید در گیاه اسفناج تیمارشده با باکتری محرک رشد گیاهی سودوموناس جدایه RUM14 به‌ترتیب ۶/۷۴، ۶/۴۷ و ۳/۴۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در جدایه CHA0 به‌ترتیب ۵/۵۵، ۵/۵۲ و ۲/۳۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر اندازه‌گیری گردید. بیش‌ترین غلظت کلروفیل a،b و کاروتنوئید در گیاه اسفناج به‌ترتیب با میانگین ۸/۷۴، ۸/۴۷ و ۳/۷۴

1. Tennant
2. Duncan's multiple range test

میلی‌گرم در گرم وزن تر، مربوط به تیمار RUM14+F3% می‌باشد و تیمار CHA0+F3% در جایگاه بعد قرار گرفت (جدول ۳). همان‌طورکه ذکر شد کم‌ترین غلظت کلروفیل a، b و کاروتنوئید در اندام هوایی گیاه اسفناج مربوط به تیمار استفاده ۱۰۰ گرم در هکتار علف‌کش به‌تنهایی و بدون کاربرد فیلترکیک و باکتری ریزوسفری محرک رشد (H2)، می‌باشد (جدول ۳) و جدایه‌های باکتری محرک رشد گیاهی RUM14 و CHA0 و فیلترکیک هرکدام به‌تنهایی باعث افزایش معنی‌دار میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی شدند. بررسی‌های آماری هم‌چنین نشان داد که جدایه‌های باکتری محرک رشد گیاهی و فیلترکیک میزان کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی ناشی از استفاده از سطوح مختلف علف‌کش متری‌بیوزین را کم کرده و بیش‌ترین بهبود در این خصوص مربوط به تیمار هم‌زمان جدایه RUM14 و فیلترکیک (RUM14+F3%) بوده و تیمارهای CHA0+F3%، RUM14، CHA0 و F3% از نظر آماری در مکان‌های بعدی قرار گرفتند.

**جدول ۲.** نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار باکتری‌های محرک رشد گیاه، فیلترکیک و علف‌کش بر مؤلفه‌های رشدی ارتفاع، وزن خشک قسمت هوایی، وزن خشک ریشه و طول ریشه و رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، b و کاروتنوئید

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ارتفاع | وزن خشک اندام هوایی | وزن خشک ریشه | طول ریشه | کلروفیل a | کلروفیل b | کاروتنوئید |
| علف‌کش | ۲ | ۸۶/۹۲** | ۳۴/۳۴** | ۱۱/۱۸** | ۴۹/۴۱** | ۳۷/۱۹** | ۳۵/۷۵** | ۲۴/۲۵** |
| فیلترکیک | ۱ | ۲۲/۸۱** | ۲۱/۰۵** | ۳/۶۵** | ۹۷/۴۱** | ۲۶/۰۶** | ۵/۵۴** | ۱۱/۴۶** |
| باکتری | ۲ | ۳۲/۱۳** | ۲۶/۵۸** | ۸/۷۷** | ۱۰۳/۹۵** | ۱۷/۲۸** | ۲۳/۳۲** | ۶/۵۰** |
| علف کش× فیلترکیک | ۲ | ۶/۵۷** | ۰/۱۹ns | ۳/۸۵** | ۰/۶۸ ns | ۱۲/۳۷** | ۲/۴۸** | ۱/۱۸ ** |
| علف کش× باکتری | ۴ | ۰/۸۵* | ۱/۴۸** | ۰/۰۹ ns | ۲/۲۴** | ۰/۲۱ ns | ۰/۴۴* | ۰/۱۲ ** |
| فیلترکیک× باکتری | ۲ | ۰/۷۱ns | ۳/۹۹** | ۰/۳۵** | ۱/۱۶ns | ۰/۳۳ * | ۰/۲۵ns | ۰/۳۵ ** |
| باکتری× فیلترکیک× علف‌کش | ۴ | ۱/۲۵** | ۰/۰۱ns | ۰/۰۵ ns | ۰/۵۰ns | ۰/۵۹** | ۰/۱۰ns | ۰/۳۲* |
| خطای آزمایشی | ۳۶ | ۰/۳۱ | ۰/۲۴ | ۰/۰۶ | ۰/۴۷ | ۰/۱۰ | ۰/۱۳ | ۰/۰۵ |
| ضریب تغییرات (درصد) | – | ۷/۸۳ | ۹/۵۵ | ۱۱/۵۴ | ۹/۱۲ | ۶/۹۴ | ۷/۷۱ | ۴/۹۶ |

n.s، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

**جدول ۳.** بررسی تأثیر استفاده از باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد *P. protegens* CHA0، *P. alloputida* RUM14 (دارای ژن ای‌سی‌سی دی‌آمیناز)

| تیمار | غلظت کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تر) | غلظت کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تر) | غلظت کاروتنوئید (میلی‌گرم در گرم وزن تر) |
|---|---|---|---|
| شاهد | ۴/۵۸h-j | ۴/۵۷f | ۱/۷۵f |
| CHA0 | ۵/۵۵f-j | ۵/۵۲de | ۲/۳۴e |
| RUM14 | ۶/۷۴d | ۶/۴۷bc | ۳/۴۳cd |
| فیلترکیک ۳ درصد وزنی | ۵/۹۳c | ۵/۳۹cd | ۳/۲۳d |
| علف‌کش ۵۰ گرم در هکتار | ۳/۲۳kl | ۳/۳۲i-k | ۱/۷fg |
| علف‌کش ۱۰۰ گرم در هکتار | ۲/۵۸l | ۲/۵۳k | ۰/۵i |
| CHA0+ علف‌کش ۵۰ گرم در هکتار | ۴/۰۴e-h | ۴/۰۱f-i | ۲/۳e |
| CHA0+علف‌کش ۱۰۰ گرم در هکتار | ۳/۶۷ij | ۳/۷۶g-i | ۰/۸۶h |
| RUM14+ علف‌کش ۵۰ گرم در هکتار | ۵/۸۰d | ۵/۳۳d | ۳/۴cd |
| RUM14+ علف‌کش ۱۰۰ گرم در هکتار | ۴/۲۰g-i | ۴/۳۰f-h | ۱/۴g |
| CHA0+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | ۶/۸۴b | ۶/۶۷b | ۳/۷۶b |
| RUM14+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | ۸/۴۷a | ۸/۶a | ۴/۲۳a |
| علف‌کش ۵۰ گرم در هکتار+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | ۳/۳۶d-g | ۳/۶۴h-k | ۳/۱۳d |
| علف‌کش ۱۰۰ گرم در هکتار+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | ۲/۸۳l | ۲/۳۸k | ۰/۷۲hi |
| CHA0+ علف‌کش ۵۰ گرم در هکتار+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | d-f۴/۸۰ | ۴/۶۷ef | ۳/۶۹bc |
| CHA0+ علف‌کش ۱۰۰ گرم در هکتار+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | jk۳/۴۹ | ۳/۴۳h-j | ۱/۴g |
| RUM14+ علف‌کش ۵۰ گرم در هکتار+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | c۶/۲۷ | ۶/۳۲b-d | ۴/۱۶a |
| RUM14+ علف‌کش ۱۰۰ گرم در هکتار+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | gh۴/۴۴ | ۴/۶۴fg | ۱/۶۲fg |

فیلترکیک (F3%)، علف‌کش متری‌بیوزین ۵۰ گرم درهکتار (H1)، ۱۰۰ گرم در هکتار (H2) و برهم‌کنش تیمارهای ذکرشده بر غلظت کلروفیل a، b و کاروتنوئید در برگ گیاه اسفناج.
میانگین‌های با حروف مشترک براساس آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشند (یافته‌های پژوهش).

## ۴. ۲. تأثیر باکتری ریزوسفری محرک رشد، فیلترکیک و علف‌کش بر مؤلفه‌های رشدی

بررسی مؤلفه‌های رشدی شامل طول ریشه، وزن خشک ریشه، طول ساقه و وزن خشک ساقه نشان داد که سه تیمار باکتری ریزوسفری محرک رشد گیاهی سودوموناس، علف‌کش و فیلترکیک به‌صورت جداگانه بر صفات ذکرشده گیاه اسفناج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشند (جدول ۲). بررسی‌های آماری نشان داد که بیش‌ترین افزایش در مؤلفه‌های رشدی مربوط به تیمار استفاده هم‌زمان از جدایه RUM14 و فیلترکیک (RUM14+F3%) و بیش‌ترین کاهش در مؤلفه‌های رشدی مربوط به استفاده علف‌کش به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار (H2) می‌باشد. میانگین بیش‌ترین ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و طول ریشه در تیمار RUM14+F3% به‌ترتیب ۱۲/۸۳ (سانتی‌متر)، ۸/۷۶ (گرم)، ۴/۱ (گرم) و ۱۴/۳۶ (متر) اندازه‌گیری شد و کم‌ترین میانگین ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و طول ریشه در تیمار H2 به‌ترتیب ۳/۷۵ (سانتی‌متر)، ۲/۸۳ (گرم)، ۰/۷ (گرم) و ۲/۹۱ (متر) ارزیابی گردید (جدول ۴). در تیمار شاهد میانگین ارتفاع و وزن خشک اندام هوایی به‌ترتیب ۷/۱ سانتی‌متر و ۴/۲۸ گرم و میانگین وزن خشک ریشه و طول ریشه به‌ترتیب ۱/۷۶ گرم و ۵/۲ متر اندازه‌گیری شد (جدول ۴). بررسی‌های آماری نشان داد که استفاده هم‌زمان از فیلترکیک و باکتری‌های محرک رشد گیاهی به میزان زیادی خسارت ناشی از استفاده علف‌کش متری‌بیوزین را کاهش می‌دهد. در تیمار RUM14+F3%+H2 میانگین ارتفاع و وزن خشک اندام هوایی به‌ترتیب ۶ سانتی‌متر و ۵/۲۷ و میانگین طول ریشه و وزن ریشه به‌ترتیب ۷/۷۶ متر و ۱/۸۶ گرم اندازه‌گیری گردید که از نظر آماری در مقایسه با تیمار H2 به‌صورت معنی‌داری باعث بهبود زیان ناشی از استفاده علف‌کش می‌گردد (جدول ۴).

**جدول ٤**. بررسی مؤلفه‌های رشدی گیاه اسفناج تیمارشده با باکتری‌های محرک رشد گیاهی *Pseudomonas protogenes* CHA0، *P. alloputida* RUM14

| تیمار | ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر) | وزن خشک اندام هوایی (گرم) | طول ریشه (متر) | وزن خشک ریشه (گرم) |
|---|---|---|---|---|
| شاهد | ۷ ef | ۴/۲۸d-g | ۵ g-i | ۱/۷۶ fg |
| CHA0 | ۸/۳ c-e | ۶/۳۶ c-e | ۷/۵۸ ef | ۲/۳ c-e |
| RUM14 | ۹/۲۳ bc | ۶/۷ bc | ۱۰/۴۱ bc | ۲/۶۷ cd |
| فیلترکیک ۳ درصد وزنی | ۸ c-e | ۴/۸۰ d-f | ۷/۶۴ ef | ۲/۵۶ cd |
| علف‌کش ۵۰ گرم در هکتار | ۵/۵ gh | ۴/۲۳ e-g | ۴/۱۳ Ij | ۰/۸۶ gh |
| علف‌کش ۱۰۰ گرم در هکتار | ۳/۷۵ i | ۲/۸۳ h | ۲/۹۱ j | ۰/۷ i |
| CHA0+ علف‌کش ۵۰ گرم در هکتار | ۶/۰۵ fg | ۵/۳۶ c-e | ۵/۷۱ g-i | ۱/۴ g-i |
| CHA0+ علف‌کش ۱۰۰ گرم در هکتار | ۵g-i | ۳/۱۸gh | ۴/۸۳g-i | ۱/۳۶g-i |
| RUM14+ علف‌کش ۵۰ گرم در هکتار | ۷/۸۳ de | ۶/۳ bc | ۸/۶ d-e | ۲/۵۳ cd |
| RUM14+ علف‌کش ۱۰۰ گرم در هکتار | ۶ fg | ۳/۳۷ gh | ۶/۴f-h | ۲/۳۳ ef |
| CHA0+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | ۱۰/۱۶ b | ۶/۷b | ۹/۷۶ de | ۳/۵۳ b |
| RUM14+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | ۱۲/۸۳ a | ۸/۷۶a | ۱۴/۳۶a | ۴/۱a |
| علف‌کش ۵۰ گرم در هکتار+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | ۷/۰۳ ef | ۴/۷۳d-f | ۶/۸۳fg | ۲/۶۶ef |
| علف‌کش ۱۰۰ گرم در هکتار+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | ۳/۹۳ i | ۳/۰۶ gh | ۳/۴۶ j | ۱ i |
| CHA0+ علف‌کش ۵۰ گرم در هکتار+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | ۸/۵cd | ۶/۶۳ b | ۶/۱۹g-i | ۲/۶ cd |
| CHA0+ علف‌کش ۱۰۰ گرم در هکتار+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | ۴/۵۶hi | ۴/۰۸fg | ۵/۵۵ i | ۱/۱۱ hi |
| RUM14+ علف‌کش ۵۰ گرم در هکتار+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | ۹/۳۳ bc | ۸/۶۳a | ۱۱/۶۷b | ۳/۳۶b |
| RUM14+ علف‌کش ۱۰۰ گرم در هکتار+ فیلترکیک ۳ درصد وزنی | ۶fg | ۵/۲۷c-f | ۹/۷۶cd | ۱/۵۶fg |

فیلترکیک، علف‌کش متری‌بیوزین ۵۰ گرم درهکتار (H1)، ۱۰۰ گرم در هکتار (H2) و بر هم‌کنش جدایه‌های باکتری با فیلترکیک و/یا علف‌کش. مؤلفه‌های اندازه‌گیری شامل ارتفاع اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، مجموع طول ریشه،وزن خشک ریشه. میانگین‌های با حروف مشترک براساس آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشند (یافته‌های پژوهش).

## ۵. بحث

گیاه اسفناج گیاهی است برگی و سبزی و رشد برگ‌های آن دارای اهمیت می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که جدایه‌های سودوموناس به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد گیاهی و فیلترکیک به‌عنوان کود آلی در افزایش میزان رنگیزه‌های برگی اسفناج مؤثر می‌باشند. پیش از این کلانتری و همکاران (۱۳۹۷) بیان کردند جدایه‌های باکتری سودوموناس همراه با تیمار استفاده نیتروژن باعث افزایش میزان کلروفیل در گیاه اسفناج می‌گردد. هم‌چنین افزایش میزان کلروفیل a و b در گیاه اسفناج تیمارشده با سودوموناس تحت تنش شوری نیز نشان داده شده است (بهلوان[1] و همکاران، ۲۰۲۰). نتایج پژوهش شریفی (۱۳۹۳)، بر روی گیاه نیشکر نشان داد که کاربرد فیلترکیک سبب افزایش غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی شده است. افزایش میزان محتوای کلروفیلی در گیاه گلرنگ با استفاده هم‌زمان باکتری‌های محرک رشد گیاهی به‌همراه اتانول توسط سیدشریفی و همکاران (۱۴۰۰) نشان داده شده است. در مطالعه دیگری، کاربرد هم‌زمان سودوموناس پوتیدا و میکوریزا در افزایش کلروفیل کل، کلروفیل a و کاروتنوئید در گندم اثبات شده است (آقایی و همکاران، ۱۳۹۷). هم‌چنین بهمنیان (۱۳۹۶) در پژوهش خود بر روی گیاه گشنیز نشان داد که کاربرد فیلترکیک سبب افزایش معنی‌داری در غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئید شده است. نتایج این پژوهش نیز نشان داد که میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید در تیمار RUM14 به میزان ۴۷، ۴۲ و ۹۶ درصد، در تیمار CHA0 به میزان ۲۱، ۲۰ و ۳۳ درصد و در تیمار F3% به میزان ۲۹، ۱۸ و ۸۴ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج پژوهش بنده‌حق[2] و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاهی سودوموناس باعث افزایش میزان پروتئین‌های درگیر در فتوسنتز می‌گردد. افزایش میزان پروتئین‌های درگیر در فتوسنتز می‌تواند یکی از دلایل افزایش میزان کلروفیل در گیاهان تیمارشده با باکتری‌های سودوموناس محرک رشد گیاهی باشد.

با توجه به این‌که اکثر علف‌کش‌های تریازین مانند علف‌کش متری‌بیوزین باعث اختلال در زنجیره فتوسنتز می‌گردند (الهی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۲) یکی از اهداف این پژوهش، مطالعه امکان کاهش میزان خسارت ناشی از علف‌کش در گیاه برگی اسفناج بوده است. نتایج این پژوهش کاهش شدید میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید در تیمار H2 به میزان ۴۳، ۴۴ و ۴۰ پس از استفاده از علف‌کش متری‌بیوزین را نشان داد. پژوهش‌های کریم‌مجنی[3] و همکاران (۲۰۲۲) و کشاورز (۱۳۹۶) بیان کرد که علف‌کش متری‌بیوزین به‌ترتیب باعث کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاه دارویی سرخارگل (آکیناسه)[4] و گندم می‌گردد که بیانگر اثر منفی این علف‌کش بر رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان مختلف بوده و با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. از طرف دیگر، نتایج این مطالعه نشان داد استفاده از باکتری محرک رشد گیاهی جدایه‌های *P. allopotida* RUM14 و *P. protegens* CHA0 و هم‌چنین استفاده از فیلترکیک خسارت ناشی از استفاده از علف‌کش متری‌بیوزین بر رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه اسفناج را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهند. از نظر آماری بهترین کاهنده خسارت علف‌کش متری‌بیوزین بر رنگدانه‌های فتوسنتزی اسفناج تیمار RUM14+F3% می‌باشد. میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید در تیمار RUM14+F3%+H2 نسبت به تیمار H2 افزایش ۷۲، ۸۳ و ۲۲۴ درصدی را نشان داد. پیش از این پژوهش‌گران نشان دادند که باکتری‌های محرک رشد گیاهی از گروه سودوموناس باعث کاهش تنش غیرزیستی ناشی از علف‌کش گلایفوزیت و شوری بر میزان کلروفیل به‌ترتیب در گیاه ماش (شهید[5] و همکاران، ۲۰۱۸) و کلزا (صفری و

1. Bahlawan
2. Bandehagh
3. Karimmojeni
4. *Echinacea* sp.
5. Shahid

آزادی‌خواه، ۱۳۹۸) می‌گردد. نتایج حاصل از این پژوهش نیز نشان داد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاهی در کاهش خسارت ناشی از تنش غیرزیستی ناشی از علف‌کش متری‌بیوزین بر کلروفیل را کاهش داده و با نتایج سایر پژوهش‌گران تطابق دارد. دلیل موفقیت بیش‌تر تیمار RUM14+F3% در کاهش خسارت ناشی از علف‌کش متری‌بیوزین نسبت به سایر روش‌ها را چنین می‌توان توضیح داد که انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی باعث افزایش ۱-آمینوسیکلوپروپان ۱-کربوکسیلات (ACC)[1] در گیاهان شده که نتیجه آن افزایش اتیلن در گیاهان می‌باشد (گلیک[2]، ۲۰۱۴). افزایش اتیلن منجر به تخریب و کاهش میزان کلروفیل در گیاهان می‌شود (یین[3] و همکاران، ۲۰۱۶). گلیک (۲۰۱۴) بیان می‌کند میکروارگانیسم‌هایی که دارای ژن ای‌سی‌سی دی‌آمیناز می‌باشند پیش‌ماده سازنده اتیلن (ACC) را از بین برده و باعث کاهش خسارت ناشی از افزایش اتیلن در گیاهان می‌گردند. پیش از این کشاورز-توحید[4] و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند جدایه RUM14 دارای ژن ای‌سی‌سی‌دی‌آمیناز می‌باشد. بنابراین، وجود این ژن و احتمالاً بیان آن می‌تواند یکی از دلایل موفقیت بیش‌تر جدایه RUM14 در مقایسه با جدایه CHA0 در کاهش تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاهان اسفناج تحت تنش علف‌کش باشد. هم‌چنین اسدزاده و همکاران (۱۴۰۰) نشان دادند فیلترکیک دارای مقادیر قابل‌توجهی ترکیبات معدنی بوده و استفاده از آن باعث افزایش انواع عناصر پر مصرف و کم‌مصرف در برگ‌های گیاه اسفناج می‌گردد. افزایش این عناصر در برگ‌های اسفناج می‌تواند باعث افزایش ساخت رنگدانه‌های فتوسنتزی گردد.

طبق بررسی‌های کلانتری و همکاران (۱۳۹۷) استفاده از باکتری محرک رشد گیاهی *P. fluorescens* به‌همراه نیتروژن به‌ترتیب باعث افزایش ۲۰ و ۲۸ درصدی وزن خشک بخش هوایی و ریشه اسفناج می‌گردد. پژوهش‌های هسو و میکالف[5] (۲۰۱۷) نشان داد وزن خشک ساقه اسفناج بعد از تیمار با باکتری محرک رشد گیاهی سودوموناس (S2 یا S4) به‌ترتیب به میزان ۶۹ و ۶۳ درصد افزایش یافت. هم‌چنین استفاده از بیوچار و کود زیستی در افزایش وزن تر ساقه، برگ و کل گیاه نعناع فلفلی مؤثر ارزیابی گردید (زعفریان و همکاران، ۱۳۹۸). ارسلان[6] و آکاوا[7] (۲۰۲۰) و کوستا-گوتیرز[8] و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند *P. alloputida* (putida) KT2440 به‌طور معنی‌داری باعث افزایش طول و وزن ساقه و ریشه به‌ترتیب در گیاه آرابیدوپسیس و سویا می‌گردد. مطالعات دامتا[9] و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد فیلترکیک باعث افزایش ارتفاع و قطر ساقه‌های سویا می‌گردد. هم‌چنین دتراکسا[10] (۲۰۲۰) بیان کرد که استفاده هم‌زمان فیلترکیک و باکتری‌های محرک رشد گیاهی باعث افزایش طول ریشه و ساقه و وزن خشک ریشه و ساقه در گیاه برنج می‌گردد. استفاده از فیلترکیک در افزایش وزن خشک ساقه، وزن خشک شاخساره و وزن خشک کل در دانهال‌های پسته (الهی‌نیک و همکاران، ۱۳۹۷) و هم‌چنین گیاه گشنیز (بهمنیان، ۱۳۹۶) گزارش گردیده است. در نتایج این پژوهش معلوم گردید مؤلفه‌های رشدی گیاه اسفناج شامل وزن خشک ریشه، طول ریشه، وزن خشک ساقه و طول ساقه در گیاهان تیمارشده با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاهی سودوموناس جدایه RUM14 به میزان ۵۹، ۱۰۸، ۵۶ و ۳۱ درصد، جدایه CHA0 به میزان ۳۰، ۵۱، ۴۹، ۱۹ درصد، در تیمار F3% به میزان ۴۵، ۵۳، ۱۲ و ۱۴ در تیمار RUM14+F3% به

1. 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC)
2. Glick
3. Yin
4. Keshavarz-Tohid
5. Hsu & Micallef
6. Arslan
7. Akkaya
8. Costa-Gutierrez
9. Da Mota
10. Detraksa

میزان ۱۳۳، ۱۸۷، ۱۰۴، ۸۳ درصد و در تیمار CHA0+F3% به میزان ۱۰۰، ۹۵، ۵۶ و ۴۵ درصد افزایش یافت. در این مطالعه، برای اولین بار نشان داده شد که اسفناج نیز پاسخ رشدی معنی‌داری را به مصرف هم‌زمان فیلترکیک و باکتری‌های محرک رشد گیاهی از خود نشان می‌دهد.

پژوهش‌های بخش‌محمدنژاد و ایزدی‌دربندی (۱۳۹۴)، نشان داد که کاربرد علف‌کش‌های اکسی فلورفن، ارادیکان، متری بیوزین و پندیمتالین سبب کاهش وزن خشک گیاه بالنگو[1] می‌شود. هم‌چنین مطالعات مهکاوی[2] و همکاران (۲۰۱۴) و مکاریان[3] و همکاران (۲۰۱۶) به‌ترتیب مشخص نمودند که استفاده از علف‌کش کوئیزالوفوپ‌پی‌اتیل و متری‌بیوزین باعث کاهش ارتفاع ساقه و عملکرد در گیاه ماش و کاهش ماده خشک اندام هوایی گیاه ذرت و جو می‌گردد. بررسی‌های آماری نتایج این پژوهش نیز بیان کرد که استفاده از علف‌کش متری‌بیوزین به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار (H2) باعث کاهش وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، طول ساقه و ریشه به‌ترتیب به میزان ۶۰، ۳۳، ۴۶ و ۴۱ درصد در گیاه اسفناج می‌گردد، اما استفاده از باکتری محرک رشد گیاهی سودوموناس و فیلترکیک به‌صورت معنی‌داری تأثیر منفی استفاده از علف‌کش را در این گیاه بهبود می‌بخشد. از نظر آماری بهترین تیمار در کاهش اثر منفی علف‌کش تیمار RUM14+F3% می‌باشد. در تیمار RUM14+F3%+H2 نسبت به تیمار H2 مؤلفه‌های رشدی شامل وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، طول ساقه و ریشه به میزان ۴۹، ۸۶، ۶۰ و ۲۳۵ درصد بهبود یافت. پیش از این توانایی زیست‌پالایندگی باکتری *P. alloputida* در تجزیه انواع ترکیبات آروماتیک نشان داده شده است (ژاا[4] و همکاران، ۲۰۲۱)، تجزیه علف‌کش توسط این جدایه می‌تواند یکی از دلایل کاهش خسارت علف‌کش در گیاه اسفناج باشد. همان‌طورکه قبلاً ذکر شد، جدایه RUM14 دارای ژن ای‌سی‌سی‌دی‌آمیناز بوده که می‌تواند در کاهش اتیلن در گیاهان اسفناح تحت تنش به‌وسیله علف‌کش متری‌بیوزین مؤثر باشد و خسارت ناشی از افزایش اتیلن را بکاهد. هم‌چنین برخی باکتری‌های محرک رشد گیاهی با تولید انواع هورمون‌های گیاهی (مانند اکسین و سیتوکنین) و القای مقاومت در گیاهان علاوه بر افزایش رشد گیاه آن‌ها را در برابر انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی محافظت می‌نمایند (کشاورز–توحید[5] و همکاران، ۲۰۱۷، ۲۰۱۶). مجموع این عوامل می‌تواند از دلایل کاهش اثرات منفی علف‌کش متری‌بیوزین بر مؤلفه‌های رشدی در گیاه اسفناج تیمارشده با جدایه‌های باکتری سودوموناس در این پژوهش باشد.

پیش از این، پژوهش‌گران نشان دادند استفاده از فیلترکیک نیشکر میزان جمعیت میکروبی خاک، جذب فسفر و میزان رشد در گیاه نیشکر را بهبود می‌بخشد (آرودا[6] و همکاران، ۲۰۱۹). بررسی‌های آماری در این مطالعه نیز مشخص نمود که استفاده هم‌زمان باکتری‌های محرک رشد گیاهی و فیلتر کیک بیش‌ترین تأثیر در افزایش مؤلفه‌های رشدی گیاه اسفناج داشته که می‌تواند به‌علت افزایش جمعیت باکتری محرک رشد گیاهی به‌وسیله فیلترکیک باشد.

## ۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

گیاه اسفناج به‌دلیل بالابودن میزان مواد معدنی به‌صورت گسترده در جیره غذایی بشر قرار دارد. استفاده از علف‌کش در مزراع اسفناج به‌دلیل توان رقابتی پایین آن با علف‌های هرز ناگزیر می‌باشد. علف‌کش متری‌بیوزین یکی از علف‌کش‌های پیشنهادی برای مزارع اسفناج بوده که مانند سایر علف‌کش‌های پیشنهادی برای مزارع اسفناج اختصاصی نمی‌باشد.

1. Lallemantia
2. Mahakavi
3. Makarian
4. Zhao
5. Keshavarz-Tohid
6. Arruda

بررسی‌های این مطالعه نشان داد که این علف‌کش باعث کاهش مؤلفه‌های رشدی شامل وزن خشک برگ و ریشه و هم‌چنین کاهش طول آن‌ها می‌گردد. هم‌چنین بررسی‌ها نشان داد که این علف‌کش باعث کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه اسفناج می‌گردد. با توجه به این‌که برگ‌های اسفناج به‌صورت تازه‌خوری و پخته مورداستفاده قرار می‌گیرد، سبزبودن آن‌ها و وزن خشک‌برگی دارای اهمیت می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از باکتری‌های سودوموناس محرک رشد گیاهی *P. alloputida* RUM14 و *P. protegens* CHA0 در کاهش خسارت ناشی از استفاده متری‌بیوزین مؤثر بوده و هم‌چنین در افزایش مؤلفه‌های رشدی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاهان اسفناج بدون تنش نیز مؤثر می‌باشد. باکتری‌های محرک رشد گیاهی به روش‌های مختلف مانند تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش مواد معدنی قابل جذب در ریزوسفر گیاه، پالایش زیستی ترکیبات آروماتیک، تنظیم هورمون اتیلن در گیاهان تحت تنش، القای مقاومت در گیاهان، تولید انواع آنتی‌بیوتیک علیه پاتوژن‌های گیاهی می‌توانند به گیاهان کمک نمایند. نتایج این مطالعه برای اولین بار نشان داد استفاده از *P. alloputida* RUM14 جداسازی‌شده از مزارع ایران و *P. protegens* CHA0 به‌عنوان جدایه استاندارد بین‌المللی در افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و مؤلفه‌های رشدی گیاه اسفناج و هم‌چنین کاهش تنش ناشی از استفاده علف‌کش مؤثر می‌باشند.

فیلترکیک به‌عنوان کود آلی غنی از انواع مواد معدنی می‌باشد و می‌تواند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم باعث افزایش مؤلفه‌های رشدی و رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه اسفناج شده و مؤلفه‌های رشدی را در شرایط تنش بهبود بخشد. استفاده هم‌زمان فیلترکیک و باکتری‌های محرک رشد گیاهی اثر هم‌افزایی داشته و بهترین تأثیر را در رشد گیاه و کاهش تنش علف‌کش دارا می‌باشد. براساس نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌گردد استفاده هم‌زمان از باکتری‌های محرک رشد گیاهی و فیلترکیک می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در مزارع اسفناج و سایر سبزیجات باشد.

## ۶. تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان برای کمک‌های مادی و معنوی و هم‌چنین از آقای مهندس حمید احمدی فخر کارشناس آزمایشگاه گروه گیاه‌پزشکی و آقای مهندس نظری کارشناس آزمایشگاه گروه خاک‌شناسی به‌خاطر خدمات آزمایشگاهی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## ۷. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

## ۹. منابع

اسدزاده، کوثر؛ نادیان، حبیب‌اله؛ سیاهپوش، عبدالرضا و کشاورز توحید، وحید (۱۴۰۰). تأثیر باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه و فیلترکیک بر رشد و غلظت عناصر غذایی در گیاه اسفناج در برهم‌کنش با علف‌کش. *آب و خاک*. ۳۵ (۴)، ۵۸۳-۵۹۷.

آقایی، فاطمه؛ سید شریفی، رئوف و نریمانی، حامد (۱۳۹۸). ارزیابی عملکرد، محتوای کلروفیل و مؤلفه‌های پرشدن دانه گندم در شرایط شوری خاک، کاربرد یونیکونازول و کودهای زیستی. *به‌زراعی کشاورزی*. ۲۲ (۲)، ۲۶۹-۲۸۲.

الهی‌فرد، الهام؛ قنبری، علی؛ راشد محصل، محمدحسن؛ زند، اسکندر و میرشمسی کاخکی، امین (۱۳۹۲). تأثیر علف‌کش متری‌بیوزین بر منحنی کاتسکی و پارامترهای فلورسنس کلروفیل در بیوتیپ‌های مقاوم و حساس علف هرز درنه (*Echinochloa colona*) در شرایط گلخانه. *حفاظت گیاهان*. ۲۷ (۲)، ۲۴۶-۲۵۴.

الهی‌نیک، سید باقر؛ حیدری، مختار؛ صالحی سلمی، محمدرضا و نادیان، حبیب‌اله (۱۳۹۷، شهریور). *اثرات فیلترکیک و نیترات کلسیم بر رشد رویشی و میزان برخی عناصر در دانهال‌های پسته*. دومین همایش ملی پسته ایران. رفسنجان، ایران.

بخش محمدنژاد، رحیم و ایزدی دربندی، ابراهیمی (۱۳۹۴، شهریور). ارزیابی تأثیر برخی از علف‌کش‌ها بر رشد و عملکرد گیاه دارویی بالنگو (*Lalelemanti aroyleana* Benth). ششمین همایش علوم علف‌های هرز ایران. بیرجند، ایران.

بهمنیان، حنانه (۱۳۹۶). تأثیر قارچ مایکوریزا و فیلترکیک در میزان جذب کادمیوم در گیاه گشنیز. *پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد*. به راهنمایی حبیب‌اله نادیان. ملاثانی: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، دانشکده کشاورزی.

زعفریان، فایزه؛ اکبرپور، وحید؛ حبیبی، مریم و کاوه، محمد (۱۳۹۸). تأثیر بیوچار و کودهای زیستی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، عملکرد و محتوای عناصر غذایی نعناع فلفل (*Mentha piperita* L.). *به زراعی کشاورزی*. ۲۱ (۴)، ۴۰۷-۴۲۲.

سید شریفی، رئوف؛ سید شریفی، رضا و نریمانی, حامد (۱۴۰۰). تأثیر متانول و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر مؤلفه‌های پرشدن دانه، محتوای کلروفیل و عملکرد گلرنگ تحت سطوح مختلف آبیاری. *به زراعی کشاورزی*. ۲۳ (۴)، ۹۰۷-۹۲۲.

شریفی، مونا (۱۳۹۳). تأثیر کودهای فیلترکیک، هیومیک‌اسید و بیس هیومیک بر مؤلفه‌های کمی و کیفی نیشکر تحت سطوح مختلف شوری. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*. به راهنمایی حبیب‌اله نادیان. ملاثانی: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، دانشکده کشاورزی.

صفری، داریوش و آزادیخواه، میترا (۱۳۹۸). اثر باکتری‌های سودوموناس فلورسنت محرک رشد گیاه بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد کلزا تحت تنش شوری. *فیزیولوژی گیاهان زراعی*. ۴۲ (۱۱)، ۶۷-۸۳.

کشاورز، فرزانه (۱۳۹۶). بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا و زئولیت بر برخی مؤلفه‌های رشدی و جذب عناصر غذایی در گیاه گندم تحت تأثیر علف‌کش متری‌بیوزین. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*. به راهنمایی حبیب‌اله نادیان. ملاثانی: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، دانشکده کشاورزی.

کلانتری، افسانه؛ علی‌اصغرزاد، ناصر و نجفی، نصرت‌اله (۱۳۹۷). تأثیر دو گونه باکتری *Pseudomonas* و سطوح نیتروژن بر ماده خشک، شاخص کلروفیل و جذب نیتروژن و روی در گیاه اسفناج. *تحقیقات کاربردی خاک*. ۶ (۱)، ۶۲-۷۲.

مدحج، عادل و ثابت‌زنگنه، حسین (۱۳۹۴). کنترل شیمیایی علف‌های هرز اسفناج (*Spinacia oleracea*). *پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران*. ۲۹ (۴)، ۵۱۱-۵۲۰.

## References

Aghaei, F., Seyed Sharifi, R., & Narimani, H. (2019). Evaluation of Yield, Chlorophyll Content, and Grain Filling Components of Wheat under Salinity Soil Conditions and Application of Uniconazole and Biofertilizers. *Journal of Crops Improvement*, *22*(2), 269-282. (In Persian).

Arruda, B., Rodrigues, M., Gumiere, T., Richardson, A. E., Andreote, F. D., Soltangheisi, A., & Pavinato, P. S. (2019). The impact of sugarcane filter cake on the availability of P in the rhizosphere and associated microbial community structure. *Soil Use and Management*, *35*(2), 334-345. https://doi.org/10.1111/sum.12484.

Arslan, E., & Akkaya, Ö. (2020). Biotization of Arabidopsis thaliana with Pseudomonas putida and assessment of its positive effect on in vitro growth. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, *56*(2), 184-192.

Asadzadeh, K., Nadian, H., Siahpoosh A., & Keshavarz-Tohid, V. (2021). The effect of rhizosphere bacteria that stimulate plant growth and filter cake on the growth and concentration of nutrients in spinach plants in interaction with herbicide. *Water and Soil*, *35*(4), 583-597. https://doi: 10.22067/JSW.2021.71455.1069. (In Persian).

Bahlawan, H., Astaraei, A. R., & Lakzian, A. (2020). Effect of the Pseudomonas Putida Inoculation in Alleviation of Saline Soil Cadmium Stress on Spinach Plant. *International Journal of Advanced Science and Technology*, *29*(6). 9450-9468.

Bahmanian, H. (2016). The effect of mycorrhizal fungi and filter cake on the amount of cadmium absorption in coriander plants. *Master Thesis*. Mollasani: Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. (In Persian).

Bakhsh Mohammadnejad, R., & Izadi Darbandi, E. (2014, August). *Evaluation of the effect of some herbicides on the growth and yield of the medicinal plant Balengo (Lalelemanti aroyleana Benth)*. 6th Iran Weed Science Conference, Birjand. (In Persian).

Bandehagh, A., Toorchi, M., Farajzadeh, D., Dehghanian, Z., & Pirzad, S. (2018). Effect of Pseudomonas flourescens FY32 bacteria on leaf proteome pattern of rapeseed under salinity stress. *Genetic Engineering and Biosafety Journal*, *7*(2), 203-216.

Costa-Gutierrez, S. B., Raimondo, E. E., Lami, M. J., Vincent, P. A., Espinosa-Urgel, M., & de Cristóbal, R. E. (2020). Inoculation of Pseudomonas mutant strains can improve growth of soybean and corn plants in soils under salt stress. *Rhizosphere*, *16*, 100255. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100255.

Da Mota, R. P., De Camargo, R., Lemes, E. M., Lana, R. M. Q., de Almeida, R. F., & De Moraes, E. R. (2019). Biosolid and sugarcane filter cake in the composition of organomineral fertilizer on soybean responses. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, *8*(2), 131-137. https://doi.org/10.1007/s40093-018-0237-3.

Detraksa, J. (2020). Evaluation of plant growth-promoting streptomyces sp. SR13-2 immobilized with sugarcane bagasse and filter cake for promoting rice growth. *Food and Applied Bioscience Journal*, *8*(2), 1-13.

Elahi Fard, E., Qanbari A., Rashid Mohsal, M. H., Zand, I., & Mirshamsi Kakhki, A. (2013). Effect of Metribuzin on Kautsky Curve and Chlorophyll Fluorescence Parameters in Resistant and Susceptible Junglerice (*Echinochloa colona*) Biotypes in the Greenhouse Conditions. *Journal of Plant Protection*, *27*(2), 246-254. (In Persian).

Elahi Nik, B., Heidari, M., Salehi Salmi, M., & Nadian, H. (2018, September). *The effects of filter cake and calcium nitrate on vegetative growth and the amount of some elements in pistachio seedlings*. The second national conference of Iranian pistachios. Rafsanjan, Iran. (In Persian).

Glick, B. R. (2014). Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. *Microbiological research*, *169*(1), 30-39.

Jiraungkoorskul, W. (2016). Review of neuro-nutrition used as anti-alzheimer plant, spinach, Spinacia oleracea. *Pharmacognosy reviews*, *10*(20), 105-108.

Hsu, C. K., & Micallef, S. A. (2017). Plant-mediated restriction of Salmonella enterica on tomato and spinach leaves colonized with Pseudomonas plant growth-promoting rhizobacteria. *International journal of food microbiology*, *259*, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.07.012.

Kalantari, A., Ali Asgharzad, N., & Najafi, N. (2018). The effect of two species of Pseudomonas bacteria and nitrogen levels on dry matter, chlorophyll index and nitrogen and zinc absorption in spinach plants. *Applied Soil Research*, *6*(1), 62-72. (In Persian).

Karimmojeni, H., Rezaei, M., Tseng, T. M., & Mastinu, A. (2022). Effects of Metribuzin Herbicide on Some Morpho-Physiological Characteristics of Two Echinacea Species. *Horticulturae*, *8*(2), 169. https://doi:10.3390/horticulturae8020169.

Keshavarz, F. (2017). Investigating the effect of mycorrhizal fungi and zeolite on some growth components and nutrients in wheat plants under the effect of biozin herbicide. Master thesis. Mollasani: Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. (In Persian).

Keshavarz-Tohid, V., Taheri, P., Muller, D., Prigent-Combaret, C., Vacheron, J., Taghavi, S. M., & Moënne-Loccoz, Y. (2017). Phylogenetic diversity and antagonistic traits of root and rhizosphere pseudomonads of bean from Iran for controlling *Rhizoctonia solani*. *Research in microbiology*, *168*(8), 760-772. https://doi: 10.1016/j.resmic.2017.08.002.

Keshavarz-Tohid, V., Taheri, P., Taghavi, S. M., & Tarighi, S. (2016). The role of nitric oxide in basal and induced resistance in relation with hydrogen peroxide and antioxidant enzymes. *Journal of plant physiology*, *199*(2), 29-38. https://doi: 10.1016/j.jplph.2016.05.005.

Lichtenthaler, H. K., & Wellburn, A. R. (1983). Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, *11*(2), 591-592.

Madhaj, A., & Sabet-Zanganeh, H. (2016). Chemical control of spinach weeds (*Spinacia oleracea*). *Journal of Plant Protection*, *29*(4), 511-520. (In Persian).

Mahakavi, T., Bakiyaraj, R., Baskaran, L., Rashid, N., & Ganesh, K. S. (2014). Effect of herbicide (Quizalofop-p-ethyl) on growth, photosynthetic pigments, enzymes and yield responses of Blackgram (*Vigna mungo* L.). *International Letters of Natural Sciences*, 4, 58-65.

Makarian, H., Poozesh, V., Asghari, H. R., & Nazari, M. (2016). Interaction Effects of Arbuscular Mycorrhiza Fungi and Soil Applied Herbicides on Plant Growth. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *47*(5), 619-629.

Miano, T. F. (2016). Nutritional value of Spinacia oleraecea spinach-an overview. *International Journal of Life Sciences and Review*, *2*(12), 172-174.

Safari, D., & Azadikhah, M. (2018). The effect of Pseudomonas fluorescent bacterium, plant growth promoter, on some physiological indicators, yield and yield components of rapeseed under salinity stress conditions. *Scientific Research Journal of Crop Physiology*, *11*(42), 67-83. (In Persian).

Sah, S., Krishnani, S., & Singh, R. (2021). Pseudomonas mediated nutritional and growth promotional activities for sustainable food security. *Current Research in Microbial Sciences*, *2*, 100084. https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100084.

Seyed-Sharifi, R., Seyed Sharifi, R., & Narimani, N. (2021). Effect of methanol and seed inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria on grain filling components, chlorophyll content and yield of safflower under various irrigation levels. *Journal of Crops Improvement*, *23*(4), 907-922. (In Persian).

Shahid, M., Ahmed, B., & Khan, M. S. (2018). Evaluation of microbiological management strategy of herbicide toxicity to greengram plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *14*, 96-108. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.02.009.

Sharifi, M. (2014). The effect of filter cake fertilizers, humic acid and humic base on quantitative and qualitative components of sugarcane under different salinity levels. *Master thesis*. Mollasani: Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. (In Persian).

Tennant, D. (1975). A test of a modified line intersect method of estimating root length. *The Journal of Ecology*, *63*(3), 995-1001.

Yin, X. R., Xie, X. L., Xia, X. J., Yu, J. Q., Ferguson, I. B., Giovannoni, J. J., & Chen, K. S. (2016). Involvement of an ethylene response factor in chlorophyll degradation during citrus fruit degreening. *The Plant Journal*, *86*(5), 403-412.

Zaefarian, F., Akbarpour, V., Habibi, M., & Kaveh, M. (2019). Impact of Biochar and Biofertilizers on Photosynthetic Pigments, Yield, and Nutrient Content of Peppermint. *Journal of Crops Improvement*, *21*(4), 408-422. (In Persian).

Zhao, Y., Che Y., Zhang F., Wang J., Gao W., Zhang T., & Yang, C. (2021). Development of an efficient pathway construction strategy for rapid evolution of the biodegradation capacity of *Pseudomonas putida* KT2440 and its application in bioremediation. *Science of the Total Environment*, *761*, 143239. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143239.