Vol 26, No. 1, Spring 2024

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

University of Tehran Press

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

Investigating the Effect of Planting Date, Irrigation, and Nutrition on Seed and Oil Yield of Niger plant (*Guizotia abyssinica* (L.F.) Cass) in Pakdasht Region

Maryam Mansouri[1] | Gholamabbs Akbari[2]✉ | Elias Soltani[3] | Fatemeh Benakashani[4]

1. Department of Agronomy Sciences and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran. E-mail: maryammansori@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran. E-mail: Ghakbari@ut.ac.ir
3. Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran. E-mail: elias.soltani@ut.ac.ir
4. Department of Agronomy Sciences and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran. E-mail: benakashani@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 28 December 2022
Received in revised form
06 June 2023
Accepted 13 June 2023
Published online 13 March 2024

Keywords:
Biological fertilizer
Drought stress
Niger seed
Oil percentage
Planting date

ABSTRACT

Objective: Studying the promising Niger plant seed with the goal of oil production in the Pakdasht county.

Methods: This research was carried out as a split-split plot in the form of a randomized complete block design with three replications in the year 2021 at the Aburaihan campus research farm located in Pakdasht. The study considered irrigation cycle in three levels (once every 7 days, once every 10 days, and once every 13 days) as the main factor, planting date in two levels (5 June and 22 June) as the secondary factor, and fertilization with bio-fertilizers in four levels including control (without bio-fertilizer), Shift bio-fertilizer, Chris bio-fertilizer, and the combination of Shift and Chris bio-fertilizers as sub-factors.

Results: The results of the research showed that the plants cultivated on June 22 were superior to the plants cultivated on June 5 in all the investigated traits (including yield components, seed yield, and biological yield) and in all the three tested irrigation levels. The seed yield of the Niger plant under the experimental treatments displayed a pattern in line with the number and weight of the seeds. In other words, with increasing levels of drought stress, the seed yield significantly decreased in both of the planting dates under investigation. However, the ratio of seed yield reduction under drought stress was significantly lower in the plants cultivated on June 22nd than those cultivated on June 5th.

Conclusion: Overall, the results showed that cultivating Niger plant on June 22^{nd}, as a promising plant with an acceptable yield from an agricultural point of view and a final product with high oil content, is recommended for similar weather conditions and in combination with Chris bio-fertilizer application.

Cite this article: Mansouri, M., Akbari, Gh., Soltani, E., & Benakashani, F. (2024). Investigating the Effect of Planting Date, Irrigation, and Nutrition on Seed and Oil Yield of Niger plant (*Guizotia abyssinica* (L.F.) Cass) in Pakdasht Region. *Journal of Crops Improvement*, 26 (1), 161-177.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.352989.2778

Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.352989.2778

دوره بیست و ششم، شماره اول، بهار ۱۴۰۳

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۲۳۴۵-۶۹۵۷

انتشارات دانشگاه تهران

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

بررسی تأثیر تاریخ کاشت، آبیاری و تغذیه بر عملکرد دانه و روغن گیاه دان‌سیاه (*Guizotia abyssinica (L.F.) Cass*) در منطقه پاکدشت

مریم منصوری[۱] | غلامعباس اکبری[۲]✉ | الیاس سلطانی[۳] | فاطمه بناءکاشانی[۴]

۱. گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران. رایانامه: maryammansori@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران. رایانامه: Ghakbari@ut.ac.ir
۳. گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران. رایانامه: elias.soltani@ut.ac.ir
۴. گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران. رایانامه: benakashani@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۳
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳

کلیدواژه‌ها:
تاریخ کاشت
تنش خشکی
دان‌سیاه
درصد روغن
کود زیستی

چکیده

هدف: بررسی گیاه امیدبخش گیاه دان سیاه با هدف تأمین روغن در شهرستان پاکدشت.

روش پژوهش: این پژوهش به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی درسه تکرار در سال ۱۴۰۰ در مزرعه پژوهشی پردیس ابوریحان در پاکدشت اجرا شد. در این مطالعه دور آبیاری در سه سطح (هفت روز یک‌بار، ۱۰ روز یک‌بار و ۱۳ روز یک‌بار) به‌عنوان عامل اصلی و عامل فرعی تاریخ کاشت در دو سطح (۱۵ خردادماه و یکم تیرماه) و عامل فرعی- فرعی کوددهی با کودهای زیستی در چهار سطح شاهد (بدون کود زیستی)، کود زیستی شیفت، کود زیستی کریس و تلفیق کودهای زیستی شیفت و کریس منظور شد.

یافته‌ها: نتایج پژوهش نشان داد که گیاهان کشت‌شده در تاریخ یکم تیرماه در تمامی صفات موردبررسی (شامل اجزای عملکرد، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک) و در هر سه سطح آبیاری آزمایش‌شده، نسبت به گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۱۵ خردادماه برتر بودند. عملکرد دانه نیز رفتاری همراستا با تعداد و وزن دانه از خود نشان داده است، یعنی با افزایش سطوح تنش خشکی، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری در هر دو تاریخ کاشت موردبررسی کاهش یافته است. با این وجود، نسبت کاهش عملکرد دانه تحت تأثیر تنش خشکی، در گیاهان کشت‌شده در تاریخ یکم تیرماه به‌طور معنی‌داری کم‌تر از گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۱۵ خردادماه بود.

نتیجه‌گیری: در مجموع کشت گیاه دان‌سیاه در تاریخ یکم تیرماه به‌عنوان گیاهی امیدبخش که هم از نظر زراعی عملکرد قابل‌قبولی داشته و هم محصول تولیدی از روغن بالایی برخوردار است، به‌همراه کاربرد کود زیستی کریس در شرایط آب‌وهوایی مشابه قابل‌توصیه است.

استناد: منصوری، مریم؛ اکبری، غلامعباس؛ سلطانی، الیاس و بناءکاشانی، فاطمه (۱۴۰۳). بررسی تأثیر تاریخ کاشت، آبیاری و تغذیه بر عملکرد دانه و روغن گیاه دان‌سیاه (*Guizotia abyssinica* (L.F.) Cass) در منطقه پاکدشت. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۶ (۱)، ۱۶۱-۱۷۷.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.352989.2778

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

امروزه کشاورزی عمده‌ترین مصرف‌کننده منابع آب جهان و در نتیجه آسیب‌پذیرترین بخش از بحران کم‌آبی است. از این‌رو، مهم‌ترین مشکلی که امنیت غذایی کشور و جهان را تهدید می‌کند کمبود منابع آب مناسب است (سواری و همکاران، ۱۳۹۹). بر این اساس نیاز به غذای بیش‌تر و محدودیت منابع آب، بشر را به سمت اعمال مدیریت کم‌آبیاری سوق داده است؛ به‌عبات دیگر در عصر حاضر محدودیت منابع تولید، افزایش روزافزون جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضا برای محصولات غذایی چنین ایجاب می‌کند که از منابع محدود و تجدیدناپذیر به‌نحو بهینه استفاده شود (وانزانتن[1] و همکاران، ۲۰۱۹). علاوه بر این بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان که به کم‌آبی دچار هستند، از نظر بافت و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نیز دارای محدودیت می‌باشند. به همین دلیل در این مناطق گیاهان اغلب به‌طور هم‌زمان تحت تأثیر تنش کم‌آبی و محدودیت عناصر غذایی قرار دارند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۷).

بنابراین، مدیریت مصرف انواع کودهای کشاورزی در خاک از لحاظ تأثیرات زیست‌محیطی و عملکرد گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران دارای اهمیت است. زیرا رطوبت کم در خاک‌های دارای محدودیت عناصر غذایی، باعث افزایش سمیت نمک و کاهش رشد ریشه می‌شود که در نهایت منجر به محدودیت جذب آب و عناصر غذایی از خاک و تغییر توانایی گیاهان در تحمل تنش خشکی می‌شود (وانزانتن و همکاران، ۲۰۱۹). امروزه جهت کاهش اثر تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش اسمزی از تیمارهای مختلفی همچون کودهای زیستی استفاده می‌شود. کودهای زیستی شامل میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که هر یک به‌منظور ویژه‌ای مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره به‌کار می‌روند. این میکروارگانیسم‌ها معمولاً در اطراف ریشه مستقر شده و گیاه را در جذب عناصر غذایی یاری می‌دهند (بورجس[2] و همکاران، ۲۰۲۰). مشخص شده است که این کودها بیش از یک نقش کارکردی دارند، یعنی علاوه بر کمک به جذب عنصری ویژه باعث جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک، تحریک بیش‌تر رشد گیاه، افزایش کمی و کیفی محصول می‌شوند. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که کودهای زیستی موجب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش نیز می‌گردند (شو[3] و همکاران، ۲۰۲۰).

۲. پیشینه پژوهش

۲. ۱. پیشینه نظری

یکی دیگر از راه‌کارهای افزایش و بهبود عملکرد گیاهان روغنی در شرایط محدودیت‌های محیطی و تغذیه‌ای، رعایت اصول به‌زراعی و به‌نژادی است، به‌طوری‌که علاوه بر معرفی ارقام دارای عملکرد بالاتر از حداکثر ظرفیت ژنتیکی رقم موجود نیز در شرایط آب‌وهوایی مختلف استفاده شود (حسینی‌فرد و همکاران، ۱۴۰۱؛ جاکادیش[4] و همکاران، ۲۰۲۱). بخشی از این هدف در صورت کاشت در زمان مناسب قابل دستیابی است. تاریخ کاشت یک عامل مهم مدیریتی در تولید محصول است زیرا اثر پارامترهای هواشناسی در تاریخ کاشت‌های مختلف متفاوت است. دما، نور خورشید و سایر عوامل هواشناسی به شکل منفرد یا همراه با هم، رشد و تولید گیاه را متأثر می‌سازند. زمان کشت هم‌چنین مراحل فنولوژیکی گیاه و کل تولید بیوماس را کنترل می‌کند و در بهره‌وری تبدیل بیوماس به عملکرد مؤثر است (چیتان[5] و همکاران، ۲۰۲۱).

1. Van Zanten
2. Borges
3. Shu
4. Jagadish
5. Cheţan

از سوی دیگر، یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار هر کشور، تأمین غذای کافی با قیمت و کیفیت مناسب برای افراد آن جامعه است. بر این اساس ارزش و اهمیت غذایی دانه‌های روغنی از نظر تأمین کالری و انرژی موردنیاز انسان در بین محصولات کشاورزی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (سواری و همکاران، ۱۳۹۹). روغن‌های استحصال‌شده از گیاهان با تولید کالری بیش از دو برابر در واحد وزن، نقش مهمی را در تغذیه انسان ایفا می‌کنند. این روغن‌ها، اسیدهای چربی را به‌همراه دارند که سیستم متابولیسمی انسان قادر به بیوسنتز آنها نبوده و از این نظر جزو اسیدهای چرب ضروری می‌باشند؛ از طرف دیگر با داشتن گروهی از ویتامین‌ها (A، B، E و K) جذب سایر عناصر حیاتی را امکان‌پذیر می‌نمایند (زانتی[1] و همکاران، ۲۰۲۰). این در حالی است که براساس آمارهای موجود بیش از ۹۵ درصد روغن موردنیاز کشور از طریق واردات تأمین می‌شود. بنابراین با توجه به نیاز فزاینده‌ی کشور به روغن‌های خوراکی، شناسایی گیاهان دارای ترکیبات اسید چرب مناسب که حائز توانایی رشد در شرایط آب‌وهوایی کشور باشد از اهمیت بالایی برخوردار است (فلاح و همکاران، ۱۳۹۹).

در سال‌های اخیر دانه‌های روغنی غیرمرسوم و جدید مانند گیاه دارویی روغنی دان‌سیاه (یک محصول مهم تجاری) به‌علت دارا بودن ترکیباتی با خواص شیمیایی بی‌نظیر و منحصربه‌فرد که ممکن است دانه‌های روغنی مرسوم را تکمیل کنند، موردتوجه قرار گرفته‌اند. دان‌سیاه با نام انگلیسی Niger seed و نام علمی *Guizotia abyssinica* (L.f) Cass گیاهی یکساله از خانواده کاسنی[2] با عملکرد بالای روغن و قدرت سازگاری گسترده، مقاوم به تنش اسمزی و نیاز اقلیمی کم می‌باشد (نایک[3] و همکاران، ۲۰۲۰).

۲. ۲. پیشینه تجربی

در مقایسه درصد روغن و میزان عناصر معدنی بذر گیاه جدید دان‌سیاه با دو توده ایرانی و هندی سیاهدانه گزارش شده است که دان‌سیاه با عملکرد حدود ۸۸۰ کیلوگرم در هکتار (بیش از دو برابر میانگین جهانی)، میزان روغن بالا (بیش از ۴۷ درصد) و ارزش ریالی قابل‌توجه (دو برابر قیمت آفتابگردان) تولید موفقی داشت. دان‌سیاه، سیاهدانه هندی و سیاهدانه اصفهانی از نظر میزان عناصر معدنی، به‌ویژه از نظر میزان آهن تفاوت‌های معنی‌داری داشتند؛ میزان آهن دان‌سیاه ۱/۲ پی‌پی‌ام یعنی حدود دو تا سه برابر میزان آهن سیاهدانه هندی و ایرانی بوده است (نایک و همکاران، ۲۰۲۰). میزان عناصر مختلف دانه در گیاه دان‌سیاه نیز شامل پتاسیم، منیزیم، سدیم، کلسیم، آهن، مس، روی، منگنز، نیکل، کبالت، کروم و سرب به‌ترتیب از بیش‌ترین تا کم‌ترین عناصر می‌باشد (واثقی و دوازده‌امامی، ۱۳۹۳). گیاه دان‌سیاه دارای یک سیستم ریشه‌ای عمیق است که آن را با درجه بالایی از تحمل به خشکی در خاک‌های عمیق در زیر کشت دیم مواجه می‌کند (بوسری[4] و همکاران، ۲۰۲۰). گزارش شده است که تنش خشکی در گیاهچه ده‌روزه دان‌سیاه منجر به افزایش سطح مارکرهای تنش اکسیداتیو مانند مالون‌دی‌آلدهید، پرولین و کاهش گلوتاتیون و آسکوربات شد و سطح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر پراکسیدازها، گلوتاتیون ردوکتاز و آنزیم متابولیکی نظیرآمیلاز و اسید فسفاتاز به‌طور متوسط افزایش یافت (کاویا[5] و همکاران، ۲۰۱۷).

در بررسی ویژگی‌های زراعی، فنولوژیکی و کیفی گیاه جدید دانه روغنی دان‌سیاه در تاریخ کشت‌های مختلف و در شرایط آب‌وهوایی خمینی‌شهر اصفهان مشخص شد که بیش‌ترین میانگین تعداد کاپیتول در بوته (۵۹/۰۷)، وزن هزاردانه

1. Zanetti
2. Astraceae
3. Naik
4. Bhusari
5. Kavya

(۳/۳۹ گرم)، عملکرد دانه در هکتار (۸۷۴/۷ کیلوگرم)، تعداد بذر در بوته (۱۵۱۰)، درصد روغن (۴۷/۳۳ درصد) در تاریخ کشت ۱۲ تیرماه و بیش‌ترین میانگین صفات ارتفاع (۱۵۰/۱سانتی‌متر)، روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۶۷ روز)، روز تا ۸۰ درصد رسیدگی فیزیولوژیکی (۱۱۰روز)، در تاریخ کاشت ۱۹ خردادماه به‌دست آمد (واثقی و دوازده‌امامی، ۱۳۹۳). کاهش وزن خشک برگ و ساقه، حجم ریشه و محتوای نسبی آب برگ و هم‌چنین افزایش نشت مواد غشا، افزایش گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی نیز در اثر تنش خشکی در گیاه دان‌سیاه گزارش شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۷). این در حالی است که مطالعات ترکیبی در مورد اثر برهم‌کنش تنش خشکی و محدودیت عناصر غذایی در شرایط مختلف محیطی بر گیاه دان‌سیاه بسیار محدود بوده است.

بنابراین، با توجه به شرایط خشکسالی‌های ممتد در کشور و کمبود منابع آبی و در پی آن محدودیت جذب عناصر غذایی در خاک، تولید برخی از گیاهان روغنی مرسوم در مناطق خشک کشور با محدودیت‌های زیادی از نظر تأمین آب برای رشد آن‌ها مواجه شده است و کاهش عملکرد و کیفیت گیاهان روغنی را در پی داشته است (سواری و همکاران، ۱۳۹۹). از این‌رو، معرفی گیاهان روغنی جدید و با پتانسیل عملکرد بالا که هم از نظر زراعی در شرایط خشک عملکرد بالایی داشته باشند و هم محصول تولیدی از کیفیت بالایی برخوردار باشد در دستور کار وزارت جهاد کشاورزی قرار گرفته است و توسعه کشت گیاه دان‌سیاه در مناطق خشک توصیه شده است و در این راستا در مناطقی اقدام به کاشت مزارع نمونه و پایلوت گردیده است، اما ویژگی‌های زراعی و گیاهشناسی و نیز نتایج تأثیر پارامترهای مختلف اقلیمی و اکولوژیک بر این گیاه در مناطق مختلف کشور تا میزان زیادی ناشناخته است و نیاز به پژوهش‌های جامع در سطح گیاه‌شناسی و هم‌چنین در سطح کاربردی در مزارع مشابه به مزارع کشاورزان دارد. از این‌رو، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تاریخ کاشت، آبیاری و تغذیه بر عملکرد دانه و روغن گیاه دان‌سیاه بوده است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان) دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در پاکدشت (۲۵ کیلومتری جنوب‌شرقی تهران در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی، با ارتفاع ۱۱۸۰ متری از سطح دریا) انجام شد. این منطقه در طبقه‌بندی اقلیمی کوپن دارای تابستان‌های گرم و خشک، زمستان‌های ملایم با میانگین بارندگی سالیانه ۱۷۰ میلی‌متر می‌باشد (میرموسوی و کیانی، ۱۳۹۶). در این مطالعه عامل آبیاری در سه سطح (هفت روز یک‌بار، ۱۰ روز یک‌بار و ۱۳ روز یک‌بار) به‌عنوان عامل اصلی و عامل فرعی تاریخ کاشت در دو سطح (۱۵ خردادماه و یکم تیرماه) و عامل فرعی- فرعی کوددهی با کودهای زیستی در چهار سطح شاهد (بدون کود زیستی)، کود زیستی شیفت[1]، کود زیستی کریس[2] و تلفیق کودهای زیستی شیفت و کریس منظور شد. کود زیستی شیفت حاوی ریزمغذی‌های مس، منگنز و بور که باعث تحریک میوه‌دهی و افزایش تراکم و پروتئین دانه می‌شود هم‌چنین عصاره‌های گیاهی، اسیدهای آمینه، نیتروژن و ریزمغذی‌های موجود در این کود، گیاه را در برابر تنش‌های مختلف حمایت می‌کند و باعث بهبود پنجه‌زنی و افزایش عملکرد در گیاهان می‌شود. این کود به‌دلیل وجود زئاتین که یک سیتوکینین طبیعی است، باعث هدایت مواد مغذی به سمت پنجه می‌شود و زمان مصرف آن محلول‌پاشی با دو غلظت یک و دو لیتر در هکتار در مرحله رشد رویشی می‌باشد (جیو[3] و همکاران، ۲۰۱۹). کود زیستی کریس نیز یک محرک بیولوژیکی است که باعث بهبود و افزایش رشد و هم‌چنین یکنواختی در رسیدگی

1. Shift
2. Kriss
3. Gu

میوه‌ها می‌گردد و در میوه‌های جوان از طریق افزایش بیوسنتز اکسین، افزایش پلی‌آمین‌ها و هم‌چنین فراهم‌کردن اسیدآمینه‌های آرژنین و تریپتوفان سبب تحریک تقسیم سلولی و در نهایت منجر به افزایش اندازه میوه‌ها می‌شود. زمان مصرف آن محلول‌پاشی با دوغلظت یک و دو لیتر در هکتار در مرحله رشد زایشی می‌باشد. ترکیبات موجود در کودهای زیستی شیفت و کریس به‌ترتیب در جدول‌های (۱) و (۲) ارائه شده‌اند.

در این آزمایش هر بلوک از سه کرت اصلی و هر کرت اصلی از دو کرت فرعی و هر کرت فرعی از چهار کرت فرعی- فرعی تشکیل گردید. مساحت هر کرت اصلی ۲۷ مترمربع، مساحت هر کرت فرعی نُه مترمربع و مساحت هر کرت فرعی فرعی سه مترمربع بوده است. به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، قبل از کاشت و شروع آزمایش، از پنج قسمت از خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری به‌عمل آمد و پس از خردکردن کلوخه‌ها، نمونه‌ها از الک سه میلی‌متری گذرانده شدند. سپس نمونه‌ها در آزمایشگاه از لحاظ برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی موردارزیابی قرار گرفتند که نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است. مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر بود. فواصل کاشت بذور بر روی خط کاشت ۳۰ سانتی‌متر و عمق کاشت بذر ۱ تا ۲ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

جدول ۱. ترکیبات موجود در کود زیستی شیفت

نیتروژن کل	۶/۵ درصد	کلات منگنز	۱ درصد
نیتروژن آلی	۱ درصد	کلات روی	۱/۵ درصد
نیتروژن آمونیاکی	۴/۵ درصد	کلات مس	۰/۵ درصد
نیتروژن اوره‌ای	۱ درصد	کربن آلی با منشأ زیستی	۳ درصد
پنتااکسید فسفر	۱۲ درصد	چگالی	۱/۲۱ کیلوگرم بر لیتر
بور	۱ درصد	pH	۷/۱±۰/۵

جدول ۲. ترکیبات موجود در کود زیستی کریس

نیتروژن کل	۹/۴ درصد	اکسید فسفر	۸/۵ درصد
نیتروژن آلی	۶ درصد	اکسید پتاسیم	۴ درصد
نیتروژن نیتریکی	۱ درصد	کربن آلی	۳ درصد
نیتروژن آمونیاکی	۱/۷ درصد	چگالی	۱/۲۱ کیلوگرم بر لیتر
نیتروژن اوره‌ای	۱/۷ درصد	pH	۶/۵±۰/۵

جدول ۳. مشخصات خاک محل آزمایش

عمق نمونه (سانتی‌متر)	اسیدیته -	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	کربن آلی (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک
۳۰-۰	۷/۸	۵/۲	۳۳۵	۶/۷	۰/۰۸	۰/۸۲	۲۷	۴۴	۲۹	سیلتی‌لوم

صفات موردارزیابی شامل شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، درصد روغن و اجزای عملکرد شامل تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه بود. به‌منظور اندازه‌گیری زیست‌توده کل (عملکرد بیولوژیک) و

عملکرد دانه، بوته‌های موجود در هرکرت پس از حذف اثر حاشیه‌ای در ۵ مترمربع به‌صورت جداگانه کف‌برشده و برداشت گردید. سپس با وزن‌کردن کل نمونه، عملکرد بیولوژیک تعیین شد. پس از آن دانه‌ها را از کاه و کلش جدا کرده و عملکرد دانه از مساحت برداشت‌شده محاسبه شد. هم‌چنین از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت به‌صورت درصد محاسبه گردید (واثقی و دوازده‌امامی، ۱۳۹۳).

رابطه ۱) $$\text{شاخص برداشت (HI)} = \frac{\text{عملکرد اقتصادی (دانه)}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times ۱۰۰$$

جهت اندازه‌گیری درصد روغن براساس رابطه (۲) (جاکادیش و همکاران، ۲۰۲۱) از روش سوکسله و حلال پترولیوم اتر استفاده شد.

رابطه ۲) $$\text{درصد روغن} = \frac{\text{وزن روغن}}{\text{وزن نمونه}} \times ۱۰۰$$

داده‌های حاصل از آزمایش نیز با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) مورد تجزیه واریانس قرار گرفته و میانگین‌ها به‌وسیله آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)[1] در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. برای رسم شکل‌ها از برنامه Excel استفاده شد.

۴. یافته‌های پژوهش

نتایج داده‌ها نشان داد که تعداد طبق در بوته در گیاه دان‌سیاه تحت تأثیر تیمارهای آبیاری، تاریخ کاشت و سطوح کود زیستی قرار گرفت. به‌طوری‌که اثر ساده این تیمارها در سطح احتمال یک درصد و اثرات برهم‌کنش سه‌گانه این تیمارها در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش تنش خشکی در تاریخ کاشت در سطوح کود زیستی (شکل ۱) نیز نشان داد که در هر دو تاریخ کاشت موردبررسی، با افزایش فواصل دور آبیاری (افزایش تنش خشکی)، تعداد طبق در بوته دان‌سیاه کاهش یافت. اما نکته قابل‌توجه این بود که در تمامی سطوح آبیاری، گیاهانی که در تاریخ کشت دوم یعنی یکم تیرماه کشت‌شده بودند و تیمار کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی کریس و شیفت را دریافت کرده بودند، در مقایسه با گیاهانی که در سطح آبیاری مشابه، در تاریخ کشت اول (۱۵ خردادماه) کشت‌شده بودند و تیمار کودی به‌غیر از تیمار ذکرشده (تلفیق هم‌زمان دو کود زیستی) دریافت کرده بودند، از تعداد طبق در بوته بیش‌تری برخوردار بودند (شکل ۱). به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد طبق در بوته (۴۷۷ عدد) در گیاهان کشت‌شده در تاریخ یکم تیرماه در شرایط عدم تنش خشکی (دور آبیاری هفت روز یک‌بار) و تحت تیمار کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی کریس و شیفت حاصل شد و کم‌ترین تعداد طبق (۲۳۷) نیز متعلق به گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۱۵ خردادماه در شرایط تنش شدید خشکی (دور آبیاری ۱۳ روز یک‌بار) و عدم کاربرد کودهای زیستی بود (شکل ۱).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده دور آبیاری، تاریخ کاشت وکود زیستی در سطح احتمال یک درصد و هم‌چنین اثر برهم‌کنش دور آبیاری در تاریخ کاشت در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد دانه در طبق دان‌سیاه معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر کودهای زیستی نشان داد که تیمار کود زیستی کریس بیش‌ترین تأثیر مثبت را در افزایش تعداد دانه در دان‌سیاه داشته است (شکل ۲- الف). نتایج پژوهش حاضر هم‌چنین نشان داد که در هر دو تاریخ کاشت موردبررسی با افزایش فواصل دور آبیاری تعداد دانه در طبق گیاه دان‌سیاه کاهش یافت، اما با این‌حال، در هر سه سطح دور آبیاری، گیاهان کشت‌شده در تاریخ یکم تیرماه نسبت به گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۱۵ خردادماه از تعداد دانه بیش‌تری برخوردار بودند (شکل ۲- ب).

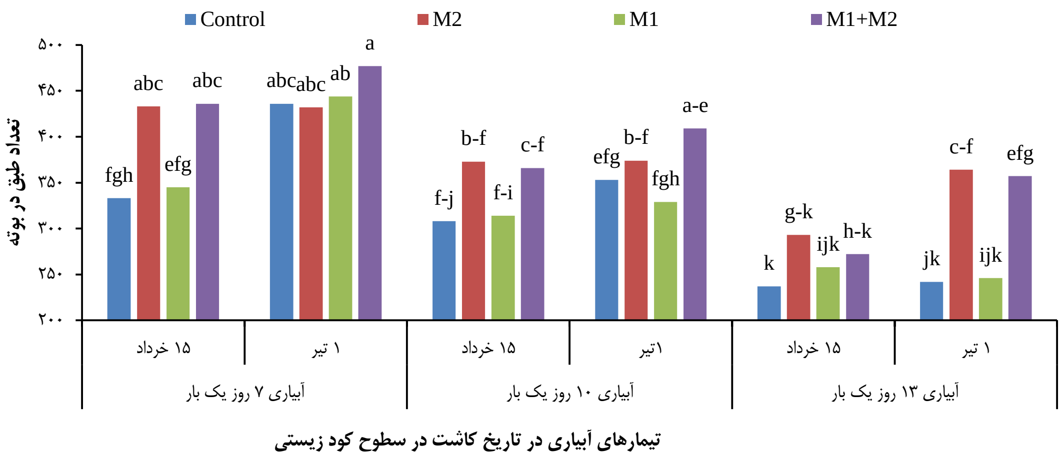
1. Least Significant Difference

وزن هزاردانه نیز تحت تأثیر اثرات ساده دور آبیاری، تاریخ کاشت و کود زیستی قرار گرفت. همچنین اثر برهم‌کنش دور آبیاری در تاریخ کاشت بر وزن هزاردانه دان‌سیاه معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش‌های دور آبیاری در تاریخ کشت بر وزن هزاردانه (شکل ۳-الف) نیز نشان داد که افزایش سطوح تنش خشکی، وزن هزاردانه را به‌طور معنی‌داری در هر دو تاریخ کاشت موردبررسی کاهش داده است. با این وجود، در سطوح آبیاری مشابه، نسبت کاهش وزن هزاردانه تحت تأثیر تنش خشکی، در گیاهان کشت‌شده در تاریخ یکم تیرماه به‌طور معنی‌داری کم‌تر از گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۱۵ خردادماه بود (شکل ۳-الف) که این یافته نشانگر تطبیق بهتر مراحل رشد و نمو و پرشدن دانه گیاه دان‌سیاه در شرایط کشت تاریخ دوم (یکم تیرماه) است. نتایج همچنین نشان داد که کاربرد تیمارهای کود زیستی کریس و تیمارکاربرد همزمان دو کود زیستی کریس و شیفت موجب افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی و تیمار کاربرد مجزای کود زیستی شیفت شد (شکل ۳- ب).

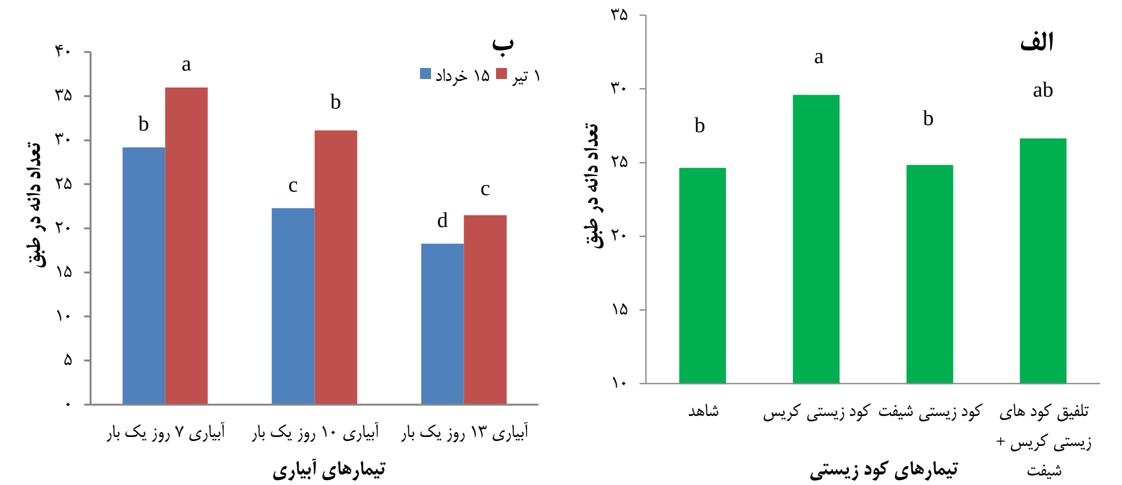
جدول ٤. تجزیه واریانس صفات عملکرد گیاه دان‌سیاه تحت تأثیر تاریخ کاشت، تیمارهای آبیاری (سطوح خشکی) و سطوح مختلف کود زیستی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		طبق در بوته	دانه در طبق	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	درصد روغن
تکرار (R)	۲	۳۳۷/۵۹ns	۰/۷۲ns	۰/۰۰۷ns	۷۴۰۵۵ns	۱۶۷۹۹۶۷*	۲/۰۷ns
آبیاری (A)	۲	۱۰۶۴۷۶**	۹۷۰/۸**	۶/۰۱**	۵۱۹۴۹۶۰**	۶۷۴۶۴۰۷۱**	۱۷۹/۰۸**
R × A	۴	۱۵۵۳	۱/۲۲	۰/۰۰۵	۱۸۵۸۰	۵۴۷۴۴۷	۰/۷۳
تاریخ کاشت (B)	۱	۳۰۵۸۶**	۷۱۵/۶**	۰/۱۱۵**	۱۰۴۵۲۱۷**	۱۵۸۲۵۰۰۰**	۴/۲۴*
A × B	۲	۱۸۳۶ns	۴۶/۲*	۰/۰۱۸*	۱۰۵۲۰۰*	۲۱۹۵۴۲۲*	۱۵/۳**
R × B (A)	۶	۵۰۳۱**	۷/۱۱ns	۰/۰۰۱ns	۱۰۶۹۱ns	۳۷۱۶۵۶ns	۰/۴۹ns
کوددهی (C)	۳	۲۳۴۸۳**	۹۳/۰۵**	۰/۰۶**	۲۶۳۹۴**	۱۷۱۶۴۸ns	۱۷/۷۲**
A × C	۶	۷۵۵ ns	۲۳/۶۶ns	۰/۰۰۳۵ns	۷۵۲۲ns	۱۱۸۱۶۶ns	۰/۳۹ns
B × C	۳	۷۵۱ ns	۲۲/۲۷ns	۰/۰۰۲۷ns	۹۹۴۵ns	۱۹۳۳۱۹ns	۰/۶۷ns
A × B × C	۶	۳۳۸۸*	۴/۸۵ns	۰/۰۰۲۴ns	۳۳۹۰ns	۳۵۳۶۰۹ns	۰/۸۸ns
خطای ازمایشی	۳۶	۱۳۰۰	۱۲/۹۳	۰/۰۰۵۷	۲۷۲۵۰	۴۴۳۶۰۶	۰/۸۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۲۵	۱۳/۶۱	۲/۶۷	۹/۷۶	۹/۳۳	۲/۴۳

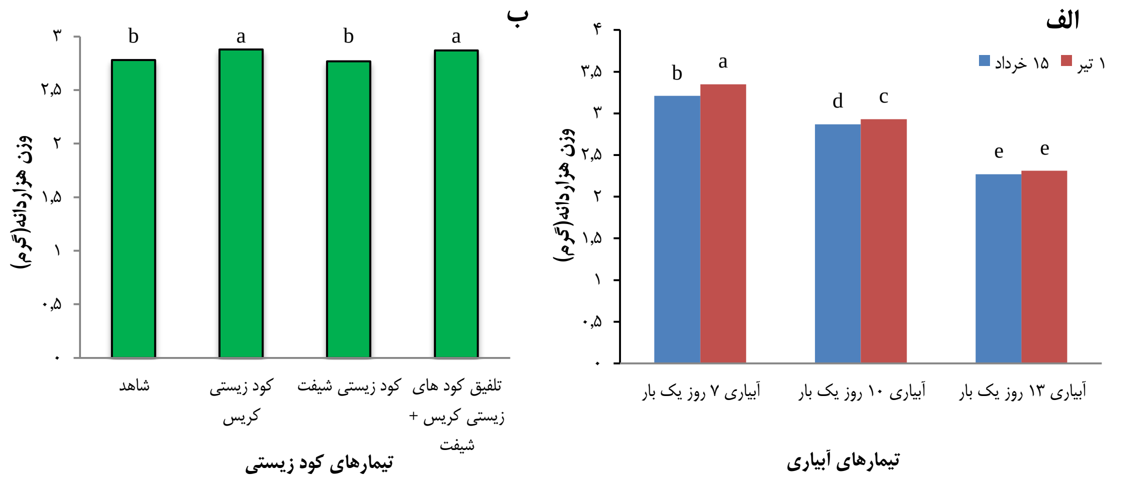
n.s، * و **: به‌ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش دور آبیاری در تاریخ کاشت در کود زیستی برتعداد طبق در بوته گیاه دان‌سیاه.
میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

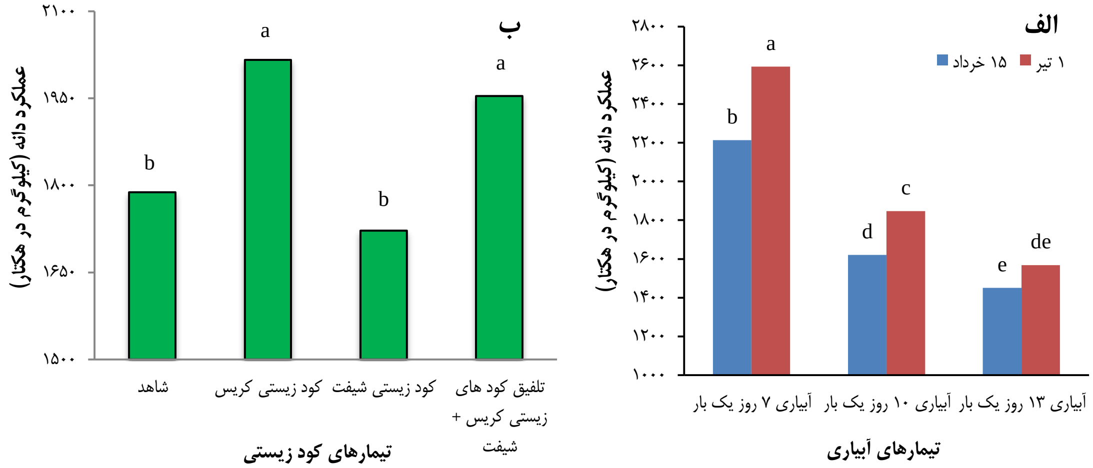


شکل ۲. (الف) و (ب) به‌ترتیب اثر سطوح کود زیستی و اثر برهم‌کنش آبیاری در تاریخ کاشت بر تعداد دانه در طبق گیاه دان‌سیاه. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۳. (الف) و (ب) به‌ترتیب اثر برهم‌کنش آبیاری در تاریخ کاشت و اثر سطوح کود زیستی بر وزن هزاردانه گیاه دان‌سیاه. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

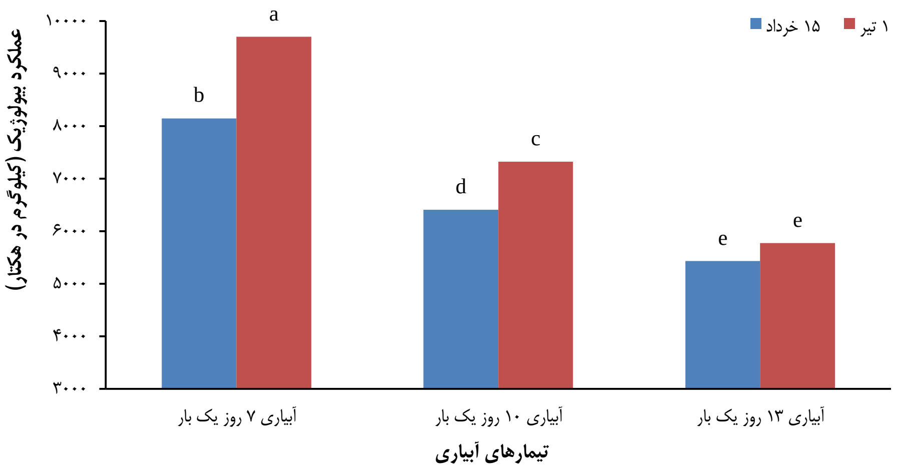
نتایج داده‌ها نشان داد که عملکرد دانه در دان‌سیاه تحت تأثیر تیمارهای دور آبیاری، تاریخ کاشت و کود زیستی قرار گرفت. به‌طوری‌که تمامی اثرات ساده در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثرات برهم‌کنش دوگانه دور آبیاری در تاریخ کشت در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۴- الف) نشان داد که عملکرد دانه گیاه دان‌سیاه تحت تیمارهای پژوهش، رفتاری همراستا با تعداد و وزن دانه از خود نشان داده است، یعنی با افزایش سطوح تنش خشکی، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری در هر دو تاریخ کاشت موردبررسی کاهش یافته است. با این وجود، نسبت کاهش عملکرد دانه تحت تأثیر تنش خشکی، در گیاهان کشت‌شده در تاریخ یکم تیرماه به‌طور معنی‌داری کم‌تر از گیاهان کشت‌شده با سطح آبیاری مشابه در تاریخ ۱۵ خردادماه بود. همچنین کاربرد تیمارهای کود زیستی کریس و تیمار کاربرد همزمان دو کود زیستی کریس و شیفت موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی و تیمار کاربرد مجزای کود زیستی شیفت شد (شکل ۴- ب).



شکل ٤. (الف) و (ب) به‌ترتیب مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش دور آبیاری در تاریخ کشت و اثر سطوح کود زیستی برعملکرد دانه گیاه دان‌سیاه.

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

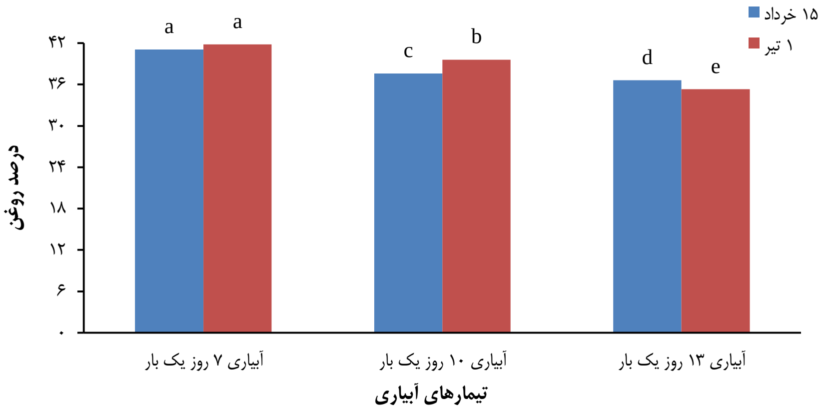
اثرات ساده دور آبیاری و تاریخ کاشت، در سطح احتمال یک درصد و اثرات برهم‌کنش دور آبیاری در تاریخ کاشت در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد بیولوژیک دان‌سیاه معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر دور آبیاری در تاریخ کاشت نشان داد که در هر دو تاریخ کاشت موردبررسی با افزایش فواصل آبیاری و شدت یافتن تنش خشکی، عملکرد بیولوژیک گیاه دان‌سیاه- کاهش یافت (شکل۵). نتایج همچنین نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی (آبیاری هر هفت روز یک‌بار) و شرایط تنش خشکی متوسط (آبیاری هر ۱۰ روز یک‌بار)، گیاهان کشت‌شده در تاریخ کاشت یکم تیرماه از عملکرد بیولوژیک بیش‌تری نسبت به گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۱۵ خردادماه برخوردار بودند. اما در شرایط تنش شدید خشکی (آبیاری هر ۱۳ روز یک‌بار) اختلاف معنی‌داری در میزان عملکرد بیولوژیک گیاهان کشت‌شده در دو تاریخ کاشت وجود نداشت (شکل ۵).

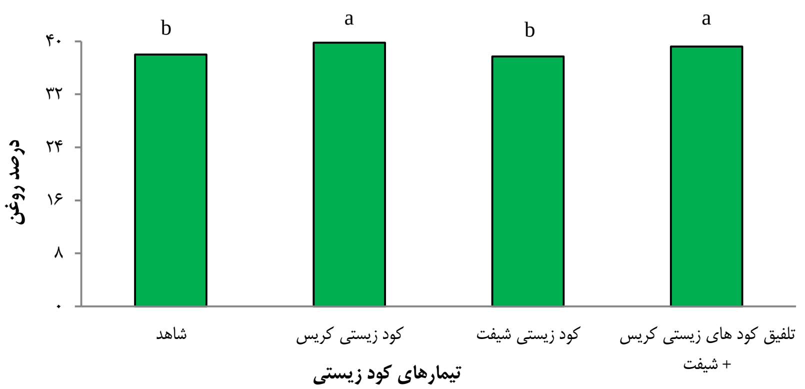


شکل ۵. اثر برهم‌کنش آبیاری در تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیک گیاه دان‌سیاه.

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

اثرات ساده دور آبیاری، تاریخ کاشت و سطوح کود زیستی و اثرات برهم‌کنش دور آبیاری در تاریخ کاشت در سطح احتمال پنج درصد بر درصد روغن گیاه دان‌سیاه معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر دور آبیاری در تاریخ کاشت نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری و تشدید تنش خشکی درصد روغن در هر دو تاریخ کاشت در گیاه دان‌سیاه کاهش یافت. به‌جز در شرایط تنش شدید خشکی (آبیاری ۱۳ روز یک‌بار)، که در آن درصد روغن در گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۱۵ خردادماه بیش‌تر از درصد روغن گیاهان کشت‌شده در تاریخ یکم تیرماه بود، در دو سطح دیگر آبیاری یعنی شرایط عدم تنش خشکی و شرایط تنش خشکی متوسط (آبیاری هر ۱۰ روز یک‌بار)، گیاهانی که در تاریخ یکم تیرماه کشت‌شده بودند از درصد روغن بیش‌تری برخوردار بودند (شکل ۶– الف). از طرف دیگر درصد روغن در گیاهانی که تیمار کود زیستی کریس و تلفیق کود زیستی کریس و شیفت را دریافت کرده بودند، به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از گیاهانی بود که یا هیچ‌گونه کود زیستی دریافت نکرده بودند یا تیمار کود زیستی شیفت را به تنهایی دریافت کرده بودند (شکل ۶–ب).





شکل ٦. (الف) و (ب) به‌ترتیب مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش دور آبیاری در تاریخ کشت و اثر سطوح کود زیستی بر درصد روغن دانه گیاه دان‌سیاه.

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

۵. بحث

تعداد طبق در بوته به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد گیاه دان‌سیاه معرفی شده است، به‌طوری‌که بنا به برخی گزارش‌ها بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه این گیاه داشته است (واثقی و دوازده‌امامی، ۱۳۹۳). کاهش تعداد طبق در بوته در شرایط

خشکی، به قدرت رویشی کم‌تر گیاه تحت تأثیر تنش که از کاهش در صفاتی چون طول ساقه و تعداد شاخه‌های فرعی ناشی می‌شود نسبت داده شده است (نایک[1] و همکاران، ۲۰۲۱). هم‌چنین گزارش شده است که رژیم آبیاری نامطلوب ضمن کاهش سطح برگ‌ها، پیری زودرس آن‌ها را تسریع نموده و بدین وسیله می‌تواند میزان تولید را خیلی بیش‌تر از آنچه که به‌علت اثرات ناشی از افت فتوسنتز خالص تقلیل می‌یابد، کاهش دهد (کاویا[2] و همکاران، ۲۰۱۷). این در حالی است که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی در شرایط تنش خشکی، با مکانیسم‌های متعددی از جمله تثبیت نیتروژن، کمک به آزادشدن عناصر غذایی در خاک، تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه، افزایش کارایی جذب ریشه و اثرات آنتاگونیستی بر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا موجب تعدیل تنش خشکی و کاهش اثرات منفی آن می‌شود (شو[3] و همکاران، ۲۰۲۰). ازآنجایی‌که گیاه دان‌سیاه یک گیاه گرمادوست و دارای پتانسیل رشد مناسب در شرایط آب‌وهوایی گرم است (بوسری[4] و همکاران، ۲۰۲۰)، به‌نظر می‌رسد در پژوهش حاضر، گیاهانی که در تاریخ یکم تیرماه کشت‌شده بودند به‌دلیل تسریع نمو در اثر برخورد با دمای بالا و افزایش رشد رویشی و زایشی در گیاه از تعداد طبق بیش‌تری برخوردار بودند. هم‌چنین در تیمارهای کودی مشابه، افزایش فواصل آبیاری، تعداد طبق در بوته گیاهان کشت‌شده در تاریخ یکم تیرماه را با شدت کم‌تری کاهش داد. هم‌چنین ابتدا کود کریس و پس از آن کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیز در همه سطوح آبیاری، اثرات منفی خشکی بر تعداد طبق در بوته دان‌سیاه را تا حدی مرتفع کرده است.

گزارش شده است که مصرف کود زیستی نیتروژن به‌دلیل کارکردهای متعددی که این عنصر در گیاه دارد باعث افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در گیاهان روغنی می‌شود (بورجس[5] و همکاران، ۲۰۲۰). دلیل افزایش تعداد دانه در واحد سطح گیاهان در اثر کاربرد منابع آلی و زیستی نیتروژن به نقش این عنصر در انتقال مواد فتوسنتزی تولیدشده از مبدأ (قسمت‌های رویشی) به مقصد (قسمت‌های زایشی) نسبت داده شده است. هم‌چنین افزایش تعداد دانه در واحد سطح در شرایط استفاده از کودهای زیستی نیتروژن‌دار در مقایسه با شاهد به تأثیر باکتری‌ها در کودهای زیستی بر افزایش تثبیت نیتروژنی و در دسترس قراردادن مواد غذایی برای گیاه نسبت داده شده که سبب افزایش تعداد خوشه و در نهایت تعداد دانه شده است (مین[6] و همکاران، ۲۰۱۷). در پژوهش حاضر نیز احتمالاً کود زیستی کریس که از نیتروژن آلی بالایی برخوردار است، توانسته بیش‌ترین تأثیر را در افزایش تعداد دانه در گیاه دان‌سیاه داشته است.

یکی از دلایل کاهش تعداد دانه در دان‌سیاه تحت شرایط تنش خشکی کاهش منابع غذایی قابل‌دسترس برای گیاه و درنهایت کاهش تولیدات فتوسنتزی این گیاه در سطوح بالای خشکی گزارش شده است (وانزانتن[7] و همکاران، ۲۰۱۹). بنابراین، در پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد گیاهان کشت‌شده در تاریخ یکم تیرماه جهت جبران کاهش عملکرد، مخزن خود را با توجه به فراهم‌بودن مواد فتوسنتزی تنظیم نموده و با افزایش تعداد دانه از کاهش شدید عملکرد جلوگیری کرده‌اند.

گزارش شده که هم‌زمانی مراحل پرشدن دانه و شکل‌گیری مقاصد فیزیولوژیک در گیاهان دانه روغنی با گرمای شدید، کاهش عملکرد دانه را در این گیاهان به‌همراه داشته است (وانزانتن و همکاران، ۲۰۱۹). در پژوهش حاضر نیز به‌نظر می‌سد کشت گیاه دان‌سیاه در تاریخ ۱۵ خردادماه موجب هم‌زمان شدن مراحل نمو و پرشدن دانه با گرمای شدید تابستان شده وگرما طول دوره پرشدن دانه در گیاهان مربوط به این تاریخ کشت را تسریع بخشیده و در نتیجه وزن

---

1. Naik
2. Kavya
3. Shu
4. Bhusari
5. Borges
6. Meena
7. Van Zanten

هزاردانه را کاهش داده است. به‌عبارت دیگر، گرمای شدید ایجادشده در مرحله پرشدن دانه تحت تأثیر کشت گیاه در تاریخ ۱۵ خردادماه از شکل‌گیری تمام ظرفیت دانه جلوگیری کرده است.

بنا به گزارش‌ها کود کریس حاوی مواد آلی، مواد معدنی و میکروارگانیسم‌های مفید است که به رشد و تغذیه گیاه کمک می‌کنند. با افزایش تغذیه و جذب مواد مغذی توسط گیاه، احتمال افزایش وزن هزاردانه آن نیز بالاتر می‌رود. هم‌چنین، کود زیستی کریس می‌تواند با بهبود ساختار خاک و افزایش توانایی خاک در نگهداری آب و مواد مغذی، به رشد بهتر گیاه کمک کند و در نتیجه وزن هزاردانه آن را افزایش دهد (دهام[۱]، ۲۰۲۲). همچنین گزارش شده است که وزن هزاردانه گیاهان روغنی تحت تنش خشکی شدید، به‌دلیل کاهش فتوسنتز و عدم توزیع مناسب مواد ذخیره‌ای به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (پشنگ[۲] (پشنگ[۲] و همکاران، ۲۰۲۱). افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه تحت تأثیر کاربرد هم‌زمان کودهای مختلف آلی نسبت به سیستم کاربرد جداگانه هر یک از کودهای آلی، به افزایش سطح برگ جهت تولید و انتقال ماده فتوسنتزی بیش‌تر به دانه و هم‌چنین آزادسازی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر از کود آلی در مرحله پرشدن دانه در شرایط کاربرد تلفیقی این کودها نسبت داده شده است (جیو[۳] و همکاران، ۲۰۱۹). همراستا با گزارش‌های فوق درپژوهش حاضر نیز کاربرد کود زیستی کریس و کاربرد تلفیقی کودهای زیستی بیش‌ترین تأثیر را در افزایش وزن هزاردانه و کاهش اثرات تنش خشکی بر این صفت داشته است.

گزارش شده است که تنش خشکی در گیاهان روغنی از جمله گلرنگ موجب کاهش تعداد طبق بارور و کاهش وزن دانه‌های این گیاه شده و در نتیجه کاهش عملکرد را به‌همراه داشته است (پشنگ و همکاران، ۲۰۲۱). یافته‌های این پژوهش‌گران با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. کاهش عملکرد دانه گیاهان تحت شرایط تنش خشکی به کاهش فتوسنتز برگ و در نتیجه کاهش میزان آسیمیلات برای دانه‌های در حال رشد این گیاه نسبت داده شده است (گیمز[۴] و همکاران، ۲۰۱۹). با این‌حال گزارش شده است که کودهای زیستی حاوی نیتروژن و فسفر این عناصر را بیش‌تر و کارآمدتر در اختیار گیاه قرار می‌دهند و با توجه به ارتباط مستقیم و مثبتی که بین جذب فسفر و نیتروژن با تشکیل و میزان پرشدن دانه وجود دارد، این کودها می‌توانند به افزایش عملکرد دانه کمک کنند (بورجس[۵] و همکاران، ۲۰۲۰). در پژوهش حاضر نیز به‌نظر می‌رسد که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی باعث بهبود رشد و اجزای عملکرد دانه دان‌سیاه شده و از این طریق اثرات تنش اسمزی ناشی از خشکی خاک را کاهش داده است. کود کریس و کود شیفت هر دو از نوع کود زیستی هستند و در بهبود خاک و افزایش عملکرد گیاهان مؤثر هستند، اما در ترکیب و ویژگی‌های خاصی تفاوت دارند. به‌طوری‌که کود زیستی شیفت معمولاً حاوی میکروارگانیسم‌های مفیدی مانند باکتری‌ها و قارچ‌هاست. این میکروارگانیسم‌ها در فرایندهای زیستی خاک شرکت کرده و به تغذیه گیاهان کمک می‌کنند. و مواد آلی را تجزیه کرده و مواد غذایی قابل جذب برای گیاهان را فراهم می‌کنند. در مجموع می‌توان گفت کود زیستی شیفت با ارائه میکروارگانیسم‌های مفید، فرایندهای زیستی خاک را بهبود بخشد و تغذیه گیاهان را ارتقا می‌دهد (جیو و همکاران، ۲۰۱۹). در حالی‌که کود زیستی کریس به‌طور عمده از منابع زیستی مانند کود حیوانی، کمپوست و مواد آلی دیگر تولید می‌شود. این کود حاوی مواد آلی، مواد معدنی و میکروارگانیسم‌های مفیدی است که به تغذیه گیاهان کمک کرده و خاک را بهبود می‌بخشد. کود زیستی کریس موجب تأمین مواد غذایی موردنیاز گیاهان و بهبود ساختار خاک دارد. با بهبود تغذیه و جذب مواد مغذی توسط گیاه، احتمال افزایش وزن هزاردانه آن و در نهایت افزایش عملکرد دانه بالاتر می‌رود (مین[۶] و همکاران، ۲۰۱۷).

1. Dahham
2. Pashang
3. Gu
4. Gamez
5. Borges
6. Meena

دلیل کاهش عملکرد بیولوژیک گیاهان تحت تنش خشکی کاهش سطح برگ، کاهش رشد و توسعه سلول‌ها و در نتیجه کاهش فتوسنتز عنوان شده است. بنا به گزارش‌ها، کاهش مواد فتوسنتزی در اثر کاهش سطح برگ از یک‌سو و کاهش انتقال مواد پرورده به سمت اندام‌های زایشی در اثر تنش اسمزی ناشی از کمبود آب از سوی دیگر، سبب کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در گیاه روغنی کلزا شده است. به‌طور کلی نیز علت کاهش عملکرد بیولوژیک گیاهان دانه روغنی تحت شرایط تنش کم آبی، کاهش رشد رویشی و زایشی و درنهایت کاهش تولیدات فتوسنتزی این گیاهان در سطوح بالای خشکی عنوان شده است (گیمز[1] و همکاران، ۲۰۱۹).

در مورد تأثیر استفاده از کودهای زیستی بر عملکرد بیولوژیک گیاهان نیز گزارش شده که باکتری‌های موجود در این کودها، علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل‌کردن جذب عناصر اصلی پرمصرف و ریزمغذی موردنیاز گیاه، با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه نظیر انواع هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد مانند اکسین، ترشح اسیدهای آمینه مختلف، انواع آنتی بیوتیک موجب افزایش مقاومت گیاه به شرایط نامساعد محیطی می‌شوند (النحال[2] و همکاران، ۲۰۲۲). هم‌چنین این باکتری‌ها می‌توانند با سایر میکروارگانیسم‌های ریزوسفر اثر هم‌افزایی مفیدی بر گیاهان داشته باشند. درنتیجه با مصرف باکتری‌های محرک رشد، جذب و ذخیره مواد غذایی در بخش‌های مختلف گیاه ازجمله برگ و ساقه افزایش می‌یابد و با ذخیره این مواد در گیاه، عملکرد ماده خشک کل گیاه نیز افزایش می‌یابد (کور[3] و همکاران، ۲۰۲۰). در پژوهش حاضر نیز به‌نظر می‌رسد که گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۱۵ خردادماه، انرژی و زمان بیش‌تری را صرف تنفس و بسته نگه‌داشتن روزنه‌ها در اثر برخورد با گرمای شدید تابستان کرده‌اند. در مقابل گیاهان کشت‌شده در تاریخ یکم تیرماه زمان بیش‌تری برای فتوسنتز و تولید ماده خشک نهایی داشته‌اند.

درصد روغن عبارت است از نسبت روغن موجود در دانه به کل وزن دانه که شامل پوست و فیبر نیز می‌شود. در شرایط خشکی، گیاه برای تأمین آب کافی برای رشد و عملکرد خود نیاز به استفاده بیش‌تری از روغن دارد. به‌عبارت دیگر، گیاه بیش‌ترین میزان روغن خود را به‌جای ذخیره‌سازی در دانه‌ها، برای تولید انرژی در شرایط خشکی مصرف می‌کند. این باعث کاهش درصد روغن در دانه‌های تولیدشده توسط گیاه می‌شود (تاکدار[4] و همکاران، ۲۰۲۲). علاوه بر این، تنش خشکی می‌تواند به کاهش فعالیت آنزیم‌ها و فرایندهای بیوشیمیایی مرتبط با سنتز روغن در گیاهان منجر شود که این نیز می‌تواند عاملی دیگر در کاهش درصد روغن باشد (داوری[5] و همکاران، ۲۰۲۲). در همین راستا، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش دور آبیاری از هفت به ۱۳ روز، درصد روغن در گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۱۵ خردادماه حدود ۱۰ درصد و درگیاهان کشت‌شده در یکم تیرماه حدود ۱۵ درصد کاهش یافت که البته این مقادیر از لحاظ آماری معنی‌دار بودند.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این پژوهش نشان داد که گیاه دان‌سیاه تحمل بالایی به شرایط تنش شدید خشکی دارد. به‌نحوی‌که توانست در هر دو تاریخ کاشت موردبررسی، تحت تنش خشکی شدید (آبیاری ۱۳ روز یک‌بار) نیز دوره رشد خود را کامل کرده و تولید بذر با درصد روغن مناسب کند. از طرفی، کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه کود زیستی کریس موجب کاهش تقریبی اثرات تنش بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد روغن در دان‌سیاه شد. تیمار کاربرد کود زیستی کریس به‌صورت مجزا و پس از آن کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیز از طریق تعدیل اثرات تنش، بیش‌ترین تأثیر را بر کاهش معنی‌دار اثرات تنش بر عملکرد دانه این گیاه داشت. بنابراین در شرایط کمبود آب از طریق کم‌آبیاری، می‌توان با استفاده از ترکیب

1. Gamez
2. Elnahal
3. Kour
4. Talukdar
5. Davari

کودهای زیستی، ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی در راستای کشاورزی پایدار، اثرات کمبود آب را نیز تا حدودی تعدیل نمود. درمجموع نتایج این بررسی نشان داد که باوجود آنکه تنش خشکی تأثیر منفی بر اجزای عملکرد و درصد روغن دان‌سیاه داشت، اما کاربرد زیستی کریس توانست بخشی از این اثرات منفی تنش را جبران نماید و عملکرد دان‌سیاه را بهبود بخشد. از سوی دیگر نتایج نشان داد که گیاهان کشت‌شده در تاریخ یکم تیرماه تقریباً در تمامی صفات موردبررسی و در هر سه سطح آبیاری آزمایش‌شده، نسبت به گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۱۵ خردادماه برتر بودند که این موضوع احتمالاً با تطبیق بیش‌تر گیاهان کشت‌شده در تاریخ یکم تیرماه با شرایط آب‌وهوایی در زمان گلدهی مرتبط است. بنابراین، با توجه به نتایج این پژوهش، کشت گیاه دان‌سیاه در تاریخ یکم تیرماه به‌عنوان گیاهی امیدبخش که هم از نظر زراعی عملکرد قابل‌قبولی داشته و هم محصول تولیدی از روغن بالایی برخوردار است، به‌همراه کاربرد کود زیستی کریس در شرایط آب‌وهوایی مشابه قابل‌توصیه است.

۷. تشکر و قدردانی

از راهنمایی‌های استاد بزرگوار جناب آقای دکتر سعید دوازده امامی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، که برای اجرای طرح مذکور یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

حسینی، سمانه؛ رفیعی‌الحسینی، محمد و روشندل، پرتو (۱۳۹۷). تأثیر پیش تیمار میدان مغناطیسی بر رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه دان‌سیاه (*Guizotia abyssinica* (L.F) Cass) تحت شرایط تنش خشکی. *فرایند و کارکرد گیاهی*. ۷ (۲۷)، ۲۱۹-۲۳۶.

حسینی، یاسر؛ رمضانی مقدم، جواد؛ نیکپور، محمدرضا و عبدلی، عطیه (۱۳۹۷). ارزیابی عملکردهای جذب آب در شرایط تنش خشکی و شوری هم‌زمان در گیاه گوجه‌فرنگی. *مجله تحقیقات آب در کشاورزی*. ۳۲ (۲)، ۲۴۷-۲۶۵.

حسینی‌فرد، مرجان‌السادات؛ قربانی جاوید، مجید؛ سلطانی، الیاس؛ اله‌دادی، ایرج و کهریزی، دانیال (۱۴۰۱). بررسی عملکرد دانه و محتوای روغن ۴۰ لاین هاپلوئید مضاعف کاملینا (*Camelina sativa* L.). *به زراعی کشاورزی*. ۲۴(۲)، ۴۹۷-۵۰۹. Doi: 10.22059/jci.2021.331945.2622

سواری، مسلم؛ برفیزاده، لیلا و اسدی، زینب (۱۳۹۹). تأثیر سرمایه اجتماعی بر دستیابی به امنیت غذایی در شرایط خشکسالی. نمونه تحقیق: سکونتگاه‌های روستایی شهرستان درود. *فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. ۳۲، ۱-۲۸.

فلاح، فرشاد؛ کهریزی، دانیال؛ رضایی‌زاد، عباس؛ زبرجدی، علیرضا و زارعی، لیلا (۱۳۹۹). بررسی تنوع و پارامترهای ژنتیکی پروفایل اسیدچرب در لاین‌های هاپلویید مضاعف در گیاه دانه روغنی کاملینا (*Camelina sativa* L.). *پژوهش‌های ژنتیک گیاهی*. ۶ (۲)، ۷۹-۹۶.

میرموسوی، حسین و کیانی، حدیث (۱۳۹۶). بررسی طبقه‌بندی اقلیمی کوپن در ایران در سال ۱۹۷۵ و مقایسه آن با خروجی مدل MIROC برای سال‌های ۲۰۳۰، ۲۰۵۰، ۲۰۸۰ و ۲۱۰۰ تحت سناریوهای A1B و A2 (با تأکید بر موضوع تغییر اقلیم)، *نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۶ (۲). ۵۹-۷۲.

واثقی، آزاده. و دوازده امامی، سعید (۱۳۹۳). بررسی ویژگی‌های زراعی، فنولوژیکی و کیفی دانه‌های روغنی جدید (*Guizotia abyssinica*) در تاریخچه کاشت‌های مختلف در منطقه اصفهان. *مجله تولید دانه های روغنی*. ۲ (۲)، ۱۸-۳۵.

References

Bhusari, S. A., Gaikwad, S. R., Kutawal, M. M., & Kasle, S. (2020). Effect of graded levels of fertilizer and plant density on growth, yield and quality of Niger (*Guizotia abyssinica* Cass), *The Pharma Innovation Journal*, 9(12), 19-21.

Borges, B. M. M. N., Strauss, M., Camelo, P. A., Sohi, S. P., & Franco, H. C. J. (2020). Re-use of sugarcane residue as a novel biochar fertiliser - Increased phosphorus use efficiency and plant yield. *Journal of Cleaner Production,* 262, 121406. Doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121406.

Chețan, F., Chețan, C., Bogdan, I., Ioan Pop, A., Moraru, P., & Rusu, T. (2021). The effects of management (tillage, fertilization, plant density) on Soybean yield and quality in a three-year experiment under Transylvanian Plain climate conditions. *Land*, 10(2), 1237-1249. Doi: 10.3390/land10020200.

Dahham, A. (2022). The effect of nitroxin application and drought Stress on growth and yield of two Persian and Iraqi Celery Populations, *Earth and Environmental Science*, 735, 12-26, DOI 10.1088/1755-1315/735/1/012046.

Davari, K., Rokhzadi, A., & Mohammadi, K. (2022). Paclobutrazol and Amino Acid-Based Biostimulant as Beneficial Compounds in Alleviating the Drought Stress Effects on Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22, 674-690, Doi: org/10.1007/s42729-021-00677-9

Elnahal, A.S.M., El-Saadony, M.T., & Saad, A.M. (2022). The use of microbial inoculants for biological control, plant growth promotion, and sustainable agriculture: A review. *European Journal of Plant Pathology*, 162, 759-792 Doi:/10.1007/s10658-021-02393-7.

Fallah, F., Kahrizi, D., Rezaeizad, A., Zebarjadi, A. R., & Zarei, L. (2020). Evaluation of genetic variation and parameters of fatty acid profile in doubled haploid lines of *Camelina sativa* L. *Plant Genetic Researches*, 6(2), 79-96. (In Persian).

Gamez, A.L., Soba, D., Zamarreño, A.M., García-Mina, J.M., Aranjuelo, I., & Morales F. (2019). Effect of water stress during grain filling on yield quality and physiological traits of Illpa and Rainbow quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*.) cultivars. *Plants,* 8(6), 173-188. DOI: 10.3390/plants8060173

Gu, Y., Meng, D., Yang, S., Xiao, N., Li, Z., Liu, Z., Li, L., Zeng, X., Zeng, S., & Yin, H. (2019). Invader-resident community similarity contribute to the invasion process and regulate biofertilizer effectiveness. J*ournal of Cleaner Production*, 241(3), 118278. Doi:10.1016/j.jclepro.2019.118278.

Hosseini, S., Rafiei Al-Hosseini, M., & Roshandel, P. (2017). The effect of magnetic field pretreatment on the growth and activity of antioxidant enzymes of black bean plant under drought stress conditions. *Journal of plant process and function*, 7(27), 219-235. (In Persian).

Hosseini, Y., Ramezani Moghadam, J., Nikpour, M. R., & Abdoli, A. (2018). Evaluation of water absorption functions under simultaneous drought and salinity stress conditions in tomato plants. *Journal of Water Research in Agriculture,* 32 (2), 247-265. (In Persian).

Hosseinifard, M., Ghorbani Javid, M., Soltani, E., Allah dadi, I., & Kahrizi, D. (2022). Evaluation of Seed Yield and Oil Content of 40 Camelina (*Camelina sativa* L.) Doubled Haploid Lines. *Journal of Crops Improvement*, *24*(2), 497-509. Doi: 10.22059/jci.2021.331945.2622. (In Persian).

Jagadish, T., Sudarshan, D., Krishna Prasad, D., Somsubhra, C., Ram, K., Sudarshan, B., Lal Prasad, A., Vinod, K., Saiful, I., & Kaushik, M. (2021). Improved nutrient management in cereals using Nutrient Expert and machine learning tools: Productivity, profitability and nutrient use efficiency. *Agricultural Systems*, 192, 458-469. Doi:10.1016/j.agsy.2021.103181.

Kavya, S., Naik, H., & Varadahalli, R. (2017). Induction of antioxidant system in Niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) under drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 12(41), 3037-3044.

Kour, D., Rana, K. L., Yadav, A. N., Yadav, N., Kumar, M., Kumar, V., & Saxena A. K. (2020). Microbial biofertilizers: Bioresources and eco-friendly technologies for agricultural and environmental sustainability. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology,* 23, 101487. Doi: 10.1016/j.bcab.2019.101487.

Meena, V., Singh, M., Kumar, P., Bisht, J., Kumar, P., & Arunava, S. (2017). Agriculturally important microbes for sustainable agriculture paenibacillus polymyxa: A prominent biofertilizer and biocontrol agent for sustainable agriculture. *Sustainable Agriculture,* 165-191. Doi: 10.1007/978-981-10-5343-6_6.

Mirmusavi, H., & Kiyani, H. (2017). Investigating the climatic classification of Kopen in Iran in 1975 and comparing it with the output of the MIROC model for the years 2030, 2050, 2080 and 2100 under A1B and A2 scenarios (with an emphasis on the issue of climate change), *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 6(22), 59-72. (In Persian).

Naik, H., Kavya; D., & Varadahalli R. (2020). Genomic identification of salt induced microRNAs in Niger (*Guizotia abyssinica Cass.*). *Plant Gene*, 23(6), 100242. Doi:10.1016/j.plgene.2020.100242.

Pashang, D., Weisany, W., & Ghajar, F. (2021). Changes in the Fatty Acid and Morphophysiological Traits of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Cultivars as Response to Auxin under water-deficit stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21, 2164-2177. Doi: 10.1007/s42729-021-00512-1.

Savari, M., Barfizdeh, L., & Asadi, Z. (2021). The effects of social capital on achieving food security in drought conditions. Research sample: rural settlements of Durood city. *Quarterly Journal of Geography and Environmental Planning*, 32, 1-28. (In Persian).

Shu, Z. W., Weia, G., Fua, J., Zhoua, Y., Wanga, X., Lia, L., Maac, W., & Fanga, C. (2020). Application of biofertilizers increases fluoroquinolone resistance in Vibrio parahaemolyticus isolated from aquaculture environments. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 592-600. Doi:10.1016/j.marpolbul.2019.110592.

Szuba-Trznade, A., Hikawczuk, T., Jama-Rodzeńska, A., & Fuchs, B. (2022). The effect of harvest date on the chemical composition and fodder yield of *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass. Under the climatic conditions of south-west Poland, *Agriculture*, 12(4), 481-491. Doi: 10.3390/agriculture12040481.

Talukdar, M., Kumar, D., Pratap, S., & Singh Bhadoria, B. (2022). Effect of IAA and BAP application in varying concentration on seed yield and oil quality of *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass, *Annals of Agricultural Sciences*, 67(1), 15-23, Doi: .1016/j.aoas.2022.02.002.

Van Zanten, H. H. E., Van Ittersum, M. K., & De Boer, I. J. M. (2019). The role of farm animals in a circular food system, *Global Food Security*, 21, 18-22. Doi:10.1016/j.gfs.2019.06.003.

Vaseghi, A., & Davazdah Imami, S. (2014). Investigating the agronomic, phenological and qualitative characteristics of a new oilseed plant seed Niger (*Guizotia abyssinica*) in the history of different plantings in Isfahan region. *Journal of oilseed production*. 2(2), 18-35. (In Persian).

Zanetti, F., Gesch, R. W., Walia, M. K., Johnson, J. M. F., & Monti, A. (2020). Winter camelina root characteristics and yield performance under contrasting environmental conditions. *Field Crops Research*, 252, 107794. Doi:10.1016/j.fcr.2020.107794.