University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

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

Investigating the Effect of Planting Date and Shading on Yield and Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Ginger

Adel Abdimani[1] | Gholamali Akbari[2]✉ | Elias Soltani[3] | Majid Ghorbani Javid[4]

1. Department of Agronomy Sciences and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran. Email: adel.abdimani@ut.ac.ir
2. Corresponding author, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran. Email: Gakbari@ut.ac.ir
3. Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran. Email: elias.soltani@ut.ac.ir
4. Department of Agronomy Sciences and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran. Email: mjavid@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 12 September 2023
Received in revised form
9 March 2024
Accepted 15 April 2024
Published online 12 June 2024

Keywords:
Early planting
Ginger
Light intensity
Rhizome yield

ABSTRACT

Objective: The present study was conducted during the agricultural year 2021-2022 with the aim of investigating the effect of planting date and shading on yield and some quantitative and qualitative characteristics of ginger using a split plot design with three replications at the research farm of the Aboureihan Campus, located in the Pakdasht region of Tehran province.

Methods: In this study, the light level was controlled at four levels (no shading [full light], shading from August 7 until harvesting [light-shade], shading until August 6 [shade-light], and shading thoughout the growth period [full shading]) as the main factor and the secondary factor comprised the planting date at three levels (April 20, May 10, and May 31).

Results: The results indicted that applying full shading initially, and then transitioning to the shade-light treatment along with planting ginger on the 20th of April, had the most significant impact on increasing all the examined traits, including yield components, yield, and the percentage of essential oil in ginger rhizomes. The two mentioned treatments (full shading and shade-light) led to an approximately 29% increase in the number of rhizomes in ginger plants compared to both the full light treatment and the light-shading treatment. On the other hand, the highest ginger essential oil percentage (1.76%) was obtained in plants planted on the 20th of April, which was approximately 25% higher when compared to the essential oil percentage of plants planted on the 31st of May.

Conclusion: Implementing shading treatment on the planting date of April 20 could be a promising method for significantly increasing both the quantitative and qualitative yield of ginger under similar climatic conditions.

Cite this article: Abdimani, A., Akbari, Gh., Soltani, E., & Ghorbani Javid, M. (2024). Investigating the Effect of Planting Date and Shading on Yield and Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Ginger. *Journal of Crops Improvement*, 26 (2), 439-453. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.365283.2847

© The Authors.
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.365283.2847

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

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

بررسی اثر تاریخ کاشت و سایه‌اندازی بر عملکرد و برخی خصوصیات کمی وکیفی زنجبیل

عادل عبدایمانی[۱] | غلامعلی اکبری[۲]✉ | الیاس سلطانی[۳] | مجید قربانی جاوید[۴]

۱. گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران. رایانامه: adel.abdimani@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران. رایانامه: Gakbari@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: mjavid@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۳/۲۳

کلیدواژه‌ها:
زنجبیل
شدت نور
عملکرد ریزوم
کاشت زودهنگام

چکیده

هدف: مطالعه‌ی حاضر در سال ۱۴۰۱– ۱۴۰۰ با هدف بررسی اثر تاریخ کاشت و سایه‌اندازی بر عملکرد و برخی خصوصیات کمی وکیفی زنجبیل و به‌صورت کرت‌های خردشده و در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان واقع در منطقه پاکدشت استان تهران اجرا شد.

روش پژوهش: در این مطالعه کنترل سطح نور در چهار سطح (شامل عدم سایه‌دهی (نور کامل)، سایه‌دهی از ۱۶مردادماه تا زمان برداشت (نور– سایه)، سایه‌دهی تا ۱۵ مردادماه (سایه– نور) سایه‌دهی کل دوره رشد (سایه‌دهی کامل)) به‌عنوان فاکتور اصلی و تاریخ‌کاشت در ۳ سطح (شامل ۳۱ فروردین، ۲۰ اردیبهشت و ۱۰ خرداد) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد اعمال سایه‌دهی کامل در درجه اول و پس از آن اعمال سایه– نور به‌همراه کاشت زنجبیل در تاریخ ۳۱ فروردین‌ماه، بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش معنی‌دار تمام صفات موردبررسی شامل اجزای عملکرد، عملکرد و درصد اسانس ریزوم در زنجبیل داشت. دو تیمار ذکرشده (سایه‌دهی کامل و سایه– نور)، موجب افزایش حدود ۲۹ درصدی تعداد ریزوم در بوته زنجبیل در مقایسه با تیمار نور کامل و تیمار نور– سایه شدند. از طرفی بیش‌ترین درصد اسانس زنجبیل (۱/۷۶ درصد)، در گیاهان کاشته‌شده در تاریخ ۳۱ فروردین‌ماه حاصل شد که این مقدار در مقایسه با درصد اسانس گیاهان کاشته‌شده در تاریخ ۱۰ خردادماه حدود ۲۵ درصد بیش‌تر بود.

نتیجه‌گیری: اعمال تیمار سایه‌دهی در تاریخ کاشت ۳۱ تیرماه، به‌عنوان روشی امیدبخش جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی ریزوم زنجبیل در شرایط آب‌وهوایی مشابه قابل‌توصیه است.

استناد: عبدایمانی، عادل؛ اکبری، غلامعلی؛ سلطانی، الیاس و قربانی جاوید، مجید (۱۴۰۳). بررسی اثر تاریخ کاشت و سایه‌اندازی بر عملکرد و برخی خصوصیات کمی وکیفی زنجبیل. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۶ (۲)، ۴۵۳-۴۳۹. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.365283.2847

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. مقدمه

داروهای گیاهی به‌دلیل سمیت و عوارض جانبی کم‌تر در مقایسه با داروهای معمول مصرفی، توجه بسیاری از متخصصین و پژوهش‌گران را به خود جلب کرده است (گوتهامی[1] و همکاران، ۲۰۲۱). توسعه کشت زراعی گیاهان دارویی علاوه بر نقشی که در تأمین سلامت جامعه دارد، به‌دلیل ایجاد تنوع کشت در سیستم کشاورزی، اشتغال‌زایی، جلوگیری از فرسایش ژنتیکی گونه‌های دارویی ارزشمند و افزایش صادرات غیرنفتی، بر ضرورت انجام پژوهش‌های به‌زراعی درباره شناسایی و معرفی گونه‌های قابل‌کشت این گیاهان می‌افزاید (خواجه بیشک و همکاران، ۱۳۹۷).

زنجبیل با نام علمی *Zingiber officinalis* گیاهی تک‌لپه، دیپلوئید (۲x= ۲۲) و یکی از گیاهان دارویی مهم دنیا است که علاوه بر کاربرد در طب سنتی، به‌عنوان مکمل غذایی و دارویی در علم پزشکی نوین نیز کاربرد دارد. این گیاه در ایران باستان به نام ژنگویر شناسایی و مورداستفاده خوراکی و پزشکی قرار می‌گرفته است (سلیمانی و همکاران، ۱۴۰۲). جنس *Zingiber*، متعلق به خانواده *Zingiberaceae*، شامل حدود ۸۵ گونه گیاهی است که بیش‌تر در آسیا، آمریکای جنوبی و آفریقا رشد می‌کنند. اگرچه اعضای مختلف این جنس از نظر مورفولوژی تا حدودی مشابه هستند، اما از نظر خصوصیات دارویی و درمانی تفاوت زیادی دارند (نعمتی[2] و همکاران، ۲۰۲۱). بسیاری از انواع زنجبیل تا ۶ درجه سانتی‌گراد مقاوم هستند. اما نمی‌توانند خاک یخ‌زده را تحمل کنند. دمای پایه برای زنجبیل ۱۴ درجه سانتی‌گراد، رژیم دمایی مناسب برای عملکرد بهینه ریزوم در حدود ۱۵– ۲۵ درجه، حداکثر دما در روز ۳۲ درجه سانتی‌گراد و در شب ۲۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و در صورت افزایش دما بیش‌تر از ۳۲ درجه سانتی‌گراد گیاه دچار برگ‌سوزی می‌شود (داس[3] و همکاران، ۲۰۲۲). بر این اساس به‌منظور افزایش عملکرد کمی و بهبود کیفت این محصول، بررسی و شناخت پاسخ آن به مدیریت صحیح زراعی از جمله اثرات نور و سایه اندازی و هم‌چنین زمان کاشت و برداشت بسیار ضروری می‌باشد.

۲. پیشینه پژوهش

۲. ۱. پیشینه نظری

با افزایش شدت نور، ظرفیت فتوسنتز و رشد گیاه افزایش می‌یابد. به‌عبارت دیگر، شدت نور نه‌تنها در فرایند فتوسنتز و تولید غذا بلکه در رشد و نمو گیاه عامل مهمی محسوب می‌گردد. به‌طوری‌که تغییرات در شدت نور و شبکه سایه، منجر به تغییر سنتز ترکیبات دارویی در گیاهان می‌شود (قربان‌زاده[4] و همکاران، ۲۰۲۱). سایه‌دهی می‌تواند اثرات سوء تنش خشکی را نیز در گیاهانی مانند زنجبیل که دارای نقاط اشباع نورکم هستند، کاهش دهد (ژائو[5] و همکاران، ۲۰۲۲). تجزیه و تحلیل نقشه حرارتی پروتئین‌های متفاوت بیان‌شده در زنجیره انتقال الکترون فتوسنتز نشان داده است که سایه‌دهی بیان پروتئین‌های مرتبط با فتوسنتز را به طریقی افزایش می‌دهد که به‌نظر می‌رسد انتقال الکترون فتوسنتز را تسهیل می‌کند. به‌طوری‌که رشد زنجبیل با کاهش انتقال نور و افزایش رطوبت نسبی و دمای هوا افزایش می‌یابد (دنگ[6] و همکاران، ۲۰۲۳). سایه‌دهی به میزان قابل‌توجهی بیان پروتئین‌های مربوط به مجموعه برداشت نور را حتی در شرایط تنش خشکی افزایش می‌دهد. زنجبیل مقدار زیادی از انرژی نور

1. Gowthami
2. Nemati
3. Das
4. Ghorbanzadeh
5. Zhou
6. Deng

جذب‌شده را به‌صورت گرما پراکنده می‌کند و با کاهش همزمان میزان فتوسنتز، از آسیب رسیدن به سیستم فتوسنتز جلوگیری می‌کند (ژائو[1] و همکاران، ۲۰۲۲)

از سوی دیگر انتخاب تاریخ کاشت مناسب، به‌علت ضرورت استفاده حداکثر از منابع محیطی در فصل رشد دارای اهمیت است، زیرا با تأخیر در کاشت ممکن است مراحل نموی تعیین‌کننده اجزای عملکرد در معرض عوامل نامساعد محیطی قرار گرفته و قابلیت تولید اقتصادی گیاه را کاهش دهد (شرما[2] و همکاران، ۲۰۲۲). بر این اساس تولید بیش‌تر ماده خشک در کاشت زودهنگام، به‌دلیل طولانی‌شدن دوره رشد رویشی و زایشی محقق می‌شود. از طرفی عملکرد اندام رویشی و مقدار اسانس و ماده مؤثره تولیدی در زنجبیل تحت تأثیر طول روز قرار می‌گیرد. بنابراین تعیین دقیق مراحل مختلف فنولوژیکی زنجبیل امکان استفاده از حداکثر ظرفیت محیطی جهت دستیابی به بیش‌ترین عملکرد اندام رویشی و ماده مؤثره تولیدی در طول زمان حیات این گیاه را ممکن می‌سازد (داس[3] و همکاران، ۲۰۲۲).

۲. ۲. پیشینه تجربی

در آزمایشی با تیمار مخلوط کشت گیاهان زنجبیل و ذرت شیرین شامل (کنترل بدون هیچ نوع سایه)، (مخلوط کشت زنجبیل چهار بوته و ذرت شیرین چهار بوته در مترمربع)، (مخلوط کشت زنجبیل چهار بوته و ذرت شیرین هشت بوته در مترمربع) در هوای آزاد، (مخلوط کشت گیاهان زنجبیل و ذرت در سایه ۶۰ درصد و سایه ۳۰ درصد) و (مخلوط کشت گیاهان زنجبیل و ذرت در پوشش پلاستیکی و سایه ۶۰ درصد و سایه ۳۰ درصد) نشان داده شد که بیش‌ترین مقادیر ارتفاع گیاه، تعداد برگ گیاه، سطح برگ و ماده خشک در تیمار ۶۰ درصد سایه و پوشش پلاستیکی مشاهده شد. نتایج محتویات شیمیایی ریزوم‌ها (روغن فرار، الیاف و نشاسته) نیز نشان داد که ۱۲۰ روز پس از کاشت بیش‌ترین مقدار روغن فرار در (سایه ۶۰ درصد و پوشش پلاستیکی) به‌دست آمد، درحالی‌که کم‌ترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده شد. بیش‌ترین مقدار فیبر و نشاسته نیز در تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار آن‌ها در (سایه ۶۰ درصد و پوشش پلاستیکی) یافت شد (علی[4] وهمکاران، ۲۰۱۹).

زنجبیل یک گیاه سایه‌دوست است. مطالعات انجام شده نشان داده است که تغییر در شدت نور می‌تواند پارامترهای رشد و عملکرد زنجبیل را تغییر دهد (دنگ[5] و همکاران، ۲۰۲۳). مقدار ترکیبات مؤثر گیاهان دارویی از جمله ترکیبات فنولی ارتباط نزدیکی با فنولوژی گیاه، ژنوتیپ، اندام گیاهی، شرایط محیطی و مدیریت مزرعه به‌ویژه زمان برداشت و شرایط پس از برداشت دارد. زمان کاشت و زمان برداشت هم‌چنین بر کیفیت ریزوم زنجبیل از جمله محتوای روغن، ماده خشک و مقدار اولئورزین تأثیر به‌سزایی دارد (آناند[6] و همکاران، ۲۰۱۹).

بررسی تاریخ کاشت زنجبیل در (۲۵ فروردین‌ماه، ۱۰ اردیبهشت‌ماه، ۲۵ اردیبهشت‌ماه، ۱۰ خردادماه و ۲۵ خردادماه) و فاصله بین ردیف‌ها به‌عنوان تیمارهای فرعی (۲۵×۱۵، ۲۵×۲۵ و ۲۵×۳۵ سانتی‌متر) نشان داد که کاشت ۲۵ فروردین به‌طور قابل‌توجهی بالاترین شاخص برداشت و تیمار کاشت در ۱۵ آوریل و فاصله ۲۵×۱۵ سانتی‌متر، بیش‌ترین ارتفاع، عملکرد در هکتار و زنجبیل خشک را در پی داشته است (ژائو[7] و همکاران، ۲۰۲۲). بررسی سه تاریخ کاشت به‌عنوان

1. Zhou
2. Sharma
3. Das
4. Aly
5. Deng
6. Anand
7. Zhou

تیمار اصلی (۱۰ فروردین‌ماه، ۱۰ اردیبهشت‌ماه و ۱۰ خردادماه) و پنج زمان برداشت به‌عنوان تیمارهای فرعی (۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ ماه) نشان داد که زمان کاشت بر همه صفات کمی و کیفی زنجبیل (به‌جز محتوای فیبر) تأثیر معنی‌داری داشته است. در مجموع نیز کشت ریزوم‌ها در ۱۰ اردیبهشت‌ماه بیش‌ترین ماده خشک (عملکرد) را به‌همراه داشته است. زمان برداشت نیز به‌طور معنی‌داری بر کیفیت زنجبیل تأثیر داشته، به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن تر و میزان اسانس در گیاهانی که پس از هشت ماه برداشت شده بودند، مشاهده شد (برتیلا[1] و همکاران، ۲۰۲۰).

زنجبیل بومی آسیای جنوب‌شرقی می‌باشد و در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان پرورش یافته و در بسیاری از نقاط دنیا مانند چین، هند، مالزی، نیجریه و استرالیا کشت شده است، این در حالی است که کل نیاز داخلی کشور به زنجبیل (ریزوم تازه برداشت‌شده و زنجبیل خشک) از طریق واردات از خارج تأمین می‌شود و سابقه‌ای از کشت‌وکار انبوه و اقتصادی این محصول در کشور ما وجود ندارد و پژوهش و مطالعه‌ای تحت شرایط جغرافیایی و اقلیمی کشور از سازگاری، اصول بهره‌برداری و مسائل به‌زراعی این گیاه موجود نمی‌باشد (خواجه‌بیشک و همکاران، ۱۳۹۷). بدیهی است در صورت عدم وجود اطمینان از سازگاری این گیاه ارزشمند، امکان هر گونه برنامه‌ریزی اقتصادی برای انجام کشت انبوه و اقتصادی آن به‌دلیل عدم امکان محاسبه سودآوری کشت، از مهم‌ترین مشکلات پیش‌روی توسعه کشت این گیاه در ایران خواهد بود. بنابراین ازآنجایی‌که یکی از اقدامات اولیه در خصوص بررسی سازگاری و زراعی‌کردن گیاهان دارویی، تعیین تاریخ کاشت مناسب این گیاهان (گوتهامی[2] و همکاران، ۲۰۲۱) و بررسی ظرفیت استفاده‌ی آن‌ها از نور می‌باشد (قربان‌زاده[3] و همکاران، ۲۰۲۱)، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر تاریخ کاشت و سایه‌اندازی بر عملکرد و برخی خصوصیات کمی وکیفی زنجبیل بوده است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

مطالعه حاضر به‌صورت کرت‌های خردشده و در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان 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) در تاریخ ۱۴۰۰/۱/۳۰ اجرا 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 کنترل سطح نور در چهار سطح (شامل عدم سایه‌دهی (نور کامل)، سایه‌دهی از ۱۶ مردادماه تا زمان برداشت (نور–سایه)، سایه‌دهی تا ۱۵ مردادماه (سایه–نور) سایه‌دهی کل دوره رشد (سایه‌دهی کامل)) به‌عنوان فاکتور اصلی و تاریخ کاشت در سه سطح (شامل ۳۰ فروردین‌ماه، ۲۰ اردیبهشت‌ماه و ۱۰ خردادماه) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. در مجموع این آزمایش با ۱۲ ترکیب تیماری و سه تکرار، مشتمل بر ۳۶ کرت آزمایشی و هر کرت آزمایشی در ابعاد یک مترمربع و مجموعاً ۳۶ مترمربع و با کشت چهار بوته روی هر ردیف انجام شد و تراکم بوته ای معادل ۱۶ بوته در مترمربع حاصل گردید.

به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش، 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 یک میلی‌متری گذرانده شدند. سپس نمونه‌ها در آزمایشگاه از لحاظ برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی موردارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱).

1. Bertila
2. Gowthami
3. Ghorbanzadeh

جدول ۱. 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
۰-۳۰	۷/۸	۵/۲	۳۳۵	۶/۷	۰/۰۸	۰/۸۲	۲۷	۴۴	۲۹	سیلتی‌لوم

مصرف کود شیمیایی PK بر پایه ۲۰۰-۱۵۰ کیلو در هکتار و کود N بر پایه ۳۰۰ کیلو در هکتار و به‌صورت تقسیطی و مساوی در مرحله سه و شش‌برگی انجام شد. زنجبیل در مناطق با بارندگی سالیانه بیش از ۱۲۰۰ میلی‌متر به‌خوبی رشد می‌کند. کل نیاز آبی زنجبیل ۱۶۲۵ مترمکعب برای هر تن محصول برآورد شده است (داس[1] و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین، آبیاری زنجبیل بسته به شرایط آب‌وهوایی در فواصل ۴ تا ۷ روز موقع عصر و به روش تیپ اجرا و درهر دور آبیاری حدود ۲۰ میلی‌متر آب مصرف شد. هم‌چنین شدت تابش نور زیر سایه‌انداز و بالای سایه‌انداز با استفاده از دستگاه لوکس‌متر هر ۱۴ روز یک‌بار اندازه‌گیری و محاسبه شد و صفات کمی و کیفی ارزیابی شده در این پژوهش شامل تعداد پنجه در زمان برداشت، تعداد ریزوم در بوته، وزن تر و خشک ریزوم، عملکرد ریزوم و درصد اسانس بودند.

برای تعیین میزان رطوبت ریزوم، زنجبیل تازه ابتدا با آب شسته شده سپس در معرض هوا قرار داده شد تا آب موجود در سطح آن خشک شود. سپس با ترازوی دیجیتالی توزین‌شده تا وزن اولیه با محتوای رطوبت آن مشخص گردد. بعد از آن به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در اجاق قرار گرفت سپس دوباره توزین شد و وزن خشک به‌دست آمد.

استخراج اسانس (ترکیبات فرّار) در این پژوهش، با استفاده از دستگاه کلونجر (مدل: طرح بریتیشفارماکوپه، ساخت ایران) صورت گرفت. برای این منظور مقدار ۳۰ گرم از پودر هر کدام از گیاهان توزین‌شده، داخل بالن‌های ۱۰۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد سپس مقدار۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به محتویات بالن‌ها اضافه گردید و پس از به جوش‌آمدن آب داخل بالن‌ها، عمل اسانس‌گیری به‌مدت سه ساعت ادامه یافت. سپس مایع روغنی موجود در ظروف جمع‌آوری و ترکیبات غیرفرّار اسانس (اولئورزین) به روش استخراج با حلال به‌دست آمد. 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)[2] در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. برای رسم شکل‌ها از برنامه Excel استفاده گردید.

۴. یافته‌های پژوهش

نتایج داده‌ها نشان داد که تعداد پنجه در زنجبیل تحت تأثیر شدت نور و تاریخ کاشت قرار گرفت. به‌طوری‌که اثر ساده‌ی این تیمارها در سطح احتمال یک درصد و اثر برهمکنش دوگانه آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر برهمکنش شدت نور در تاریخ کاشت (شکل ۱) نشان داد که تیمار سایه‌دهی کامل بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش تعداد پنجه در زنجبیل داشته است. از طرف دیگر در تمامی تیمارهای نوری، بیش‌ترین تعداد پنجه در زنجبیل متعلق به گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۳۱ فروردین‌ماه بوده است و کم‌ترین تعداد پنجه نیز در گیاهان

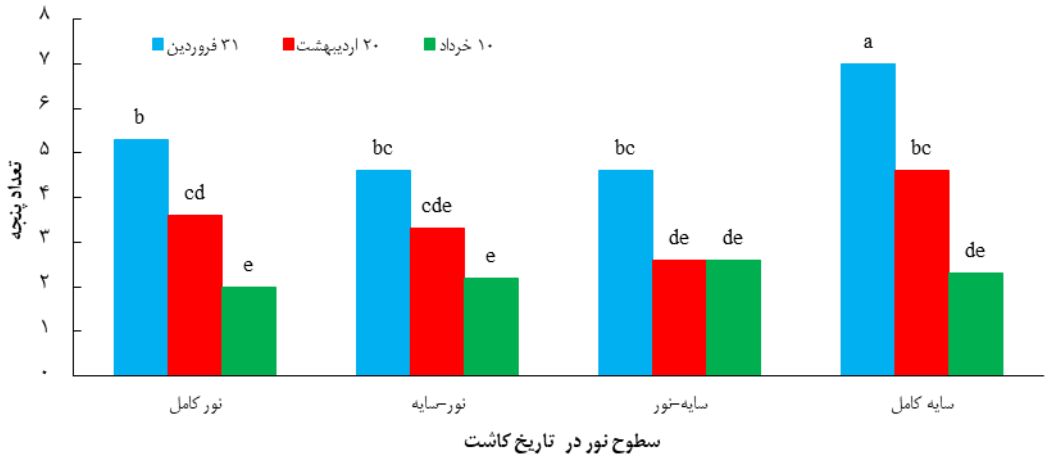
1. Das
2. Least Significant Difference

کشت‌شده در تاریخ ۱۰ خردادماه مشاهده شد (شکل ۱). به‌طوری‌که در مجموع بیش‌ترین تعداد پنجه (هفت پنجه) در گیاهان تحت تیمار سایه‌دهی کامل با تاریخ کاشت ۳۱ فروردین‌ماه و کم‌ترین تعداد پنجه (دو پنجه) نیز در گیاهان در معرض نور کامل با تاریخ کاشت ۱۰ خردادماه مشاهده شد (شکل ۱).

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات عملکرد گیاه زنجبیل تحت تأثیر تاریخ کاشت، تیمارهای آبیاری و سطوح مختلف کود زیستی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تعداد پنجه	ریزوم در بوته	وزن تر ریزوم	وزن خشک ریزوم	عملکرد	درصد اسانس
بلوک (R)	۲	۰/۲۵	۰/۳۶	۶۶/۳۲	۱/۶۱	۱۴۷۴۲۶۸	۰/۰۵
نور (A)	۳	۳/۵۸**	۱۳/۱۵**	۴۸۲۵/۵۲**	۱۵۲/۶۱**	۱۵۳۲۱۱۸۴۷**	۰/۶۳**
R*A	۶	۰/۲۵	۰/۹۳	۳۶/۲۸	۰/۷۵	۲۴۰۸۹۵۶	۰/۰۱
تاریخ کاشت (B)	۲	۳۰/۳۱**	۲۳/۴۲**	۶۳۵۸۷/۳۵**	۱۷۵۳/۸۲**	۱۵۵۱۱۳۵۳**	۰/۲۸*
A×B	۶	۱/۲۲*	۱/۲۱^{ns}	۱۵۸۵/۴۱**	۳۰۱۶/۴۷**	۵۴۸۵۸۲۲**	۰/۰۱^{ns}
خطا	۱۶	۰/۳۷	۱/۲۷	۱۱۹/۲۶	۳/۲۱	۳۳۴۸۶۹۲	۰/۰۳
CV%	–	۱۱/۳۲	۱۰/۹۸	۱۲/۱۴	۱۲/۵۲	۱۳/۱۳	۱۱/۵۹

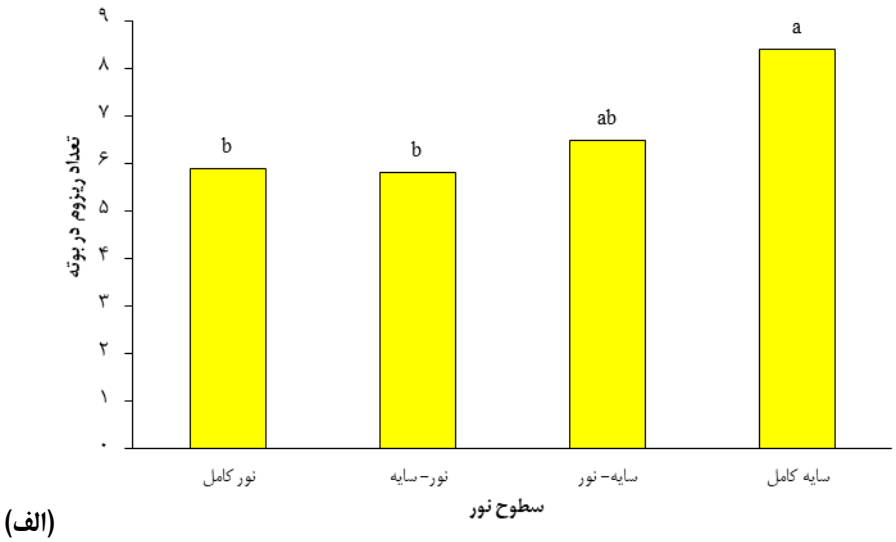
n.s، * و **: به‌ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.



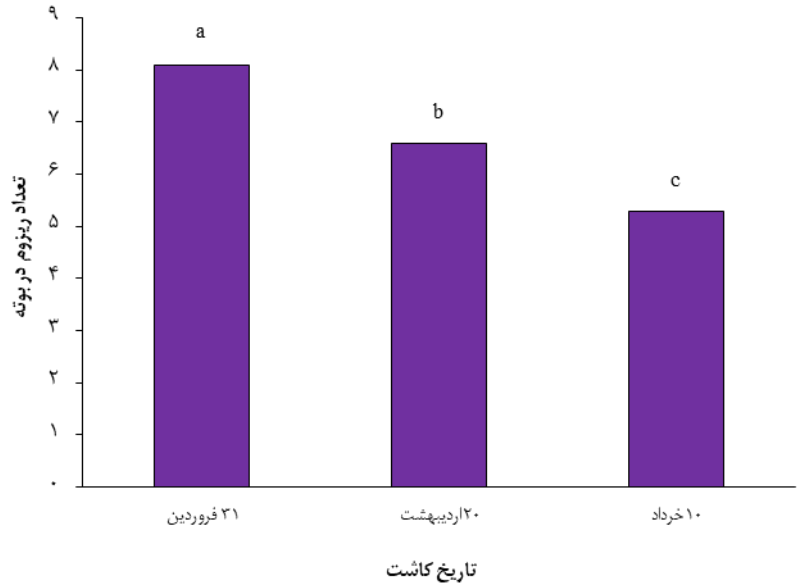
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر برهمکنش سطوح نور در تاریخ کاشت برتعداد پنجه در گیاه زنجبیل.

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

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده سطوح نور و تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد بر تعداد ریزوم در بوته زنجبیل معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که دو تیمار اعمال تیمار سایه‌دهی کامل و سایه‌دهی تا ۱۵ مردادماه (سایه– نور)، بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش تعداد ریزوم در بوته زنجبیل داشتند و موجب افزایش حدود ۲۹ درصدی این صفت در مقایسه با تیمار نور کامل و تیمارسایه‌دهی از ۱۶ مردادماه تا زمان برداشت (نور– سایه) شده‌اند (شکل ۲–الف). نتایج هم‌چنین نشان داد که تعداد ریزوم در بوته گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۳۱ فروردین‌ماه در مقایسه با گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۲۰ اردیبهشت‌ماه ۱۸/۵ درصد و در مقایسه با گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۱۰ خردادماه ۳۴/۵ درصد بیش‌تر بود (شکل ۲–ب). به‌عبارت دیگر، قرارگرفتن در سایه است (شکل ۲–الف) و کاشت زودهنگام (شکل ۲–ب)، تعداد ریزوم در بوته زنجبیل را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است.



(الف)

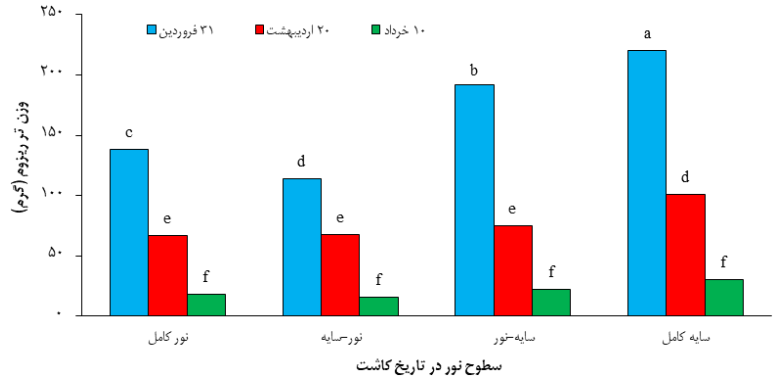


(ب)

شکل ۲. (الف) و (ب) به‌ترتیب اثر شدت نور و تاریخ کاشت بر تعداد ریزوم در بوته زنجبیل.

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

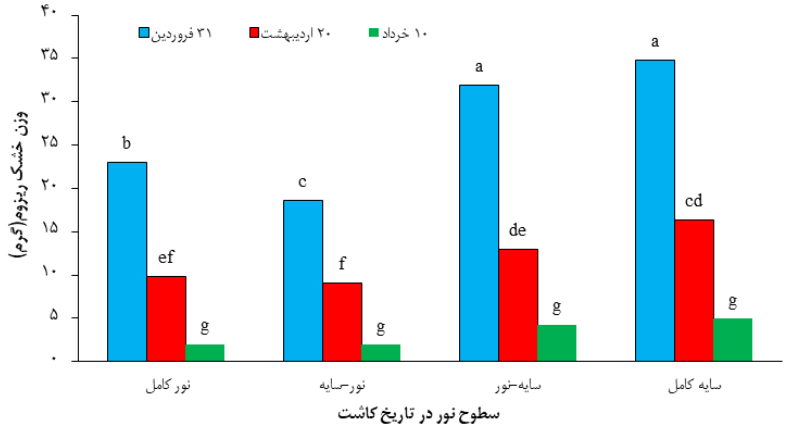
نتایج داده‌ها نشان داد که وزن تر ریزوم در زنجبیل تحت تأثیر شدت نور و تاریخ کاشت قرار گرفت. به‌طوری‌که اثرات ساده و برهمکنش این تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد گیاهان زنجبیل با تیمار سایه‌دهی گسترده و تاریخ کاشت زودهنگام، از وزن تر ریزوم بیش‌تری برخوردار بودند. به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن تر ریزوم در زنجبیل (۲۲۲ گرم) در تیمار سایه کامل با تاریخ کشت ۳۱ فروردین‌ماه مشاهده شد و پس از آن نیز تیمار سایه‌دهی تا ۱۵ مردادماه (سایه- نور) در رتبه دوم آماری از لحاظ وزن تر ریزوم (۱۹۲ گرم) قرار گرفت. هم‌چنین در تمامی تیمارهای نوری کم‌ترین مقدار وزن تر ریزوم مربوط به گیاهان کشت‌شده در تاریخ ۱۰ خردادماه بود (شکل ۳).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر برهمکنش سطوح نور در تاریخ کاشت بر وزن تر ریزوم در گیاه زنجبیل.

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

اثرات ساده و برهمکنش تیمارهای شدت نور و تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک ررریزوم معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌های این صفت (شکل ۴) نیز نشان داد که در تمامی تیمارهای نوری، گیاهان کاشته‌شده در تاریخ ۳۱ فروردین‌ماه از وزن خشک ریزوم بیش‌تری در مقایسه با گیاهان با تیمار نوری مشابه اما با تاریخ کشت متفاوت برخوردار بودند (شکل ۴). به‌عبارت دیگر، وزن خشک ریزوم زنجبیل تحت تیمارهای پژوهش، رفتاری همراستا با وزن تر ریزوم از خود نشان داده است. یعنی سایه‌دهی و کاشت زودهنگام بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش وزن خشک ریزوم زنجبیل داشتند. به‌طوری‌که در مجموع بیش‌ترین مقدار وزن خشک ریزوم در زنجبیل در تیمار سایه‌دهی کامل با تاریخ کاشت ۳۱ فروردین‌ماه مشاهده شد که این مقدار تفاوت معنی‌داری با وزن خشک ریزوم تحت تیمار سایه- نور با تاریخ کشت ۳۱ فروردین‌ماه نداشت.

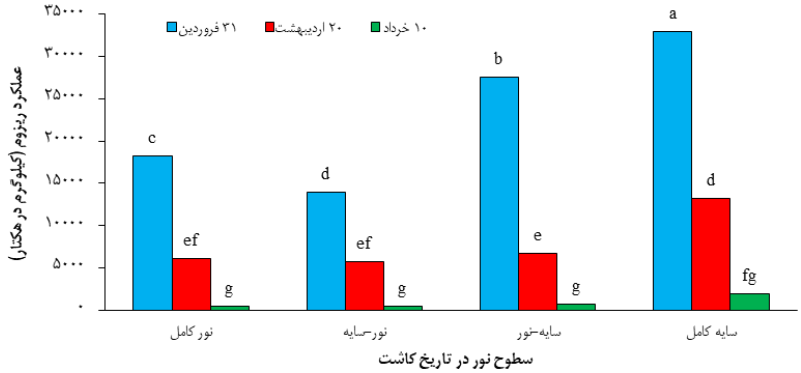


شکل ٤. مقایسه میانگین اثر برهمکنش سطوح نور در تاریخ کاشت بر وزن خشک ریزوم در گیاه زنجبیل.

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

عملکرد ریزوم در زنجبیل تحت تأثیر شدت نور و تاریخ کاشت قرار گرفت. به‌طوری‌که اثرات ساده و برهمکنش این تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر برهمکنش سطوح نوری در تاریخ کاشت نشان داد که تیمار سایه‌دهی کامل در هر سه تاریخ کاشت موردبررسی، منجر به افزایش عملکرد ریزوم

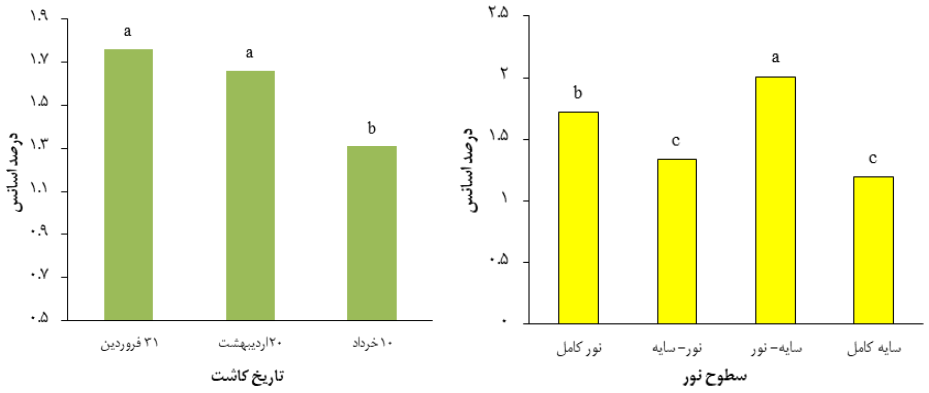
زنجبیل در مقایسه با تیمارهای نوری دیگر با تاریخ کاشت‌های مشابه داشته است با این وجود، کاشت زودهنگام (۳۱ فروردین‌ماه) گیاه زنجبیل در تمامی تیمارهای نوری بیش‌ترین افزایش عملکرد ریزوم را در مقایسه با دو تاریخ کاشت دیگر (۲۰ اردیبهشت‌ماه و ۱۰ خردادماه) داشته است (شکل ۵). به‌طوری‌که در مجموع بیش‌ترین عملکرد ریزوم زنجبیل (۳۲۹۰۶ کیلوگرم در هکتار) تحت تیمار سایه‌دهی کامل با تاریخ کاشت ۳۱ فروردین‌ماه و کم‌ترین میزان عملکرد نیز در تیمار نور کامل با تاریخ کاشت ۱۰ خردادماه مشاهده شد (شکل ۵).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر برهمکنش سطوح نور در تاریخ کاشت بر عملکرد ریزوم در گیاه زنجبیل.

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

اثر سطوح نور در سطح احتمال یک درصد و اثر تاریخ کاشت در سطح احتمال پنج درصد بر درصد اسانس زنجبیل معنی‌دار شد (جدول ۲). به‌طوری‌که سایه‌دهی تا ۱۵ مرداد (سایه– نور)، بیش‌ترین تأثیر را بر افزایش درصد اسانس در زنجبیل داشته است (شکل ۶– الف). در مورد اثر تریخ کاشت نیز مشخص شد که بیش‌ترین درصد اسانس زنجبیل (۱/۷۶ درصد)، در گیاهان کاشته‌شده در تاریخ ۳۱ فروردین‌ماه حاصل شد که این مقدار تفاوت معنی‌داری با درصد اسانس گیاهان کاشته‌شده در تاریخ ۲۰ اردیبهشت‌ماه (۱/۶۶) نداشت، اما در مقایسه با درصد اسانس گیاهان کاشته‌شده در تاریخ ۱۰ خردادماه حدود ۲۵ درصد بیش‌تر بود (شکل ۶– ب).



(الف) **(ب)**

شکل ٦. (الف) و (ب) به‌ترتیب اثر سطوح نور و تاریخ کاشت بر درصد اسانس در زنجبیل.

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

۵. بحث

تنظیم نور در گیاهان سایه‌دوست یک پدیده پیچیده است که توسط چند عامل تنظیم می‌شود. با توجه به این‌که زنجبیل یک گیاه سایه‌دوست است که به‌طور طبیعی در مناطق گرمسیری رشد می‌کند (سلیمانی و همکاران، ۱۴۰۲)، گزارش شده است که در شرایط سایه، سیگنال‌های هورمونی مانند اکسینو جیبرلین در گیاه زنجبیل فعال‌سازی می‌شوند. این هورمون‌ها می‌توانند به افزایش تولید پنجه‌ها در زنجبیل کمک کنند. به‌طوری‌که این شاخه‌ها معمولاً در بخش‌های تیره‌تر گیاه تشکیل می‌شوند و باعث افزایش تعداد پنجه می‌شوند. هم‌چنین سایه‌دهی بر فعال‌سازی برخی از ژن‌ها و عوامل تنظیم‌کننده رشد زنجبیل تأثیرگذار است و این امر موجب تولید بیش‌تر پنجه در زنجبیل می‌شود (کائو[1] و همکاران، ۲۰۲۰). در مورد اثر تاریخ کاشت بر تعداد پنجه زنجبیل نیز گزارش شده است که با کاشت زودهنگام، به‌طور معمول در فصل بهار یا تابستان، گیاه زنجبیل بیش‌ترین رشد خود را تجربه می‌کند. در این زمان، شرایط محیطی، مانند دما و رطوبت، برای رشد و تکثیر مناسب زنجبیل فراهم است (برتیلا[2] و همکاران، ۲۰۲۰). گزارش‌های ذکرشده نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند، به‌طوری‌که در این پژوهش نیز به‌نظر می‌رسد سایه‌دهی از طریق افزایش رشد شاخه‌های فرعی موجب افزایش تعداد پنجه در زنجبیل شده است. هم‌چنین به‌نظر می‌رسد کاشت زودهنگام زنجبیل به‌دلیل شرایط محیطی مناسب و رشد سریع، موجب به افزایش رشد و تولید بیش‌تر پنجه‌ها در این گیاه شده است.

ریزوم‌ها یا ریشه‌های گیاه در زیر سطح خاک قرار دارند و مسئولیت جذب عناصر غذایی و تثبیت گیاه را برعهده دارند. تیمار سایه‌دهی می‌تواند تعداد ریزوم‌ها را به‌طور غیرمستقیم تحت تأثیر قرار دهد. به‌طوری‌که سایه‌دهی، رشد ریشه‌ها را تحریک می‌کند بنابراین رشد ریشه‌ها در زیر سطح خاک افزایش می‌یابد و این امر باعث افزایش تعداد ریزوم‌ها در گیاهان ریشه‌ای می‌شود (سینگلا[3] و همکاران، ۲۰۲۲). هم‌چنین گزارش شده است که با ایجاد شرایط سایه، عملکرد سیستم ریشه در زنجبیل بهبود و جذب عناصر غذایی توسط این گیاه تسهیل و افزایش می‌یابد. این موضوع منجر به تغذیه بهتر و رشد بیش‌تر ریزوم‌ها می‌شود. از طرفی فعالیت هورمون‌های رشد گیاهی مانند اکسین‌ها و سایتوکینین‌ها که در تنظیم رشد ریزوم‌ها نقش دارند تحت تأثیر سایه‌دهی افزایش می‌یابد که این امر نیز به نوبه خود تعداد ریزوم در زنجبیل را افزایش می‌دهد (کائو و همکاران، ۲۰۲۰). تاریخ کاشت در گیاهان ریشه‌ای سایه‌دوست می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر تعداد ریزوم‌ها داشته باشد. این تأثیر بستگی به نوع گیاه و شرایط محیطی مرتبط با آن دارد. بر این اساس تاریخ کاشت در فصل‌های مختلف سال می‌تواند تأثیرات متفاوتی روی تعداد ریزوم‌ها داشته باشد. برخی از گیاهان ریشه‌ای سایه‌دوست ممکن است در فصل بهار بهتر رشد کنند و تعداد ریزوم‌های بیش‌تری تولید کنند. در مقابل، برخی گیاهان ریشه‌ای سایه‌دوست ممکن است در فصل پاییز بهتر رشد کنند و تعداد ریزوم‌های بیش‌تری تشکیل دهند. به‌عنوان مثال، زنجبیل معمولاً در فصل بهار کاشته می‌شود و در این فصل تعداد ریزوم‌های بیش‌تری تولید می‌کند (دوت[4] و همکاران، ۲۰۲۲). شرایط محیطی مانند دما، رطوبت، نور و خاک نیز می‌توانند در تعداد ریزوم‌های تولیدشده در زنجبیل تأثیرگذار باشند. به‌طوری‌که این گیاه معمولاً در دماهای معتدل و خنک بهتر رشد می‌کنند و ممکن است در این شرایط تعداد ریزوم‌ها بیش‌تر باشد. از طرفی با کاشت زودهنگام، گیاه زنجبیل ممکن است به مرحله بلوغ زودرس برسد. به این معنی که زمان تشکیل ریزوم‌ها و رشد آن‌ها کوتاه‌تر شده و بیش‌ترین تولید را دارد. این موضوع باعث افزایش تعداد ریزوم‌ها در گیاه زنجبیل می‌شود (احمدزهید[5] و همکاران، ۲۰۲۱).

1. Cao
2. Bertila
3. Singla
4. Dutt
5. Ahmad Zahid

تأثیرات سایه‌دهی بر وزن تر ریزوم‌ها در گیاهان به عوامل متعددی از جمله نوع گیاه، شرایط رشد، و نوع و مدت زمان سایه‌دهی بستگی دارد (سلیمانی و همکاران، ۱۴۰۲). به‌طوری‌که بنا به گزارش‌های سایه‌دهی تولید اسیدجیبرلیک را در گیاه زنجبیل افزایش می‌دهد. و افزایش این ترکیب بیولوژیکی در گیاه به رشد بیش‌تر ریشه و افزایش وزن تر ریزوم‌ها منجر می‌شود. به‌عبارت دیگر، سایه‌دهی می‌تواند رشد ریشه را تشدید کند که با افزایش رشد ریشه‌ها، تعداد ریزوم‌ها نیز افزایش می‌یابد و بهبود وزن تر ریزوم‌ها را به‌همراه دارد (کائو[1] و همکاران، ۲۰۲۰). سایه‌دهی می‌تواند جذب عناصر غذایی از خاک توسط ریشه‌ها را بهبود بخشد. و بهبود جذب مواد مغذی می‌تواند به رشد ریشه و افزایش تعداد ریزوم‌ها کمک کند و وزن تر آن‌ها را افزایش دهد (نعمتی[2] و همکاران، ۲۰۲۱). کاشت زودهنگام به‌معنای ایجاد شرایط رشد محیطی مناسب برای رشدونموی گیاه است. در این شرایط، دما، رطوبت و سایر عوامل محیطی می‌توانند بهبود یابند و منجر به رشد بهتر ریزوم‌ها و افزایش وزن تر آن‌ها شوند (چادری[3] و سیدهو[4]، ۲۰۲۰). در مورد گیاه زنجبیل گزارش شده است که کاشت زودهنگام (کاشت در اوایل بهار) ممکن است رشد سریع‌تر ریشه‌ها را در این گیاه تحریک کند. با رشد سریع ریشه‌ها، ریزوم‌ها نیز به سرعت رشد می‌کنند و وزن تر آن‌ها افزایش می‌یابد (کاسچ[5] و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین در مجموع به‌نظر می‌رسد، سایه‌دهی همراه با کاشت زودهنگام، از طریق اثراتی مانند تولید محرک‌های رشد ریشه، تنظیم هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی می‌تواند به افزایش تعداد و وزن تر ریزوم‌ها در گیاه زنجبیل منجر شود.

در مورد تأثیر سایه‌دهی بر وزن خشک ریزوم در زنجبیل نیز گزارش شده است که سایه‌دهی با تأثیر مستقیم بر سیستم جذب نور، ظرفیت فتوسنتز در زنجبیل را افزایش می‌دهد که این موضوع افزایش تولید مواد آلی شامل قندها، نشاسته و سایر ترکیبات ذخیره‌ای که در ریزوم‌ها ذخیره می‌شوند را به‌همراه دارد و باعث افزایش وزن خشک ریزوم در این گیاه می‌شود (نایر[6] و همکاران، ۲۰۱۹). هم‌چنین گزارش شده است که با افزایش زمان سایه در طول فصل رشد، جذب عناصر غذایی از خاک توسط ریشه‌های زنجبیل بهبود می‌یابد. بهبود و افزایش جذب عناصر غذایی نیز به نوبه خود منجر به افزایش تولید و ذخیره عناصر غذایی در ریزوم‌ها شود و در نتیجه وزن خشک ریزوم‌ها در زنجبیل افزایش می‌یابد (کاسچ و همکاران، ۲۰۲۲).

تاریخ کاشت زودهنگام می‌تواند رشد سریع‌تر ریشه‌ها را در گیاهان سایه‌دوست ریشه‌ای تحریک کند. با افزایش رشد ریشه‌ها و همراستا با تغییرات وزن تر، حجم ریزوم‌ها نیز افزایش می‌یابد که به افزایش وزن خشک ریزوم‌ها نیز منجر می‌شود (چادری و سیدهو، ۲۰۲۰). به‌عبارت دیگر، تمام عواملی که در اثر کاشت زودهنگام موجب افزایش وزن تر و آبدار ریزوم در زنجبیل می‌شوند، به‌طور غیرمستقیم بر افزایش وزن و ماده خشک ریزوم در این گیاه نیز تأثیرگذار هستند (کاسچ و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین، تاریخ کاشت زودهنگام در زنجبیل احتمالاً موجب افزایش رشد طولی و عرضی ریشه‌ها و تسهیل جذب مواد غذایی و در نتیجه تولید بیش‌تر ترکیبات فتوسنتزی و افزایش وزن خشک ریزوم‌ها می‌شود.

نایر و همکاران (۲۰۱۹)، گزارش کردند که سایه‌دهی می‌تواند تراکم کلروفیل در برگ‌ها را افزایش دهد. این افزایش کلروفیل منجر به افزایش فعالیت فتوسنتزی و تولید مواد آلی در برگ‌ها می‌شود. ماده آلی تولیدشده سپس به ریزوم‌ها منتقل می‌شود و باعث افزایش عملکرد ریزوم می‌شود. این در حالی است که به گزارش (داس[7] و همکاران، ۲۰۲۲). سایه‌دهی باعث

1. Cao
2. Nemati
3. Chaudhry
4. Sidhu
5. Kousch
6. Nair
7. Das

کاهش ترکیبات مهم نوری که به برگ‌ها می‌رسد، می‌شود و این موضوع موجب کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی و در نتیجه کاهش تولید ماده آلی در برگ‌ها می‌شود. در پاسخ به این شرایط، گیاه زنجبیل برای جبران کاهش فعالیت فتوسنتز و تولید ماده آلی، تلاش می‌کند ریزوم‌ها را بیش‌تر توسعه دهد و عناصر غذایی بیش‌تری از خاک دریافت کند. در نتیجه تولید مواد ذخیره‌ای در ریزوم‌ها بیش‌تر شده و عملکرد ریزوم افزایش در این گیاه افزایش می‌یابد. کاشت زودهنگام که به معنی شروع زودرس فصل رشد برای گیاه است، باعث می‌شود که گیاه بیش‌ترین زمان ممکن را برای رشد و توسعه ریزوم داشته باشد. بنابراین رشد ریزوم‌ها در این زمان بهبود می‌یابند و به‌طور مستقل از فعالیت برگ‌ها، مواد غذایی را جذب و ذخیره می‌کنند این موضوع عملکرد کمی و کیفی ریزوم در زنجبیل را افزایش می‌دهد (برتیلا[1] و همکاران، ۲۰۲۰).

گزارش شده است که تیمار تلفیق سایه و نور ممکن است تنظیم هورمون‌ها در گیاه را تغییر دهد. برخی از هورمون‌ها مانند اسید جیبرلیک و اسید ابسیسیک در تنظیم تولید و تجمع اسانس‌ها نقش دارند. سایه‌دهی و نوردهی متوازن می‌تواند تراز هورمونی را در گیاه تغییر داده و تولید اسانس‌ها را تحت تأثیر قرار دهد (کائو[2] و همکاران، ۲۰۲۰). هم‌چنین گزارش شده است که تلفیق سایه و نور ممکن است بر میزان تولید متابولیسم‌های ثانویه گیاه (شامل اسانس‌ها، فنول‌ها، تانن‌ها و سایر ترکیبات شیمیایی) تأثیر داشته باشد. به‌طوری‌که تنظیم متابولیسم ثانویه در گیاهان می‌تواند با تغییر نور و سایه موردنیاز برای سنتز ترکیبات شیمیایی، بهبود یابد و در نتیجه، تولید و تجمع اسانس‌ها نیز افزایش می‌یابد (سینگلا[3] و همکاران، ۲۰۲۲).

از طرفی کاشت زودهنگام نیز ممکن است باعث تراکم بیش‌تر ترکیبات آروماتیک در گیاه شود. این ترکیبات معمولاً موجب تولید اسانس‌ها می‌شوند. با افزایش تراکم ترکیبات آروماتیک در گیاه، تولید اسانس نیز افزایش می‌یابد. هم‌چنین در فصل‌های ابتدایی، معمولاً شرایط محیطی برای رشد و توسعه گیاهان مناسب‌تر است. در نتیجه با کاشت زودهنگام، شرایط نوری، دما و رطوبت بهبود یافته و این امر موجب تولید بیش‌تر اسانس‌ها در گیاه می‌شود (احمدزهید[4] و همکاران، ۲۰۲۱). بنابراین به‌نظر می‌رسد در پژوهش حاضر نیز تیمار تلفیق سایه و نور در مجموع توانسته با تحریک فعالیت فتوسنتزی، تنظیم هورمونی و تغییر در متابولیسم ثانویه، منجر به افزایش درصد اسانس گیاه در زنجبیل شود.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این پژوهش نشان داد که تیمار سایه‌دهی کامل و تاریخ کاشت زودهنگام، تقریبا تمام اجزای عملکرد و عملکرد کمی و کیفی ریزوم در زنجبیل را به‌طور بسیار معنی‌داری در مقایسه با سایر تیمارهای نوری و تاریخ‌های کاشت افزایش دادند. با توجه به این‌که در بسیاری از منابع، زنجبیل یک گیاه سایه‌دوست معرفی شده است، سایه‌دهی احتمالا توانسته رشد ریشه را تشدید کند و با افزایش رشد ریشه‌ها، تعداد ریزوم‌ها نیز افزایش یافته و افزایش وزن، عملکرد و درصد ریزوم‌ها را به‌همراه داشته است. از طرفی تاریخ کاشت زودهنگام، احتمالاً رشد سریع‌تر ریشه‌ها را در زنجبیل تحریک کرده است و با افزایش رشد ریشه‌ها و همراستا با تغییرات وزن تر، حجم ریزوم‌ها نیز افزایش یافته و به افزایش وزن خشک و عملکرد ریزوم‌ها نیز منجر شده است. به‌عبارت دیگر، تاریخ کاشت زودهنگام در زنجبیل احتمالاً موجب افزایش رشد طولی و عرضی ریشه‌ها و تسهیل جذب مواد غذایی و در نتیجه تولید بیش‌تر ترکیبات فتوسنتزی و افزایش وزن خشک ریزوم‌ها در این گیاه شده است.

در مجموع به‌نظر می‌رسد، سایه‌دهی همراه با کاشت زودهنگام، از طریق اثراتی مانند تولید محرک‌های رشد ریشه، تنظیم

1. Bertila
2. Cao
3. Singla
4. Ahmad Zahid

هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی توانسته به افزایش تعداد و وزن تر و خشک و درنتیجه افزایش عملکرد ریزوم‌ها در گیاه زنجبیل منجر شود. بنابراین، در مجموع اعمال تیمار سایه‌دهی در گیاهان کاشته‌شده در تاریخ ۳۱ فروردین‌ماه به‌عنوان روشی امیدبخش جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی ریزوم در زنجبیل در شرایط آب‌وهوایی مشابه قابل‌توصیه است.

۷. تشکر و قدردانی

از تمامی عزیزانی که در انجام این طرح یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

خواجه بیشک، یاسر؛ یاغچیان، مهدی؛ مهاجری، مهسا و پیاهو،لاله (۱۳۹۷). مروری‌برکاربردهای‌درمانی‌زنجبیل ازدیدگاه علم نوین و طب سنتی اسلامی. *مجله طب سنّتی اسالم و ایران*، ۹(۳)، ۱۲۱-۱۳۶.

سلیمانی، طاهره؛ ابراهیمی، آسا؛ محجوبی، فرزانه و صادقی، مهدی (۱۴۰۲). بررسی ۶-جینجرول در عصاره کامل زنجبیل و اثرهای مولکولی آن بر رده سلولی HTC-116 سرطان کلورکتال. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۳۸(۳)، ۴۳۸-۴۴۹.

میرموسوی، حسین و کیانی، حدیث (۱۳۹۶). بررسی طبقه‌بندی اقلیمی کپن 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.

References

Ahmad Zahid, N., Hawa, Z. E., & Hakiman, M. (2021). Micropropagation of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) 'bentong' and evaluation of its secondary metabolites and antioxidant activities compared with the conventionally propagated plant. *Plants*, *10*(4), 630-638. doi:10.3390/plants10040630.

Aly, M., El Sawy, R., & El Gendy, A. (2020). Comparative study of different shading types on growth and yield of ginger plants. Middle East *Journal of Agriculture Research*, *4*(8), 1264-170. doi:10.36632/mejar/2019.8.4.28.

Anand, U., Jacobo-Herrera, N., Altemimi, A., & Lakhssassi, N. (2019). A Comprehensive review on medicinal plants as antimicrobial therapeutics: potential avenues of biocompatible drug discovery. *National Center for Biotechnology*, *9*(11), 258-267. doi: 10.3390/metabo9110258.

Bertila, S., Ariina, S., Gadi, Y., & Daiho, L. (2020). Effect of planting time and harvest on yield and quality of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). *Agriculture Science*, *8*(5), 1922-1925. doi:10.22271/chemi.2020.v8.i5z.10585.

Cao, B., Xia, J., & Lv, Y. (2020). Effect of a mist culture system on photosynthesis and nitrogen metabolism in ginger. *Protoplasma*, *257*, 1359-1371. doi: 10.1007/s00709-020-01511-2.

Chaudhry, S., & Sidhu, G. P. S. (2022). Climate change regulated abiotic stress mechanisms in plants: a comprehensive review. *Plant Cell Reports*, *41*, 1-31. doi:10.1007/s00299-021-02759-5.

Das, A. K., Rahman, M. A., Rahman, Dean, C., & Javed, R. (2022). Scaling up of jujube-based agroforestry practice and management innovations for improving efficiency and profitability of land uses in Bangladesh. *Agroforestry Systems*, 96, 249-263. doi:10.1007/s10457-021-00656-0.

Deng, Q., Zhang, Y., Liu, K., Huang, M., & Yusong J. (2023) Transcriptome profiles reveal gene regulation of ginger flowering induced by photoperiod and light quality. *Botanical Studies*, *64*, 12-19. doi: 10.1186/s40529-023-00388-7.

Dutt, B., Kumar, R., & Garima, C. (2022). Effect of planting seasons and growing conditions on performance of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in sub tropical Indian Himalayas. *Vegetos*, 15, 38-47. doi:10.1007/s42535-022-00521-0.

Ghorbanzadeh, P., Aliniaeifard, S., & Esmaeili, M. (2021). Dependency of growth, water use efficiency, chlorophyll fluorescence, and stomatal characteristics of lettuce plants to light intensity. *Journal of Plant Growth Regulation*, *40*, 2191-2207. doi:10.1007/s00344-020-10269-z.

Gowthami, R., Sharma, N., & Pandey, R. (2021). Status and consolidated list of threatened medicinal plants of India. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *68*, 2235-2263. doi: 10.1007/s10722-021-01199-0.

Khaje Bishek, Y., Yaghchian, M., Mohajeri, M., & Piaho, L. (2017). A review of the therapeutic uses of ginger from the perspective of modern science and traditional Islamic medicine. *Journal of traditional medicine of Islam and Iran*, *9*(3), 136-121. (In Persian).

Kousch, A. (2022). Ginger. In *Superfoods. Food and Health*. Edited by Miller, J. P., & Van Buiten, C. Switzerland: Springer. doi:10.1007/978-3-030-93240-4_8.

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).

Nair, K. P. (2019). Ginger Physiology. In *Turmeric (Curcuma longa L.) and Ginger (Zingiber officinale Rosc.)-World's Invaluable Medicinal Spices*. Switzerland: Springer. doi:10.1007/978-3-030-29189-1_17.

Nemati, M., Singh, B., Mir, R., & Babaei, A. (2022) Plant-derived extracellular vesicles: a novel nanomedicine approach with advantages and challenges. *Cell Commun Signal*, *20*, 69. doi: 10.1186/s12964-022-00889-1.

Sharma, U., Bhardwaj, D. R., Sharma, S., & Subhash, S. (2022). Assessment of the efficacy of various mulch materials on improving the growth and yield of ginger (*Zingiber officinale*) under bamboo-based agroforestry system in NW-Himalaya. *Agroforestry Systems*, *96*, 925-940. doi: 10.1007/s10457-022-00753-8.

Singla, A., Sharma, R., & Chhabra, R. (2022). Influence of varying shade intensities of Green Net on physiological and biochemical components of different *Ocimum* species. *Russian Journal of Plant Physiology*, *69*, 162-171. doi:10.1134/S1021443721102501.

Soleimani, T., Ebrahimi, A., Mahjoubi, F., & Sadeghi, M. (2022). Investigation of 6-gingerol in whole ginger extract and its molecular effects on colorectal cancer cell line HTC-116. *Research of medicinal and aromatic plants of Iran*, *38*(3), 438-449. (In Persian).

Zhou, J., Guo, F., & Qi, C. (2022). Efficient ex-vitro rooting and acclimatization for tissue culture plantlets of ginger. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 150*, 451-458. doi:10.1007/s11240-022-02296-3.