



Investigating the Effects of Planting Date and Application of Organic Fertilizers on the Physiological, Agronomical, and Qualitative Characteristics of Soybean (*Glycine max* L.)

Ahmad Mohammadi¹| Hamid Reza Eisvand^{2✉}| Zeinab Farajollahi³| Mahmoud Gholami⁴

1. Department of Plant Production Engineering and Genetics, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. Email: mohammadia@falu.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Plant Production Engineering and Genetics, Faculty of Agriculture, Lorestan University Khorramabad, Iran. Email: eisvand.hr@lu.ac.ir
3. Department of Plant Production Engineering and Genetics, Lorestan University Khorramabad, Iran. Email: farajollahi.z@fa.lu.ac.ir
4. Department of Plant Production Engineering and Genetics, Lorestan University Khorramabad, Iran. Email: golami.ma@lu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: January 31, 2024

Received in revised form:

May 27, 2024

Accepted: June 02, 2024

Published online: December

21, 2024

Keywords:

Chlorophyll fluorescence,
oil percentage,
organic fertilizer,
protein percentage,
soybean.

ABSTRACT

To investigate the effects of planting date and organic fertilizers on various physiological, agronomical, and qualitative characteristics of soybean (cv. Kowsar), a factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications at the research farm of Faculty of Agriculture, Lorestan University, in 2021. This research considered three levels of planting date (April 04, May 05, and June 05) and three levels of organic fertilizers (vermicompost at 10 tons per hectare, manure at 30 tons per hectare, and a combined treatment of 5 tons of vermicompost and 15 tons of manure). According to the results, the 1000-grain weight, seed yield, and biological yield increased by 20.46%, 21.56%, and 17.22%, respectively, in the combined treatment of manure and vermicompost. The highest amounts of oil (25.26%) and seed protein (43.67%) were obtained from the manure treatment on the first and third planting dates. In the combined treatment of manure and vermicompost under the second planting date conditions, the rate of photosynthesis was 8.13% higher, and the photosystem II quantum efficiency was 5.7% higher compared to the control. Overall, the best results were observed in the combined treatments of manure and vermicompost and the second planting date.

Cite this article: Mohammadi, A., Eisvand, H.R., Farajollahi, Z., & Gholami, M. (2024). Investigating the effects of planting date and application of organic fertilizers on the physiological, agronomical and qualitative characteristics of soybean (*Glycine max* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 55(4), 47-63. Doi: 10.22059/ijfcs.2024.371959.655061.



© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2024.371959.655061>



انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

Homepage: <https://ijfcs.ut.ac.ir/>

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

تأثیر تاریخ کاشت و کاربرد کودهای آلی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک، زراعی و کیفیت دانه سویا (*Glycine max* L.)

احمد محمدی^۱ | حمیدرضا عیسوند^۲ | زینب فرج الهی^۳ | محمود غلامی^۴

۱. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: mohammadia@falu.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: eisvand.hr@lu.ac.ir
۳. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: farajollahi.z@fa.lu.ac.ir
۴. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: golami.ma@lu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	به‌منظور بررسی اثرات تاریخ کاشت و کودهای آلی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک، زراعی و کیفیت سویا رقم کوثر، آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. در این پژوهش تاریخ کاشت در سه سطح (۱۵ فروردین، ۱۵ اردیبهشت و ۱۵ خرداد) و مصرف کودهای آلی در سه سطح (ورمی‌کمپوست ۱۰ تن در هکتار، کود دامی گوسفندی ۳۰ تن در هکتار و مصرف توام پنج تن ورمی‌کمپوست و ۱۵ تن کود دامی) در نظر گرفته شد. براساس نتایج، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در تیمار ترکیبی کود دامی و ورمی‌کمپوست به ترتیب به میزان ۲۰/۴۶، ۲۱/۵۶ و ۱۷/۲۲ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان دادند. بالاترین میزان روغن (۲۵/۲۶ درصد) و پروتئین دانه (۴۳/۶۷ درصد) نیز متعلق به تیمار کود دامی در تاریخ کاشت اول و سوم حاصل شد. در تیمار ترکیب کود دامی و ورمی‌کمپوست در تاریخ کاشت دوم، سرعت فتوسنتز ۸/۱۳ درصد و کارایی کوانتومی فتوسیستم II ۵/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد بیشتر بودند. به‌طور کلی، تیمار ترکیب کود دامی و ورمی‌کمپوست در تاریخ کاشت دوم، بهترین نتایج را ارائه داد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۱	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۰۷	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۳	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱	
کلیدواژه‌ها:	
درصد روغن،	
درصد پروتئین،	
سویا،	
فلورسانس کلروفیل،	
کود آلی.	

استناد: محمدی، ا.، عیسوند، ح.ر.، فرج الهی، ز.، و غلامی، م. (۱۴۰۳). تأثیر تاریخ کاشت و کاربرد کودهای آلی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک، زراعی و کیفیت دانه سویا (*Glycine max* L.). *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۵(۴)، ۴۷-۶۳

DOI:10.22059/ijfcs.2024.371959.655061



© نویسنندگان

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

سویا (*Glycine max L.*) گیاهی یکساله و خودگرده‌افشان از خانواده بقولات (پروانه‌آساها) بوده و یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی محسوب می‌شود (Valiolahpor *et al.*, 2011). سویا به دلیل قابلیت سازگاری بالا و نیز با دارا بودن ۲۵-۴۵ درصد پروتئین، ۳۰ درصد کربوهیدرات و ۱۱-۲۴ درصد روغن دارای ارزش بالایی از نظر تولید روغن و پروتئین گیاهی می‌باشد (Abdraimova *et al.*, 2014). رشد گیاه سویا، تابعی از شرایط محیط کشت بوده و دوره رشد آن تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، محیطی، درجه حرارت، مواد غذایی، رطوبت قابل دسترس و تاریخ کاشت قرار دارد (Rizvan Moghadam *et al.*, 2012). در مدیریت زراعی اغلب مناطق کشاورزی، تاریخ کاشت نقش عمده‌ای بر سرعت رشد، طول دوره رشد و عملکرد دانه دارد. تاریخ کشت مناسب، سبب بهینه‌شدن طول دوره رشد و گسترش اندام‌های رویشی شده و پتانسیل انتقال مواد فتوسنتزی به بخش‌های ذخیره‌ای را افزایش خواهد داد (Soleymani & Naseri, 2020).

از نیمه دوم قرن بیستم با شروع انقلاب سبز و ورود بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی به سیستم‌های کشاورزی، گسترش کشت گیاهان و افزایش عملکرد محصولات زراعی را موجب شد، اما این نهاده‌ها علی‌رغم بالابردن راندمان تولید در واحد سطح، به هزینه و انرژی فراوانی نیاز دارند (Amani Machiani *et al.*, 2018). به‌علاوه استفاده مداوم از سموم و کودهای شیمیایی، باعث ایجاد مشکلاتی از قبیل آلودگی منابع آبی، فرسایش شدید خاک و از بین رفتن سریع منابع طبیعی شده است (Tang *et al.*, 2018). در مقابل، مصرف کودهای آلی بدون نگرانی از اثرات سوء زیست‌محیطی غالباً موجب بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک شده و افزایش حاصلخیزی و باروری اراضی را به دنبال خواهند داشت (Buranova *et al.*, 2016). یکی از کودهای قابل استفاده در کشاورزی پایدار، ورمی‌کمپوست می‌باشد، کاربرد ورمی‌کمپوست به علت داشتن خصوصیات نظیر تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی و آزادسازی تدریجی آن‌ها و نیز ظرفیت بالای نگهداری آب، برای بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی متداول می‌باشد (Shahrosund *et al.*, 2018). کود دامی نیز به‌عنوان منبع دیگری از مواد آلی شناخته شده است که از فضولات مایع و جامد حیوانات و کاه و کلسی که برای تهیه بستر دام به کار رفته است تشکیل شده است (Jalilian *et al.*, 2018). کود دامی، با داشتن عناصر ضروری و مورد نیاز گیاه (پرمصرف و کم‌مصرف) ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی، موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت تبادل کاتیونی رشد، عملکرد و کیفیت محصول می‌شود (Pandey *et al.*, 2016).

به‌منظور بررسی اثر ورمی‌کمپوست بر شاخص‌های فتوسنتزی گیاه عدس (*Lens culinaris Medik.*) تحت تنش خشکی، آزمایشی در شهرستان بهبهان صورت گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش معنی‌دار کلروفیل کل، غلظت کربن‌دی‌اکسید درون سلول، سرعت فتوسنتز و عملکرد کوانتومی فتوسیستم II شد و اثرات تنش را کاهش داد (Ahmadpour *et al.*, 2017). در راستای بررسی تاریخ کاشت، در پژوهشی اثر کاشت زمستانه بر رشد و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا (*Glycine max L. Merr*) در شهرستان دزفول ارزیابی شد. نتایج نشان داد با تأخیر در تاریخ کاشت، طول دوره گلدهی و رشد گیاه و تعداد غلاف در بوته، در کلیه ژنوتیپ‌های سویا کاهش یافت و حداکثر عملکرد دانه (۸۷۲ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت هفتم بهمن (کشت زود هنگام) بود (Kalantar Ahmadi, 2020). در تحقیق دیگر به بررسی تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی سویا در خوزستان پرداخته شد. در این بررسی، سه تاریخ کشت ۱۰ مرداد، ۲۵ مرداد و ۱۰ شهریور و دو رقم سویا (۵۰۴ و سالند) مورد مطالعه قرار گرفتند و نشان دادند که تاریخ کاشت اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، تعداد بوته در متر مربع، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه داشت و در تاریخ کاشت سوم رقم سالند کمترین عملکرد دانه با متوسط ۵۰۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک با متوسط ۹۴۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آورد. همچنین درصد پروتئین دانه تحت تأثیر تیمار تاریخ کاشت قرار گرفت و در تاریخ کاشت سوم کاهش آن معنی‌دار شد و در نهایت رقم سالند را برای تاریخ کاشت ۲۵ مرداد و رقم ۵۰۴ را برای تاریخ کاشت ۱۰ مرداد و ۱۰ شهریور در منطقه مورد مطالعه توصیه کردند (Salari & Barhani, 2021). در مطالعه‌ای دیگر، اثر انواع کودهای آلی بر رشد و عملکرد سویا مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کمپوست، کود گاوی و کود بز باعث افزایش رشد از جمله ارتفاع بوته، تعداد برگ، سطح برگ شد

اما تعداد گره‌های ریشه را کاهش داد (Rahayu et al., 2021). بررسی اثرات کودهای آلی و شیمیایی بر رشد گیاه سویا طی دو مرحله رشد، یعنی مرحله سوم سه‌شاخه‌ای و شروع گلدهی گیاهان نیز نشان داد، بیشترین ارتفاع بوته و طول ریشه با کاربرد ورمی‌کمپوست به‌دست آمد و کمترین ارتفاع بوته (۲۱/۷۳ سانتی‌متر) با کود معدنی نیتروژن به ثبت رسید. کود مرغی بیشترین تولید وزن تر و خشک بیولوژیکی، وزن خشک ریشه را داشت. در نتیجه، نشان داده شد که کاربرد ورمی‌کمپوست و کود مرغی باعث رشد قوی ریشه و گیاه به دلیل داشتن مواد آلی و فسفر بالا می‌شود (Arslanoglu, 2022). همچنین در پژوهشی دیگر، اثر تاریخ کاشت سویا بر عملکرد دانه در غرب و شمال غرب ایالت اوهایو ارزیابی شد که براساس نتایج نشان داده‌شده، کاشت در ماه می منجر به عملکرد دانه کمتری (۲۴۷۰۰۰ تا ۳۰۳۰۰۰ دانه در هکتار) در مقایسه با کاشت در ژوئن (خرداد) شد که در آن عملکرد دانه بین ۴۳۰۰۰۰ تا ۶۱۸۰۰۰ دانه در هکتار بود و عملکرد دانه در تاریخ ۲۵ آوریل (فروردین) تا ۱۰ می (اردیبهشت)، در بالاترین سطح نسبت به سایر تاریخ‌های کشت قرار داشت و به‌طور کلی، عملکرد دانه سویا با تاریخ کاشت دیر هنگام کاهش یافت (Colet et al., 2023). با افزایش جمعیت، افزایش تولید فرآورده‌های کشاورزی، مبتنی بر تامین امنیت غذایی و باکیفیت از مهمترین اقدامات پیش رو می‌باشد. از این رو، آگاهی از چگونگی تناسب فعالیت‌های کشاورزی هر منطقه با شرایط آب و هوایی آن، ضروری به‌نظر می‌رسد (Karadavut et al., 2010). بنابراین، براساس مطالعات صورت‌گرفته، هدف اصلی پژوهش، ارزیابی ویژگی‌های زراعی، فیزیولوژیک و کیفی سویا رقم کوثر در شرایط تاریخ‌های کاشت مختلف، و بررسی اثر کاربرد ورمی‌کمپوست و کود دامی بر بهبود ویژگی‌های مورد بررسی بود.

۲. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان (طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و عرض ۳۳ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی، ارتفاع ۱۱۱۷ متر از سطح دریا و متوسط بلندمدت بارندگی سالیانه ۵۲۴ میلی‌متر و متوسط بلندمدت دمای سالیانه ۱۷/۰۷ درجه سانتی‌گراد (هر دو بر اساس آمار بلندمدت هواشناسی)) واقع در شهرستان خرم‌آباد انجام شد. در این پژوهش از سویا رقم کوثر استفاده شد. از جمله ویژگی‌های آن می‌توان به نامحدود بودن تیپ رشد و زودرسی آن اشاره کرد. این رقم با متوسط وزن هزار دانه ۱۳۵ گرم، متوسط میزان روغن ۲۲ درصد و متوسط میزان پروتئین ۳۷ درصد، گیاهی مقاوم به بیماری فیتوفترا، خوابیدگی و ریزش دانه است. بذر مورد نیاز از مرکز تحقیقات کشاورزی خرم‌آباد تهیه شد. مدل آماری آزمایش، طرح فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار بود. هر واحد آزمایشی به مساحت ۱۵ متر مربع (۳×۵ متر) و شامل پنج جویچه به طول پنج متر بود. فاصله بین کرت‌های اصلی سه متر و فاصله بین بلوک‌ها پنج متر در نظر گرفته شد. فاصله بوته‌های سویا روی ردیف‌های کاشت ۵/۵ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌ها ۵۵ سانتی‌متر بود. فاکتورهای مورد بررسی شامل تاریخ کاشت در سه سطح (۱۵ فروردین، به‌عنوان کشت زود هنگام؛ ۱۵ اردیبهشت، به‌عنوان کشت به‌هنگام؛ و ۱۵ خرداد، به‌عنوان کشت دیر هنگام) و مصرف کودهای آلی در چهار سطح (شاهد، ورمی‌کمپوست ۱۰ تن در هکتار، کود دامی گوسفندی ۳۰ تن در هکتار و مصرف توام پنج تن ورمی‌کمپوست و ۱۵ تن کود دامی گوسفندی) با توجه به نتایج به‌دست‌آمده و توصیه کودی آزمایشگاه خاکشناسی بود. برای آنالیز خاک، قبل از کشت نمونه، مرکبی از خاک مزرعه (نمونه‌برداری از خاک به‌صورت تصادفی و زیگزاگ از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری انجام شد) تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش قرار گرفت (جدول ۱). پیش از کشت، بذور سویا (رقم کوثر) با کود بیولوژیک حاوی باکتری *Bradyrhizobium japonicum* تلقیح شد. برای تلقیح بذرها میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای ۱۰^۷ کلنی باکتری زنده و فعال بود استفاده شد. کنترل علف‌های هرز در طول دوره رشد به‌صورت دستی انجام شد. در جدول ۲، شرایط آب و هوایی منطقه از جمله میانگین بارندگی، حداقل و حداکثر دما، میانگین ساعات آفتابی و شدت تشعشع ارائه شده است.

جدول ۱. نتایج آنالیز خاک مزرعه مورد مطالعه.

Soil Texture	C %	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	Fe ppm	K ppm	P ppm	N %	pH
clay loam	۱/۰۲	۰/۲۸	۰/۷۳	۲/۳	۳/۹۵	۳۴۶	۷/۸	۰/۰۷	۷/۴۰

جدول ۲. شرایط آب و هوایی منطقه در طول دوره پژوهش.

Month	rainfall (mm)	Min. Temperature (°C)	Max. Temperature (°C)	Average hours of sunshine
April	۴۰/۲	۶/۳	۱۹/۶	۲۱۹/۴
May	۱۲/۱	۱۰/۲	۲۷/۳	۲۸۷/۴
June	۰/۱	۱۵/۵	۳۶/۶	۳۶۳/۳
July	۰	۱۹/۶	۳۹/۵	۳۵۵/۸
August	۱/۸	۲۰/۰	۴۰/۶	۳۶۶/۷
September	۰/۱	۱۷/۵	۳۷/۸	۴۳۴/۹
October	9/4	۱۲/۰	۴۱/۵	۲۹۶/۷

۲-۱-۱. ویژگی‌های مورد بررسی

۲-۱-۱-۱. ویژگی‌های عملکردی سویا

پس از برداشت دانه‌های حاصله از هر ترکیب تیماری در انتهای رشد و در زمان پس از برداشت صفات نهایی عملکرد گیاه سویا بررسی شد. تاریخ برداشت در سه تاریخ کشت به ترتیب ۲۰ شهریور، ۳ مهر و ۲۰ مهرماه و سطح زیر کشت برای تمام تاریخ‌های کاشت یکسان و به میزان ۱۴۴ متر مربع بود (ابعاد هر کرت ۱۲*۱۲ متر مربع و در هر تاریخ کاشت هم ۱۲ کرت وجود داشت).

۲-۱-۲. وزن خشک شاخساره و وزن هزار دانه

وزن خشک شاخساره با قراردادن نمونه‌ها در آون (دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۴۸ ساعت و با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. در ابتدا تعداد ۱۰۰۰ بذر در هر ترکیب تیماری مشخص و در نهایت توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن هزار دانه تعیین شد.

۲-۱-۳. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

پس از برداشت و پس از خشک کردن نمونه‌ها در آون (در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) عملکرد بیولوژیک برآورد شد. اندازه‌گیری عملکرد دانه پس از جدا کردن غلاف از اندام هوایی گیاه، توزین و سپس محاسبه آن بر مبنای کیلوگرم در هکتار صورت گرفت.

۲-۱-۴. اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی دانه

اندازه‌گیری این صفات توسط دستگاه اتونالیزر NIR، مدل DA 7250 ساخت شرکت Perten سوئد انجام شد. طیف‌سنجی فرسرخ نزدیک، یک روش دقیق برای ارزیابی صفات خاص است، اگرچه نیاز به معادلات پیچیده‌ای برای کالیبراسیون دارد، اما می‌تواند به‌طور هم‌زمان چند صفت را اندازه‌گیری کند. آنالیز بدون هیچ‌گونه آماده‌سازی و با شناسایی سریع که این امر از مزایای طیف‌سنجی فرسرخ نزدیک است، انجام شد. دامنه آشکارسازی طیف در این طیف‌سنج ۱۱۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر، وضوح طیف‌های ایجاد شده ۱۰۲۴ پیکسل و آشکارساز آن ایندیم-گالیم-آرسناید بود. میزان پروتئین، محتوای روغن، محتوای خاکستر، رطوبت و فیبر بذرها در این روش، بدون خشک شدن در آون، اندازه‌گیری شدند (Roberts et al., 2004).

۲-۲. اندازه‌گیری فتوسنتز و تبادلات گازی

اندازه‌گیری سرعت فتوسنتز خالص (Pn)، هدایت روزنه‌ای (gs) و میزان تعرق (E) در برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته و جوان انجام شد. اندازه‌گیری‌ها بین ساعت ۱۰:۰۰ تا ۱۲:۰۰ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز قابل حمل (ADC Bioscientific, Ltd., Hoddesdon, England) با سرعت جریان ۰/۲ لیتر در دقیقه، شدت جریان ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه، دی‌اکسید کربن زیر روزنه ۳۵۰ میکرومول در مول، رطوبت نسبی حدود ۶۵-۶۲ درصد و دمای هوای محیط ۲۵-۳۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ ثانیه درون اتاقک اندازه‌گیری تبادلات گازی (مساحت ۶/۲۵ سانتی‌متر مربع) صورت گرفت. هدایت روزنه‌ای برحسب میکرومول بر متر مربع در ثانیه، سرعت تعرق بر حسب میلی‌مول (آب) بر متر مربع در ثانیه، سرعت فتوسنتز برحسب میکرومول (دی‌اکسید کربن) بر متر مربع در ثانیه اندازه‌گیری شد.

۲-۳. کارایی کوانتومی فتوسیستم II

بدین منظور، در هر تیمار دو برگ انتهایی از هر بوته به طور تصادفی انتخاب شد. سپس برگ‌ها با استفاده از گیره مخصوص برگ (2030-B, Walz) به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند. سپس با استفاده از پارامترهای تعیین شده در برگ‌های سازگار شده به روشنایی، میزان حداکثر کارایی فتوسیستم II (Fv/Fm) تعیین شد. این شاخص در شروع گلدهی در اوایل روز بین ساعت ۹ تا ۱۱ صبح در آخرین برگ توسعه یافته روی ساقه گیاه با استفاده از دستگاه فلورومتر (PAM 2500-Walz, Germany) اندازه‌گیری شد (Genty *et al.*, 1995).

۲-۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌ها توسط نرم‌افزار Minitab از نظر نرمال بودن و وجود داده پرت، بررسی و توسط نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

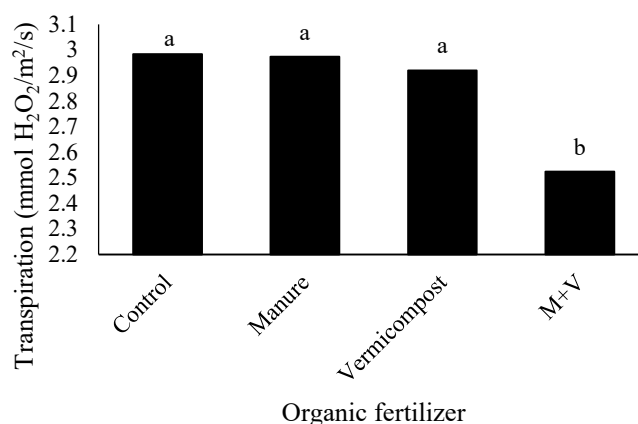
۳-۱. فتوستنز، تبادلات گازی و فلورسانس کلروفیل

۳-۱-۱. سرعت فتوستنز

نتایج تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت و کود آلی بر سرعت فتوستنز در گیاه سویا نشان داد که اثرات ساده تاریخ کاشت و کود آلی و نیز اثرات متقابل تاریخ کاشت × کود آلی بر سرعت فتوستنز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × کود آلی نشان داد که سرعت فتوستنز در تاریخ کاشت دوم (۱۵ اردیبهشت) بیشتر بود، اما در تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) کاهش معنی‌داری نسبت به دو تاریخ اول و دوم نشان داد. کاربرد کود آلی در تمام تاریخ‌های کاشت، موجب افزایش سرعت فتوستنز شد، به طوری که کمترین (۱۲ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) و بیشترین (۱۷/۷۱ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) میزان فتوستنز به ترتیب برای تیمارهای شاهد در تاریخ کاشت سوم و تیمار ترکیب کود دامی و ورمی کمپوست در تاریخ کاشت دوم ثبت شد (جدول ۴). کود کمپوست به دلیل تخلخل زیاد، ظرفیت بالای تهویه، زهکشی مناسب و ظرفیت بالای نگهداری آب و تأمین دی‌اکسید کربن مورد نیاز برای آنزیم روبیسکو می‌تواند منجر به افزایش فتوستنز خالص در گیاهان شود. از طرف دیگر مواد هیومیکی موجود در کمپوست دارای ظرفیت جذب بالای فلزات هستند که به دلیل حضور گروه‌های دارای بار منفی نظیر کربوکسیلیک‌اسیدها و فنولیک‌اسیدها می‌باشد (Ahmadpour *et al.*, 2017).

۳-۱-۲. تعرق

نتایج تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت و کود آلی بر میزان تعرق برگ سویا نشان داد که تنها اثر کود آلی بر این ویژگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و اثر تاریخ کاشت و اثرات متقابل تاریخ کاشت × کود آلی معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر کود دامی بر میزان تعرق نشان داد که کاربرد کود دامی، ورمی کمپوست و ترکیب کود دامی و ورمی کمپوست، موجب کاهش تعرق نسبت به شاهد شد، اما تیمارهای کود دامی و ورمی کمپوست به تنهایی تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان ندادند و در تیمار ترکیب کود دامی و ورمی کمپوست، کاهش معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین میزان تعرق (۲/۹۸ میلی‌مول (آب) بر متر مربع در ثانیه) در تیمار شاهد مشاهده شد و در تیمار ترکیب کود دامی و ورمی کمپوست، کمترین میزان تعرق (۲/۵۲ میلی‌مول (آب) بر متر مربع در ثانیه) به دست آمد (شکل ۱). مطالعات مختلف نشان داده است که گیاهانی که از مکانیسم‌های کارآمدتری برای کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها به منظور تنظیم تعرق برخوردار هستند قادر به تحمل بهتر شرایط خواهند بود و با حفظ بیشتر آب درون برگ و اختلال کمتر در انتقال فعال و غیر فعال، امکان رشد و انجام فرآیندهای سلولی را بهتر فراهم می‌کنند (Karimi *et al.*, 2015; Rahbarian *et al.*, 2011). کاهش تعرق می‌تواند به دلیل ساختار فیزیکی، شیمیایی و زیستی ماده آلی باشد، زیرا کمپوست با توجه به ساختار متخلخل خود، آب زیادی را در خود نگه می‌دارد (Ahmadpour *et al.*, 2017). همچنین این کود حاوی میکروارگانیزم‌ها و برخی میکوریزها شامل قارچ‌های میکوریز می‌باشد که منجر به افزایش سطح ورود آب به ریشه می‌شوند (Serhat & Baran, 2003).



شکل ۱. اثر کود آلی بر میزان تعرق گیاه سویا. میانگین‌های با حروف مشابه مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (M و V به ترتیب مخفف کلمه‌های Manure و Vermicompost).

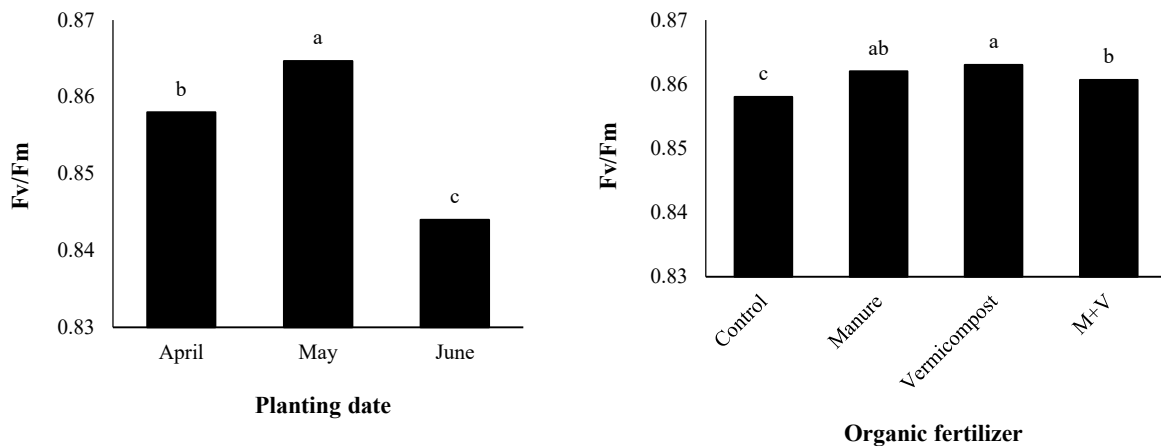
۳-۱-۳. هدایت روزنه‌ای

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت و کود آلی بر هدایت روزنه‌ای برگ نشان داد که اثرات ساده تاریخ کاشت و کود آلی و نیز اثرات متقابل تاریخ کاشت × کود آلی بر این شاخص تبادلات گازی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × کود آلی نشان داد که هدایت روزنه‌ای در تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) افزایش یافت و کاربرد کود دامی، ورمی کمپوست و ترکیب دو کود در تمام تاریخ‌های کاشت، موجب افزایش هدایت روزنه‌ای شد. کمترین (۱۴۴/۴۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) و بیشترین (۴۹۱ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) میزان وزن هدایت روزنه‌ای به ترتیب برای تیمارهای شاهد در تاریخ کاشت دوم و تیمار کود دامی در تاریخ کاشت سوم ثبت شد (جدول ۴). گزارش شده که کاربرد ورمی-کمپوست منجر به افزایش جمعیت باکتری‌های تثبیت‌کننده اکتینومیست و نیز جمعیت میکوریزایی همزیست با ریشه گیاهان می‌شود. این باکتری‌ها برای متابولیسم خود به کربوهیدرات‌های گیاه نیاز دارند، به همین دلیل تجمع قندها در ریشه افزایش یافته و این موضوع می‌تواند در جهت تنظیم فشار اسمزی محیط ریشه نقش ایفا کند و منجر به کمتر بسته شدن روزنه‌ها و فراهم‌شدن کربن‌دی‌اکسید مورد نیاز برای فتوسنتز شود (Bender Ozenç, 2006).

۳-۱-۴. کارایی کوانتومی فتوسیستم II

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کارایی کوانتومی فتوسیستم II در گیاه سویا تحت تأثیر معنی‌دار اثرات ساده تاریخ کاشت و کود آلی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت، اما اثر متقابل تاریخ کاشت و کود آلی برای این پارامتر معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان کارایی کوانتومی در شرایط کاربرد کود آلی، نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت و در تیمار ورمی-کمپوست در بالاترین سطح (۰/۸۶۳) قرار گرفت و تیمار شاهد کمترین میزان (۰/۸۵۸) را به خود اختصاص داد (شکل ۲). اثرات ساده تاریخ کاشت نیز نشان داد که تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) کمترین کارایی کوانتومی فتوسیستم II (۰/۸۴۴) به دست آمد و تاریخ کاشت دوم (۱۵ اردیبهشت) بیشترین میزان (۰/۸۶۴) را نشان داد (شکل ۲). به منظور تعیین میزان آسیب وارده به دستگاه فتوسنتزی از تکنیک سنجش فلورسانس کلروفیل استفاده می‌شود، در واقع میزان فلورسانس کلروفیل تابعی از فعالیت فتوسنتزی برگ است (Hosseinzadeh *et al.*, 2014). نتایج بررسی‌ها مؤید این است که پروتئین D1 (پلی‌پپتید ساختمانی موجود در فتوسیستم II) کمپلکس آزادکننده اکسیژن و مراکز واکنش PSII تحت تأثیر تنش محیطی تخریب می‌شوند (Sikder *et al.*, 2015). عوامل فلورسانس کلروفیل به دلیل ارتباط نزدیک با دستگاه فتوسنتزی و رشد و عملکرد گیاهان، شاخص‌های مناسبی جهت بررسی کارایی فتوسنتز در گیاهان محسوب می‌شوند (Rivero *et al.*, 2014). اختلال در تولید کلروفیل و صدمه به ساختار کلروپلاست گیاهان از دلایل محتمل در کاهش شاخص کارایی کوانتومی فتوسیستم هستند (Shi *et al.*, 2019). کمپوست به دلیل قابلیت نگهداری بالای آب، ظرفیت تبادل کاتیونی، افزایش عناصر غذایی در خاک و سایر مشخصه‌های سودمند فیزیکی و شیمیایی منجر به افزایش

پایداری سیستم فتوسنتزی گیاه از طریق کاهش تولید گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن در زنجیره انتقال الکترون می‌شود (Lakhdar *et al.*, 2009).



شکل ۲. اثر تاریخ کاشت و کود آلی کارایی کوانتومی فتوسنتز II در سویا. میانگین‌های با حروف مشابه مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. (M و V به ترتیب مخفف کلمه‌های Manure و Vermicompost).

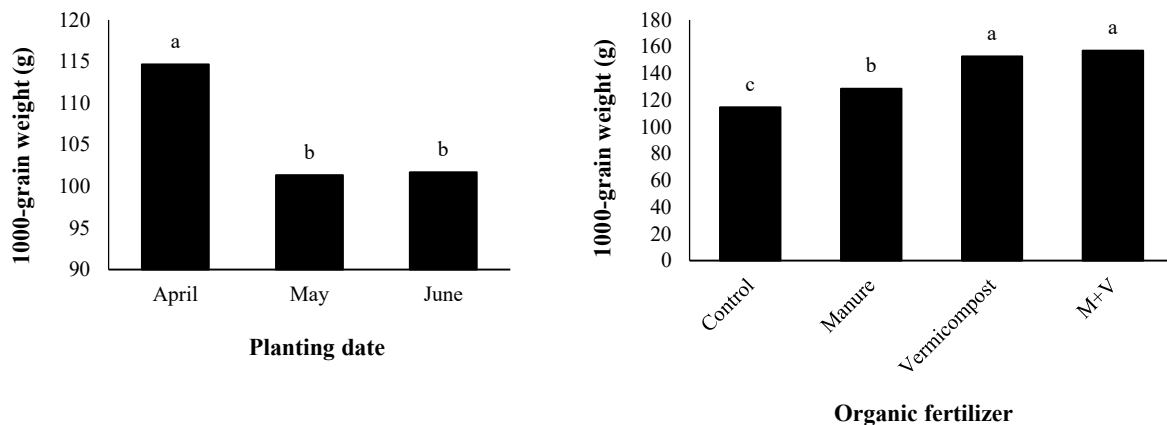
۲-۳. وزن خشک شاخساره

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تاریخ کاشت و کود آلی در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد بر وزن خشک شاخساره معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × کود آلی نشان داد که وزن خشک شاخساره در تاریخ کاشت دوم (۱۵ اردیبهشت) افزایش و در تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) کاهش یافت، کاربرد کود دامی، ورمی‌کمپوست و ترکیب دو کود در تمام تاریخ‌های کاشت، موجب افزایش این صفت شد (جدول ۴). کمترین (۱۱۲/۳۳ گرم) و بیشترین (۲۴۷/۳۳ گرم) وزن خشک شاخساره در متر مربع، به ترتیب برای تیمار شاهد در تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) و تیمار ورمی‌کمپوست در تاریخ کاشت دوم (۱۵ اردیبهشت) ثبت شد (جدول ۴). افزایش ماده خشک در تاریخ کاشت دوم را می‌توان به دلیل وجود دما و طول روز مطلوب طی فصل رشد در مقایسه با تاریخ‌های کاشت اول و سوم دانست. در کاشت به‌هنگام، گیاه دارای اندام‌های زایشی بزرگتری بوده که قادرند مخزن زایشی بزرگتری را تغذیه کرده و به میزان کافی ماده خشک را به آن اختصاص دهند که در نتیجه، عملکرد افزایش می‌یابد (Mousavi & Pezeshkpoor, 2006). عملکرد ماده خشک در گیاه با طول دوره رشد و مساعد بودن شرایط محیطی رابطه مستقیمی دارد و هر چه طول دوره رشد طولانی و شرایط محیطی مساعدتر باشد عملکرد ماده خشک گیاه بیشتر خواهد بود (Silva, 2005). با تأخیر در کاشت به دلیل اینکه گیاه زودتر در معرض روزهای کوتاه قرار می‌گیرد، ارتفاع کوتاه‌تر و شاخه‌دهی کمتر شده و این عوامل باعث انتقال کمتر مواد فتوسنتزی شده و عملکرد ماده خشک گیاه کاهش می‌یابد (Salari & Barhani, 2021). علاوه بر این، کود دامی منبع غنی از کلسیم، منیزیم، آهن، روی، مس و گوگرد می‌باشد و در نهایت منجر به افزایش ماده خشک می‌شود (Pandey *et al.*, 2016) کاربرد مواد آلی باعث جذب بهتر مواد غذایی شده که خود باعث افزایش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌های گیاه می‌شود (Farokhi *et al.*, 2020). ورمی‌کمپوست فراهمی بیشتر عناصر منیزیم، کلسیم، پتاسیم، فسفر و نیتروژن را باعث می‌شود (Jahangiri Nia *et al.*, 2015). افزودن ورمی‌کمپوست نه تنها جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش می‌دهد، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام‌های هوایی و تولید ماده خشک می‌شود و عملکرد زیستی را بالا می‌برد (Kumar *et al.*, 2005).

۳-۳. وزن هزار دانه

در تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد اثر ساده کود آلی و تاریخ کاشت بر وزن هزار دانه معنی‌دار است، اما اثر متقابل این عوامل معنی‌دار نیست (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر کود آلی بر وزن هزار دانه نشان داد که کاربرد کود دامی، ورمی کمپوست و ترکیب کود دامی و ورمی کمپوست، موجب افزایش وزن هزار دانه نسبت به شاهد شد (شکل ۳). بیشترین وزن هزار دانه (۱۵۷/۱۶ گرم) در ترکیب کود دامی و ورمی کمپوست و در تیمار شاهد، کمترین وزن هزار دانه (۱۱۴/۶۶ گرم) به دست آمد (شکل ۳). همچنین در ارتباط با تاریخ کاشت، تاریخ کاشت اول (۱۵ فروردین)، بیشترین وزن هزار دانه (۱۱۴/۶۶ گرم) مشاهده شد و در تاریخ‌های کاشت دوم و سوم، کمترین وزن هزار دانه (۱۰۱/۳۳ گرم) ثبت شد (شکل ۳). بالا بودن وزن هزار دانه ناشی از افزایش طول دوره پرشدن یا افزایش سرعت پرشدن دانه و یا هر دو می‌باشد و در تاریخ کاشت اول به علت فصل رشد طولانی‌تر، احتمال اثر هر دو عامل بر افزایش وزن دانه وجود دارد (Devasirvatham *et al.*, 2012).

وزن هزاردانه نشان‌دهنده میزان تجمع ماده خشک در دانه‌ها می‌باشد که با توجه به شرایط آب و هوایی و طول دوره رشد گیاه، متفاوت بوده و کاهش آن باعث کاهش عملکرد خواهد شد (Majidian, 2008). عملکرد دانه در گیاه گلرنگ نیز در تاریخ کاشت دیر هنگام کاهش یافت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (Golchin *et al.*, 2023). مهم‌ترین ویژگی استفاده از کود کمپوست بالا بودن میزان عناصر غذایی مثل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز در مقایسه با سایر کودهای آلی است (Ahmadpour *et al.*, 2017). بنابراین به نظر می‌رسد کود کمپوست از طریق در دسترس قرار دادن عناصر میکرو از قبیل آهن در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در برگ و ریشه نقش داشته باشد (Hosseinzadeh *et al.*, 2016).



شکل ۳. اثر اصلی تاریخ کاشت و کود آلی بر وزن هزار دانه سویا. میانگین‌های با حروف مشابه مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (M و V به ترتیب مخفف کلمه‌های Manure و Vermicompost).

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک، عملکردی و کیفی دانه سویا تحت تأثیر تاریخ‌های کاشت و کودهای آلی.

S.O.V.	df	Shoot dry weight	1000-grain weight	Grain yield	Biological yield	Grain moisture	Grain oil	Grain protein	Grain ash	Grain fiber	Photosynthesis rate	Transpiration	Stomatal conductance	Fv/Fm
Planting date	2	**12470.5	**2790.33	9825848**	17070727**	6.206**	21.633**	21.942**	0.063**	8.510**	11.956**	0.0733 ^{ns}	16022.1**	0.00044**
Organic Fertilizer	3	**11808.9	**1599.57	۲۷۸۲۶۸۸**	4740648**	0.714**	4.613**	15.545**	۰.۰۱۰ ^{ns}	0.646**	21.690**	0.720**	52940.1**	0.00013**
Replication	2	392.2 ^{ns}	97.66 ^{ns}	۱۷۴۴۵۴۱۵**	4534295**	0.0037 ^{ns}	0.033 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.033*	0.016**	0.003 ^{ns}	0.202 ^{ns}	3589.5**	0.000014 ^{ns}
Planting date* Organic Fertilizer	6	*148.3	124.47 ^{ns}	۲۵۹۹۲۳ ^{ns}	565397 ^{ns}	0.402**	10.732**	35.694**	0.054**	0.351**	6.331**	0.398 ^{ns}	33467.0**	0.000039 ^{ns}
Error	22	550.1	59.68	284470	478561	0.017	0.010	0.036	0.0063	0.0029	۰.۷۹۸	0.174	724.1	0.000026
Cv.	-	12.60	6.38	18.48	14.73	2.24	0.45	0.48	1.44	0.76	6.10	۱۴.۲۳	9.81	0.59

*، ** و ^{ns}: وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار.

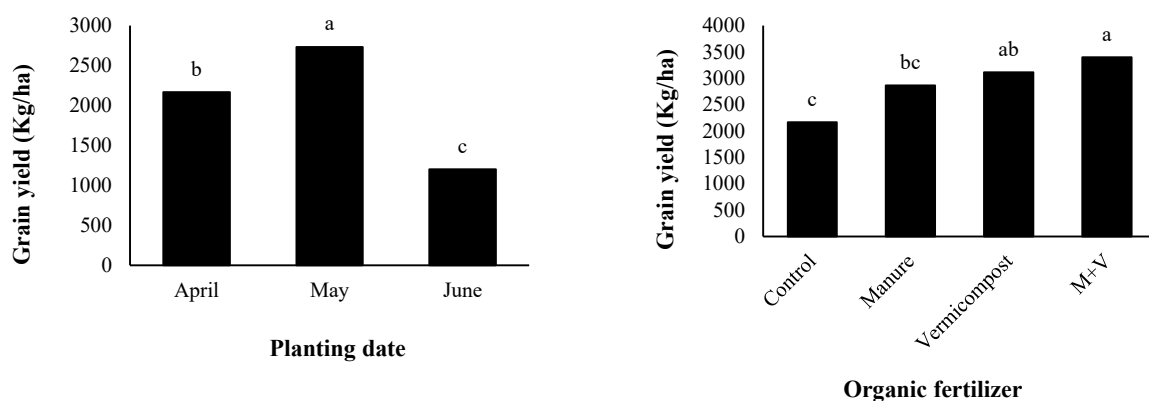
جدول ۴. مقایسه میانگین برخی ویژگی‌های سویا تحت شرایط تاریخ‌های کاشت و کودهای آلی.

Planting date	Organic fertilizer	Shoot dry weight (g)	Grain moisture (%)	Grain oil (%)	Grain protein (%)	Grain ash (%)	Grain fiber (%)	Photosynthesis rate (μmol CO ₂ /m ² /s)	Stomatal conductance (μmol /m ² /s)
April 04	Control	146.66 ^{bc}	5.76 ^c	22.83 ^c	40.57 ^c	5.63 ^{ab}	7.23 ^d	13.58 ^{ef}	179.60 ^{de}
	Manure	165.33 ^b	5.74 ^c	25.26 ^a	40.68 ^{bc}	5.47 ^{cd}	7.46 ^c	16.24 ^{abc}	372.10 ^b
	Vermi compost	162.33 ^b	5.51 ^d	22.83 ^c	40.92 ^b	5.52 ^{bcd}	7.81 ^b	15.11 ^{cd}	179.96 ^{de}
	Manure+Vermi	244.00 ^a	5.12 ^e	21.34 ^e	39.73 ^d	5.50 ^{bcd}	8.10 ^a	15.58 ^{bc}	357.90 ^b
May 05	Control	178.33 ^b	5.45 ^d	23.84 ^b	37.46 ^f	5.41 ^{de}	7.82 ^b	14.05 ^{de}	144.40 ^c
	Manure	221.66 ^a	5.09 ^e	19.58 ^h	34.67 ^h	5.57 ^{abc}	6.90 ^c	13.07 ^{efg}	232.58 ^c
	Vermi compost	247.33 ^a	5.08 ^e	20.34 ^{fg}	38.47 ^e	5.48 ^{cd}	6.92 ^c	16.34 ^{abc}	360.40 ^b
	Manure+Vermi	236.66 ^a	5.51 ^d	23.88 ^b	40.65 ^{bc}	5.66 ^a	7.49 ^c	17.71 ^a	217.16 ^{cd}
June 05	Control	112.33 ^c	7.27 ^a	20.48 ^f	36.53 ^g	5.30 ^{ef}	5.86 ^g	12.00 ^g	229.26 ^c
	Manure	142.33 ^{bc}	6.78 ^b	20.21 ^g	43.67 ^a	5.48 ^{cd}	5.86 ^g	12.28 ^{fg}	491.00 ^a
	Vermi compost	156.66 ^b	6.67 ^b	19.28 ⁱ	43.51 ^a	5.58 ^{abc}	5.94 ^g	12.63 ^{efg}	357.00 ^b
	Manure+Vermi	218.66 ^a	5.82 ^c	21.58 ^d	34.46 ^h	5.26 ^f	6.51 ^f	17.05 ^{ab}	169.33 ^c

میانگین‌های با حرف مشابه در یک ویژگی، مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

۳-۴. عملکرد دانه

طبق نتایج تجزیه واریانس، عملکرد دانه سویا تحت تأثیر معنی‌دار اثرات ساده تاریخ کاشت و کود آلی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت، اما اثر متقابل تاریخ کاشت و کود آلی بر آن معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که میزان عملکرد دانه در شرایط کاربرد کود دامی، ورمی‌کمپوست و ترکیب دو کود آلی، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و در تیمار ترکیبی کود دامی و ورمی‌کمپوست در بالاترین سطح (۳۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) قرار گرفت (شکل ۴). اثرات ساده تاریخ کاشت نیز نشان داد که در تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) کمترین عملکرد دانه (۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد و از تاریخ کاشت دوم (۱۵ اردیبهشت) بیشترین عملکرد دانه (۲۷۳۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار) ثبت شد (شکل ۴). فرآیندهای متعددی عملکرد سویا را تحت تأثیر قرار می‌دهند که تعیین اثر هر کدام از این فرآیندها به‌تنهایی روی عملکرد مشکل است، زیرا دارای ماهیتی وابسته به هم بوده و روی یکدیگر اثر می‌گذارند. هر چند که طول دوره رشد رویشی و زایشی تعیین‌کننده اجزای عملکرد و از جمله تعداد غلاف در بوته هستند، اما زمان وقوع مراحل زایشی نقش مهمی در تشکیل تعداد غلاف در بوته ایفا می‌کند (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2018). تعداد غلاف در بوته از مهم‌ترین و در عین حال متغیرترین اجزاء عملکرد دانه است که به‌طور مستقیم تحت تأثیر طول دوره گلدهی و شرایط محیطی دوره تلقیح گل‌های تولیدشده می‌باشد و در برگیرنده تعداد دانه و نهایتاً وزن دانه است (Nadeem *et al.*, 2019; Deepak *et al.*, 2019). با مراجعه به جدول دما در طی دوره رشد (جدول ۲) می‌توان گفت دما برای تاریخ کاشت اول پایین بوده و لذا بخشی از کاهش عملکرد به این موضوع ربط دارد. همچنین در تاریخ کاشت سوم نیز به‌دلیل مواجه‌شدن دوران رشد زایشی با دمای بالا، گیاه نتوانسته همانند تاریخ کاشت دوم که در شرایط دمایی بهینه‌ای بوده عملکرد بالایی داشته باشد.

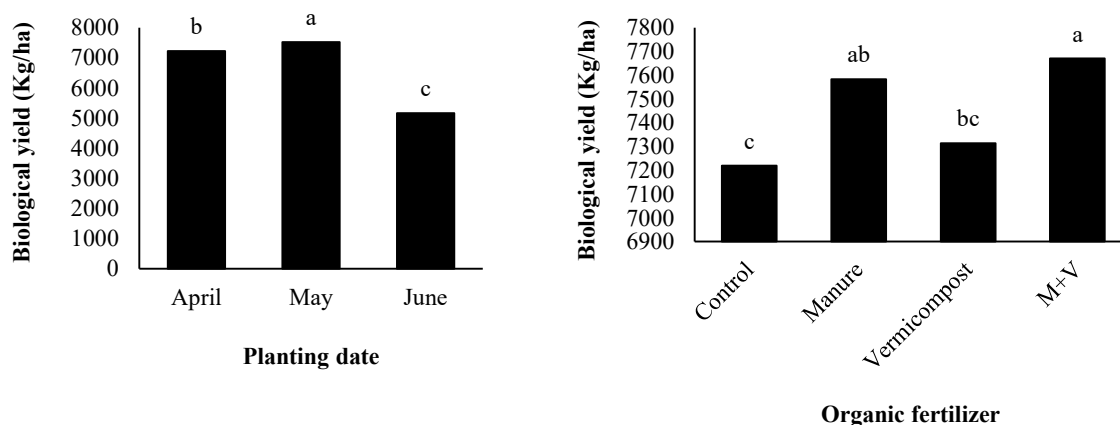


شکل ۴. اثر تاریخ کاشت و کود آلی بر عملکرد دانه سویا. میانگین‌های با حروف مشابه مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (M و V به‌ترتیب مخفف کلمه‌های Vermicompost و Manure).

۳-۵. عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد بیولوژیک سویا تحت تأثیر معنی‌دار اثرات ساده تاریخ کاشت و کود آلی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت، اما اثر متقابل معنی‌داری بین این عوامل بر عملکرد بیولوژیک مشاهده نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان عملکرد بیولوژیک در شرایط کاربرد کود آلی، نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت و در تیمار ترکیبی کود دامی و ورمی‌کمپوست در بالاترین سطح (۷۶۷۰ کیلوگرم در هکتار) قرار گرفت (شکل ۵). مقایسه تاریخ‌های کاشت نیز نشان داد که در تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) کمترین عملکرد بیولوژیکی (۵۱۶۶/۶۶ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد و تاریخ کاشت دوم (۱۵ اردیبهشت) بیشترین عملکرد بیولوژیک (۷۵۱۶/۶۶ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد (شکل ۵). براساس داده‌های هواشناسی (جدول ۲)، در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین، جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه با میانگین دمایی پایین‌تر و ساعات آفتابی کمتر مواجه شده است، در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت، این مراحل با میانگین دمایی بالاتر از فروردین و ساعات آفتابی بیشتر مواجه بوده و نهایتاً در تیمار

تاریخ کاشت ۱۵ خرداد، با میانگین دمایی و ساعات آفتابی بیشتر از اردیبهشت همزمان بوده است. در نتیجه رشد رویشی در تاریخ کاشت سوم در مردادماه که میانگین دمایی و ساعات آفتابی بالاتر از دو تاریخ کشت دیگر بود اتفاق افتاده و همین موضوع باعث شده سریع تر وارد فاز زایشی شود. همچنین دوران رشد رویشی بوته در تاریخ کاشت دوم با ماههای خرداد و تیر همزمان شد که میانگین دمایی در این تاریخ به طور متوسط بیشتر از تاریخ کاشت اول و کمتر از تاریخ کاشت سوم بوده است و به نوعی شرایط محیطی متوسط و مطلوبی در این تاریخ کاشت وجود داشته است، در نتیجه شرایط مناسبی فراهم شد تا طول دوره رشد رویشی افزایش یابد و نسبت به تاریخ سوم، رشد رویشی طولانی تری داشته و مواد فتوسنتزی بیشتری تولید کند. همچنین مرحله دانه بندی و رسیدگی در تاریخ کاشت دوم نیز مصادف با ماههای مرداد و شهریور (با تعداد ساعات روشنایی بیش تر) بود. لذا کاشت دیرهنگام موجب می شود اواخر مراحل رویشی و همچنین رشد زایشی گیاه با گرما برخورد کرده و در نتیجه جذب مواد غذایی و فرآیند فتوسنتز مختل شده و گیاه نتواند مواد غذایی کافی برای توسعه اندام های هوایی و زیرزمینی خود تولید کند. این عوامل سبب کاهش رشد و کاهش وزن خشک اندام های هوایی گیاه می شود. بنابراین، باتوجه به تاثیر عوامل محیطی، دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت دوم را می توان مساعدبودن شرایط آب و هوایی دانست که باعث رشد بهتر گیاهان و در نهایت تولید بوته های قوی تر با عملکرد بیشتر می شود (Kalate Arabi et al., 2011). مقدار بالای نیتروژن نسبت به سطوح دیگر ورمی کمپوست باعث افزایش سطح برگ گیاه شده که منجر به افزایش محتوای کلروفیل و به دنبال آن جذب بیشتر نور در گیاه و در نهایت افزایش ماده خشک گیاه شود (Amiri et al., 2017). ورمی کمپوست افزون بر عناصر غذایی و مواد آلی، دارای مقادیر زیادی مواد هیومیکی می باشد، که این مواد از طریق افزایش زیست-فراهمی عناصر غذایی به ویژه عناصر کم مصرف مانند آهن و روی، در متابولیسم گیاهی و فتوسنتز گیاه موثر بوده و سبب افزایش رنگدانه کلروفیل و عملکرد گیاه می شود (Tartoura, 2010).



شکل ۵. اثر تاریخ کاشت و کود آلی بر عملکرد بیولوژیک سویا. میانگین های با حروف مشابه مطابق آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (M و V به ترتیب مخفف کلمه های Manure و Vermicompost).

۳-۶. ویژگی های کیفی دانه

۳-۶-۱. رطوبت دانه

نتایج تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت و کود آلی بر میزان رطوبت دانه سویا نشان داد که اثرات ساده تاریخ کاشت و کود آلی و نیز اثرات متقابل تاریخ کاشت × کود آلی بر این شاخص در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × کود آلی نشان داد که رطوبت دانه در تاریخ کاشت دوم (۱۵ اردیبهشت) کاهش یافت و در تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد)، افزایش معنی داری نشان داد، اما کاربرد کودهای آلی در هر سه تاریخ، موجب کاهش درصد رطوبت شد. به طوری که کمترین (۵/۱۲ درصد) و بیشترین (۷/۲۷ درصد) میزان رطوبت دانه، به ترتیب برای تیمارهای ترکیب کود دامی و ورمی کمپوست در تاریخ کاشت اول و تیمار شاهد در تاریخ کاشت سوم ثبت شد (جدول ۴). رطوبت بذر برای تعیین زمان رسیدگی و برداشت اهمیت دارد و

یکی از عوامل موثر بر کیفیت بذر است. در دانه‌های نرسیده با رطوبت بالا، خشک کردن سریع بذر، امکان قطع فعل و انفعالات بیوشیمیایی بذر را موجب خواهد شد. گزارش‌های سایر محققان نیز نشان داده که زمان برداشت و تاریخ کاشت بر میزان رطوبت بذر موثر است. احتمال می‌رود که کاهش رطوبت بالای بذر به دلیل حجم کمتر ذخایر غذایی بذر باشد و در نتیجه بیشترین حجم بذر را آب تشکیل می‌دهد، اما در تیمارهای کودی به دلیل ذخایر غذایی بالاتر و در نتیجه درصد آب کمتر بذر، کمترین درصد رطوبت حاصل می‌شود (Karimi Jalile Vandi, 2018).

۳-۶-۲. روغن دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده تاریخ کاشت و کود آلی و نیز اثرات متقابل تاریخ کاشت × کود آلی در سطح احتمال یک درصد بر روغن دانه معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × کود آلی نشان داد که میزان روغن دانه در تاریخ‌های کاشت اول (۱۵ فروردین) و دوم روندی افزایشی داشت و در تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) کاهش نشان داد و کاربرد کودهای آلی در هر تاریخ کاشت، روند متفاوتی را نشان داد. به‌طور کلی، کمترین (۱۹/۲۸ درصد) و بیشترین (۲۵/۲۶ درصد) میزان روغن دانه، به ترتیب برای تیمار ورمی‌کمپوست در تاریخ کاشت سوم و تیمار کود دامی در تاریخ کاشت اول ثبت شد (جدول ۴). گزارش شده است که محتوای روغن دانه تحت دمای بالای محیط افزایش می‌یابد (Brumm & Hurburgh, 2006). بنابراین، باتوجه به داده‌های اقلیمی (جدول ۲)، در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد، مرحله پر شدن دانه و تشکیل روغن و پروتئین مصادف با مهرماه بوده که میانگین ساعات آفتابی کم و دمای پایین و روزهای سردی داشته است و این عوامل سبب کاهش سرعت فتوسنتز و در نتیجه کاهش ذخایر روغن و پروتئین شده‌اند. از طرف دیگر، در تاریخ کاشت دوم، دوره پر شدن دانه و تشکیل روغن مصادف با ماه‌های گرم سال بوده و لذا میزان روغن دانه نسبت به تاریخ کاشت سوم افزایش یافته است. به عبارت دیگر، با تأخیر در تاریخ کاشت، به علت برخورد دوره پر شدن دانه با درجه حرارت پایین و کوتاه شدن دوره سنتز روغن و محدودیت دوره رسیدگی دانه، درصد روغن نیز کاهش می‌یابد (Sharaf Nejad & Nasraleh Zadeh Asl, 2012). تأخیر در کاشت، کاهش طول دوره رویشی و بالاتر بودن دما در طول دوره پر شدن دانه در تاریخ کشت‌های دیرتر باعث کاهش محتوای روغن دانه سویا می‌شود (Matsuo *et al.*, 2016). هرچند که میزان روغن تحت تأثیر دما در طول دوره پر شدن دانه قرار می‌گیرد، اما ممکن است نتیجه‌گیری قطعی در مورد اثر مستقیم تاریخ کاشت بر میزان روغن و پروتئین دانه دشوار باشد (Matsuo *et al.*, 2016). تاریخ‌های مختلف کاشت گیاهان را در معرض شرایط متفاوت محیطی قرار می‌دهد و در نتیجه میزان عملکرد در شرایط دمایی مختلف متفاوت خواهد بود، زمانی که مرحله تشکیل و پر شدن دانه‌ها با کاهش دمای محیط برخورد کند، میزان سنتز روغن تحت تأثیر قرار گرفته و درصد روغن دانه‌ها کاهش خواهد یافت (Roche *et al.*, 2019). محققان معتقدند با تأخیر در تاریخ کاشت، چون زمان رسیدن دانه به فصل سرد برخورد می‌کند، درصد روغن کاهش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Salari & Barhani, 2021). افزایش مواد آلی خاک از طریق مصرف کودهای آلی که سبب افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس، بهبود ساختمان خاک و افزایش محتوی رطوبت خاک می‌شود. بنابراین بالاتر بودن میزان روغن در تیمارهای کود آلی منجر به حصول بالاترین عملکرد دانه شدند قابل پیش‌بینی بود (Karimi *et al.*, 2012).

۳-۶-۳. پروتئین دانه

طبق نتایج تجزیه واریانس، میزان پروتئین دانه سویا تحت تأثیر معنی‌دار اثرات ساده و متقابل تاریخ کاشت و کود آلی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × کود آلی نشان داد که میزان پروتئین دانه سویا در تاریخ‌های کاشت دوم (۱۵ اردیبهشت) و سوم کاهش یافت، در این پارامتر نیز، کاربرد کودهای آلی در هر تاریخ کاشت، اثر متفاوتی بر جای گذاشت. کمترین میزان پروتئین دانه سویا (۳۴/۶۷ درصد) مربوط به تیمار کود دامی در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت بود و بیشترین میزان پروتئین (۴۳/۶۷ درصد) در تیمار کود دامی در تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) ثبت شد که با تیمار ورمی‌کمپوست در همین تاریخ کشت، تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴). در تاریخ کاشت دیر هنگام، دوره پر شدن دانه بسیار کوتاه بوده و در اثر آن مواد فتوسنتزی کمتری در دانه‌ها ذخیره شده و به تبع آن درصد پروتئین دانه کاهش می‌یابد (Dadian *et al.*, 2008). بنابراین طبق داده‌های هواشناسی می‌توان اینگونه بیان کرد که در تاریخ کاشت سوم، مرحله پر شدن دانه و تشکیل پروتئین‌ها مصادف با

دماهای سرد مهرماه بوده (نسبت به تاریخ اول و دوم) و در نتیجه کاهش میانگین ساعات آفتابی و کاهش دما موجب کاهش میزان فتوسنتز و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در گیاه و در نتیجه کاهش ذخایر پروتئین دانه شده است. تنش‌های محیطی ناشی از تاریخ کاشت نامناسب، از طریق کاهش پلیزوم‌های سلول منجر به کاهش ساخت پروتئین‌ها در گیاه می‌شود (Seki et al., 2007). نتایج به‌دست‌آمده توسط محققان نشان می‌دهد که آزادسازی ترکیبات نیتروژنه از ورمی‌کمپوست در طول فصل رشد باعث افزایش قابل توجه میزان پروتئین می‌شود (Saeed Nejad et al., 2010). ورمی‌کمپوست در تقسیم و رشد سلول‌ها، افزایش تعداد گره‌ها و فاصله بین آن‌ها با ایجاد بستری مطلوب برای تغذیه گیاه نقش دارند. افزایش تعداد ساقه را می‌توان به نقش ورمی‌کمپوست در بهبود صفات فنولوژیک و افزایش دسترسی عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم برای گیاه نسبت داد. افزایش عملکرد پروتئین دانه در نتیجه کاربرد ورمی‌کمپوست به دلیل آزادسازی ترکیبات نیتروژنه از ورمی‌کمپوست در طول فصل رشد است (Sajadi Nik et al., 2011).

۳-۶-۴. خاکستر دانه

طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر ساده تاریخ کاشت و اثر متقابل تاریخ کاشت و کود آلی در سطح احتمال یک درصد بر میزان خاکستر دانه سویا معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × کود آلی برای درصد خاکستر نشان داد که میزان این صفت در تاریخ‌های کاشت دوم (۱۵ اردیبهشت) و سوم کاهش یافت. کاربرد کودهای آلی در تاریخ کاشت اول (۱۵ فروردین) میزان خاکستر را کاهش داد و در سایر تاریخ‌های کاشت، موجب افزایش خاکستر دانه سویا شد. کمترین میزان خاکستر دانه سویا (۵/۲۶ درصد) مربوط به تیمار ترکیب کود دامی و ورمی‌کمپوست در تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) و بیشترین میزان خاکستر (۵/۶۶ درصد) مربوط به تیمار ترکیب کود دامی و ورمی‌کمپوست در تاریخ کاشت دوم (۱۵ اردیبهشت) بود (جدول ۴). هرچه جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و نیتروژن بیشتر باشد، این عناصر سبب رشد بهتر ریشه و گسترش بیشتر آن در خاک می‌شوند که این امر سبب جذب بیشتر مواد معدنی و افزایش خاکستر کل می‌شود. علاوه بر این، افزایش غلظت اکثر عناصر غذایی سبب افزایش درصد خاکستر علوفه می‌شود که بیانگر محتوای کل عناصر غذایی موجود در گیاه می‌باشد. دلیل افزایش خاکستر کل در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست می‌تواند ناشی از آزاد شدن کندتر عناصر غذایی و جذب تدریجی آن‌ها توسط گیاه دانست (Karimi et al., 2018). افزایش درصد خاکستر علوفه در تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست توسط (Mohammadzadeh Toutouchi et al., 2019) و گزارش شده است (Sheikhi Sanandji et al., 2023).

۳-۶-۵. فیبر دانه

طبق نتایج تجزیه واریانس، میزان فیبر دانه سویا تحت تأثیر معنی‌دار اثرات ساده و متقابل تاریخ کاشت و کود آلی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × کود آلی نشان داد که میزان فیبر دانه سویا در تاریخ کاشت دوم (۱۵ اردیبهشت) افزایش و در تاریخ کاشت سوم (۱۵ خرداد) مجدداً کاهش یافت. کاربرد کودهای آلی در تاریخ‌های کاشت اول و سوم، موجب افزایش و در تاریخ کاشت دوم موجب کاهش میزان فیبر دانه شد؛ به‌طوری‌که تیمار شاهد در تاریخ کاشت سوم، کمترین میزان فیبر دانه سویا (۵/۸۶ درصد) را به خود اختصاص داد و بیشترین میزان فیبر (۸/۱۰ درصد) در تیمار کود دامی در تاریخ کاشت اول (۱۵ فروردین) ثبت شد (جدول ۴). درصد بالای عناصر میکرو و ماکرو در ورمی‌کمپوست، باعث افزایش رشد سبزینه‌ای گیاهان می‌شود و از فیبر گیاه کاسته شده و در نتیجه، کیفیت بیشتر می‌شود. کاهش درصد فیبر خام علوفه در کاربرد کودهای آلی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Ghahfarokhi et al., 2021, Sheikhi Sanandji et al., 2023).

۴. نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد تأخیر در کاشت سویا موجب کاهش وزن خشک شاخساره، عملکرد بیولوژیک و اقتصادی و وزن هزار دانه شد. در تاریخ کاشت اول (۱۵ فروردین) و دوم (۱۵ اردیبهشت) با فراهم‌شدن شرایط محیطی مناسب، دوره رشد رویشی افزایش یافته و در نتیجه افزایش عملکرد دانه و وزن خشک شاخساره مشاهده شد. ویژگی‌های کیفی بذر نیز تحت تأثیر قرار گرفت؛ به‌طوری‌که در تاریخ کاشت دیر هنگام (۱۵ خرداد) بیشترین رطوبت بذر، کمترین میزان روغن و پروتئین دانه حاصل شد و میزان

خاکستر و فیبر نیز در این تاریخ کاهش یافت. بررسی شاخص‌های تبادلات گازی نیز نشان‌دهنده افزایش سرعت فتوسنتز و کارایی کوانتومی فتوسیستم II در تاریخ کاشت دوم بود. کاربرد کودهای آلی (دامی و ورمی کمپوست) در این پژوهش برای تمام تاریخ‌های کاشت اثرات مطلوبی در عملکرد و سایر ویژگی‌های مورد بررسی نشان داد. اگرچه کود دامی نیز نسبت به تیمار شاهد، اثرات مثبتی بر جای گذاشت؛ اما با کاربرد ورمی کمپوست، بیشترین وزن خشک شاخساره، پروتئین دانه، عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی و کارایی کوانتومی و کمترین رطوبت بذر به دست آمد. همچنین در تیمار ترکیبی کود دامی و ورمی کمپوست نیز بیشترین وزن هزار دانه، درصد روغن دانه، خاکستر، فیبر و سرعت فتوسنتز و کمترین میزان تعرق حاصل شد. در نهایت براساس نتایج، برای به دست آوردن بیشترین کمیت و کیفیت بذر سویا، ترکیب ورمی کمپوست یا کود دامی و ورمی کمپوست و تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت به علت افزایش رشد و عملکرد قابل توصیه می‌باشد.

۵. منابع

- Abdraimova, N.A., Umbetov, A.K., Yeleshev, R.E., & Goos, R.J. (2014). Effect of mineral and organic fertilizers on the soybean (*Glycine max*) yield and fertility of the irrigated soils. *Life Science Journal*, 11(11), 256-261.
- Ahmadpour, R., Armand, N., Hosseinzadeh, S.R., & Rigi, G. (2017). The effect of compost on some photosynthetic parameters in three stages of lentil plant growth under drought stress. *Plant Research Journal (Iranian Biology Journal)*, 31(4), 780-768. (In Persian).
- Amani Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M.R., & Maggi, F. (2018). Evaluation of competition, essential oil quality and quantity of peppermint intercropped with soybean. *Industrial Crops and Products*, 111, 743-754.
- Amiri, H., Ismaili, A., & Hosseinzadeh, S.R. (2017). Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Karaj). *Compost Science and Utilization*, 25(3), 152-165.
- Arslanoglu, S.F. (2022). The effects on the root and plant development of soybean of organic fertilizer applications. *Bioscience Journal*, 38, e38036. <https://doi.org/10.14393/BJ-v38n0a2022-60382>.
- Bender Ozenç, D. (2006). Effects of composted hazelnut husk on growth of tomato plants. *Compost Science and Utilization*, 14, 271-275.
- Brumm, T.J., & Hurburgh, C.R. (2006). Changes in long-term soybean compositional patterns. *Journal of American Oil Chemists' Society*, 83, 981-982.
- Buranova, S., Cerny, J., Mitura, K., Lipinska, K.J., Kovarik, J., & Balik, J. (2016). Effect of organic and mineral fertilizers on yield parameters and quality of wheat grain. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 47(2), 47-53.
- Colet, F., Lindsey, A.J., & Lindsey, L.E. (2023). Soybean planting date and seeding rate effect on grain yield and profitability. *Agronomy, Soils, and Environmental Quality*, 115, 2286-2297.
- Dadian, A.R., Madani, H., Vafaie, M.R., & Farmahini, A. (2008). Effect of planting date on yield and yield components of soybean in Farahan region. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 5, 281-294.
- Deepak, S.B., Thakur, A., Singh, S., Bakshi, M., & Bansal, S. (2019). Changes in crop physiology under drought stress: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(4), 1251-1253.
- Devasirvatham, V., Tan, D.K.Y., Gaur, P.M., Raju, T.N., & Trethowan, R.M. (2012). High temperature tolerance in chickpea and its implications for plant improvement. *Crop and Pasture Science*, 63, 419-428.
- Farokhi, A., Kochaki, A., Nasiri Mahalati, M., & Khademi, R. (2020). The effect of using animal, biological and chemical fertilizers on the performance and some morphological characteristics of *Aloe vera* in Bushehr province. *Agricultural Ecology*, 13(3), 407-391. (In Persian).
- Genty, B., & Meyer, S. (1995). Quantitative mapping of leaf photosynthesis using chlorophyll fluorescence imaging. *Functional Plant Biology*, 22(2), 277-284.
- Ghahfarokhi, H., Esmaili, M., Danesh Shahraki, A., & Ghajar Sepanlu, M. (2021). Evaluation of organic and nitrogen fertilizers application on quality of forage of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) under intercropping system. *Journal of Agroecology*, 13, 563-579.
- Golchin, L., Tavakoli, A., Kahramanpour, & Zarin Qalami, S. (2023). Effect of low irrigation and planting date on seed yield, physicochemical characteristics and oil content of safflower varieties (*Carthamus tinctorius* L.). *Iranian Agricultural Plant Sciences*, 54(4), 47-60. DOI 10.22059/ijfcs.2023.354782.654979. (In Persian).
- Hajdouch, M., Hearne, L., Miernyk, J., Casteel, J., Joshi, T., Agrawal, G., Song, Z., Zhou, M., Xu, D., & Thelen, J. (2010). Systems analysis of seed filling in *Arabidopsis*: Using general linear modeling to assess concordance of transcript and protein expression. *Plant Physiology*, 152, 2078-2087.
- Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., & Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*, 54(1), 87-92.

- Hosseinzadeh, S.R., Salimi, A., Ganjeali, A., & Ahmadpour, R. (2014). Effects of foliar application of methanol on photosynthetic characteristics chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Plant Biology*, 5, 115-132.
- Jahangiri Nia, A., Siadat, S.A., Kochzadeh, A., Moradi Rekat, M.R., & Sayahfar, M. (2015). The effect of using vermicompost and mycorrhizal fertilizers on the quantitative and qualitative yield of soybean under water stress conditions. *Journal of Agriculture*, 18(2), 331-319. (In Persian).
- Jalilian, S., Mandani, F., Fatemi, A., & Bagheri, A. (2018). *Evaluation of the effect of manure and cover plant on soil physicochemical characteristics and growth and performance of organic sesame. Master's thesis in the field of organic agriculture, majoring in agroecology*. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, Razi University, Iran.
- Kalantar Ahmadi, A. (2020). The effect of winter planting on the growth and seed yield of soybean genotypes in the conditions of North Khuzestan. *Journal of Agricultural Sciences of Iran*, 23(4), 305-290. (In Persian).
- Kalantar-Ahmadi, S., Eslamizadeh, A., & Ghodrati, G.R. (2018). Effect of sowing date on growth and seed yield of soybean (*Glycine max* Merrill) genotypes under North Khuzestan weather conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 20(1), 45-60. (In Persian).
- Kalate-Arabi, M., Sheykh, F., Soghi, H., & Hyve Chi, J.A. (2011). Effects of sowing date on grain yield and its components of two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Gorgan in Iran. *Journal of Seed Plant*, 27(3), 285-296.
- Karadavut, U., Palta, C., Kavurmaci, Z., & Bolek, Y. (2010). Some grain yield parameters of multi-environmental trials in faba bean (*Vicia faba*) genotypes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12, 217-220.
- Karami, M., Mokhtassi-Bidgoli, A., & AghaAlikhani, M. (2018). The quantitative and qualitative characteristics of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) under different irrigation and nutrient regimes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 49, 203-216. (In Persian).
- Karimi Jalile Vandii, T. (2018). Investigating the effect of planting date and chemical fertilizer on the moisture content of Balango Shirazi seeds during seed filling. *Journal of Seed Research*, 9(2), 69-61. (In Persian).
- Karimi, F., Bahmanyar, M.A., & Shahabi, M. (2012). Improving the content of oil, protein and some yield components of canola in two calcareous soil, consequence the sulfur and cattle manure application. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 22(3), 71-85. (In Persian).
- Karimi, S., Yadollahi, A., & Arzani, K. (2015). Gas-exchange response of almond genotypes to water stress. *Photosynthetica*, 53, 29-34.
- Kumar, S., Rawat, C.R., Dhar, S., & Rai, S.K. (2005). Dry matter accumulation, nutrient uptake and changes in soil fertility status as influenced by different organic sources of nutrients to forage sorghum (*Sorghum bicolor*). *Indian Journal Agricultural Science*, 75(6), 340-342.
- Lakhdar, A., Rabhi, M., Ghnaya, T., Montemurro, F., Jedidi, N., & Abdelly, C. (2009). Effectiveness of compost use in salt affected soil. *Hazardous Materials*, 171(3), 29-37.
- Majidian, M. (2008). *Effects of nitrogen fertilizer, manure and water stress in agro systems during different growth stages on quantities and qualitative agronomic characteristics of corn (Zea mays L.)*. Ph.D. Thesis. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
- Matsuo, N., Fukami, K., & Tsuchiya, S. (2016). Effects of early planting and cultivars on the yield and agronomic traits of soybeans grown in southwestern Japan. *Plant Production Science*, 19(3), 370-380.
- Mohammadzadeh Toutouchi, P., Pirzad, A., & Jalilian, J. (2019). Effect of biofertilizers and vermicompost on yield and forage quality of chicory under rainfed condition. *Journal of Crops Improvement*, 21, 195-207. (In Persian).
- Mousavi, S.K., & Pezeshkpour, P. (2006). Evaluation of Kabouli chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars response to sowing date. *Iranian Agronomy Research*, 4, 141-154.
- Nadeem, M., Li, J., Yahya, M., Sher, A., Ma, C., Wang, X., & Qiu, L., (2019). Research progress and perspective on drought stress in legumes: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(10), 2541.
- Pandey, V., Patel, A., & Patra, D.D. (2016). Integrated nutrient regimes ameliorate crop productivity, nutritive value, antioxidant activity and volatiles in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Industrial Crops and Products*, 87, 124-131.
- Rahayu, M., Purwanto, E., Setyawati, A., Sakya, Samanhudi, A.T., Yunus, A., Purnomo, D., Handoyo, G.C., Arniputri, R., & Na'imah, S. (2021). Growth and yield response of local soybean in the giving of various organic fertilizer. *Earth and Environmental Science*, 905, 012028. Doi:10.1088/1755-1315/905/1/012028.
- Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A.R., & Najafi, F. (2011). Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Acta Biologica Cracoviensia-Series Botanica*, 53, 47-56.
- Rizvan Moghadam, P., Sabouri, A., Mohammad Abadi, A., & Moradi, R. (2012). The effect of chemical fertilizers, cow and urban waste compost on yield, yield components and oil content of three genotypes of sesame in Mashhad. *Journal of Agricultural Research of Iran*, 2(11), 250-241. (In Persian).
- Rivero, R.M., Mestre, T.C., Mittler, R., Rubio, F., Garcia-Sanchez, F., & Martinez, V. (2014). The combined effect of salinity and heat reveals a specific physiological, biochemical and molecular response in tomato plants. *Plant, Cell and Environment*, 37, 1059-1073.

- Roberts, C.A., Workman, J., & Reeves, J.B. (2004). Near-infrared spectroscopy in agriculture. *Madison*, 212p.
- Roche, J., Mouloungui, Z., Cerny, M., & Merah, O. (2019). Effect of sowing dates on fatty acids and phytosterols patterns of *Carthamus tinctorius* (L.). *Applied Sciences*, 9(14), 28-39. Doi:10.3390/app9142839.
- Saeed Nejad, A.H., Rizvani Moghadam, P., Khazaei, H.M., & Nasiri, M. (2010). The effect of using organic materials, biological fertilizers and chemical fertilizers on the digestibility and protein content of fodder sorghum. *Iranian Agricultural Research Journal*, 9(4), 623-630. (In Persian).
- Sajadi Nik, R., Yadavi, A., Balouchi, H.R., & Farajee, H. (2011). Effect of chemical (urea), organic (vermicompost) and biological (nitroxin) fertilizers on quantity and quality yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 21(2), 87-101. (In Persian).
- Salari, M., & Barhani, A. (2021). Investigating the effect of different planting dates on the quantitative and qualitative characteristics of soybeans in Khuzestan. *Journal of Plant and Crop Science*, 12(2), 189-174. (In Persian).
- Seki, M., Umezawa, T., Urano, K., & Shinozaki, K. (2007). Regulatory metabolic networks in drought stress responses. *Current Opinion in Plant Biology*, 10(3), 296-302.
- Serhat, Z., & Baran, B. (2003). Influences of composted hazelnut husk on some physical properties of soils. *Bioresource Technology*, 88, 241-244.
- Shahrosund, S., Issund, H.R., Nazarian Firouzabadi, F., & Faizian, M. (2018). The effect of sulfur and vermicompost application on some agricultural traits and yield of Hobbit soybean. *Scientific Journal of Ecophysiology of Crop Plants*, 3(51), 447-460. (In Persian).
- Sharaf Nejad, A., & Nasraleh Zadeh Asl, A. (2012). Effect of planting date on yield and yield components of soybean cultivars in Selmas region. *Journal of Research in Agricultural Sciences*, 6(22), 1-12. (In Persian).
- Sheikhi Sanandji, D., Heydari, G., Fathi, P., Sharifi, Z., & Khodvardilo, H. (2023). Investigating the effect of different levels of vermicompost and irrigation on the yield and quality of quinoa fodder. *Iranian Crop Science*, 54(2), 15-24. DOI: 10.22059/ijfcs.2022.348816.654942. (In Persian).
- Shi, Y.L., Cai, Z.Y., Li, D., Lu, J.L., Ye, J.H., Liang, Y.R. & Zheng, X.Q. (2019). Effect of freezing on photosystem ii and assessment of freezing tolerance of tea cultivar. *Plants*, 8(10), 434.
- Sikder, S., Foulkes, J., & West, H. (2015). Evaluation of photosynthetic potential of wheat genotypes under drought condition. *Photosynthetica*, 53, 47-54.
- Silva, R. (2005). Effect of planting date and planning distance on growth of flaxseed. *Agronomy Journal*, 136, 113-118.
- Soleymani, F., & Naseri, R.. (2020). Responses of seed yield and morphophysiological traits of mungbean (*Vigna radiate* L.) cv. Gohar to GDD and plant density in Ilam region. *Journal of Crop Ecophysiology*, 14(3), 433-446. (In Persian).
- Tang, C.H., Yang, X., Chen, X., Ameen, A., & Xie, G. (2018). Sorghum biomass and quality and soil nitrogen balance response to nitrogen rate on semiarid marginal land. *Field Crops Research*, 215, 12-22.
- Tartoura, A.H. (2010). Alleviation of oxidative-stress induced by drought through application of compost in wheat (*Triticum aestivum* L.) plants. *American- Eurasian Journal Agriculture Environmental Science*, 9(2), 208-216.
- Valiolahpor, R., Khakzad, R., Gholipori, A., & Barari, H. (2011). The effect of sowing date on density and dray matter of weed and yeild of soybean cultivars. *Journal of Plant Protection*, 25, 92-101.