Journal of Agroecology
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

Research Article
Vol. 15, No. 4, 2024, p. 789-808

Effect of Application of Different Levels of Chemical Fertilizers and Pelleted Poultry Manure on Yield and Quality of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Nuts under Sanandaj Conditions

Ahmad Naseri [1] and Gholamreza Heidari [2*]

1- Former M.Sc. Student, Department of Production Engineering and Plant Genetics, University of Kurdistan, Iran.
2- Associate Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, University of Kurdistan, Iran.
(*- Corresponding author's Email: g.heidari@uok.ac.ir)

Received: 02-05-2022
Revised: 22-07-2022
Accepted: 31-08-2022
Available Online: 31-08-2022

How to cite this article:
Naseri, A., & Heidari, G. (2024). Effect of application of different levels of chemical fertilizers and pelleted poultry manure on yield and quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) nuts under Sanandaj conditions. *Journal of Agroecology*, *15*(4), 789-808.
DOI: 10.22067/agry.2022.76016.1105

Introduction

Utilization of different plant nutrition systems in terms of optimal use of climatic factors, agricultural management and consumption of agricultural inputs can be an effective way to increase production and reduce the use of chemical fertilizers. Under such conditions, using organic manures can protect the environment, produce healthy agricultural products ,provide better nutritional conditions for crops, and have a favorable effect on plant growth. Organic manures are natural and safe products. Organic manures positively affect plant growth by increasing porosity and permeability, reducing soil bulk density, and increasing soil water-holding capacity. The combined use of chemical and organic fertilizers as a correct and rational management system, in addition to reducing the use of chemical fertilizers and preventing their harmful effects on surface and groundwater, can maintain the nutritional balance in plants and increase their yield. Recognizing the significance of integrating organic and chemical fertilizers in sustainable agriculture, this study was undertaken to examine the variations in yield and yield components of sunflower nuts. The investigation focused on utilizing different levels of chemical fertilizers and pelleted poultry manures.

Materials and Methods

This experiment was performed as a randomized complete block design with 11 treatments in three replications in the University of Kurdistan research farm in 2018. Experimental treatments including poultry manure in combination with chemical fertilizers, including 1000 kg of poultry manure + zero chemical fertilizer, 1000 kg of poultry manure + 25% of recommended chemical fertilizer, 1000 kg of poultry manure + 50% of recommended chemical fertilizer, 2000 kg poultry manure + zero chemical fertilizer, 2000 kg poultry manure + 25% of recommended chemical fertilizer, 2000 kg poultry manure + 50% of recommended chemical fertilizer, 4000 kg poultry manure + zero chemical fertilizer, 4000 kg poultry manure + 25% of recommended chemical fertilizer, 4000 kg Poultry manure + 50% of recommended chemical fertilizer, 100% chemical fertilizer

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

https:// DOI: 10.22067/agry.2022.76016.1105

application (recommended) and no fertilizer application. This experiment measured traits such as plant height, head diameter, 1000-seed weight, number of seeds per head, biological yield, and grain yield.

Results and Discussion

The experimental results highlighted the positive impact of combined poultry and chemical fertilizer treatments on grain yield and yield components. This included increasing the number of grains per head, maintaining a 1000-grain weight by enhancing the number of grains per head, and boosting biological yield, grain yield, and harvest index. Additionally, improvements were observed in grain quality, with elevated protein, oil, phosphorus, and potassium content in sunflower seeds. Notably, the most favorable outcomes in terms of grain yield were observed in plants treated with 4000 kg of poultry manure + 25% chemical fertilizer (1413 $kg.ha^{-1}$), those without poultry manure + 100% chemical fertilizer (1411.2 $kg.ha^{-1}$), and those treated with 4000 kg of poultry manure + 50% chemical fertilizer (1367.07 $kg.ha^{-1}$). These treatments exhibited the highest grain yield, representing a substantial increase of 60.57%, 60.3%, and 54.55% compared to the control treatment (880 $kg.ha^{-1}$). Treatments of 4000 kg poultry manure + 25% chemical fertilizer, no poultry manure + 100% chemical fertilizer, and 4000 kg poultry manure + 50% chemical fertilizer had the highest percentage of harvest index, respectively. Treatments of 1000 kg poultry manure + 25% chemical fertilizer, 2000 kg poultry manure without chemical fertilizer, 1000 kg poultry manure without chemical fertilizer and control treatment had the lowest percentage of harvest index. Treatment application of 1000 kg poultry manure + 25% chemical fertilizer (39.84%) had the highest percentage of seed oil, but there was no significant difference with other fertilizer treatments, and only the control treatment (32.91%) had a significant difference. The highest amounts of grain protein, phosphorus and potassium were obtained from the combined treatment of 25% chemical fertilizer + 2000 kg of poultry manure.

Conclusion

In general, due to the negative effects of chemical fertilizers, the combined treatment of 4000 $kg.ha^{-1}$ of poultry manure + 25% of the recommended chemical fertilizer with the highest grain yield was the best fertilizer treatment. From the results of this study, it is inferred that using organic and chemical fertilizers in sunflower cultivation, in addition to achieving acceptable yields and improving grain quality, can increase the efficiency of fertilizer application and use of chemical fertilizers that negatively affect the environment and environment. Crop systems have proven to shrink and move towards achieving sustainable agricultural goals.

Keywords: Percentage of seed oil, percentage of grain protein, harvest index, head diameter, 1000-grain weight

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی

جلد ۱۵، شماره ٤، زمستان ۱٤۰۲، ص ۸۰۸-۷۸۹

اثر کاربرد سطوح مختلف کودهای شیمیایی و کود مرغی پلیت شده بر عملکرد و کیفیت دانه آفتابگردان آجیلی (*Helianthus annuus* L.) در شرایط سنندج

احمد ناصری[۱] و غلامرضا حیدری[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۰۹

چکیده

با توجه به اهمیت کودهای آلی و شیمیایی در کشاورزی پایدار، پژوهشی با هدف بررسی عملکرد و کیفیت دانه آفتابگردان آجیلی (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر مصرف سطوح مختلف کودهای مرغی پلیت شده و شیمیایی اجرا شد. این آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۱ تیمار در سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۷- ۱۳۹۶ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل عدم مصرف کود، مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (توصیه شده)، ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی، ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی، ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی، ۱۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی، ۱۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی، ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی، ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی، ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی، ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی بود. نتایج آزمایش نشان‌دهنده تأثیر مثبت تیمارهای تلفیقی کود مرغی و شیمیایی بر عملکرد و کیفیت دانه آفتابگردان بود. بیشترین عملکرد دانه از ترکیب تیماری ۲۵ درصد کود شیمیایی + ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی حاصل شد. بیشترین درصد روغن دانه با کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی + ۱۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی حاصل گردید. بیشترین مقادیر پروتئین، فسفر و پتاسیم دانه از تیمار کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی + ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی حاصل شد. در کل، تیمار ترکیبی مصرف ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده با داشتن بیشترین عملکرد دانه، بهترین تیمار کودی بود. از نتایج این تحقیق استنباط می‌شود که می‌توان با کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی در زراعت آفتابگردان علاوه‌بر حصول عملکرد قابل قبول، به بهبود کیفیت دانه منجر شد و مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: درصد پروتئین دانه، درصد روغن دانه، شاخص برداشت، قطر طبق، وزن هزار دانه

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) به‌عنوان پنجمین گیاه تولیدکننده روغن (بعد از سویا، کلزا، پنبه و بادام‌زمینی) و تولیدکننده سوخت زیستی در جهان مطرح است (Zehra et al., 2020). روغن دانه آفتابگردان به‌واسطه دارا بودن مقادیر فراوانی از اسیدهای چرب اشباع نشده نظیر اسید لینولئیک و اسید اولئیک جزو گیاهان زراعی با اهمیت می‌باشد (Akbari et al., 2009). ارقام زراعی آفتابگردان به دو تیپ روغنی و آجیلی تقسیم‌بندی می‌شوند، در نوع آجیلی، درصد روغن کمتر از ۳۰ درصد است، ولی دارای درصد پروتئین بالایی می باشد و جهت مصرف آجیلی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Lu & Hoeft, 2007). در کشاورزی رایج به‌منظور افزایش رشد و عملکرد گیاهان و جبران کمبود عناصر غذایی خاک اغلب از کودهای شیمیایی

۱- دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد، دانشگاه کردستان، ایران.
۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه کردستان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: g.heidari@uok.ac.ir)
DOI: 10.22067/agry.2022.76016.1105

استفاده می‌شود. مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی موجب افزایش بروز آلودگی در بخش‌های مختلف محیط زیست می‌شود (Qaswar et al., 2020). علاوه‌براین، استفاده مداوم از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را به‌علت اسیدی شدن خاک، افت ویژگی‌های مطلوب فیزیکی و شیمیایی خاک و عدم وجود عناصر کم‌مصرف در کودهای NPK کاهش می‌دهد (Anediran et al., 2005). مصرف کودهای شیمیایی باعث تجزیه سریع ماده آلی خاک می‌شود که در نهایت، به تخریب ساختمان خاک منجر می‌گردد (Diacono & Montemurro, 2010).

بهره‌گیری از نظام‌های مختلف تغذیه گیاه از نظر استفاده بهینه از عوامل اقلیمی، مدیریت زراعی و مصرف نهاده‌های کشاورزی می‌تواند کمک مؤثری به افزایش تولید و کاهش مصرف کودهای شیمیایی نماید. تحت چنین شرایطی به‌کارگیری کودهای آلی می‌تواند موجب حفظ محیط زیست و تولید محصولات کشاورزی سالم شود و شرایط تغذیه‌ای بهتری برای گیاه فراهم آورد و تأثیر مطلوبی بر رشد گیاهان داشته باشد (Qaswar et al., 2020). کودهای آلی فرآورده‌های طبیعی و بدون خطری هستند که برای دست‌یابی به اهداف کشاورزی پایدار مورد استفاده قرار می‌گیرند (Maeder et al., 2002). کودهای آلی به‌واسطه افزایش تخلخل و نفوذپذیری، کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک و افزایش قابلیت نگهداری آب در خاک، اثرات مثبتی بر رشد گیاهان دارند (Wang et al., 2002). از آنجایی که آزاد شدن عناصر غذایی از کودهای آلی بسیار کند و تدریجی بوده و شاید نتوانند در مدت زمانی کوتاه، نیاز گیاهان را برطرف کنند، احتمال کمبود برخی عناصرغذایی وجود دارد (López-Valdez et al., 2011). مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی، به‌عنوان سیستم مدیریتی صحیح و منطقی می‌تواند علاوه‌برکاهش مصرف کودهای شیمیایی و جلوگیری از اثرات زیان‌آور آن‌ها بر آب‌های سطحی و زیرزمینی، توازن تغذیه‌ای در گیاهان را حفظ کرده و عملکرد آن‌ها را افزایش دهد (Qaswar et al., 2020). هدف از مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهان، جذب کافی عناصر غذایی و رشد مطلوب گیاه با کمترین اثرهای منفی بر محیط زیست می‌باشد (Alley & Vanlauwe, 2009).

هنگامی که کودهای شیمیایی و آلی به‌صورت تلفیقی مصرف می شوند، عناصر غذایی موجود در کودهای شیمیایی به‌سرعت آزاد شده و به استقرار اولیه گیاه کمک می‌کنند، ولی معدنی شدن کودهای آلی به تدریج درطول فصل رشد انجام می‌گیرد و باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود. کاهش چگالی ظاهری خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و ساختمان گرانول‌های خاک، افزایش فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی و آزادسازی عناصر غذایی موجود در خاک از دلایل افزایش عملکرد دانه آفتابگردان در نظام‌های کشاورزی تلفیقی و پایدار می‌باشد (Mohammadi et al., 2013). نتایج آزمایشی بر روی آفتابگردان آجیلی، حاکی از آن بود که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی از طریق تأمین عناصر غذایی مورد نیاز بوته‌های آفتابگردان در مراحل حسّاس رشدی منجر به افزایش عملکرد و اجزای آن در آفتابگردان آجیلی می‌شود (Sarabi et al., 2022). احمد و جابین (Ahmad & Jabeen, 2009) با انجام پژوهشی گزارش کردند که کاربرد کود آلی ورمی کمپوست باعث افزایش ارتفاع گیاه، قطر ساقه و عملکرد بیولوژیک در آفتابگردان شد. آن‌ها این افزایش را به بهبود ساختمان خاک در نتیجه افزایش ظرفیت نگهداری آب، تهویه خوب و زهکشی مناسب نسبت دادند که رشد ریشه‌ها را افزایش داده و سبب افزایش جذب عناصر غذایی می‌گردد. مونیر و همکاران (Munir et al., 2007) با بررسی اثر تیمارهای مختلف تغذیه‌ای کودهای آلی، شیمیایی و تلفیقی بر گیاه آفتابگردان گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی به‌دست آمد و صفات مرتبط با کیفیت دانه آفتابگردان مانند درصد روغن و پروتئین در تیمارهای تلفیقی (کود آلی و کود شیمیایی) به‌طور معنی‌داری بیشتر از مصرف هر یک از آن‌ها به‌تنهایی بوده است. در مطالعه‌ای دیگر، قدمچی و همکاران (Ghadamgahi et al., 2013) مشاهده کردند کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی در آفتابگردان آجیلی رقم قلمی به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد آن منجر شد. اکبری و همکاران (Akbari et al., 2009) گزارش کردند که سیستم تغذیه تلفیقی در آفتابگردان بیشترین عملکرد دانه را تولید می‌کند، به‌طوری‌که در سیستم تغذیه تلفیقی ۵۰ درصد آلی + ۵۰ درصد شیمیایی (۱۶ تن کود گاوی پوسیده در هکتار + ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره) بیشترین میزان عملکرد دانه به‌دست آمد. اسماعیلیان و همکاران (Esmaeilian et al., 2014) در پژوهشی تأثیر مصرف کودهای آلی، شیمیایی و تلفیقی آن‌ها بر گیاه آفتابگردان در شرایط تنش خشکی را بررسی و گزارش کردند که تیمارکودهای آلی (۲۰ تن در هکتار کود گوسفندی و ۱۰ تن در هکتار کود مرغی) و تیمار تلفیقی (۱۵ تن در هکتار کود گاوی + نصف کود شیمیایی توصیه شده) عملکرد دانه و

ویژگی‌های رشد گیاه آفتابگردان را در شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها افزایش می‌دهند. با توجه به اهمیت کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی در کشاورزی پایدار، این پژوهش با هدف بررسی تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد دانه آفتابگردان آجیلی با مصرف سطوح مختلف کودهای مرغی پلیت شده و شیمیایی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۱ تیمار در سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۷- ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل کود مرغی پلیت شده در تلفیق با کودهای شیمیایی شامل ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + کود شیمیایی صفر، ۱۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی توصیه شده، ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + کود شیمیایی صفر، ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی، ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی، ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + کود شیمیایی صفر، ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی، ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی، مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (توصیه شده) و عدم مصرف کود بود (میزان کود مصرفی، کیلوگرم در هکتار می‌باشد). کود مرغی یکی از انواع کودهای دامی و یک منبع ماده آلی باارزش برای تقویت خاک است. این کود آلی علاوه‌بر تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، به افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک کمک می‌کند و از نظر داشتن نیتروژن بر سایر کودهای دامی ارجحیت دارد (Lawrence *et al*., 2008). سطوح کود مرغی مصرف شده در تیمارهای آزمایشی بر اساس مقادیر توصیه شده عناصر غذایی اصلی برآورد گردید. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در مکان انجام آزمایش در جدول ۱، میزان کود شیمیایی توصیه شده در جدول ۲ و آنالیز کود مرغی پلیت شده در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در مکان انجام آزمایش

Table 1- Some physical and chemical properties of soil at the experiment site

بافت Texture			ماده آلی	هدایت	pH	عناصر میکرو Micro nutrients			پتاسیم قابل	فسفر قابل
شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	Organic matter (%)	الکتریکی EC (dS.m^{-1})		بر Br (mg.kg^{-1})	آهن Fe (mg.kg^{-1})	روی Zn (mg.kg^{-1})	جذب K (mg.kg^{-1})	جذب P (mg.kg^{-1})
24.2	38.4	37.4	0.76	0.49	7.62	0.7	2.2	0.8	320	12.4

جدول ۲- مقادیر کود شیمیایی بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب (Nourgholipour & Mirzapour, 2016)

Table 2- Amounts of chemical fertilizers based on the soil test results and recommendations of the Soil and Water Research Institute

نوع کود Fertilizer type	مقدار مصرف در هکتار Consumption amount (kg.ha^{-1})	زمان و روش مصرف Consumption time and method
اوره Urea	350	یک‌سوم هنگام کاشت، یک‌سوم در ۸ برگی و یک‌سوم قبل از گلدهی One-third at planting, one-third at 8 leaves, and one-third before flowering
سولفات پتاسیم Potassium sulfate	90	قبل از کاشت همراه با شخم وارد خاک گردید Before planting, it was plowed into the soil
سوپرفسفات تریپل Triple superphosphate	150	قبل از کاشت به‌صورت نواری مصرف شد It was used as a strip before planting
گوگرد (گرانوله) Sulfur (granular)	220	قبل از کاشت همراه با شخم وارد خاک گردید Before planting, it was plowed into the soil

جدول ۳- آنالیز شیمیایی کود مرغی پلیت شده

Table 3- Chemical analysis of pelleted poultry manure

رطوبت Humidity (%)	منیزیم Mg (%)	کلسیم Ca (%)	گوگرد S (%)	پتاسیم K (%)	فسفر P (%)	نیتروژن N (%)
12	1.4	2.3	0.7	2.6	2.6	5

عملیات تهیه زمین شامل شخم و دیسک به‌طور یکسان برای تمام تیمارها صورت گرفت. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به‌طول چهار متر، فاصله بین ردیف‌های کشت، ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف، ۲۰ سانتی‌متر بود (Khajehpour, 2004). ابعاد هر کرت ۴ × ۲/۸ متر، فواصل بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین تکرارها دو متر منظور گردید. بعد از آماده‌سازی زمین، بذر آفتابگردان آجیلی از توده‌ی بومی سنقر با تراکم بوته ۷/۱ بوته در مترمربع در تاریخ ۱۵ خرداد ماه ۱۳۹۷ کشت گردید. زمانی که پشت طبق‌ها زرد مایل به قهوه‌ای و برگچه‌های کناری طبق قهوه‌ای شدند، برداشت انجام پذیرفت. برای تعیین تأثیر مصرف کودهای مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه با رعایت اثر حاشیه، مساحتی به‌اندازه دو مترمربع برداشت گردید و صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، قطر طبق، وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد.

برای تعیین غلظت عناصر غذایی در دانه از بذرهای برداشت شده در مرحله رسیدگی از هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی نمونه‌برداری انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه، ابتدا نیتروژن دانه به‌روش هضم تر با استفاده از دستگاه کجلدال تعیین شد. سپس درصد پروتئین دانه از حاصل ضرب درصد نیتروژن در ۶/۲۵ (معادله ۱) محاسبه گردید (Murru & Calvo, 2020).

معادله (۱) درصد پروتئین کل = درصد نیتروژن کل × ۶/۲۵

اندازه‌گیری میزان فسفر دانه به‌کمک دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد (Ryan *et al.*, 2007). به‌منظور اندازه‌گیری میزان پتاسیم ابتدا عصاره گیاهی تهیه و سپس با استفاده از فلیم فتومتر میزان پتاسیم اندازه‌گیری شد (Ryan *et al.*, 2007). جهت تعیین درصد روغن، از روش سوکسله با کمک حلال دی اتیل اتر استفاده شد (AOAC, 2005).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد و برای مقایسه‌ی میانگین تیمارها از آزمون LSD[1] (حداقل تفاوت معنی‌دار) استفاده شد و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) ارتفاع بوته آفتابگردان تحت تأثیر سطوح مختلف ترکیبات کودی قرار گرفت ($p\leq0.01$). بلندترین بوته‌های آفتابگردان (۱۹۵/۸۷ سانتی‌متر) در تیمار ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی مشاهده شد که نسبت به شاهد (بدون کود مرغی و شیمیایی) از افزایش ۲۱/۴۹ درصدی برخوردار بود. این تیمار به‌غیر از شاهد (۱۶۱/۲۳ سانتی‌متر) با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱). ارتفاع بوته در آفتابگردان با توجه به نیاز این گیاه به نور زیاد جهت تحریک فتوسنتز و افزایش سرعت رشد از اهمیت بالایی برخوردار است (Kaya *et al.*, 2006) (Muhsin *et al.*, 2021). کایا و همکاران طی آزمایشی نشان دادند، ارقام هیبرید آفتابگردانی که ارتفاع بوته‌ی بیشتری دارند در مقایسه با ارقام شاهد از عملکرد بالاتری نیز برخوردارند. کود مرغی با داشتن محتوای بالای نیتروژن، فسفر، پتاسیم و سایر عناصر غذایی موجب بهبود حاصلخیزی خاک می‌گردد (Deksissa *et al.*, 2008)، و افزایش رشد ریشه و جذب بهتر آب را به دنبال دارد که به تبع آن سبب افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته آفتابگردان می‌شود. وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2020) دریافتند که کاربرد کودهای آلی به‌دلیل بهبود ویژگی‌های خاک، متعادل کردن ماده آلی خاک، افزایش دسترسی به عناصر غذایی و افزایش کارآیی مصرف آب، اثرات مثبتی بر رشد گیاهان دارند. مجیری و ارزانی (Mojiri & Arzani, 2003) طی آزمایشی بیان کردند که مصرف کود نیتروژن در آفتابگردان سبب افزایش طول دوره رشد می‌شود و ارتفاع بوته آفتابگردان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج آزمایش انجام گرفته روی گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) نیز نشان داد که مصرف کود مرغی و اسبی به‌میزان ۲۰ تن در هکتار باعث افزایش ارتفاع گیاه و ماده خشک می‌شود (Ofosu-Anim & Leitch, 2009).

1- The least significant difference

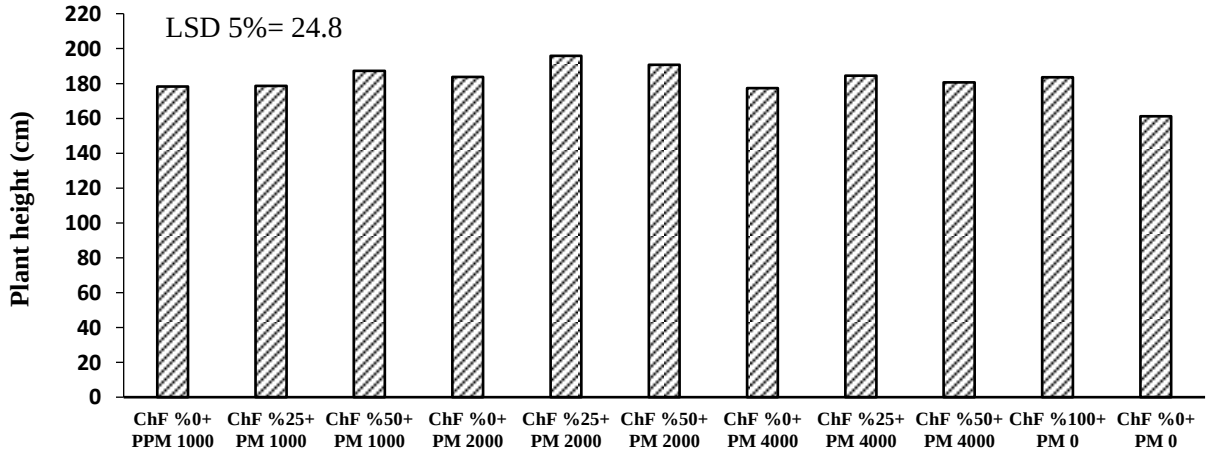
جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان متأثر از سطوح مختلف کود مرغی پلیت شده و کود شیمیایی

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) of sunflower yield and yield components affected by different levels of poultry manure and chemical fertilizers

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares						
		ارتفاع بوته Plant height	قطر طبق Head diameter	تعداد دانه در طبق Seed number per head	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	823.5*	6.8*	39.6ns	166.7**	55498.1ns	3973.2ns	1.16ns
تیمارهای کودی Fertilizer treatments	10	737.07*	48.16**	5960.3**	48.6**	549717.4**	110507.0**	10.6**
خطا Error	20	237.8	2.01	301.9	6.58	43513.3	4203.8	0.48
ضریب تغییرات C.V (%)		8.4	7.6	5.2	16.2	6.0	5.6	2.9

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

Ns, * and **: represent non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین ارتفاع بوته آفتابگردان متأثر از سطوح مختلف ترکیبات کودی (شیمیایی + مرغی پلیت شده)

Fig. 1- Mean comparison of sunflower plant height affected by different fertilizer compounds (chemical + pelleted poultry manure)

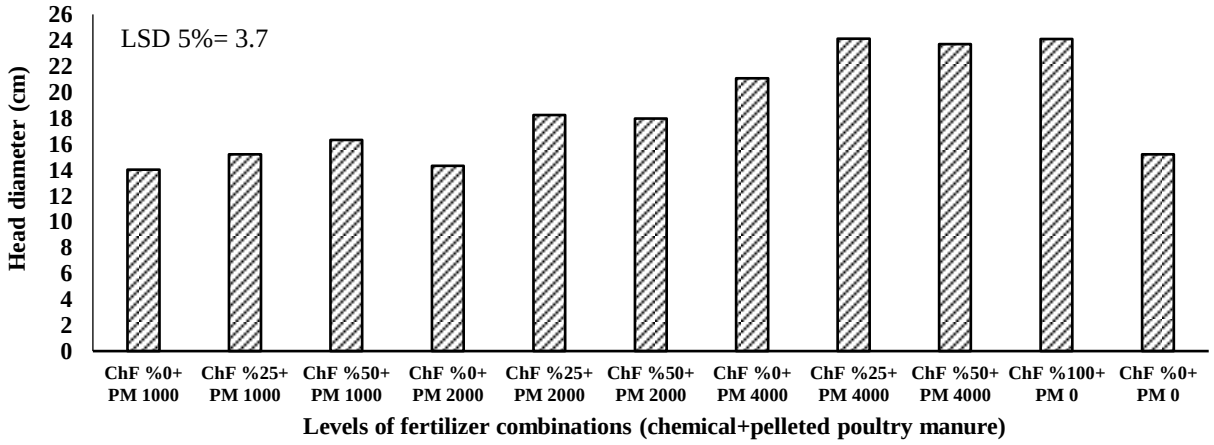
ChF: بیانگر مقدار مصرف کود شیمیایی به درصد و PM: بیانگر مقدار کاربرد کود مرغی پلیت شده به کیلوگرم می‌باشد

ChF: indicates the amount of chemical fertilizer application in percentage, and PM: indicates the amount of application of poultry manure in kilograms

قطر طبق آفتابگردان

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) حاکی از آن بود که میزان قطر طبق آفتابگردان تحت تأثیر سطوح مختلف ترکیبات کودی قرار گرفت ($p\leq0.01$). تیمار کاربرد ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی (۲۴/۱۳ سانتی‌متر) دارای بیشترین قطر طبق بود، که در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کود شیمیایی و کود مرغی) به‌میزان

۵۸/۷۵ درصد از قطر طبق بزرگ‌تری برخوردار بود. تیمار شاهد دارای کمترین قطر طبق (۱۵/۲ سانتی‌متر) بود که با تیمار کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + عدم مصرف کود شیمیایی در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۲). قطر طبق صفتی است که علاوه‌بر ژنتیک، تحت تأثیر عوامل محیطی نیز قرار می‌گیرد و به‌شدت به منابع مختلف کود نیتروژن پاسخ می‌دهد (Rigby & Caceres, 2001). موک‌گولو و همکاران (Mokgolo *et al*., 2019) طی آزمایشی گزارش کردند که مصرف کود مرغی از طریق بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند افزایش نفوذپذیری و کاهش چگالی ظاهری خاک، می‌تواند سبب افزایش رشد و عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان شود. در همین ارتباط آبومر و همکاران (Abumere *et al*., 2019) نیز نشان دادند کاربرد کود مرغی در آفتابگردان به بهبود ویژگی‌های خاک از جمله افزایش ماده آلی خاک، کاهش چگالی ظاهری، افزایش نفوذپذیری خاک، افزایش پایداری خاک‌دانه‌ها، رهاسازی عناصر غذایی و رطوبت قابل دسترس در خاک منجر می‌شود که به تبع آن عملکرد و صفات مرتبط با آن افزایش پیدا می‌کنند. نتایج مطالعه جوانمرد و شکاری (Javanmard & Shekari, 2016) حاکی از آن بود که در بین کودهای آلی مرغی و گاوی مورد استفاده، بیشترین قطر طبق با مصرف کود مرغی حاصل می‌شود، به‌طوری‌که در مقایسه با عدم مصرف کودآلی قطر طبق ۹/۳۲ درصد افزایش یافت. اسماعیلیان و همکاران (Esmaeilian *et al*., 2014) نیز طی مطالعه‌ای، بیشترین قطر طبق آفتابگردان را با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود مرغی و مصرف ۱۵ تن در هکتار کود گاوی + ۵۰ درصد میزان توصیه شده کود شیمیایی مشاهده کردند.



شکل ۲- مقایسه میانگین قطر طبق آفتابگردان متأثر از سطوح مختلف ترکیبات کودی (شیمیایی+ مرغی پلیت شده)

Fig. 2- Mean comparison of sunflower head diameter affected by different fertilizer compounds (chemical + pelleted poultry manure)

ChF: بیانگر مقدار مصرف کود شیمیایی به درصد و PM: بیانگر مقدار کاربرد کود مرغی پلیت شده به کیلوگرم می‌باشد.

ChF: indicates the amount of chemical fertilizer application in percentage, and PM: indicates the amount of application of poultry manure in kilograms.

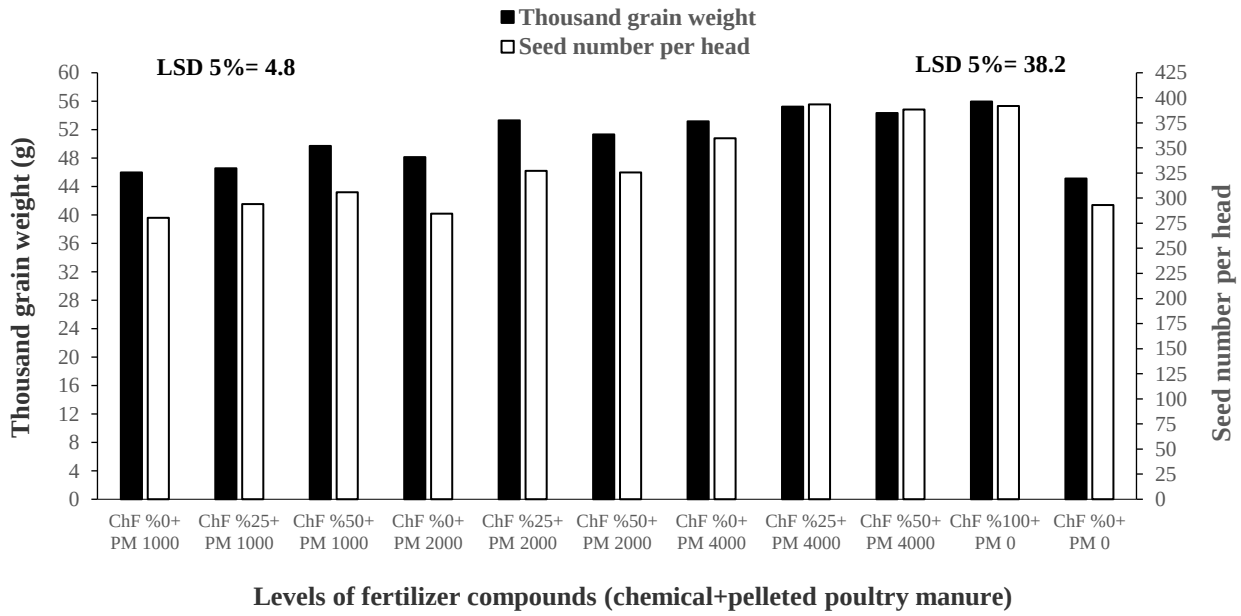
تعداد دانه در طبق

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که تعداد دانه در طبق آفتابگردان تحت تأثیر سطوح مختلف ترکیبات کودی قرار گرفت ($p<0.01$). بیشترین تعداد دانه در طبق (۳۹۳/۳ دانه) به تیمار کاربرد ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی مربوط بود که با تیمارهای بدون کود مرغی+ ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۳۹۱/۷ دانه در طبق)، ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰٪ کود شیمیایی (۳۸۸/۳ دانه در طبق) و ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + صفر درصد کود شیمیایی (۳۵۹/۶ دانه در طبق) اختلاف معنی‌داری نداشت، امّا اختلاف آن با شاهد (بدون کود مرغی و شیمیایی)، معنی‌دار بود. شاهد دارای کمترین دانه در طبق (۲۹۳ دانه در طبق) بود. همچنین تیمار ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی بدون کود شیمیایی با تیمارهای ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی (۳۲۷/۳ دانه در طبق) و ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۳۲۵/۶ دانه در طبق)

اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳). استفاده تلفیقی از کودهای آلی و شیمیایی در مقایسه با کاربرد کود شیمیایی به‌تنهایی، سبب افزایش ماده آلی و فعالیت ریزجانداران در خاک می‌شود و دسترسی گیاه به پتاسیم و فسفر را نیز افزایش می‌دهد و به تبع آن به افزایش رشد و عملکرد گیاه منجر می‌شود (Khan *et al*., 2018). از طرف دیگر، با توجه به اینکه آزاد شدن عناصر غذایی موجود در کودهای آلی تدریجی است، بدون مصرف کود شیمیایی تعداد دانه به‌طور جزئی افزایش پیدا می‌کند، درحالی که با افزودن کودهای شیمیایی هم تجزیه مواد آلی سریع‌تر صورت خواهد گرفت و هم به‌عنوان منبعی از عناصر غذایی، در اختیار گیاه قرار می‌گیرند (Qaswar *et al*., 2020). مجیری و ارزانی (Mojiri & Arzani, 2003) طی آزمایشی بیان داشتند که مصرف کود نیتروژن در آفتابگردان سبب افزایش طول دوره رشد (تعداد روز تا رسیدگی) و قطر طبق گردید، در نهایت، کود نیتروژن از طریق افزایش تعداد دانه در طبق، عملکرد آفتابگردان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به نظر می‌رسد، با توجه به این که تیمارهای ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی، بدون کود مرغی و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی از مقدار نیتروژن بیشتری بر خوردار بودند و به دلیل اثر مثبت نیتروژن بر تشکیل گل‌ها و گرده‌افشانی آن‌ها تعداد گل‌های میله‌ای افزایش می‌یابد که با تلقیح بهتر این گل‌ها، تعداد دانه در طبق نیز به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (Wabekwa *et al*., 2014). علاوه‌براین، افزایش تعداد دانه در طبق در سیستم تغذیه‌ای آلی ممکن است اثر عنصر فسفر مربوط باشد که نقش مهمی در زمان پر شدن دانه و افزایش وزن دانه دارد و افزایش دسترسی به فسفر از ویژگی‌های مثبت کود آلی است، که ممکن است در سیستم‌های آلی و تلفیقی بر تعداد دانه در طبق اثر مثبت گذاشته باشد (Eghball *et al*., 2004).

وزن هزار دانه آفتابگردان

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) وزن هزار دانه آفتابگردان تحت تأثیر سطوح مختلف ترکیبات کودی قرار گرفت ($P<0.01$). مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که تیمار بدون کود مرغی + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی دارای بیشترین وزن هزار دانه (۵۵/۹۳ گرم) بود که با تیمارهای ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی (۵۵/۲۳ گرم)، ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۵۴/۳۳ گرم)، ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی (۵۳/۲۸ گرم)، ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی بدون کود شیمیایی (۵۳/۱۶ گرم) و ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۵۱/۳ گرم) اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی اختلاف آن با تیمار شاهد (بدون کود مرغی و شیمیایی) معنی‌دار بود (شکل ۳). در سیستم‌های کشاورزی فشرده استفاده از کودهای آلی به‌صورت ترکیبی با مقادیر بهینه از کود شیمیایی باعث افزایش گردش عناصر غذایی در سامانه‌های گیاهی خاک می‌شود (Farhad *et al*., 2019). فلاح و همکاران (Fallah *et al*., 2007) در مطالعه‌ای به‌منظور مقایسه سیستم‌های تغذیه تلفیقی با سیستم‌های تغذیه شیمیایی افزایش وزن هزار دانه آفتابگردان را به رهاسازی بیشتر عناصر غذایی در مرحله پرشدن دانه‌ها در تیمار تلفیقی کود مرغی و کود شیمیایی نسبت دادند. میرزاشاهی و کیانی (Mirzashahi & Kiani, 2008) گزارش کردند که مصرف تلفیقی کود دامی و شیمیایی موجب افزایش وزن هزار دانه می‌شود. لیو و همکاران (Liu *et al*., 2010) و اکبری و همکاران (Akbari *et al*., 2011) در آزمایش‌هایی جداگانه، بیشترین وزن هزار دانه در گیاه آفتابگردان را در نتیجه کاربرد تیمارهای تلفیقی کود دامی و شیمیایی (کود گاوی + کود اوره) گزارش کردند. در مطالعه‌ای دیگر، وزن هزاردانه در گیاه سیاهدانه تحت تیمارهای کود دامی و شیمیایی به‌میزان ۱۱/۲۶ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد (Salehi *et al*., 2014). کود مرغی به‌دلیل برخورداری از مقدار بالای نیتروژن به عنوان یکی از مطلوب‌ترین کودهای آلی شناخته شده است (Sloan *et al*., 2006). به نظر می‌رسد با مصرف کود مرغی قابلیت دسترسی به نیتروژن معدنی و فسفر افزایش پیدا می‌کند که به نوبه خود منجر به تسریع در رشد و رسیدگی در طی مرحله رویشی گیاه شده، و در نهایت، باعث افزایش فتوسنتز و تکمیل شدن دوره زایشی می‌شود و به‌دلیل تداوم فرآیند معدنی شدن، جذب تا مدت طولانی‌تری ادامه پیدا می‌کند، به‌طوری‌که این شرایط موجب بیشتر شدن تعداد دانه در طبق و به‌ویژه افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه شده و در نتیجه، عملکرد دانه افزایش پیدا می‌کند (Javanmard & Shekari, 2016). علاوه‌براین گزارش‌ها حاکی از این است که در شرایط تلفیق کودهای آلی و شیمیایی جذب عناصر غذایی حدود دو برابر افزایش می‌یابد (Pouraziz et al., 2013).



شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه آفتابگردان متأثر از سطوح مختلف ترکیبات کودی (شیمیایی+ مرغی پلیت شده)

Fig. 3- Mean comparison of seed number per head and 1000 seed weight of sunflower affected by different fertilizer compounds (chemical + pelleted poultry manure)

ChF: بیانگر مقدار مصرف کود شیمیایی به درصد و PM: بیانگر مقدار کاربرد کود مرغی پلیت شده به کیلوگرم می‌باشد

ChF: indicates the amount of chemical fertilizer application in percentage, and PM: indicates the amount of application of poultry manure in kilograms

عملکرد بیولوژیک آفتابگردان

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) حاکی از آن بود که عملکرد بیولوژیک آفتابگردان تحت تأثیر سطوح مختلف ترکیبات کودی قرار گرفت ($p<0.01$). بیشترین عملکرد بیولوژیک آفتابگردان (۴۰۵۹/۶ کیلوگرم در هکتار) به تیمار بدون کود مرغی + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی تعلق داشت که با تیمارهای ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی (۴۰۲۲/۹ کیلوگرم در هکتار)، ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کودشیمیایی (۳۹۲۷/۵ کیلوگرم در هکتار)، ۲۰۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی + ۲۵ درصد کود شیمیایی (۳۶۴۰/۸ کیلوگرم در هکتار)، ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۳۶۳۸/۸ کیلوگرم در هکتار) و ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی بدون کود شیمیایی (۳۶۰۴/۴ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی داری نداشت، امّا با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. گیاهان تحت شاهد با عملکرد بیولوژیک ۲۸۴۱/۵ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد بیولوژیک را دارا بودند (شکل ۴). بیشتر بودن عملکرد بیولوژیک در تیمارهای بدون کود مرغی + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی را می‌توان به بیشتر بودن اجزای عملکرد این تیمارها نسبت داد (شکل‌های ۲ و ۳). مدیریت تلفیقی کود که می‌تواند عملکردی برابر با کاربرد کودهای شیمیایی تولید کند، نویدبخش امکان برآورده کردن تقاضای فزاینده کود در کشاورزی مدرن است و می‌تواند به حفظ پایداری تولید بدون به خطر افتادن سلامت خاک و کیفیت محصول کمک کند. کاربرد تلفیقی مواد آلی همراه با کودهای معدنی می‌تواند منجر به حفظ و بهبود پارامترهای شیمیایی، میکروبی و فیزیکی خاک و افزایش عملکرد آفتابگردان منجر شود (Mukherjee *et al.*, 2019). نتایج آزمایشی نشان داد که عملکرد بیولوژیک آفتابگردان به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مصرف کودهای شیمیایی و آلی قرار می‌گیرد و مصرف کودهای شیمیایی و آلی هر دو سبب افزایش عملکرد بیولوژیک این گیاه زراعی می‌شوند (Javanmard & Shekari, 2016). به‌طوری‌که با مصرف ۱۵ تن در هکتار کود مرغی + ۲۰ تن در هکتار کود گاوی عملکرد بیولوژیک آفتابگردان ۲۲/۹ درصد نسبت به عدم استفاده از کودهای آلی افزایش نشان داد. فتحی و همکاران (Fathi *et al.*,

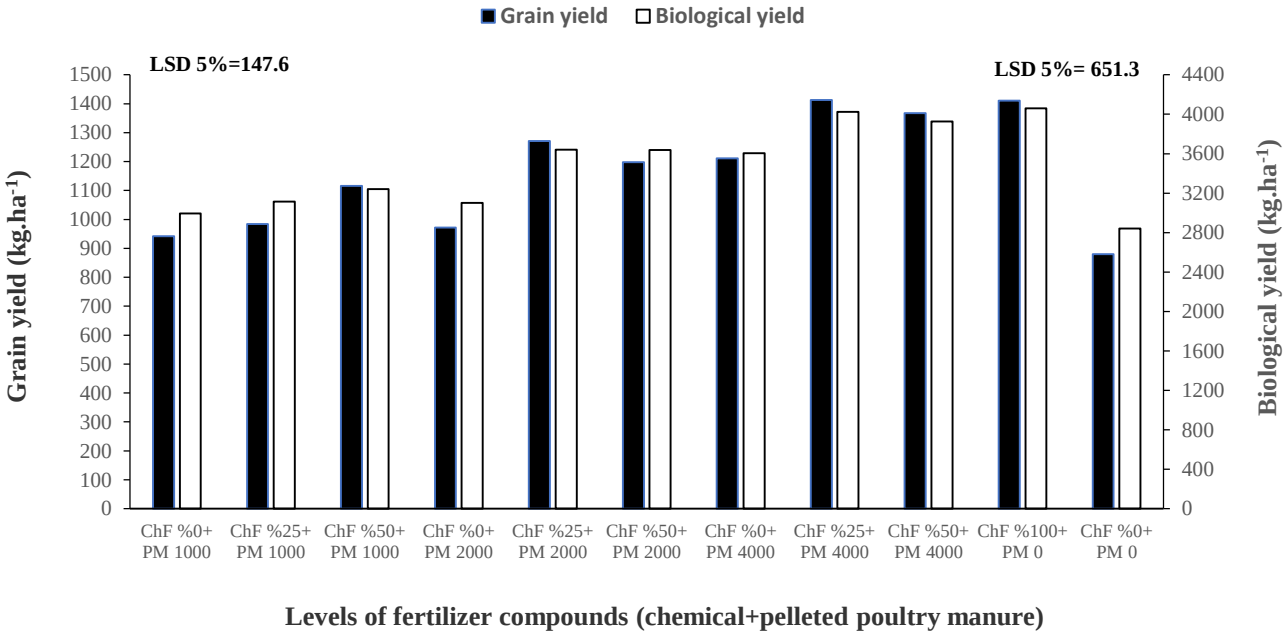
2002) با انجام مطالعه‌ای، افزایش عملکرد بیولوژیک بر اثر مصرف کود شیمیایی را به افزایش پوشش سبزگیاهی، دریافت نور بیشتر، شادابی برگ‌ها، افزایش فتوسنتز، ارتفاع و رشد فعال برگ‌ها نسبت دادند، این محققین گزارش کردند که در تغذیه آلی گیاه، عملکرد بیولوژیک به‌واسطه افزایش اجزای رویشی (سطح برگ و ارتفاع) و زایشی (وزن طبق، تعداد دانه و وزن هزار دانه) در مقایسه با عدم مصرف کود آلی افزایش پیدا می‌کند. جذب عناصر غذایی بیشتر توسط گیاه رشد و نمو و فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه را افزایش می‌دهد و این امر موجب افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود (Akbari *et al.*, 2009). نتایج آزمایش انجام گرفته روی گیاه جو نشان داد که مصرف کود مرغی و اسبی به‌میزان ۲۰ تن در هکتار باعث افزایش ارتفاع گیاه و ماده خشک این گیاه زراعی می‌شود (Ofosu-Anim & Leitch, 2009). احمد و جابین (Ahmad & Jabeen, 2009) طی پژوهشی گزارش کردند که مصرف کود آلی ورمی کمپوست باعث افزایش ارتفاع گیاه، قطر ساقه و عملکرد بیولوژیک در آفتابگردان می‌شود. این محققین افزایش عملکرد بیولوژیک آفتابگردان را به‌دلیل بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و تهویه و زهکشی مناسب نسبت دادند که رشد ریشه‌ها را افزایش داده و سبب افزایش جذب عناصر غذایی می‌گردد. در پژوهشی دیگر، بررسی تأثیر انواع کودهای آلی و شیمیایی (کود گاوی، کود گوسفندی، کود مرغی، ورمی‌کمپوست، کود شیمیایی و شاهد) بر شاخص رشدی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نشان داد که استفاده از کودهای آلی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نسبت به تیمارهای شاهد و کود شیمیایی می‌شود (Mirarab *et al.*, 2016).

عملکرد دانه آفتابگردان

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که عملکرد دانه آفتابگردان تحت تأثیر سطوح مختلف ترکیبات کودی قرار گرفت ($p\leq0.01$). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود که گیاهان تحت تیمار کاربرد ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی از بیشترین عملکرد دانه (۱۴۱۳ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بودند که با تیمارهای بدون کود مرغی + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۱۴۱۱/۲ کیلوگرم در هکتار) و ۴۰۰۰ کیوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۱۳۶۷/۰۷ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری نداشت و نسبت به شاهد (۸۸۰ کیلوگرم در هکتار) به‌میزان ۶۰/۵۷ درصد عملکرد دانه را افزایش داد (شکل ۴). عملکرد دانه متأثر از اجزای عملکرد (تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه) می‌باشد. در مطالعه حاضر، تیمارهای ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی (۳۹۳/۳ دانه در طبق)، بدون کود مرغی+ ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۳۹۱/۷ دانه در طبق)، ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۳۸۸/۳ دانه در طبق) و ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۰٪ کود شیمیایی (۳۵۹/۶ دانه در طبق) دارای بیشترین تعداد دانه در طبق بودند (شکل ۳). تیمارهای بدون کود مرغی + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۵۵/۹۳ گرم)، ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی (۵۵/۲۳ گرم)، ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۵۴/۳۳ گرم)، ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی (۵۳/۲۸ گرم)، ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی بدون کود شیمیایی (۵۳/۱۶ گرم) و ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۵۱/۳ گرم) دارای درشت‌ترین دانه (بیشترین وزن هزار دانه) بودند (شکل ۴). بنابراین، می‌توان انتظار داشت، تیمارهایی که دارای تعداد دانه بیشتر در طبق و وزن هزار دانه بالاتری باشند، به تبع آن از عملکرد دانه بالاتری برخوردار باشند، که این امر در مطالعه حاضر مشاهده گردید و تیمارهای ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی، بدون کود مرغی + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و ۴۰۰۰ کیوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی به‌دلیل داشتن اجزای عملکرد بالاتر نسبت به سایر تیمارهای مورد مطالعه در این آزمایش، دارای بالاترین عملکرد دانه بودند. در بین تیمارهای کودی، در اکثر صفات مورد مطالعه تیمارهای کود آلی (کود دامی و کود مرغی توصیه شده) و همچنین تیمار تغذیه تلفیقی کود آلی و شیمیایی (نصف کود شیمیایی توصیه شده + نصف کود گاوی توصیه شده) دارای بیشترین تأثیر بوده و از طریق بهبود اجزای عملکرد و صفات زراعی آفتابگردان، عملکرد دانه را نسبت به سایر تیمارها افزایش دادند (Esmaeilian *et al.*, 2014). محصول دانه آفتابگردان همبستگی تنگاتنگی با تعداد گل های تلقیح شده دارد، هر چه تعداد گل‌های طبق بیشتر، طبق بزرگ‌تر (شکل ۲) و هر چه تلقیح موفقیت آمیزتر، تعداد دانه در طبق بیشتر (شکل ۳) باشد، به‌همان اندازه عملکرد دانه (شکل ۴)، نیز بیشتر خواهد شد.

بالا بودن عملکرد دانه در تیمار کود مرغی می‌تواند به‌دلیل فراهمی بیشتر نیتروژن تا انتهای

فصل رشد و رهاسازی تدریجی و تطابق آن با نیازهای گیاه باشد (Gholamhoseini *et al.*, 2013). مصرف کودهای آلی علاوه‌بر فراهم کردن عناصر غذایی برای گیاه، باعث دسترسی بهتر گیاه به آب در طول فصل رشد می‌شود (Hendawy, 2008). به نظر می‌رسد که مصرف کودهای آلی به‌دلیل بالا بودن میزان کربن آلی و کاهش وزن مخصوص ظاهری و افزایش تخلخل و بهبود وضعیت تهویه خاک، باعث افزایش رشد ریشه‌ها می‌شود و در اثر تسهیل در جذب مواد غذایی و آب، رشد و نمو و عملکرد گیاه افزایش پیدا می‌کند (Mengistu *et al.*, 2017). مصرف توأم کودهای آلی و شیمیایی و زیستی می‌تواند باعث بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک شده و افزایش کربن آلی و عناصر غذایی را به دنبال داشته باشد (Khavazi *et al.*, 2014). احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2013) نیز در بررسی تأثیر کودهای آلی، شیمیایی و تلفیقی بر عملکرد آفتابگردان مشاهده کردند که عملکرد دانه آفتابگردان در تیمارهای تلفیقی بیشتر از تیمار کودهای شیمیایی است.



شکل ٤- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک و دانه آفتابگردان متأثر از سطوح مختلف ترکیبات کودی (شیمیایی + مرغی پلیت شده)

Fig. 4- Mean comparison of biological and grain yield of sunflower affected by different fertilizer compounds (chemical + pelleted poultry manure)

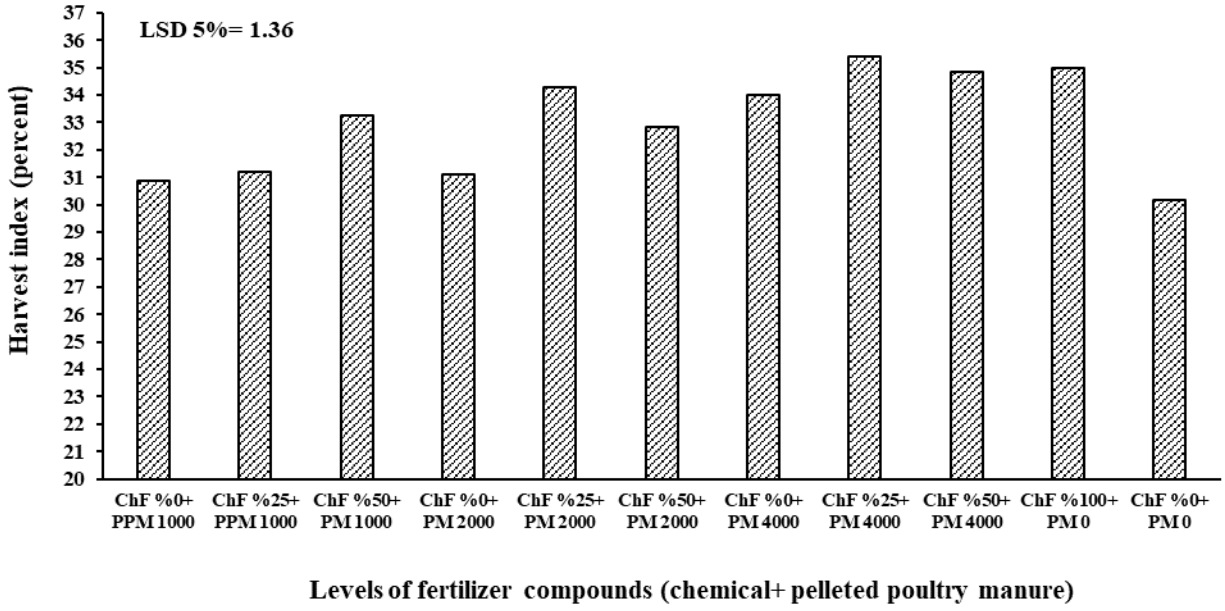
ChF: بیانگر مقدار مصرف کود شیمیایی به درصد و PM: بیانگر مقدار کاربرد کود مرغی پلیت شده به کیلوگرم می‌باشد.

ChF: indicates the amount of chemical fertilizer application in percentage, and PM: indicates the amount of application of poultry manure in kilograms.

شاخص برداشت آفتابگردان

شاخص برداشت نشان‌دهنده میزان مواد انتقال یافته و ذخیره شده در دانه نسبت به کل مواد تولید شده در دوره‌های رویشی و زایشی گیاه است و به‌عنوان یک صفت مهم در ارزیابی تولید گیاهان زراعی به‌شمار می‌رود (Kemanian *et al.*, 2007). بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴)، شاخص برداشت آفتابگردان تحت تأثیر سطوح مختلف ترکیبات کودی قرار گرفت ($p\leq0.01$). تیمار ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی از بیشترین شاخص برداشت (۳۵/۴۲ درصد) برخوردار بود و با تیمارهای بدون کود مرغی + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۳۴/۹۹ درصد) و ۴۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۳۴/۸۶ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی اختلاف آن با تیمارهای ۱۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵

درصد کود شیمیایی (۳۱/۱۹ درصد)، ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی بدون کود شیمیایی (۳۱/۱۲ درصد)، ۱۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی بدون کود شیمیایی (۳۰/۸۷ درصد) و همچنین شاهد (۳۰/۱۸ درصد) معنی‌دار بود (شکل ۵). به نظر می‌رسد، کاربرد کودهای شیمیایی و آلی از طریق تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه سبب افزایش شاخص برداشت آفتابگردان نسبت به شاهد شده است. نتایج آزمایشی حاکی از آن بود که کاربرد ترکیبی کودهای آلی و شیمیایی با بهبود اجزای عملکرد دانه سبب بهبود شاخص برداشت می‌شود (Esmaeilian *et al.*, 2014). در مطالعه‌ای دیگر، جوانمرد و شکاری (Javanmard & Shekari, 2016) گزارش کردند که تیمار ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد فسفر با متوسط ۳۵/۵۵ درصد از بیشترین مقدار شاخص برداشت و شاهد با متوسط ۲۹/۱۹ درصد از کمترین مقدار شاخص برداشت برخوردار بودند و در بین کودهای آلی نیز تیمار ۵۰ درصد کود گاوی + ۵۰ درصد کود مرغی با متوسط شاخص برداشت ۳۴/۴۷ درصد بیشترین مقدار و شاهد با متوسط ۲۹/۷۲ درصد کمترین مقدار شاخص برداشت را داشتند. میرلوحی و همکاران (Mirlouhi *et al.*, 2008) نیز در یک بررسی چند ساله در مورد اثر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد گیاه زراعی جو گزارش نمودند که مصرف کودهای آلی سبب افزایش شاخص برداشت و عملکرد گیاه جو می‌شود.



شکل ۵- مقایسه میانگین شاخص برداشت آفتابگردان متأثر از سطوح مختلف ترکیبات کودی (شیمیایی+ مرغی پلیت شده)

Fig. 5- Mean comparison of harvest index of sunflower affected by different fertilizer compounds (chemical + pelleted poultry manure)

ChF: بیانگر مقدار مصرف کود شیمیایی به درصد و PM: بیانگر مقدار کاربرد کود مرغی پلیت شده به کیلوگرم می‌باشد.

ChF indicates the amount of chemical fertilizer application in percentage and PM indicates the amount of application of poultry manure in kilograms.

درصد پروتئین دانه آفتابگردان

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵) حاکی از آن بود که درصد پروتئین دانه آفتابگردان تحت تأثیر سطوح مختلف ترکیبات کودی قرار گرفت ($P\leq0.01$). تیمار کاربرد ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی از بیشترین درصد پروتئین دانه (۲۱/۷ درصد) برخوردار بود و به‌جز شاهد (۱۷/۹۸ درصد) با هیچ کدام از سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۶). در مطالعه حاضر، مصرف کودهای آلی همراه با کود شیمیایی سبب شد مقدار پروتئین بیشتری در دانه‌ها تجمع یابد. در این راستا عنوان شده است که با کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی قابلیت دسترسی گیاه به نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن افزایش پیدا می‌کند و به تبع آن سنتز اسیدهای آمینه و پروتئین نیز افزایش می‌یابد (Dotaniya *et al.*, 2019). اسماعیلیان و همکاران (Esmaeilian *et al.*, 2014) گزارش نمودند که کاربرد ترکیبی کودهای آلی و شیمیایی کیفیت دانه

آفتابگردان را بهبود بخشید، به‌گونه‌ای که عملکرد پروتئین دانه آفتابگردان در تیمار مصرف کود مرغی (به میزان توصیه شده) نسبت به دیگر تیمارها بیشتر بود و کمترین میزان عملکرد پروتئین نیز در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) مشاهده شد، به‌طوری‌که مصرف کود مرغی سبب افزایش ۴۹/۱ درصدی عملکرد پروتئین نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین زمیل و همکاران (Zamil *et al.*, 2004) با بررسی اثر انواع مختلف کود دامی و کود شیمیایی بر غلظت پروتئین دانه گیاه خردل (*Brassica campestris* L.) گزارش کردند که کود مرغی نسبت به دیگر تیمارها پروتئین دانه را به‌میزان بیشتری افزایش داد.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مرتبط با کیفیت دانه آفتابگردان متأثر از کاربرد سطوح مختلف کود مرغی و شیمیایی

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) of traits related to sunflower seed quality affected by the application of different levels of poultry manure and chemical

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares			
		درصد پروتئین Protein percentage	درصد روغن Oil percentage	فسفر دانه Grain phosphorus	پتاسیم دانه Grain potassium
تکرار Replication	2	10.68*	65.2*	0.038ns	0.42*
تیمارهای کودی Fertilizer treatments	10	9.82*	59.1*	0.61**	0.46**
خطا Error	20	2.87	18.51	0.15	0.12
ضریب تغییرات CV (%)		8.3	11.6	5	5.9

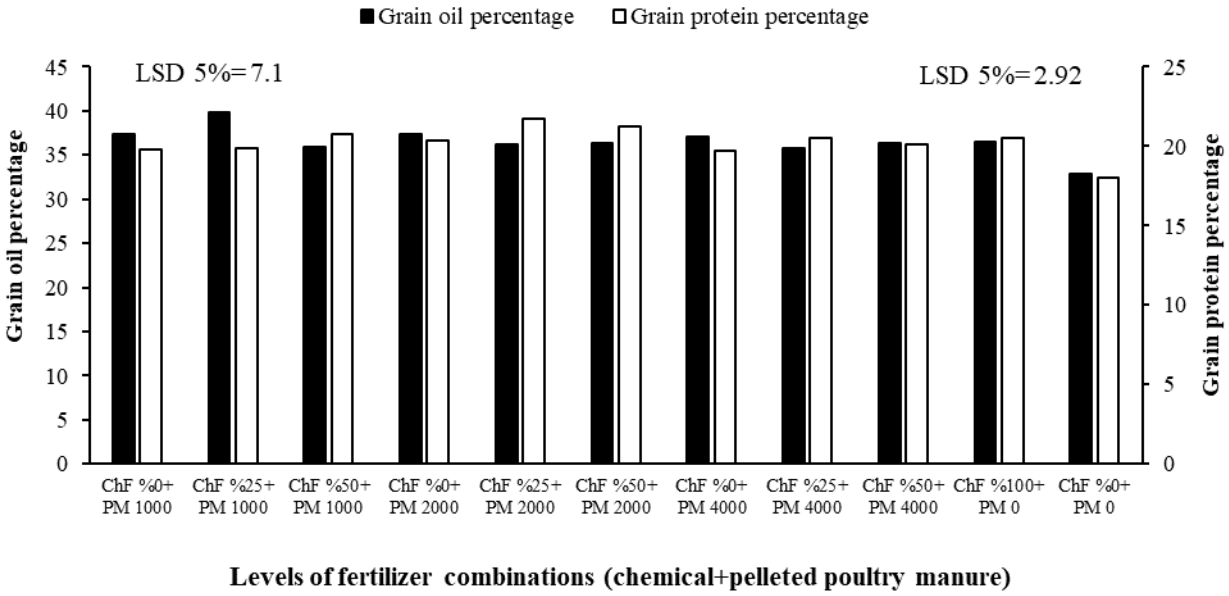
ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

Ns, *, and **: means non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

درصد روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵) نشان داد که درصد روغن دانه آفتابگردان تحت تأثیر سطوح مختلف ترکیبات کودی قرار می‌گیرد ($p\leq0.01$). تیمار کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی (۳۹/۹۱ درصد) از بالاترین درصد روغن دانه برخوردار بود، ولی با سایر تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری نداشت و تنها با شاهد (۳۲/۹۱ درصد) دارای اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۶). تیمار ۱۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی که درصد پروتئین نسبتاً پایین‌تری در قیاس با سایر تیمارها داشت، دارای درصد روغن بالاتری در مقایسه با سایر تیمارها بود، هر چند که تفاوت معنی‌داری میان تیمارها مشاهده نگردید (به‌جز شاهد). در این ارتباط نتایج پژوهشی نشان داد، درصد روغن دانه و عملکرد روغن تحت تأثیر معنی‌دار کود شیمیایی، کود آلی و برهم‌کنش کودهای شیمیایی و آلی قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که بیشترین درصد روغن به تیمار مصرف ۵۰ درصد کود گاوی + ۵۰ درصد کود مرغی مربوط بود و کمترین میزان درصد روغن در شاهد (بدون مصرف کود شیمیایی و آلی) مشاهده شد (Javanmard & Shekari, 2016). مصرف بیش از اندازه کودهای شیمیایی در زراعت آفتابگردان نه تنها آسیب‌های وارده به محیط زیست را افزایش می‌دهد، بلکه بر کیفیت دانه‌ها تأثیر منفی خواهد داشت و سبب کاهش میزان روغن دانه می‌شود (Azeez *et al.*, 2010). با مصرف کود شیمیایی حاوی نیتروژن زیاد، کربوهیدرات در دسترس جهت سنتز اسیدهای چرب و آمینواسیدها به‌ترتیب کاهش و افزایش پیدا می‌کند، در نتیجه سنتز روغن کاهش، ولی سنتز پروتئین افزایش می‌یابد (Rathke *et al.*, 2005). دلیل فیزیولوژیکی همبستگی منفی بین سنتز روغن و پروتئین به رقابت برای کربن در طی متابولیسم کربوهیدرات‌ها مربوط می‌شود، زیرا میزان کربوهیدرات مورد نیاز جهت سنتز پروتئین کمتر از سنتز روغن است (Bhatia & Rabson, 1976). بنابراین، مصرف کود شیمیایی حاوی نیتروژن زیاد، سنتز پروتئین را نسبت به سنتز اسیدهای چرب افزایش می‌دهد در حالی که مصرف کودهای دامی که درصد نیتروژن پایین‌تری دارند و نیتروژن آن‌ها به‌تدریج آزاد می‌شود، می‌تواند درصد روغن را افزایش دهد (Mohammadi *et al.*, 2013). محمدی و همکاران

(Mohammadi *et al.*, 2013) طی مطالعه‌ای نتیجه گرفتند، افزایش عملکرد روغن در تیمار کود گاوی + کمپوست + کود شیمیایی (۹۹۷/۸ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد (۲۱۱/۶ کیلوگرم در هکتار)، برابر با ۳۷۱/۵۵ درصد بود. نتایج پژوهش دیگری نیز نشان داد که بیشترین عملکرد روغن دانه آفتابگردان در تیمار مصرف ۱۵ تن در هکتار کود گاوی + نصف کود شیمیایی توصیه شده (۱۱۰، ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) حاصل می‌شود. همچنین در آزمایشی دیگر، هائو و همکاران (Hao *et al.*, 2004) با کاربرد درازمدت کود دامی، افزایش درصد روغن دانه را مشاهده کردند.



شکل ٦- مقایسه میانگین درصد روغن و پروتئین دانه آفتابگردان متأثر از سطوح مختلف ترکیبات کودی (شیمیایی + مرغی پلیت شده)

Fig. 6- Mean comparison of grain oil and protein percentage of sunflower affected by different fertilizer compounds (chemical + pelleted poultry manure)

ChF: بیانگر مقدار مصرف کود شیمیایی به درصد و PM: بیانگر مقدار کاربرد کود مرغی پلیت شده به کیلوگرم می‌باشد.

ChF: indicates the amount of chemical fertilizer application in percentage, and PM: indicates the amount of application of poultry manure in kilograms.

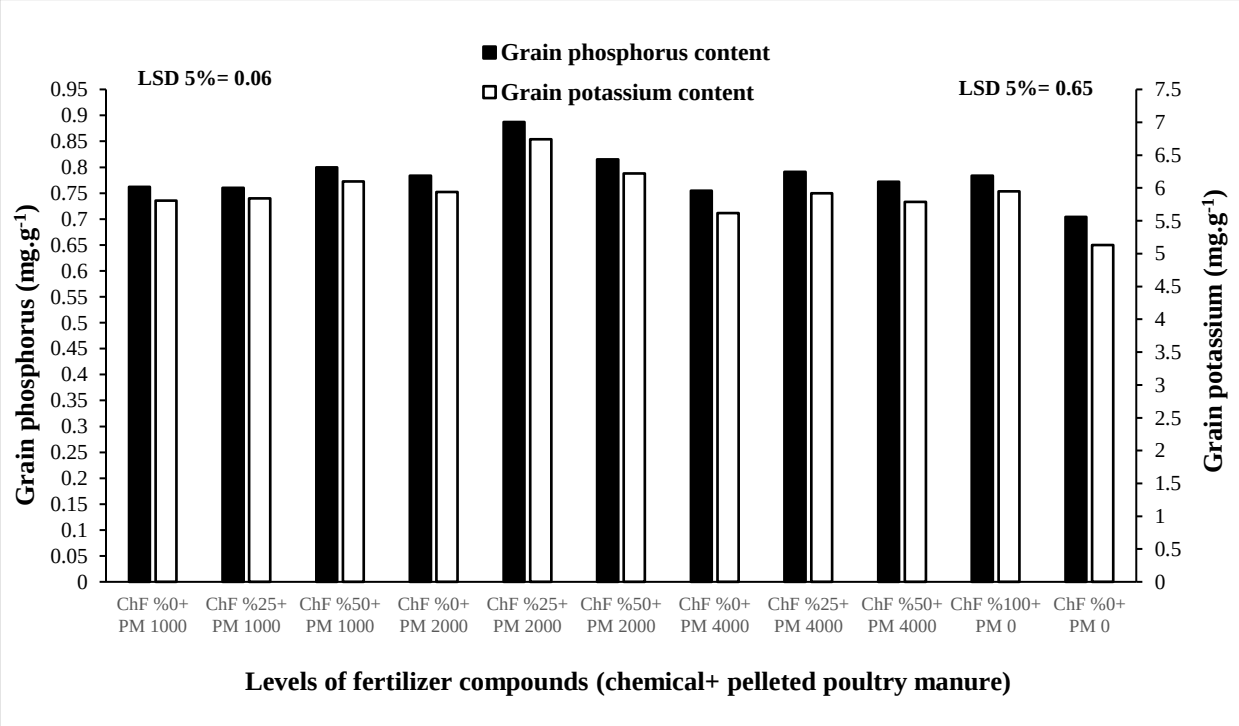
میزان فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵) نشان داد که میزان فسفر دانه آفتابگردان تحت تأثیر سطوح مختلف ترکیبات کودی قرار گرفت ($p\leq0.01$). آفتابگردان‌های تحت تیمار کاربرد ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی (۰/۸۸۷ میلی‌گرم بر گرم) بالاترین میزان فسفر دانه را دارا بود و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت و سایر تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (شکل ۷). پایین‌ترین میزان فسفر دانه در شاهد مشاهده شد که دارای ۰/۷۰۴ میلی‌گرم بر گرم فسفر در دانه بود و تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی داشت. به‌نظر می‌رسد، در تیمارهای کود ترکیبی در دسترس بودن فسفر بیشتر در خاک سبب افزایش محتوای فسفر دانه گردیده است (Eghball *et al.*, 2004). استفاده تلفیقی از کودهای آلی و معدنی از بسیاری جهات با ارزش است، زیرا تأمین عناصر غذایی را حفظ می‌کند، کربن آلی را برای ریزجانداران خاک فراهم می نماید و از طریق تولید اسیدهای آلی به رهاسازی عناصر غذایی تثبیت شده در خاک کمک می‌کند (Sharma *et al.*, 2013). در همین ارتباط، نتایج آزمایشی نشان داد که مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و دامی علاوه‌بر افزایش عملکرد آفتابگردان، کارآیی جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم را افزایش می‌دهد (Wabekwa *et al.*, 2014).

میزان پتاسیم دانه

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵)، میزان پتاسیم

دانه آفتابگردان تحت تأثیر سطوح مختلف ترکیبات کودی قرار گرفت ($p<0.01$). گیاهان تحت تیمار کاربرد ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۲۵ درصد کود شیمیایی (۶/۷۴ میلی‌گرم بر گرم) از بیشترین میزان پتاسیم دانه برخوردار بود که با گیاهان تحت تیمار کاربرد ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۶/۲۲ میلی‌گرم بر گرم) اختلاف معنی‌داری نداشت و تیمار ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی (۶/۲۲ میلی‌گرم بر گرم) با سایر تیمارها به‌جز شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت، شاهد (۵/۱۳ میلی‌گرم بر گرم) به طور معنی‌داری دارای کمترین میزان پتاسیم دانه بود (شکل ۷). به نظر می‌رسد، در تیمارهای تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی، در دسترس بودن و جذب بیشتر پتاسیم از خاک سبب افزایش پتاسیم دانه گردیده است. در طی فرآیند تجزیه کودهای آلی اسیدهایی که حلالیت فسفر و ظرفیت نگهداری پتاسیم را در خاک افزایش می‌دهند، تولید می‌شوند و به تبع آن، جذب این عناصر توسط گیاه زراعی و غلظت آن‌ها در دانه‌ها افزایش می‌یابد (Mohammadi *et al.*, 2010). بلایس و همکاران (Blaise *et al.*, 2005) نیز طی آزمایشی اعلام کردند، رهاسازی تدریجی عناصر غذایی موجود در کودهای آلی سبب افزایش مقدار پتاسیم و سایر عناصر در خاک می‌شود که به تبع آن، کارآیی جذب آن‌ها توسط گیاهان زراعی به‌طور مؤثری افزایش پیدا می‌کند.



شکل ۷- مقایسه میانگین میزان فسفر و پتاسیم دانه آفتابگردان متأثر از سطوح مختلف ترکیبات کودی (شیمیایی+ مرغی پلیت شده)

Fig. 7- Mean comparison of grain phosphorus and potassium contents of sunflower affected by different fertilizer compounds (chemical + pelleted poultry manure)

ChF: بیانگر مقدار مصرف کود شیمیایی به درصد و PM: بیانگر مقدار کاربرد کود مرغی پلیت شده به کیلوگرم می‌باشد.

ChF: indicates the amount of chemical fertilizer application in percentage, and PM: indicates the amount of application of poultry manure in kilograms.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و کود مرغی پلیت شده سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه آفتابگردان (ازجمله تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه و کیفیت دانه) نسبت به شاهد گردید. شاخص برداشت نیز با کاربرد کودهای شیمیایی و مرغی پلیت شده در مقایسه با شرایط بدون مصرف کود افزایش یافت. بیشترین درصد روغن دانه به‌میزان ۳۹/۹۱ درصد با کاربرد همزمان ۲۵ درصد کود شیمیایی + ۱۰۰۰ کود مرغی حاصل گردید و بیشترین مقادیر

پروتئین (۲۱/۷ درصد)، فسفر (۰/۸۸۷ میلی‌گرم بر گرم) و پتاسیم (۶/۷۴ میلی‌گرم بر گرم) دانه از تیمار ترکیبی کاربرد ۲۵ درصد کود شیمیایی + ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی حاصل شد. تیمار ترکیبی ۲۵ درصد کود نیتروژن + ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی، دارای بیشترین عملکرد دانه (۱۴۱۳ کیلوگرم در هکتار) در میان تیمارهای مورد مطالعه بود و در مجموع، با توجه به کاهش مقدار مصرف کود شیمیایی در آن، به‌عنوان بهترین تیمار کودی انتخاب گردید. از نتایج این تحقیق می‌توان چنین استنباط نمود که می‌توان با استفاده از تلفیق کودهای آلی و شیمیایی در زراعت آفتابگردان علاوه‌بر رسیدن به عملکردهای قابل قبول، کیفیت دانه‌ی آن را نیز افزایش داد و مصرف کودهای شیمیایی که آثار منفی آن‌ها بر محیط زیست و بوم نظام‌های زراعی به اثبات رسیده است را کاهش داد و در راستای رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار حرکت نمود.

References

1. Abumere, V.I., Dada, O.A., Ddebayo, A.G., Kutu, F.R & Togun, A.O., 2019. Different rates of chicken manure and NPK 15-15-15 enhanced performance of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on ferruginous soil. *International Journal of Agronomy*, *1*-10. DOI: 10.1155/2019/3580562
2. Ahmad, R., & Jabeen, N., (2009). Demonstration of growth improvement in sunflower (*Hellianthus annuus* L.) by the use of organic fertilizers under saline conditions. *Pakistan Journal of Botany*, *41*(3), 1373-1384.
3. Ahmadi, S., Hasanzade-Ghort-Tape, A., & Aghaie-Okhchelar, R., (2013). Application of different amount of cattle manure on some qualitative and quantitative characteristics of sunflower hybrids in Urmia region. *Journal of Crop Production and Processing*, *2*(6),1-9. (In Persian with English Summary).
4. Akbari, P., Ghalavand, A., & Modarres, S.A.M., (2009). Effects of different nutrition systems (organic, chemical and integrated) and biofertilizer on yield and other growth traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *19*(1), 83-93. (In Persian)
5. Alley, M.M., & Vanlauwe, B., (2009). The role of fertilizers in integrated plant nutrient management. Tropical Soil Biology and Fertility Institute of the International Centre for Tropical Agriculture Paris 54 p.
6. Anediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., & Idowu, O.J., (2005). Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition*, *27*, 1163-1181. DOI: https://doi.org/10.1081/PLN-120038542
7. AOAC. (2005). Official Method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, Method 935.14 and 992.24.
8. Azeez, J.O., Van Averbeke, V., & Okorogbona, A.O.M., (2010). Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. *Bioresource Technology*, *101*, 2499–2505. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.10.095
9. Bhatia, C.R., & Rabson, R. (1976). Bioenergetic considerations in cereal breeding for protein improvement. Science, 194, 1418–1421. DOI: 10.1126/science.194.4272.1418
10. Blaise, D., Singh, J.V., Bonde, A.N., Tekale, K.U., & Mayee, C.D., (2005). Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fiber quality and nutrient balance of rain fed cotton (*Gossypium hirsutum*). *Bioresource Technology*, *96*, 345-349. DOI:10.1016/j.biortech.2004.03.008
11. Deksissa, T., Short, I., & Allen, J., (2008). Effect of soil amendment with compost on growth and water use efficiency of Amaranth. In Proceedings of the UCOWR/NIWR Annual Conference: International Water Resources: Challenges for the 21st Century and Water Resources Education, July 22–24, Durham, NC.
12. Diacono, M., & Montemurro, F., (2010). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *30*, 401-422 DOI:10.1051/agro/2009040
13. Dotaniya, C.K., Niranjan, R.K., Kumar, U., Lata, M., Regar, K.L., Doutaniya, R.K., Mohbe, S., & Jadon, P., (2019). Quality, yield and nutrient uptake of fenugreek as influenced by integrated nutrient management. *International Journal of Plant and Soil Science*, *29*(3), 1–7. DOI: 10.9734/ijpss/2019/v29i330142
14. Eghbal, B., Ginting, D., & Gilly, J.E., (2004). Residual effects of manure and compost application on corn production and soil properties. *Agronomy Journal*, *96*, 442-447. DOI:10.2134/agronj2004.4420
15. Esmaeilian, Y., Galavi, M., Amiri, E., & Heidari, M., (2014). Effect of organic and chemical fertilizers on yield, yield components and seed quality of sunflower under drought stress conditions. *Journal of Soil and Water Science*, *24*(3), 175-189. (In Persian with English Summary).

16. Fallah, S., A. Ghalavand, & Khajehpour Mohammad M.R., 2007. Effects of animal manure incorporation methods and its integration with chemical fertilizer on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in Khorramabad, Lorestan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 11 (40), 233-242*
17. Farhad, I.S.M., Jahan, E., Anik, M.F.A., Chowdhury M.M.U., & Akhter, S., (2019). Integrated nutrient management for sunflower in coastal char land of Bangladesh. *Bangladesh Agronomy Journal, 22*(2), 151-159. DOI:10.3329/baj.v22i2.47643
18. Fathi, G.H.A., Nabisaidi, E.K., Siadat, S.E.A., & Ebrahimpour Nourabadi, F., (2002). Effect of different levels of nitrogen and plant density on grain yield varieties kolza PF7045 climatic conditions in Khuzestan. *Scientific Journal of Agriculture*, *25*(1), 43-57.
19. Ghadamgahi, M., Madani, H., & Khaghani, S., (2013). Study of increasing possibility in confectionary sunflower yield by phosphorus solublizing bacteria and zinc application. *Journal of New Finding in Agricultural, 7*(3), 275-285. (In Persian).
20. Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Khodaei-Joghan, A., Dolatabadian, A., Zakikhani, H., & Farmanbar, E., (2013). Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. *Soil and Tillage Research, 126*, 193–202. DOI:10.1016/j.still.2012.08.002
21. Hao, X., Chang, C., & Travis, G.J., (2004). Effect of long-term cattle manure application on relations between nitrogen and oil content in canola seed. *Journal of Plant Nutrition, 167*, 214–215. DOI:10.1002/jpln.200320355
22. Hendawy, S.F., 2008. Comparative study of organic and mineral fertilization on Plantago arenarria plant. *Journal of Applied Sciences Research, 4(5), 500-506.*
23. Javanmard, A., & Shekari, F., (2016). Improvement of seed yield, its components and oil content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by applications of chemical and organic fertilizers. *Journal of Crop Ecophysiology, 10*(1), 35-56. (In Persian with English Summary).
24. Kaya, M.D., Okcu, G., Atak, M., Cikili, Y & Kolsarici, O., (2006). Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy, 24, 291–295*. DOI:10.1016/j.eja.2005.08.001
25. Kemanian, A.R., Stöckle, C.O., Huggins, D.R., & Viega, L.M., (2007). A simple method to estimate harvest index in grain crops. *Field Crops Research, 103*(3), 208–216. DOI:10.1016/j.fcr.2007.06.007
26. Khajehpour, M.R., (2004). Industrial Crops. Isfahan, Isfahan University. pp. 278. (In Persian).
27. Khan, T.U., Jan, M.T., Khan, A., Ahmad, G., Ishaq, M., Afridi, K., Ali, M., Qureshi, M.A., Ahmad, I., & Saeed, M., (2018). Integrated management of fertilizer nitrogen and poultry manure enhance wheat production. *Pakistan Journal of Agricultural Research, 31*(3), 207-215. DOI: 10.17582/journal.pjar/2018/31.3.207.215
28. Khavazi, K., Balali, M.R., Bazargan, K., Tehrani, M.M., Rezaee, H., Asadi Rahmani, H., Gheibi M.N., Davoodi, M.H., Saadat, S., Moshiri, F., & Davatgar, N., (2014). Comprehensive Soil Fertility and Plant Nutrition Program 2014-2025. Soil and Water Research Institute Press. Karaj, Iran. 282 pp. (In Persian with English Summary).
29. Lawrence, J.R., Ketterings, Q.M., & Cherney, J.H., (2008). Effect of nitrogen application on yield and quality of silage corn after forage legume-grass. *Agronomy Journal, 100*, 73-79. DOI: 10.2134/agronj2007.0071
30. López-Valdez, F., Fernández-Luqueño, F., Luna-Suárez, S., & Dendooven, L., (2011). Greenhouse gas emissions and plant characteristics from soil cultivated with sunflower (*Helianthus annuus* L.) and amended with organic or inorganic fertilizers. *Science of the Total Environment, 412-413*, 257–264. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.09.064
31. Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Hwat Bing, S., Ding, L., Liu, Q., Liu, S., & Fan, T., (2010). Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma, 158*, 173–180. DOI: 10.1016/j.geoderma.2010.04.029
32. Lu, G., & Hoeft, E., (2007). *Sunflower*. In C. Kole and T.C. Hall (Eds.). A Compendium of Transgenic Crop Plants. Vol. 2, Oxford, Wiley Blackwell. 355 p.
33. Maeder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U., (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science, 296*, 1694-1697. DOI: 10.1126/science.1071148
34. Mengistu, T., Gebrekidan, H., Kibret, K., Woldetsadik, K., Shimelis, B., & Yadav, H., (2017). The integrated use of excreta-based vermicompost and inorganic N P fertilizer on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit yield, quality and soil fertility. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 6*(1), 63-77. DOI: 10.1007/s40093-017-0153-y
35. Mirarab, T., Piri, E., Tavassoli, A., & Babaeiyan, M., (2016). The effect organic fertilizer on quantitative and

qualitative characters of basil (*Ocimum basilicum*) in Sistan region. *Journal of Research on Crop Ecophysiology*, *2*(38), 327-338. (In Persian with English Summary).

36. Mirlouhi, A.F., Mohammadi, R., Razavi, S.J., & Nourbakhsh, F., (2008). Effects of different fertilizer applications during rice and corn cultivation on barley yield in a three years replication. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, *18*(3), 161-171. (In Persian with English Summary).
37. Mirzashahi K. & Kiani S., (2008). Effects of sheep manure on amounts of chemical fertilizer consumption in corn. *Journal of Investigative in Agricultural Science*, *4*(20), 174-186. (In Persian with English Summary).
38. Mohammadi, K., Ghalavand, A., & Agha-Alikhani, M., (2010). Effect of organic matter and biofertilizers on chickpea quality and biological nitrogen fixation. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, *44*, 1154-1159.
39. Mohammadi, K., Heidari, G., Javaheri, M., Rokhzadi, A., Karimi Nezhad, M.T., Sohrabi, Y., & Talebi, R., (2013). Fertilization affects the agronomic traits of high oleic sunflower hybrid in different tillage systems. *Industrial Crops and Products*, *44*, 446–451. DOI: 10.1016/j.indcrop.2012.09.028
40. Mojiri, A. & Arzani, A., 2003. Effect of nitrogen rate and plant density on yield and yield components of sunflower. *Journal of Water and Soil Science*, *7* (2), 115-125. (In Persian)
41. Mokgolo, M.J., Mzezewa, J., & Odhiambo, J.J.O., (2019). Poultry and cattle manure effects on sunflower performance, grain yield and selected soil properties in Limpopo province, South Africa. *South African Journal of Science*, *115*(11/12), 7. DOI: 10.17159/sajs.2019/6410
42. Muhsin, S.J., Ramadhan, M.N., & Nassir, A.J., (2021). Effect of organic manure and tillage depths on sunflower (*Helianthus annuus* L.) production. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, *735*, 102070. DOI: 10.1088/1755-1315/735/1/012070
43. Mukherjee, A.K., Tripathi, S., Mukherjee, S., Mallick, R.B., & Banerjee, A., (2019). Effect of integrated nutrient management in sunflower (*Helianthus annuus* L.) on alluvial soil. *Current Science*, *117*(8), 1364-1368.
44. Munir, M.A., Malik, M.A., & Saleem, M.F., (2007). Impact of integration of crop manuring and nitrogen application on growth, yield and quality of spring planted sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Pakistan Journal of Botany*, *39*(2), 441-449.
45. Murru, M., & Calvo, C.L., (2020). Sunflower protein enrichment. Methods and potential applications. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, *27*, 1-14. DOI: 10.1051/ocl/2020007
46. Nourgholipour, F., & Mirzapour, M., (2016). Soil Fertility Management and Nutrition Guidelines of Sunflower Plant. Soil and Water Research Institute. Press. 44 p. (In Persian)
47. Ofosu-Anim, J., & Leitch, M., (2009). Relative efficacy of organic manures in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) production. *Australian Journal of Crop Science*, *3*(1), 13-19.
48. Qaswar, M., Jing, H., Waqas, A., Dongchu, L., Shujun, L., Lu, Z., Cai, A., Lishengi, L., Yongmei, X., Jusheng, G., & Huimin, Z., (2020). Yield sustainability, soil organic carbon sequestration and nutrients balance under long-term combined application of manure and inorganic fertilizers in acidic paddy soil. *Soil and Tillage Research*, *198*, 1-11. DOI: 10.1016/j.still.2019.104569
49. Pourazizi, M., Fallah, S., & Iranipour, R., (2013). Effect of different N sources and rates on dry matter and uptake of primary macronutrients in forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Crop Production*, *6*(2), 185-202. (In Persian).
50. Rathke, G.W., Christen, O., & Diepenbrock, W., (2005). Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crops Research*, *94*, 103–113.
51. Rigby, D., & Caceres, D., (2001). Organic farming and the sustainability of agricultural system. *Agricultural System*, *68*, 21-40.
52. Ryan, J., Estefan, G., & Rashid, A., (2007). Soil and plant analysis laboratory manual. ICARDA.
53. Salehi, A., Fallah, S., Iranipour, R., & Abasi Surki, A., (2014). Effect of application time of integratedchemical fertilizer with cattle manure on the growth, yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology*, *6*(3), 495-507. (In Persian). DOI: 10.22067/jag.v6i3.21290
54. Sloan, R.C. & Harkness, S.S., (2006). Field evaluation ofpollen-free sunflower cultivars for cut flower production. *Hort Technology*, *16*(2), 324-327. DOI: 10.21273/HORTTECH.16.2.0324
55. Sarabi, V., Shojaei Kalajahi, B., & Azizpour, K., (2022). Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to plant nutrition systems in the soil under foliar spraying by amino fish AMI-16, fulvic acid and microfertilizer. *Journal*

of Agroecology, Accepted Manuscript, Available Online from 13 April. (In Persian). DOI: 10.22067/agry.2022.73721.1081

56. Sharma, S.B., Sayyed, R.Z., Trivedi, M.H., & Gobi, T.A., (2013). Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *Springer Plus*, *2*(1), 587. DOI: 10.1186/2193-1801-2-587
57. Staal, M., Maathuis, F.J.M., Elzenga, J.T.M., Overbeek, J.H.M., & Prins, H.B.A., (1991). Na^+/K^+ antiport activity and tonoplast vesicles from roots of the salt tolerant *Plantago maritima* and the salt sensitive *Plantago media*. *Acta Physiologia Plantarum*, *82*, 179-184. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1991.tb00078.x
58. Wabekwa, J.W., Aminu, D., & Dauda, Z., (2014). Physio-morphological response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to poultry manure in Wamdeo, north-east Nigeria. *International Journal of Advanced Agricultural Research*, *2*, 100-105. DOI: 10.33500/ijaar.2014.02.011
59. Wang, X., Yan, J., Zhang, X., Zhang, S., & Chen, Y., (2020). Organic manure input improves soil water and nutrients use for sustainable maize (*Zea mays* L.) productivity on the Loess Plateau. *Plos One*, *15*(8), e0238042. DOI: 10.1371/journal.pone.0238042
60. Zamil, S.S., Quadir, Q.F., Chowdhury, M.A.H., & Al-Wahid, A., (2004). Effects of different animal manures on yield quality and nutrient uptake by Mustard CV. Agrani. *BRAC University Journal*, *1*(2), 59-66.
61. Zehra, A., Sahito, Z.A., Tong, W., Tang, L., Hamid, Y., Khan, M.B., & Yang, X., (2020). Assessment of sunflower germplasm for phytoremediation of lead-polluted soil and production of seed oil and seed meal for human and animal consumption. *Journal of Environmental Science*, *87*, 24-38. DOI: 10.1016/j.jes.2019.05.031