University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

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

Evaluation of the Combination of Organic and Chemical Fertilizers on Growth Traits, Yield, and Yield Components of Rice Cultivars in Intensive Cultivation Management

Yazdan Ramzanpour[1]| Seyed Amirabbas Mousavi Mirkalaei[2]✉| Morteza Samdeliri [3]| Mojtaba Nashaeai Moghadam [4] | Ali Eftekhari [5]

1. Department of Agriculture, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran
2. Corresponding Author, Department of Agriculture, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran. E-mail: amirabbasmosavi@iauc.ac.ir.
3. Department of Agriculture, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran.
4. Department of Agriculture, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran.
5. Department of Agriculture, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: January 31, 2024
Received in revised form: April 14, 2024
Accepted: April 17, 2024
Published online: December 21, 2024

Keywords:
Chicken manure,
Fajr cultivar,
leaf area index,
organic fertilizer,
plant dry weight.

ABSTRACT

In order to investigate the effects of organic and chemical fertilizers on the growth traits, yield and yield components of two varieties of rice in an intensive cultivation management system, an experiment was conducted as a split plot experiment in a randomized complete block design with three replications in the field of Haraz Technology Promotion and Development Center in Mahmoudabad, Mazandaran province in the years 2020 and 2021. The main factor included chemical fertilizer and organic fertilizer (100% chemical fertilizer, 50% chemical fertilizer + 50% chicken manure, 100% chicken manure, 100% cow manure, 50% cow manure + 50% chemical fertilizer), and the secondary factor included rice varieties was Fajr (modified) and Hashemi (local). In both cultivars, the maximum leaf area index was observed in the treatment of chemical fertilizer + chicken manure, respectively, 4.56 and 3.95, and the highest ratio of leaf area in Fajar and Hashemi cultivars, respectively, in the treatment of chemical fertilizer (0.980 and 0.781 g/m^2) and the combination of chemical fertilizer + chicken manure. (0.892 and 0.751 g/m^2) were observed. The height of the plant in the treatment of chicken manure + chemical fertilizer was reduced by 26.4%, compared to the treatment of only chemical fertilizer, in the Fajr variety, and the number of claws and the number of clusters per square meter were the same, but in the Hashemi variety, the height of the plant and the number of clusters were 2.99 and 6.99, respectively. The percentage of reduction and the number of claws and the weight of 1000 seeds increased by 5.76 and 3.36%, respectively. The largest increase in grain yield was due to the treatment of chicken manure + chemical in Fajar cultivar, which increased by 4.2%, compared to the treatment of only chemical fertilizer; while Hashemi cultivar had the highest seed yield in chemical fertilizer treatment. In Fajr and Hashemi cultivars, the highest plant dry weight was observed with the application of chicken + chemical fertilizer, which increased by 3.56% and 4.48%, respectively, compared to the chemical fertilizer treatment. It seems that in the intensive cultivation system, combining chemical fertilizer and chicken manure is a suitable solution for the sustainability of rice production and reducing the consumption of chemical fertilizer. Regarding the grain yield, the use of organic fertilizers in Fajr variety compared to Hashemi variety was more effective than the use of organic fertilizers.

Cite this article: Ramzanpour, R., Mousavi Mirkalaei, S.A.A., Samdeliri, M., Nashaeai Moghadam, M., & Eftekhari, A. (2024). Evaluation of the combination of organic and chemical fertilizers on growth and yield traits and yield components of rice cultivars in intensive cultivation management. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *55*(4), 1-15. DOI: 10.22059/ijfcs.2024.371779.655060.

© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2024.371779.655060

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

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

ارزیابی ترکیب کودهای آلی و شیمیایی بر صفات رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام برنج در مدیریت فشرده کشت

یزدان رمضان‌پور[۱] | سید امیرعباس موسوی میرکلائی[۲]✉ | مرتضی سام‌دلیری[۳] | مجتبی نشائی‌مقدم[۴] | علی افتخاری[۵]

۱. گروه زراعت، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.
۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران. رایانامه: amirabbasmosavi@iauc.ac.ir
۳. گروه زراعت، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.
۴. گروه زراعت، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.
۵. گروه زراعت، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱

کلیدواژه‌ها:
رقم فجر،
شاخص سطح برگ،
کود آلی،
کود مرغی،
وزن خشک بوته.

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات کودهای آلی و شیمیایی بر صفات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج در سیستم مدیریت فشرده کشت، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز در شهرستان محمودآباد استان مازندران در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ انجام شد. عامل اصلی شامل کود شیمیایی و کود آلی (۱۰۰٪ کود شیمیایی، ۵۰٪ کود شیمیایی+ ۵۰٪ کود مرغی، ۱۰۰٪ کود مرغی، ۱۰۰٪ کود گاوی، ۵۰٪ کود گاوی+ ۵۰٪ کود شیمیایی) و عامل فرعی شامل ارقام برنج فجر (اصلاح‌شده) و هاشمی (محلی) بود. در هر دو رقم، حداکثر شاخص سطح برگ در تیمار کود شیمیایی + کود مرغی به‌ترتیب ۴/۵۶ و ۳/۹۵ و بیشترین نسبت سطح برگ در رقم فجر و هاشمی، به‌ترتیب، در تیمار کود شیمیایی (۰/۹۸۰ و ۰/۷۸۱ گرم بر متر مربع) و ترکیب کود شیمیایی+ کود مرغی (۰/۸۹۲ و ۰/۷۵۱ گرم بر متر مربع) مشاهده شد. ارتفاع بوته در تیمار کود مرغی+کود شیمیایی نسبت به کود شیمیایی در رقم فجر ۴/۲۶ درصد کاهش یافت و نیز تعداد پنجه و تعداد خوشه در متر مربع یکسان بود، اما در رقم هاشمی ارتفاع بوته و تعداد خوشه به‌ترتیب ۲/۹۹ و ۶/۹۹ بود. درصد کاهش و تعداد پنجه و وزن هزار دانه به‌ترتیب ۵/۷۶ و ۳/۳۶ درصد افزایش یافت. بیشترین افزایش عملکرد دانه متعلق به تیمار کود مرغی+ شیمیایی در رقم فجر بود که نسبت به تیمار کود شیمیایی تنها، ۴/۲ درصد افزایش یافت؛ درحالی‌که در رقم هاشمی بالاترین عملکرد دانه در تیمار کود شیمیایی بود. در ارقام فجر و هاشمی، بالاترین وزن خشک بوته با کاربرد کود مرغی+شیمیایی مشاهده شد که نسبت به تیمار کود شیمیایی به‌ترتیب ۳/۵۶ و ۴/۴۸ درصد افزایش داشته است. به نظر می‌رسد در سیستم فشرده کشت، استفاده از ترکیب کود شیمیایی و کود مرغی راهکار مناسبی برای پایداری تولید محصول برنج و کاهش مصرف کود شیمیایی می‌باشد. باتوجه‌به عملکرد دانه، کاربرد کودهای آلی در رقم فجر در مقایسه با رقم هاشمی اثر بیشتری داشت.

استناد: رمضان‌پور، ر.، موسوی میرکلائی، س.ا.ع.، سام دلیری، م.، نشائی مقدم، م.، و افتخاری، ع. (۱۴۰۳). ارزیابی ترکیب کودهای آلی و شیمیایی بر رشد و عملکرد و اجزای عملکرد ارقام برنج در مدیریت فشرده کشت. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۵(۴)، ۱-۱۵.
DOI: 10.22059/ijfcs.2024.371779.655060

© نویسندگان

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است (Ghosh & Chakma., 2015) و از مهمترین غلات در کشورهای در حال توسعه بوده و غذای بیش از سه میلیارد نفر یا به‌عبارت دیگر نصف مردم جهان را تأمین می‌کند (Rajput *et al*., 2017). در سال ۱۴۰۰، سطح زیر کشت برنج در ایران ۴۳۳ هزار هکتار و عملکرد آن ۳۶۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. استان مازندران با ۲۱۵ هزار هکتار بیشترین سطح زیر کشت برنج را به خود اختصاص داده است (Anonymous, 2022). تقاضا برای مصرف برنج، روزبه‌روز در حال افزایش است که این امر باعث افزایش کاربرد کودهای شیمیایی جهت افزایش عملکرد در واحد سطح شده است. با توجه به اثر مخرب زیست‌محیطی کشاورزی متداول که ناشی از مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی است (Hafeez *et al*., 2023; Rajput *et al*., 2024) روزبه‌روز بر اهمیت توجه کشاورزی جایگزین افزوده می‌شود. یکی از ارکان کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف کاربرد کود شیمیایی است (Eyni *et al*., 2023).

استفاده از یافته‌های تحقیقاتی محققان و معرفی سیستم‌های کشت جدید می‌تواند باعث کاهش هزینه همراه با حفظ محیط زیست و افزایش عملکرد برنج در واحد سطح شود. یکی از روش‌هایی که برای مدیریت مصرف کود شیمیایی در کشت برنج انجام شده است استفاده از روش مدیریت فشرده کشت برنج[1] (SRI) می‌باشد که در سال ۱۹۸۳ برای اولین بار اجرا شد (Shanmugasundaram, 2015). این نوع مدیریت، روشی برای تغییر کشت (نشاکاری گیاهچه جوانتر و کوچکتر و کاهش تراکم و کشت تک‌نشاء)، آبیاری (تناوب آبیاری) و مواد غذایی است که در این روش، استفاده از کمپوست و کودهای آلی از اهمیت بالایی برخوردار است (Wu *et al*., 2015). نتایج برخی تحقیقات حاکی از آن است که استفاده از این روش‌های مدیریت، منجر به افزایش عملکرد برنج و کاهش مصرف آب و کود شیمیایی می‌شود (Kassam *et al*., 2017; Thakur *et al*., 2017; Satyanarayana *et al*., 2007). ازاین‌رو استفاده از منابع کودی آلی در ترکیب با کودهای شیمیایی می‌تواند در پایداری تولید برنج موثر باشد.

استفاده از کودهای آلی در مزارع برنج در بسیاری از کشورها مورد تحقیق و بررسی قرار گرفت و اثرات مثبت آن در افزایش محصول به اثبات رسیده است (Sudarsono *et al*., 2014). مطالعات نشان داده است در زمانی که از کودهای آلی به عنوان منبعی برای تامین قسمتی از نیتروژن مورد نیاز، همراه با کودهای معدنی نیتروژن استفاده شود، میزان تلفات نیتروژن کاهش می‌یابد؛ زیرا نسبت مصرف کود معدنی کم می‌شود (Fathi *et al*., 2017). چندین مطالعه نشان داده‌اند که کاربرد منظم کودهای آلی، می‌تواند فعالیت میکروبی خاک (Zhao *et al*., 2016) و ماده آلی خاک، کارایی مصرف نیتروژن و در نتیجه عملکرد برنج را افزایش دهد (Iqbal *et al*., 2019).

کود مرغی نیز به‌دلیل معدنی‌شدن سریعتر نسبت به سایر کودهای آلی، این کود به عنوان منبع باارزشی برای تغذیه گیاهان می‌باشد (Khadem *et al*., 2014). نتایج پژوهشی با بررسی تولید برنج تحت تأثیر مصرف کودهای حیوانی شامل کود مرغی، کود گاوی و کود گوسفندی نشان داد که کاربرد کود مرغی عملکرد برنج را در مقایسه با کودهای گاوی و گوسفندی افزایش می‌دهد (Amanullah *et al*., 2016). در گزارشی عنوان شده است که با کاربرد کود آلی و کود شیمیایی تحت مدیریت فشرده برنج، بالاترین عملکرد دانه به‌دست آمده است (Hosseini & Alai Bakhsh, 2015). همچنین در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شده است که در روش مدیریت کشت فشرده، بیشترین عملکرد دانه با کاربرد کود ارگانیک به همراه ۱۰۰٪ کود نیتروژن (با سه تقسیط) در رقم طارم مشاهده شد و اعلام شد استفاده از کود آلی در اراضی شالیزاری نقش مهمی در کاهش مصرف کود نیتروژن داشت (Devsalar *et al*., 2011).

کاربرد کودهای آلی در مزارع برنج شمال ایران به‌علت دسترسی آسان کودهای شیمیایی، عکس‌العمل سریع گیاه به مصرف این کودها و نبود روش‌های جایگزین مناسب، بسیار ناچیز می‌باشد؛ این در حالی است هزینه زیاد کودهای شیمیایی در کشت برنج همراه با آلودگی‌های زیست‌محیطی آنها باعث شده است محققان در پی جایگزین‌کردن کودهای شیمیایی با کودهای آلی باشند. از طرفی، در بین ارقام محلی برنج، رقم هاشمی بیشترین سطح زیر کشت را در شمال ایران دارد. رقم فجر نیز در بین ارقام پرمحصول

1. System of Rice Intensification

و اصلاح‌شده قرار دارد که سطح زیر کشت نسبتا زیادی را در شمال ایران به خود اختصاص داده است. لذا این مطالعه با هدف ارزیابی اثر کاربرد کودهای شیمیایی و آلی به تنهایی و تلفیقی در ارقام برنج اصلاح‌شده و محلی تحت مدیریت سیستم فشرده کشت اجرا شده است.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲-۱. موقعیت جغرافیایی و ویژگی خاک محل آزمایش

آزمایش در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در مزرعه مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز در شهرستان محمودآباد استان مازندران با موقعیت طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی، و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۵/۵ متر از سطح دریا انجام شد. جدول مشخصات هواشناسی محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. قبل از کاشت، نمونه خاک از عمق ۳۰ -۰ سانتی‌متری مزرعه تهیه، و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد. نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات هواشناسی محل آزمایش.

Months	T.Min (°C)		T.Max (°C)		Precipitation (mm)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
March	8.3	7.6	13.2	13	110.4	68.3
April	10.4	12.5	15	19.1	186.2	8.3
May	15.6	16.7	23.1	22.6	38	83.2
June	21.5	22.2	29.1	28.9	3.9	30.6
July	24.2	24.8	30.5	30.5	28.4	60.6
Aug	22.1	24.8	27.6	32.5	232.9	7.2

جدول ۲. خصوصیات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد آزمایش.

Year	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	Organic carbon (%)	Available phosphorus (mg/kg)	Available potassium (mg/kg)	Total nitrogen (%)	Soil texture
2020	0.73	7.48	0.89	8.9	18	0.12	loamy sand
2021	0.82	7.46	1.0	10.1	13	0.16	loamy sand

۲-۲. طرح و تیمارهای آزمایش

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل کود شیمیایی و کود آلی (۱۰۰٪ کود شیمیایی بر اساس توصیه فنی، ۵۰٪ کود مرغی پلت‌شده + ۵۰٪ کود شیمیایی، ۱۰۰٪ کود مرغی پلت‌شده، ۱۰۰٪ کود گاوی پوسیده، ۵۰٪ کود گاوی پوسیده + ۵۰٪ کود شیمیایی) و عامل فرعی شامل ارقام برنج فجر (اصلاح‌شده) و هاشمی (محلی) بود. طول دوره رشد رقم فجر ۱۳۰ روز و رقم هاشمی ۱۲۰ روز می‌باشد. خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده در جدول ۳ نشان داده شده است. مصرف کودهای شیمیایی نیز بر اساس توصیه فنی و رایج منطقه و نیز مطالعات دیگران، برای رقم فجر (پرمحصول) کود نیتروژن، فسفر و پتاس به‌ترتیب ۱۳۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار و برای رقم هاشمی (کم محصول) کود نیتروژن، فسفر و پتاس به‌ترتیب ۹۰، ۲۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد (Saber Ali *et al*., 2022). منابع کودهای مورد استفاده شامل کود اوره (۴۶ ٪ نیتروژن)، سوپرفسفات تریپل (۴۶ درصد P_2O_5) و سولفات پتاسیم (۴۲ ٪ پتاسیم) بود. مصرف کود سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌صورت پایه (قبل از نشاکاری) و مصرف کود نیتروژن در سه مرحله، قبل از نشاکاری (۵۰ درصد کود مصرفی)، پنجه‌زنی (۲۵ درصد) و ظهور خوشه (۲۵ درصد) در تمام کرت‌ها به‌صورت یکنواخت پخش شد. در این آزمایش برای رقم فجر، ۵/۳۵ تن کود مرغی پلت‌شده و ۷/۱ تن در هکتار کود گاوی و برای رقم هاشمی ۳/۷۰ تن کود مرغی پلت‌شده و ۴/۹ تن در هکتار کود گاوی استفاده شد.

جدول ۳. خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده.

Organic Fertilizer	Organic carbon (%)	Total Nitrogen (g kg^{-1})	Phosphorus (g kg^{-1})	Potash (g kg^{-1})	pH	EC (ds/m)
کود گاوی	8.8	18.3	38.55	39.87	7.1	3.2
کود مرغی	32.7	24.32	40.89	32.58	8.0	4.6

۲-۳. آماده‌سازی کشت نشاء

برای پرورش نشاهای جعبه‌ای در سیستم فشرده کشت برنج از جعبه‌های پلاستیکی استاندارد مخصوص ماشین نشاکار به ابعاد ۳ ×۶۰ ×۳۰ سانتیمتر استفاده شد. بذرها در اوایل اردیبهشت، توسط محلول پنج در هزار ویتاواکس تیرام ضدعفونی شده و پس از جوانه‌دارشدن در جعبه کشت بذرپاشی شدند. سپس به تاریک‌خانه و پس از سبزشدن به خزانه انتقال یافتند.

۲-۴. آماده‌سازی زمین و کاشت

به‌منظور آماده‌سازی زمین، قبل از اجرای آزمایش و پس از گاوروشدن زمین، به وسیله گاوآهن برگرداندار تیلری تا عمق ۱۵ سانتی‌متر شخم زده شد. سپس جهت خردشدن کلوخه‌ها و همچنین یکنواخت‌شدن وضعیت خاک مزرعه، زمین مذکور دیسک و ماله زده شد. یک هفته قبل از نشاکاری مزرعه گل‌آب و تسطیح شده و عملیات کرت‌بندی انجام شد. سپس بر اساس آزمون خاک و نیاز کودی ارقام هاشمی و فجر کودهای آلی و شیمیایی مورد نیاز تهیه و در کرت‌های مربوطه استفاده و کاملاً با خاک مخلوط شدند. اندازه کرت‌های فرعی ۵×۳ متر برابر ۱۵ متر مربع در نظر گرفته شد.

در زمان نشاکاری (اواخر اردیبهشت) از طناب یا مارکرهایی به ابعاد ۲۵×۲۵ سانتیمتر استفاده شد و در محل تقاطع خطوط مارکر، یک نشاء جوان ۱۵ روزه در هر کپه نشاکاری شد. تراکم کشت در هر دو رقم ۱۶ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. در این آزمایش عملیات داشت مانند آبیاری متناوب، وجین، مبارزه با آفات و استفاده از کود براساس سیستم فشرده کشت انجام شد.

۲-۵. اندازه‌گیری صفات

پس از نشاءکاری، به فاصله هر ۱۵ روز یکبار در طول دوره رشد گیاه، تعداد سه بوته از هر کرت برداشت و شاخص‌های سطح برگ و نسبت سطح برگ اندازه‌گیری شد. برای محاسبه شاخص سطح برگ، برگ‌ها از ساقه‌ها جدا شدند. سپس توسط دستگاه Leaf Area Meter (LI-31000, LI-COR, Lincoln, NE) سطح آنها اندازه‌گیری شدند. نسبت سطح برگ (LAR) نیز از نسبت شاخص سطح برگ بر وزن خشک برگ محاسبه شد (Zhang *et al.*, 2022). در این مطالعه، مدل‌های مختلف غیر خطی برای روند تغییرات شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول برازش شد که در نتیجه مدل لجستیگ (Ghadirian *et al*., 2011) بهترین برازش را داشته است. مدل لجستیگ ذیل برای روند تغییرات سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ در طی دوره رشد استفاده شد:

$$Y = \frac{ae^{-a(x-b)(c)}}{(1+e^{-a(x-b)})^2}$$

که در آن a یک ضریب ثابت است و میزان چرخش منحنی را نشان می‌دهد. b زمان پس از کاشت است که در آن حداکثر مقدار صفت اتفاق می‌افتد و c نیز یک ضریب ثابت می‌باشد.

برای محاسبه عملکرد دانه، دو متر مربع از وسط هر کرت درو شد. بعد از پنج روز آفتاب‌خشک‌کردن، گیاهان حاوی دانه برنج به آزمایشگاه منتقل و عملکرد تیمارهای مختلف و کنترل، با رطوبت ۱۴ درصد (سنجش با دستگاه رطوبت‌سنج غلات) محاسبه شد. مقدار کاه و کلش نیز بعد از خشک‌شدن در آون (۷۲ ساعت در ۷۰ درجه سلسیوس)، اندازه‌گیری شد.

۲-۶. تجزیه آماری

داده‌های حاصل از آزمایش، بر اساس طرح آماری مورد استفاده، مورد تجزیه واریانس مرکب دوساله با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 قرار گرفت. برای اطمینان از یکنواختی واریانس‌ها به‌منظور ادغام داده‌ها، آزمون بارتلت انجام شد که نتایج حاکی از عدم

معنی‌داری داده‌ها و فراهمی لازم برای ادغام نتایج دو سال بود. مقایسه میانگین نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

۳. نتایج پژوهش و بحث

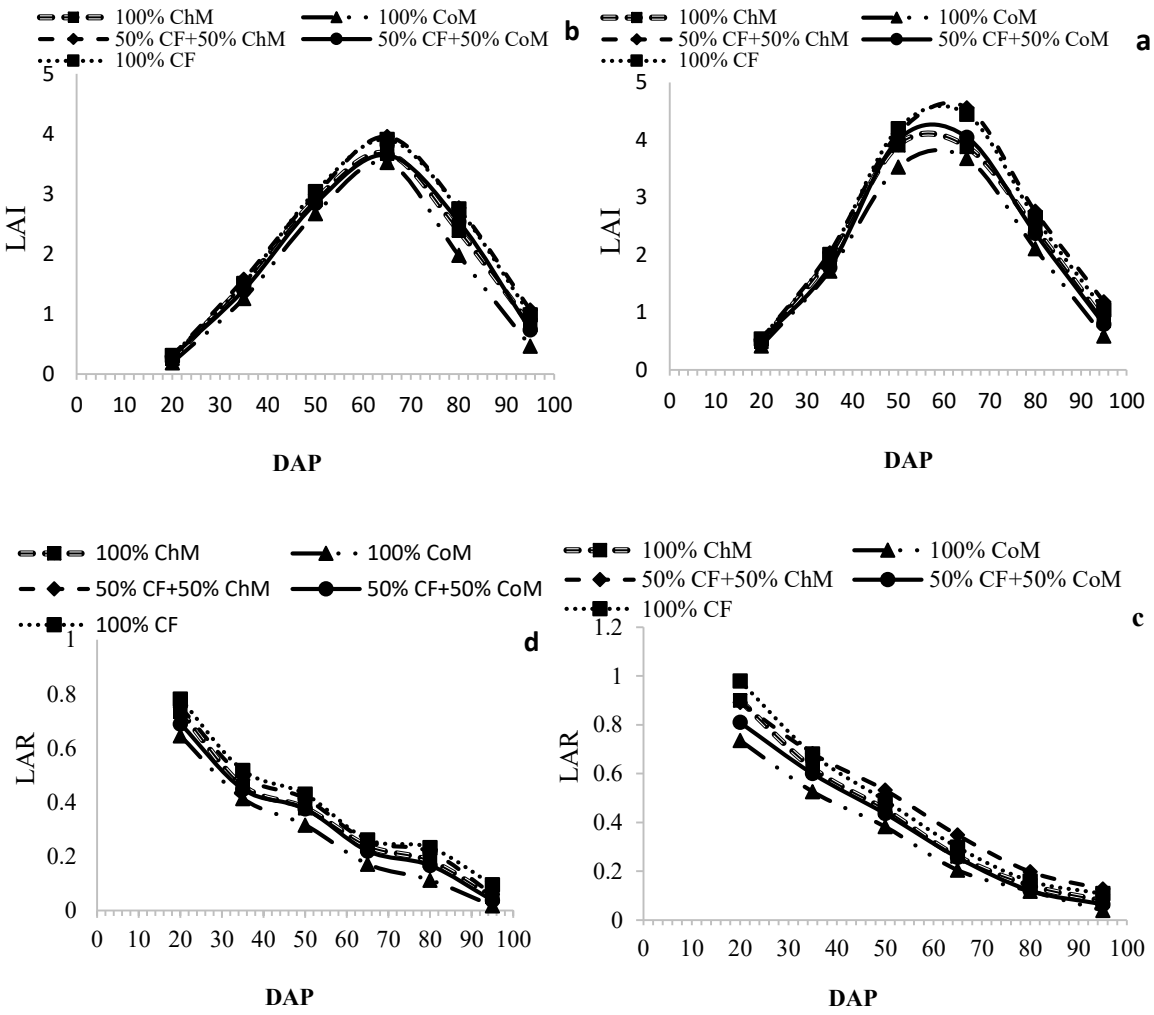
۳-۱. شاخص‌های رشدی

نتایج نشان داد که روند توسعه سطح برگ روند غیر خطی داشته است. تا ۶۵ روز پس از کاشت، سطح برگ در تمام تیمارها دارای یک روند افزایشی بود اما پس از این مدت میزان سطح برگ در هر دو رقم برنج به‌دلیل نزدیک‌شدن به فاز زایشی دارای یک روند کاهش بود؛ به‌طوری‌که در ۹۵ روزگی به‌دلیل پیری برگ‌ها میزان شاخص سطح برگ کاهش شدیدی داشت. نتایج نشان داد که در هر دو رقم فجر و هاشمی بیشترین شاخص سطح برگ در ابتدای دوره متعلق به کود شیمیایی به‌ترتیب ۰/۵۴ و ۰/۳۱ بود. بالا بودن شاخص سطح برگ در ابتدای دوره رشد با کاربرد کود شیمیایی نشان‌دهنده تامین نیاز گیاه در ابتدای دوره رشد با استفاده از کود شیمیایی می‌باشد؛ اما کودهای گاوی و مرغی نیاز به زمان دارد تا رهاسازی عناصر و تأمین نیاز گیاه در آنها انجام گیرد. اما با گذشت ۶۵ روز پس از کاشت در هر دو رقم، بیشترین مقدار شاخص سطح برگ در تیمار کود شیمیایی + کود مرغی به‌ترتیب ۴/۵۶ و ۳/۹۵ بود.

از طرف دیگر، در هر دو رقم کمترین مقدار شاخص سطح برگ از ۲۰ تا ۹۵ روزگی تا پایان دوره رشد در کاربرد کود گاوی مشاهده شد (شکل‌های b و a۱). نتایج تجزیه واریانس حداکثر شاخص سطح برگ در جدول ۴ نشان داده شده است. بین دو رقم از نظر شاخص سطح برگ تفاوت معنی‌داری وجود داشت. رقم فجر نسبت به رقم هاشمی از حداکثر شاخص سطح برگ بالاتری برخوردار بود. Dutta *et al.* (2002) نتیجه گرفتند که ارقام پرمحصول برنج نسبت به ارقام بومی منطقه، LAI بیشتری داشته؛ در نتیجه، ماده خشک بیشتری تولید کردند.

بالاترین شاخص سطح برگ در تیمار ۱۰۰ ٪ کود شیمیایی و ۵۰٪ کود شیمیایی+۵۰٪ کود مرغی در رقم فجر مشاهده شد و کمترین حداکثر شاخص سطح برگ در تیمار ۱۰۰٪ کود گاوی در هر دو رقم به‌دست آمد. رهاسازی مداوم نیتروژن از منبع آلی (به‌ویژه کود مرغی) باعث شده است که جذب نیتروژن از آن تداوم بیشتری داشته باشد و در نتیجه باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌شود (Ghadirnezhad Shiade *et al.*, 2024). به نظر می‌رسد یکی از دلایل افزایش سطح برگ در تیمار تلفیقی کود شیمیایی+ کود مرغی این است که گیاه در همه مراحل رشد، عناصر غذایی کافی به‌ویژه کود نیتروژن برای رشد در اختیار داشته است.

براساس نتایج، نسبت سطح برگ در طول دوره رشد از یک روند کاهشی برخوردار بود و تیمارهای کود شیمیایی و کود مرغی+ شیمیایی در رقم فجر (۰/۹۸۰ و ۰/۸۹۲ گرم بر متر مربع) و پس از آن تیمارهای مذکور در رقم هاشمی دارای بالاترین مقادیر (۰/۷۸۱ و ۰/۷۵۱ گرم بر متر مربع) بودند (شکل ۱ d و c). کمترین میزان این شاخص متعلق به تیمار کود گاوی و در دو رقم فجر و هاشمی به‌ترتیب ۰/۷۳۶ و ۰/۶۴۵ گرم بر متر مربع بود. در رقم هاشمی کاربرد کود شیمیایی دارای شیب کاهش تندتری نسبت به کود مرغی+ شیمیایی بود؛ اما در رقم فجر این نتایج بالعکس بوده و کاربرد کود شیمیایی دارای شیب کاهش کمتر بود و این تیمار بالاترین مقادیر را تا آخر دوره به خود اختصاص داد. کاربرد کود گاوی به همراه کود شیمیایی نیز نسبت به تیمار کود گاوی تنها دارای مقادیر بالاتر در این شاخص بود. با توجه به نتایج تیمار کود مرغی+ کود شیمیایی، در هر دو رقم کود مرغی توانسته است تا حد زیادی جایگزین کود شیمیایی شود. به نظر می‌رسد بالاتربودن نسبت سطح برگ در کود مرغی به‌دلیل بالاتربودن میزان نیتروژن در کود مرغی (با توجه به جدول ۲) و سریعتر معدنی‌شدن آن (Khadem *et al.*, 2014) نسبت به کود گاوی است که موجب فراهمی عناصر غذایی برای گیاه در طول دوره رشد شده است. همچنین تجزیه مواد آلی موجود در کود مرغی به‌راحتی انجام می‌شود و عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن زیادی از آن در طی دوره رشد گیاه آزاد می‌شود که این امر موجب بهبود شاخص‌های رشد گیاه می‌شود.



شکل ۱. تغییرات نسبت سطح برگ و شاخص سطح برگ در طی دوره رشد با کاربرد کود آلی و شیمیایی.

شاخص سطح برگ رقم فجر (**a**)، شاخص سطح برگ رقم هاشمی (**b**)، نسبت سطح برگ رقم فجر (**c**)، نسبت سطح برگ رقم هاشمی (**d**).ChM: کود مرغی، CoM: کود گاوی، CF: کود شیمیایی.

جدول ٤. تجزیه مرکب اثر سال، رقم و کود بر رشد و اجزای عملکرد برنج.

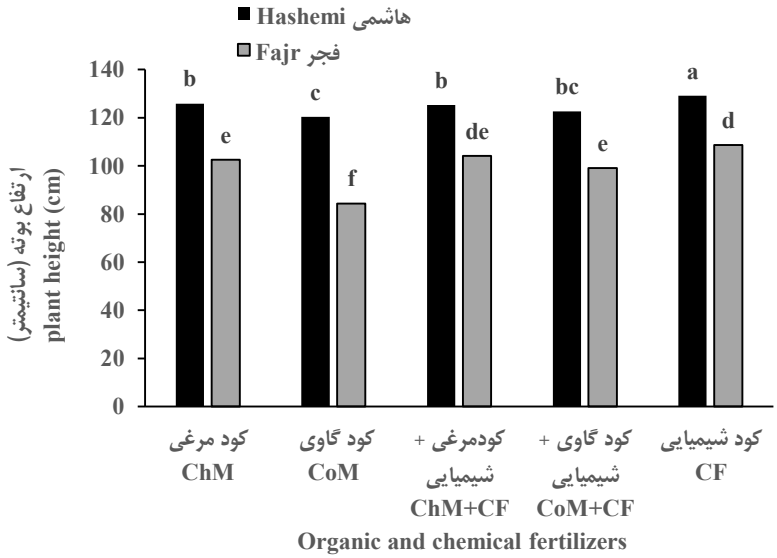
S.O.V	df	LAImax	Plant heigh	Tiller number per plant	Number of seeds in spike	Number of spike per m^2
Year (Y)	1	0.81 *	54.89 ns	0.61 *	574.87 ns	5731.86 ns
Block(year)	4	0.068	374.32	0.07	437.2	1976.54
Fertilizer (F)	4	0.112 **	460.68 **	0.99 **	685.12 **	2385.04 ns
Y×F	4	0.061 ns	9.8 ns	0.05 ns	2.01 ns	522.14 ns
Error a	16	0.26	8.6	0.24	24.64	309.07
Cultivar (C)	1	46.4 **	9300.9 ns	36.2 **	11543.72 *	32072.99 *
C×Y	1	0.002 ns	59.7 ns	0.001 ns	46.04 ns	154.11 ns
F×C	4	0.120 *	122.1 **	0.103 *	898.24 **	6636.8 *
Y×C×F	4	0.01 ns	4.97 ns	0.008 ns	129.11 *	607.6 ns
Error b	20	0.061	18.23	0.05	42.62	238.59
CV (%)	-	12.11	9.14	11.41	11.85	9.98

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار.

۳-۲. صفات مورفولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر اصلی کود و برهمکنش کود و رقم بر ارتفاع بوته برنج در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین ارتفاع بوته در رقم هاشمی با کاربرد کود شیمیایی به میزان ۱۲۹ سانتیمتر

به‌دست آمد. در رقم فجر نیز کود شیمیایی نسبت به سایر تیمارهای کودی، ارتفاع بوته بالاتری را به خود اختصاص داده است (شکل ۲). اما در این رقم، کاربرد تیمار کود شیمیایی+ مرغی تفاوت جزئی با کود شیمیایی از نظر ارتفاع بوته داشته است؛ به‌طوری‌که در همه تیمارهای کودی، ارتفاع بوته در رقم هاشمی نسبت به رقم فجر بالاتر بود. Sedaghat *et al.* (2013) نشان دادند ارقام بومی ارتفاع بوته بلندتری نسبت به ارقام اصلاح‌شده داشتند. در هر دو رقم کود گاوی کمترین ارتفاع بوته را داشته است، اما ترکیب کود گاوی + شیمیایی توانسته است ارتفاع بوته برنج را در این ارقام افزایش دهد. کودهای گاوی به‌دلیل آزادنشدن نیتروژن در مراحل اولیه رشد گیاه، از ارتفاع بوته کمتری برخوردار بودند؛ اما کود گاوی همراه با کود شیمیایی به‌دلیل آزادشدن نیتروژن توسط کود شیمیایی در مراحل اولیه رشد موجب افزایش ارتفاع بوته شده است. Ashoori *et al.* (2013) در گزارشی عنوان کردند مصرف کود شیمیایی همراه با کودهای آلی، به‌دلیل بهبود شرایط تغذیه‌ای و فراهم‌شدن عناصر مورد نیاز جهت رشد گیاه، سبب افزایش ارتفاع بوته برنج می‌شود.



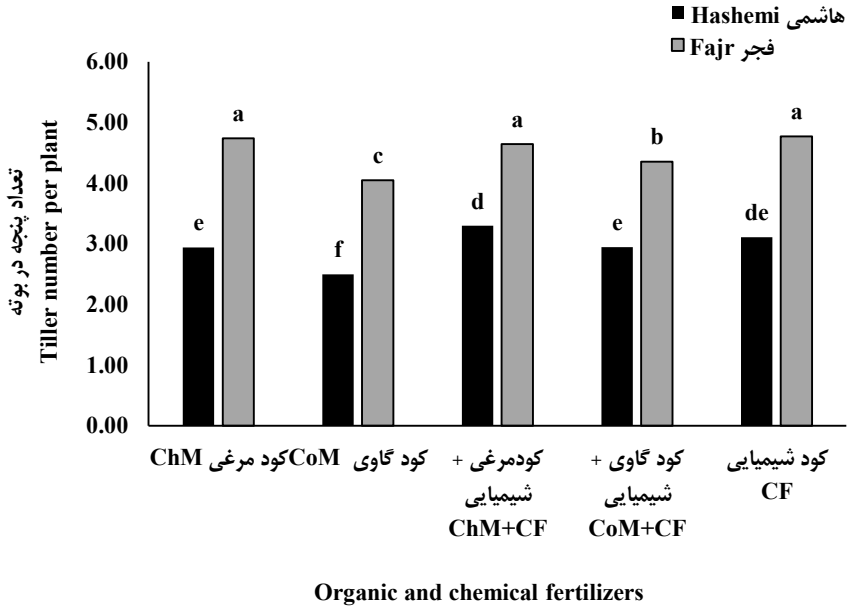
شکل ۲. اثر کودهای آلی و شیمیایی بر ارتفاع بوته ارقام برنج.
ChM: chicken manure, CoM: cow manure, CF: chemical fertilizer.

۳-۳. تعداد پنجه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی کود و رقم و برهمکنش کود و رقم بر تعداد پنجه در بوته معنی‌دار بود (جدول ۴). تعداد پنجه در بوته تحت تاثیر کاربرد کودهای آلی قرار گرفت؛ به‌طوری‌که در رقم فجر، بین کاربرد کود شیمیایی و کود مرغی+ شیمیایی و کود مرغی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و تعداد پنجه در بوته در این تیمارها به‌ترتیب ۴/۷۷، ۴/۶۴، و ۴/۷۴ بود. در رقم هاشمی نیز بیشترین تعداد پنجه در بوته با کاربرد کود مرغی + شیمیایی به میزان ۳/۳ پنجه به‌دست آمد که با تیمار کود شیمیایی (۳/۱۱) اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. در هر دو رقم کمترین تعداد پنجه در بوته در شرایط استفاده از کود گاوی تنها مشاهده شد (شکل ۳). به نظر می‌رسد در زمان پنجه‌زنی گیاه، کود گاوی قادر به تامین عناصر غذایی لازم به‌ویژه کود نیتروژن نبوده است؛ در نتیجه میزان پنجه‌زنی در این تیمارها کم بود. رقم اصلاح‌شده فجر نسبت به رقم محلی هاشمی از تعداد پنجه بالاتری برخوردار است.

Sedaghat *et al.* (2013) نیز در گزارشی عنوان کردند رقم فجر نسبت به ارقام محلی بیشترین تعداد پنجه را داشته است. عباسی و همکاران (Abbasi *et al*., 2013) گزارش کردند که کاربرد کودهای شیمیایی به همراه کود مرغی باعث افزایش تعداد پنجه در بوته برنج نسبت به سایر تیمارها شد. مطالعه Yazdanpanah *et al.* (2016) نشان داد استفاده از کودهای مرغی علاوه‌بر بهبود پایداری خاکدانه در ناحیه ریزوسفر و تحریک میکروارگانسیم‌های مفید سبب افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه شده

است. به نظر می‌رسد در این مطالعه نیز دلیل افزایش تعداد پنجه در بوته با مصرف ترکیب کود مرغی+شیمیایی را بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و افزایش قابلیت جذب نیتروژن می‌باشد که نقش مهمی در تقسیم سلولی گیاه دارد.



شکل ۳. اثر کودهای آلی و شیمیایی بر تعداد پنجه در بوته ارقام برنج.
ChM: chicken manure, CoM: cow manure, CF: chemical fertilizer.

۳-۴. صفات اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس اثر کود شیمیایی و آلی بر رشد و اجزای عملکرد در جداول ۴ و ۵ نشان داده شده است. اثر اصلی کود و برهمکنش کود و رقم بر وزن هزار دانه برنج معنی‌دار شد (جدول ۵). نتایج نشان داد در رقم فجر، بیشترین وزن هزار دانه در تیمار کود مرغی به میزان ۲۸/۲۱ گرم مشاهده شد که نسبت به تیمار کود شیمیایی، ۱۱/۹۲ درصد افزایش داشته است. همچنین وزن هزار دانه در تیمارهای کود گاوی، کود گاوی + شیمیایی و کود مرغی+ شیمیایی نسبت به تیمار کود شیمیایی (شاهد) به‌ترتیب ۹/۲۵، ۴/۹، و ۴/۹۸ درصد افزایش داشته است. کاهش وزن هزار دانه در تیمار کود شیمیایی احتمالا به‌دلیل افزایش تعداد دانه در خوشه می‌باشد که با افزایش تعداد دانه، سهم مواد فتوسنتزی به هر دانه کم شده و در نتیجه وزن هزار دانه در این تیمار کاهش یافت. در رقم هاشمی، بیشترین وزن هزار دانه با کاربرد کود شیمیایی + کود مرغی (۲۷/۷۰ گرم) به‌دست آمد و نسبت به کود شیمیایی، ۵/۵۸ درصد افزایش داشته است. سایر تیمارها در این رقم، نسبت به تیمار کود شیمیایی وزن هزار دانه کمتری داشته است. کاربرد کود مرغی در هر دو رقم نتایج متفاوتی را نشان داد؛ به‌طوری‌که در رقم فجر کود مرغی بیشترین وزن هزار دانه را داشته است؛ اما در رقم هاشمی کود مرغی باعث کاهش وزن هزار دانه شده است. به نظر می‌رسد افزایش سطح برگ باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی و تولید کربوهیدرات بیشتر جهت انتقال به بخش‌های ذخیره‌ای گیاه برنج می‌شود در نتیجه وزن هزار دانه در تیمارهایی که شاخص سطح برگ بالاتری داشتند افزایش یافت. در رقم فجر در تیمار کود مرغی از حداکثر شاخص سطح برگ بالاتری (با توجه به نتایج جدول ۶) نسبت به تیمار کود مرغی در رقم هاشمی برخودار بوده است که این امر منجر به افزایش ذخیره مواد فتوسنتزی و انتقال آن در زمان پرشدن دانه در تیمار کود مرغی در رقم فجر شده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر اصلی رقم و برهمکنش کود و رقم بر تعداد خوشه در متر مربع در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). تعداد خوشه در متر مربع تحت تاثیر کاربرد کودهای آلی و شیمیایی قرار گرفت. در رقم فجر بیشترین تعداد خوشه در شرایط کاربرد تیمارهای کود مرغی+شیمیایی (۲۸۲ خوشه) و کود شیمیایی (۲۸۰ خوشه) مشاهده شد. در رقم هاشمی، بیشترین تعداد خوشه در تیمار کود مرغی + شیمیایی (۲۴۳ خوشه) به‌دست آمد. تیمار کود گاوی تنها، در هر دو رقم کمترین تعداد

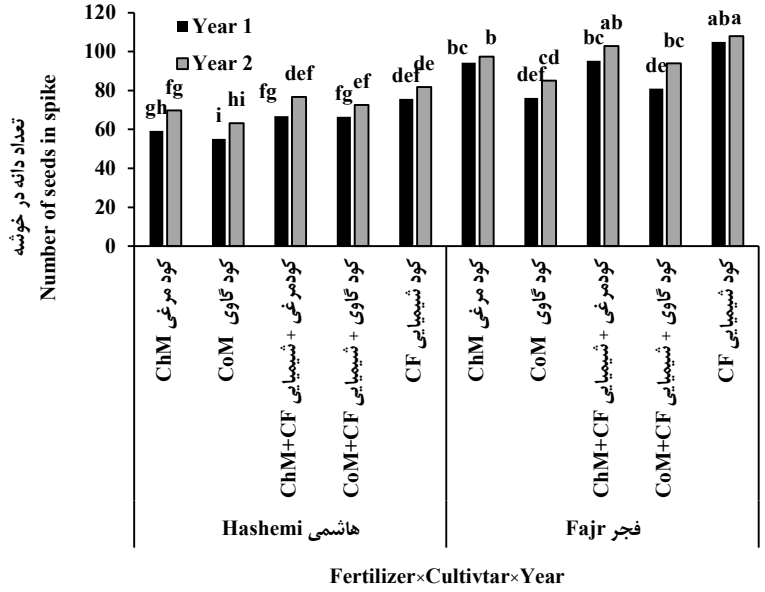
خوشه در متر مربع را داشته است (جدول ۶). رقم فجر در تیمارهای کود شیمیایی و ترکیب کود شیمیایی+مرغی، با قابلیت پنجه‌زنی و تجمع ماده خشک بالا در مرحله حداکثر پنجه‌زنی، تعداد خوشه در واحد سطح بیشتری نیز داشت. بنابراین به نظر می رسد که قابلیت پنجه‌زنی می تواند اثر معنی‌داری بر تولید خوشه داشته است.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی کود و رقم و برهمکنش کود و رقم و نیز اثر سه‌گانه سال، رقم و کود بر تعداد دانه در خوشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در رقم فجر، بیشترین تعداد دانه در خوشه در تیمارهای کود شیمیایی در هر دو سال و تیمار ترکیبی کود مرغی + شیمیایی در سال دوم به‌دست آمد. در رقم هاشمی، کاربرد کود شیمیایی نسبت به سایر تیمارها از تعداد دانه در خوشه بالاتری برخوردار بود. تیمار کود مرغی+شیمیایی اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار کود شیمیایی نداشت. کمترین تعداد دانه در خوشه در هر دو رقم، با کاربرد کود گاوی مشاهده شد (شکل ۴). احتمالا کود گاوی به‌دلیل نسبت C/N بالا نتوانسته است نیتروژن مورد نیاز گیاه را در طول دوره رشد برطرف کند؛ در نتیجه عملکرد و اجزای عملکرد را تحت تاثیر قرار داده و باعث کاهش آنها شد. در هر دو رقم، استفاده از کود مرغی تنها نسبت به کود گاوی از تعداد دانه بالاتری برخوردار بود، اما استفاده از کود گاوی همراه با کود شیمیایی توانسته است تعداد دانه در خوشه بالاتری را تولید کند. Moslehi *et al.* (2016) در گزارشی عنوان کردند در شرایطی که کودهای زیستی یا دامی همراه با کود شیمیایی نیتروژن استفاده شود تعداد دانه در خوشه بالاتری نسبت به کاربرد تنهایی کودهای آلی دارد که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. شرایط تغذیه‌ای و فتوسنتز گیاه پس از مرحله گلدهی اهمیت زیادی در پر شدن دانه دارد (Rajput *et al.*, 2017). از سوی دیگر، محققان در پژوهشی افزایش غلظت و جذب عناصر و بهبود ویژگی‌های رشدی در شرایط مصرف نیتروژن را به وجود رابطه هم‌افزایی بین کاربرد توام کودهای آلی و شیمیایی نسبت دادند (Zeidali *et al*., 2018). بنابراین به نظر می‌رسد کاربرد ترکیبی کودهای آلی و شیمیایی توانسته است شرایط تغذیه‌ای گیاه را در مرحله پرشدن دانه بهبود بخشیده و باعث افزایش تعداد دانه در این تیمارها شده است.

جدول ۵. تجزیه مرکب اثر سال، رقم و کود بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد برنج.

S.O.V	df	Weight of 1000 seeds	Grain yield	Dry weight	Harvest index
Year (Y)	1	54.89 ns	599487 ns	94787 ns	85.3 ns
Block(year)	4	374.32	514238	1797467	3.56
Fertilizer (F)	4	460.68 **	206253 **	2042254 **	1514*
Y×F	4	9.8 ns	2060 ns	12006 ns	0.433 ns
Error a	16	8.6	39590	31454	19.4**
Cultivar (C)	1	9300.9 ns	64002401**	74141661 *	0.892 ns
C×Y	1	59.7 ns	14111 ns	324146 **	88.5**
F×C	4	122.1 **	1360591 **	547726 **	34.250 **
Y×C×F	4	4.97 ns	2726 ns	22335 ns	3.84 ns
Error b	20	18.23	35127	35443	85.3 ns
CV (%)	-	10.74	12.31	11.87	13.41

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار.



شکل ٤. اثر کودهای آلی و شیمیایی بر تعداد دانه در خوشه ارقام برنج در دو سال آزمایش.
ChM: chicken manure, CoM: cow manure, CF: chemical fertilizer.

۳-۵. عملکرد دانه و وزن خشک کل

براساس نتایج تجزیه واریانس برهمکنش رقم و کود بر عملکرد دانه و وزن خشک کل برنج در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو رقم برنج، عملکرد دانه بین مصرف کود شیمیایی با تیمار شیمیایی+ کود مرغی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین افزایش عملکرد دانه متعلق به تیمار کود مرغی +شیمیایی در رقم فجر بود که نسبت به تیمار کود شیمیایی تنها، ۴/۲ درصد افزایش یافت؛ درحالی‌که در رقم هاشمی بالاترین عملکرد دانه در تیمار کود شیمیایی بود که با تیمار کود شیمیایی +مرغی تفاوت معنی‌داری نداشت. نتایج نشان داد در رقم فجر عملکرد دانه تحت تاثیر اجزای آن قرار گرفته است؛ به‌طوری‌که عملکرد دانه بالا در تیمارهای کود مرغی+شیمیایی و کود شیمیایی متاثر از بیشتربودن تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه در متر مربع و تعداد پنجه در این تیمارها می‌باشد. همچنین بالاتربودن عملکرد دانه در تیمار کود مرغی+شیمیایی نسبت به کود شیمیایی را می‌توان به بیشتربودن وزن هزار دانه در تیمار کود مرغی+شیمیایی در این رقم نسبت داد. در رقم هاشمی نیز می‌توان استنباط کرد که با افزایش تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه در متر مربع در تیمار کود شیمیایی و سپس کود مرغی+شیمیایی نسبت به سایر تیمارها باعث افزایش عملکرد دانه در آنها شده است. همچنین کمترین عملکرد دانه در رقم هاشمی و فجر در تیمار کود گاوی مشاهده شد که نسبت به تیمار کود شیمیایی به‌ترتیب ۱۷/۰۵ و ۶/۸۴ درصد کمتر بود (جدول ۶). وزن خشک کل در رقم فجر نسبت به رقم هاشمی بیشتر تحت تاثیر قرار گرفت. در هر دو رقم بالاترین وزن خشک کل با کاربرد کود مرغی+ شیمیایی مشاهده شد که در رقم فجر و هاشمی نسبت به تیمار کود شیمیایی به‌ترتیب ۳/۵۶ و ۴/۴۸ درصد افزایش داشته است (جدول ۶).

در این پژوهش مصرف کود مرغی در رقم فجر و در اختلاط با کود شیمیایی در رقم هاشمی منجر به بیشترین عملکرد دانه شد. همچنین تیمار کود مرغی + شیمیایی در هر دو رقم منجر به بیشترین وزن خشک کل را داشت. کودهای شیمیایی و آلی به تنهایی نمی‌توانند پایداری تولید را تضمین کنند، بلکه استفاده تلفیقی از آنها می‌تواند یک راه حل مناسب برای افزایش پایداری تولید در نظام‌های زراعی باشد (Li & Shen, 2021). همان‌گونه‌که در این پژوهش نیز مصرف کود گاوی به‌تنهایی نتوانست تاثیری در افزایش عملکرد دانه و وزن خشک کل داشته باشد. در همین راستا گزارش شده است که استفاده ترکیبی کودهای آلی و شیمیایی به حفظ پایداری عملکرد از طریق اصلاح کمبود عناصر کم‌مصرف، افزایش عناصر غذایی در دسترس گیاه، افزایش کارآیی مصرف کود و بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و کاهش آلودگی محیط زیست کمک می‌کند و می‌تواند یک روش مناسب به منظور برای بهبود رشد و افزایش عملکرد برنج باشد (Iqbal *et al*., 2019; Gill & Walia, 2014). در پژوهشی پیرامون مطالعه

اثر کاربرد کود مرغی و شیمیایی برگیاه برنجاسیف سفید نتایج نشان داد که کود مرغی (۱۰/۰۸ تن در هکتار) دارای بالاترین عملکرد تر و به میزان ۹/۸۵ تن در هکتار بود (Thepsilvisut *et al*., 2022). مطالعه‌ای دیگر نشان داد اثر مصرف کودهای مختلف (شاهد، کود شیمیایی، کود مرغی و کود مرغی+ شیمیایی) در کشت برنج نشان داد که عملکرد دانه برنج در ترکیب کود شیمیایی با مرغی بالاتر از سایر تیمارها بود (۶/۸۷ تن در هکتار) که با شاهد (عدم کاربرد کود) ۱۲ درصد اختلاف داشت و کود مرغی به تنهایی نیز شش درصد عملکرد دانه را نسبت به شاهد افزایش داد (Shwe *et al*., 2021). کاربرد کود مرغی در مقایسه با کود گاوی و گوسفندی منجر به بیشترین عملکرد شلتوک (۷۱۴۴ کیلوگرم در هکتار) شده است (Amanullah *et al.*, 2016). در مطالعه‌ای روی برنج نتایج نشان داده است که کود شیمیایی بیشترین عملکرد دانه (۶۶۲۹ کیلوگرم بر هکتار) و بیولوژیک (۱۲۵۹۱ کیلوگرم برهکتار) را به خود اختصاص داده؛ اما هیچ اختلاف معنی‌داری با تیمار کود مرغی نداشته است (Salehifar & Afshar Mohammadian, 2020). در یک بررسی کاربرد کود دامی (۲۰ تن در هکتار) در رقم گیلانه منجر به افزایش عملکرد شلتوک شد (Shahdi Koumleh *et al*., 2020).

۳-۶. شاخص برداشت

براساس نتایج تجزیه واریانس برهمکنش رقم و کود بر شاخص برداشت برنج در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین شاخص برداشت در رقم فجر با مصرف کود مرغی (۵۴/۶۷ ٪) مشاهده شد. بیشترین شاخص برداشت نیز در رقم هاشمی نیز با مصرف توام کودهای مرغی + شیمیایی به میزان ۴۴/۰ ٪ به‌دست آمد. همچنین کمترین شاخص برداشت در رقم فجر با کاربرد کود گاوی اما در رقم هاشمی با کاربرد کود مرغی به‌دست آمد (جدول ۶). در ارتباط با شاخص برداشت میزان آن در رقم فجر تحت تاثیر کود مرغی و در رقم هاشمی تحت تاثیر کود مرغی+شیمیایی قرار گرفت که منجر به بالاترین مقادیر در این ارقام شد. ارتباط مستقیمی بین تیمارهایی با عملکرد دانه بالا و شاخص برداشت بیشتر وجود داشت. کودهای آلی از جمله کود مرغی محتوای ماده آلی را افزایش داده و به نوبه خود مواد مغذی را به گونه‌ای آزاد می‌کند که به‌راحتی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد (Yu *et al*., 2013). پژوهشگران بیان کردند که افزایش محصول حاصل از مصرف کودهای آلی به‌دلیل افزایش جذب عناصر ممکن است در اثر پایداری خاکدانه‌ها در ناحیه ریزوسفر و تحریک میکروب‌های مفید خاک باشد که می‌تواند افزایش تولید را سبب شود (Yazdanpanah & Motallebifard, 2017). در این میان کود مرغی حاوی عناصر غذایی ضروری است که مرتبط با فعالیت فتوسنتزی بالا و بنابراین رشد ریشه و بخش هوایی را تقویت می‌کند (Al-Taey *et al.*, 2017). مقدار نیترات در خاک‌هایی که در آنها کود مرغی مصرف شد به‌طور معنی‌داری افزوده شد (Walker & Bernal, 2008). با توجه به جدول ۲، این کود دارای مقادیر فراوانی از نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌باشد (Zeng *et al*., 2021) و یکی از دلایل افزایش عملکرد برنج به خاطر همین مساله می‌باشد. علاوه‌براین به‌دلیل معدنی‌شدن سریعتر کود مرغی نسبت به سایر کودهای آلی، این کود به عنوان منبع مهمی برای تغذیه گیاهان می‌باشد (Khadem *et al*., 2014). از طرف دیگر، با وجود اینکه عملکرد دانه رقم فجر با مصرف کود مرغی و گاوی بیشتر بودند، می‌توان اظهار کرد که جهت کشت این رقم حتی می‌توان از مقادیر کمتر کودهای شیمیایی استفاده کرد.

جدول ٦. مقایسه میانگین عملکرد دانه، وزن خشک کل ارقام برنج تحت تاثیر کودهای آلی و شیمیایی.

Cultivars	Fertilizer	LAI max	Number of spike per m^2	Weight of 1000 seeds (g)	Grain yield (kg/ha)	Dry weight (kg/ha)	Harvest index (%)
Hashemi	100% ChM	3.68 d	204.83 g	24.78 d	3782.55 f	9341 cd	40.5 f
	100% CoM	3.50 e	196.3 h	25.61 c	2841.2 g	7958 f	41.4 ef
	50% CF+50% ChM	3.91 c	226.66 ef	27.07 ab	4226.13 e	9520 c	44.0 d
	50% CF+50% CoM	3.66 d	217.86 fg	25.49 c	3714.6 f	9087 e	42.9 de
	100% CF	3.90 c	243.31 de	26.16 bc	4325.6 e	9277 de	42.8 de
Fajr	100% ChM	4.20 b	251 cd	28.21 a	6336.9 c	11292 ab	54.67 a
	100% CoM	3.92 c	265.56 bc	27.39 ab	5365.3 d	10904 b	49.06 d
	50% CF+50% ChM	4.66 a	282 a	26.31 bc	6985.5 a	11452 a	49.50 c
	50% CF+50% CoM	4.35 ab	249.43 cd	26.17 bc	5449.3 d	11364 ab	52.3 b
	100% CF	4.67 a	280 a	24.87 d	6704.2 b	11286 ab	50.86 c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

ChM: کود مرغی، CoM: کود گاوی، CF: کود شیمیایی.

۴. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد که در ارتباط با رشد و عملکرد و اجزای عملکرد، کاربرد کود مرغی به‌تنهایی و یا در ترکیب با کودهای شیمیایی دارای مقادیر بالاتر و کود گاوی به‌تنهایی کمترین مقادیر را داشت. در ارتباط با شاخص‌های رشدی در هر دو رقم بیشترین شاخص رشدی در ابتدای دوره متعلق به تیمار کود شیمیایی بود و پس از مدتی بسته به رقم تیمار کود شیمیایی+ کود مرغی دارای شیب کمتر بود. از طرف دیگر، کمترین مقدار شاخص‌ها در تیمار کود گاوی بود؛ اما زمانی که کودهای آلی در ترکیب با کود شیمیایی استفاده شد نسبت به کودهای آلی تنها، شاخص‌های رشد افزایش یافت. در رقم فجر تعداد دانه در خوشه در تیمارهای کود مرغی و کود مرغی+شیمیایی نسبت به کود شیمیایی به‌ترتیب ۹/۸۱ و ۴/۷ درصد کاهش یافت؛ اما رقم هاشمی در این تیمارها به‌ترتیب ۱۴/۸۱ و ۶/۳۴ درصد کاهش بیشتری داشته است. عملکرد دانه در رقم فجر و هاشمی با کاربرد کود مرغی تنها نسبت به کود شیمیایی به‌ترتیب ۵/۴۵ و ۱۲/۵۵ درصد کاهش یافت؛ اما در تیمار ترکیبی کود مرغی+شیمیایی عملکرد دانه در رقم فجر ۴/۹ درصد افزایش و در رقم هاشمی ۲/۲۹ درصد کاهش یافت. وزن خشک کل نیز در هردو رقم با کاربرد کود مرغی+شیمیایی به‌ترتیب ۲/۶۷ و ۱/۴۷ در افزایش یافت که این افزایش در رقم فجر بیشتر بوده است. لذا با توجه به نتایج حاضر می‌توان اظهار کرد که کاربرد ترکیبی کودهای شیمیایی و حیوانی به‌ویژه کود مرغی ضمن کاهش اثرات سوء کودهای شیمیایی می‌تواند راهکار مناسبتری جهت افزایش عملکرد محصول برنج باشد. همچنین کاربرد کودهای آلی در رقم اصلاح‌شده فجر در مقایسه با رقم محلی هاشمی در سیستم فشرده کشت اثر بیشتری داشت که احتمالا به‌دلیل نیاز بیشتر به مواد غذایی در طی کل دوره رشد می‌باشد.

۵. تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌نمایند که هیچ‌گونه تعارض منافعی در رابطه با نشر این مقاله وجود ندارد.

۶. منابع

Abbasi, M., Najafi, N., Aliasgharzad, N., & Oustan, S. (2013). Effects of soil water conditions, sewage sludge, poultry manure and chemical fertilizers on the growth characteristics and water use efficiency of rice plant in a calcareous soil. *Water and Soil Science*, *23*(1), 189-208. (In Persian).

Al-Taey, D.K. (2017). Mitigation of salt stress by organic matter and GA3 on growth and peroxidase activity in pepper (*Capsicum annum* L.). *Advances in Natural and Applied Sciences*, *11*(10), 1-11.

Amanullah Khan, S.U.T., Iqbal, A., & Fahad, S. (2016). Growth and productivity response of hybrid rice to application of animal manures, plant residues and phosphorus. *Frontiers in Plant Science*, *7*, 1440.

Anonymous (2022). Annual statistics of agricultural jihad. *Bureau of Statistics and Information Technology of the Ministry of Jihad Agriculture*. 98 pp.

Ashoori, M., Esfahani, M., Abdollahi, S., & Rabiei, B. (2013). Effect of foliar application of organic fertilizer complements on grain yield, yield components and quality in two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Cereal Research*, *3*(4), 291-305. (In Persian).

Devsalar, R., Sam Deliri, M., Nasiri, M., Amiri Larijani, B., Mousavi Mirkalai, A., & Sadeghi, N. (2011). Investigating the effect of combining organic fertilizer and nitrogen on yield and components of grain yield in modern rice cultivation management system. *Journal of Plant Production Research*, *3*(2), 217-229.

Dutta, R.K., Baset Mia, M.A., & Khanam, S. (2002). Plant architecture and growth characteristics of fine grain and aromatic rices and their relation with grain yield. *Bangladesh Crop Physiology*, *32*, 95-102.

Eyni, H., Mirzaei Heydari, M., & Fathi, A. (2023). Investigation of the application of urea fertilizer, mycorrhiza, and foliar application of humic acid on quantitative and qualitative properties of canola. *Crop Science Research in Arid Regions*, *4*(2), 405-420.

Fathi, A., Kardoni, F., Bahamin, S., Khalil Tahmasebi, B., & Naseri, R. (2017). Investigation of management strategy of the consolidated system of organic and biological inputs on growth and yield characteristics in corn cultivation. *Applied Research of Plant Ecophysiology*, *4*(1), 137-156. (In Persian).

Ghadirian, R., Soltani, A., Zeinali, E., Kalate, A., & Bakhshandeh, E. (2011). Evaluation of non-linear regression models for growth analysis. *Electronic Journal of Crop Production*, *4*(3), 55-77. (In Persian).

Ghadirnezhad Shiade, S.R., Fathi, A., Kardoni, F., Pandey, R., & Pessarakli, M. (2024). Nitrogen contribution in plants: Recent agronomic approaches to improve nitrogen use efficiency. *Journal of Plant Nutrition*, *47*(2), 314-331.

Ghosh, B., & Chakma, N. (2015). Impacts of rice intensification system on two C.D. blocks of Barddhaman district, West Bengal. *Current Science*, *109*(2), 342-346.

Gill, J.S., & Walia, S.S. (2014). Influence of FYM, brown manuring and nitrogen levels on direct seeded and transplanted rice (*Oryza sativa* L.): A review. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*, *3*(9), 417-426.

Hafeez, A., Ali, B., Javed, M.A., Saleem, A., Fatima, M., Fathi, A., ... & Soudy, F.A. (2023). Plant breeding for harmony between sustainable agriculture, the environment, and global food security: An era of genomics-assisted breeding. *Planta*, *258*(5), 97.

Hosseini, J., & Alai Bakhsh, P. (2015). Investigating the effect of management of chemical and organic fertilizers on the growth characteristics, yield and yield of Tarem variety rice under intensive crop management system (SRI). *Journal of Plant Production Research*, *7*(3), 203-212.

Iqbal, A., He, L., Khan, A., Wei, S., Akhtar, K., Ali, I., ... & Jiang, L. (2019). Organic manure coupled with inorganic fertilizer: An approach for the sustainable production of rice by improving soil properties and nitrogen use efficiency. *Agronomy*, *9*(10), 651.

Kassam, A., Stoop, W., & Uphoff, N. (2011). Review of SRI modifications in rice crop and water management and research issues for making further improvements in agricultural and water productivity. *Paddy and Water Environment*, *9*, 163-180.

Khadem, A., Golchin, A., & Zaree, E. (2014). Effects of manure and sulfur on nutrients uptake by corn (*Zea mays* L.). *Applied Field Crops Research*, *27*(103), 2-11.

Li, B., & Shen, Y. (2021). Effects of land transfer quality on the application of organic fertilizer by large-scale farmers in China. *Land Use Policy*, *100*, 105-124.

Moslehi, N., Niknejad, Y., Fallah Amoli, H., & Khairy, N. (2016). The effect of combined application of chemical, organic and biological fertilizers on some morphophysiological traits of Tarem Hashemi rice variety. *Crop Physiology Journal*, *30*, 87-103. (In Persian).

Rajput, A., Rajput, S.S., & Jha, G. (2017). Physiological parameters leaf area index, crop growth rate, relative growth rate and net assimilation rate of different varieties of rice grown under different planting geometries and depths in SRI. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, *5*(1), 362-367.

Rajput, P., Kumar, P., Priya, A.K., Kumari, S., Shiade, S.R.G., Rajput, V.D., ... & Rensing, C. (2024). Nanomaterials and biochar mediated remediation of emerging contaminants. *Science of the Total Environment*, 170064.

Saber Ali, S.F., Darzi-Naftchali, A., Adibi, S., & Aziz-Karimi, F. (2022). Yield response of low and high-yielding rice varieties to nutrition management improvement. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *53*(3), 107-119. (In Persian).

Salehifar, M., & Afshar Mohammadian, M. (2020). Comparative evaluation of chicken manure and chemical fertilizer on nutrient concentrations and grain quality of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, *32*(4), 831-844. (In Persian).

Satyanarayana, A., Thiyagarajan, T.M., & Uphoff, N. (2007). Opportunities for water saving with higher yield from the system of rice intensification. *Irrigation Science*, *25*, 99-115.

Sedaghat, N., Pirdashti, H., Asadi, R., & Mousavi, T.S. (2013). Response of yield and yield components of two rice cultivars (improved and traditional) to different irrigation managements. *27*(2), 415-521. (In Persian).

Shahdi Koumleh, A., Seidi, S.R., & Haghighi HasanAliDeh, A.D.R. (2020). The effect of organic fertilizer application on the yield of Hashemi and Gilane rice varieties. *Rice Extension Journal*, *2*(2), 39-34.

Shanmugasundaram, B. (2015). Adoption of system of rice intensification under Farmer Participatory Action Research Programme (FPARP). *Indian Research Journal of Extension Education*, *15*(1), 114-117.

Shwe, K., Mar, S., Win, T., Hlaing, W., Thwin, H.M., Ngwe, K., & Sakai, T. (2021). Effect of chicken manure and chemical fertilizer applications on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.). *Environmental and Rural Development*, *12*, 149-155.

Sudarsono, W.A., Melati, M., & Aziz, S.A. (2014). Growth and yield of organic rice with cow manure application in the first cropping season. *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*, *36*(1), 19-25.

Thakur, A.K., Rath, S., Patil, D.U., & Kumar, A. (2011). Effects on rice plant morphology and physiology of water and associated management practices of the system of rice intensification and their implications for crop performance. *Paddy and Water Environment*, *9*(1), 13-24.

Thepsilvisut, O., Chutimanukul, P., Sae-Tan, S., & Ehara, H. (2022). Effect of chicken manure and chemical fertilizer on the yield and qualities of white mugwort at dissimilar harvesting times. *Plos One*, *17*(4), 1-14.

Walker, D.J., & Bernal, M.P. (2008). The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Bioresource Technology*, *99*(2), 396-403.

Wu, W., Ma, B., & Uphoff, N. (2015). A review of the system of rice intensification in China. *Plant and Soil*, *393*, 361-381.

Yazdanpanah, A., & Motallebifard, R. (2017). The effects of chicken manure and potassium fertilizer on yield and nitrogen, phosphorus, potassium, zinc and copper uptake of potato. *Applied Soil Research*, *4*(2), 60-71. (In Persian).

Yu, W., Ding, X., Xue, S., Li, S., Liao, X., & Wang, R. (2013). Effects of organic-matter application on phosphorus adsorption of three soil parent materials. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *13*(4), 1003-1017.

Zeidali, E., Naseri, R., Mirzaei, A., Fathi, A., & Darabi, F. (2018). Study the effect of plant nourishment with chemical, PGPR and manure fertilizers on agro-physiologic characteristics and weed density of maize. *Journal of Plant Ecophysiology*, *10*(32), 198-214.

Zeng, W., Wang, D., Wu, Z., He, L., Luo, Z., & Yang, J. (2021). Recovery of nitrogen and phosphorus fertilizer from pig farm biogas slurry and incinerated chicken manure fly ash. *Science of the Total Environment*, *782*, 146856.

Zhang, K., Jifeng, M.A., Yu, W.A.N.G., Weixing, C.A.O., Yan, Z.H.U., Qiang, C.A.O., ... & Yongchao, T.I.A.N. (2022). Key variable for simulating critical nitrogen dilution curve of wheat: Leaf area ratio-driven approach. *Pedosphere*, *32*(3), 463-474.

Zhao, J., Ni, T., Li, J., Lu, Q., Fang, Z., Huang, Q., ... & Shen, Q. (2016). Effects of organic–inorganic compound fertilizer with reduced chemical fertilizer application on crop yields, soil biological activity and bacterial community structure in a rice–wheat cropping system. *Applied Soil Ecology*, *99*, 1-12.