



نشریه علمی پژوهشهای زراعی ایران

شماره ۳

جلد ۲۰

سال ۱۴۰۱

(شماره پیاپی: ۶۷)

شاپا: ۱۴۷۲-۲۰۰۸

عنوان مقالات

مقالات پژوهشی

۲۴۵..... بررسی عملکرد و ارزش غذایی علوفه ماش (*Vigna radiata* L.) تحت تأثیر کود پتاسیم در شرایط خشکی
محمدعلی کریمیان، یعقوب شیری، فاطمه بیدرنامنی

بهبودسازی میزان کاربرد آب آبیاری، پلیمر سوپر جاذب رطوبت و کود دامی با استفاده از روش سطح-پاسخ (RSM):
۲۵۷..... مطالعه روی کنجد (*Sesamum indicum* L.) در یک نظام زراعی اکولوژیک
محسن جهان، مریم جوادی

۲۷۷..... پاسخ ارقام مختلف برنج (*Oryza sativa* L.) به روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز در نظام کشت مستقیم
علیرضا عالمیان درونکلا، فائزه زعفریان، هدی آبادیان، ایراندخت منصوری

۲۹۳..... شناسایی صفات مرتبط با عملکرد گندم در شرایط تنش خشکی دوره‌ای با روش تجزیه تشخیص
مریم درانی نژاد، روح‌اله عبدالشاهی، علی کاظمی‌پور، علی اکبر مقصودی مود

۳۰۷..... اثر تیمار بذری و محلول‌پاشی با اسید الازیک بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه سویا در شرایط تسریع پیری
صفیه عرب، مهدی برادران فیروزآبادی، احمد غلامی، مصطفی حیدری

تأثیر کاربرد همزمان کودهای آلی و سولفات پتاسیم بر عملکرد و خصوصیات گل و کلاله زعفران
۳۲۱..... (*Crocus sativus* L.)
محسن مرادی، پرویز رضوانی مقدم، رضا خراسانی

انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب کشت زمستانه (انتظاری) چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) در منطقه تربت جام
۳۳۷.....
حسن حمیدی، مسعود احمدی، داریوش طالقانی

۳۵۱..... اثر مصرف مقادیر نیتروژن همراه با بیوجار و نانوذرات روی بر خصوصیات کمی و کیفی برنج (*Oryza sativa* L.)
سبحان شیخ نظری، یوسف نیک‌نژاد، هرمز فلاح، داوود براری تازی

نشریه پژوهشهای زراعی ایران

«نشریه علمی قطب علمی گیاهان زراعی ویژه»

با شماره ثبت ۱۲۴/۷۸۵۷ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی و

۸۲/۵/۲۷

درجه علمی - پژوهشی شماره ۳/۱۱/۷۴۵۰۹ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

۸۹/۱۰/۲۱

"بر اساس مصوبه وزارت عتف از سال ۱۳۹۸، کلیه نشریات دارای درجه "علمی-پژوهشی" به نشریه "علمی" تغییر نام یافتند."

سال ۱۴۰۱

شماره ۳

جلد ۲۰

صاحب امتیاز:

دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول:

پرویز رضوانی مقدم

سر دبیر:

حمیدرضا خزاعی

استاد-اگر واکولوژی (دانشگاه فردوسی مشهد)

استاد-فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

اعضای هیئت تحریریه:

مجید آقا علیخانی

استاد-اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف های هرز (دانشگاه تربیت مدرس، تهران)

پرویز احسان زاده

استاد-فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه صنعتی اصفهان)

یحیی امام

استاد-فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه شیراز)

عبدالرضا باقری

استاد-ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)

محمدعلی بهدانی

استاد-اکولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)

محمد بنایان اول

استاد-مدل سازی سیستم های کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)

مجید جامی الاحمدی

دانشیار-فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)

یعقوب راعی

استاد-اکولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه تبریز)

حمیدرضا خزاعی

استاد-فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

حمید رحیمیان مشهدی

استاد-فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه تهران)

غلامرضا زمانی

دانشیار-فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)

احمد زارع فیض آبادی

استاد-اکولوژی گیاهان زراعی (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی)

فرح اله شهریاری احمدی

استاد-ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)

محمد کافی

استاد-فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

احمد نظامی

استاد-فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

احسان عیشی رضایی

مدلسازی گیاهی (مرکز مطالعات کشاورزی بنیاد لابنتز (زالف)، آلمان)

اعظم لشکری

فیزیولوژی گیاهی محیطی (مرکز تحقیقات سیمیت، دانشگاه کشاورزی هنان، چین)

ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

نشانی: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، نشریه پژوهشهای زراعی ایران صندوق پستی ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳

پست الکترونیک: cesc@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت <https://jcesc.um.ac.ir> به صورت مقاله کامل نمایه شده است.

این نشریه در پایگاه های زیر نمایه می شود:

پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

مقالات پژوهشی

- 245 بررسی عملکرد و ارزش غذایی علوفه ماش (*Vigna radiata* L.) تحت تأثیر کود پتاسیم در شرایط خشکی
محمدعلی کریمیان، یعقوب شیری، فاطمه بیدرنامنی
- 257 بهینه‌سازی میزان کاربرد آب آبیاری، پلیمر سوپرجاذب رطوبت و کود دامی با استفاده از روش سطح-پاسخ (RSM): مطالعه روی
کنجد (*Sesamum indicum* L.) در یک نظام زراعی اکولوژیک
محسن جهان، مریم جوادی
- 277 پاسخ ارقام مختلف برنج (*Oryza sativa* L.) به روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز در نظام کشت مستقیم
علیرضا عالمیان درونکلا، فائزه زعفریان، هدی آبادیان، ایراندخت منصوری
- 293 شناسایی صفات مرتبط با عملکرد گندم در شرایط تنش خشکی دوره‌ای با روش تجزیه تشخیص
مریم درانی نژاد، روح‌اله عبدالشاهی، علی کاظمی‌پور، علی اکبر مقصودی مود
- 307 اثر تیمار بذر و محلول پاشی با اسید الازیک بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه سویا در شرایط تسریع پیری
صفیه عرب، مهدی برادران فیروزآبادی، احمد غلامی، مصطفی حیدری
- 321 تأثیر کاربرد همزمان کودهای آلی و سولفات پتاسیم بر عملکرد و خصوصیات گل و کلاله زعفران (*Crocus sativus* L.)
محسن مرادی، پرویز رضوانی مقدم، رضا خراسانی
- 337 انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب کشت زمستانه (انتظاری) چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) در منطقه تربت جام
حسن حمیدی، مسعود احمدی، داریوش طالقانی
- 351 اثر مصرف مقادیر نیتروژن همراه با بیوجار و نانوذرات روی بر خصوصیات کمی و کیفی برنج (*Oryza sativa* L.)
سبحان شیخ نظری، یوسف نیک‌نژاد، هرمز فلاح، داوود براری تازی



Yield and Nutritive Value of Mung Bean Forage (*Vigna radiata* L.) Affected by Potassium Fertilizer in Drought Conditions

M. A. Karimian^{1*}, Y. Shiri², F. Bidarnamani²

Received: 24-08-2021

Revised: 30-05-2022

Accepted: 31-05-2022

How to cite this article:

Karimian, M. A., Shiri, Y., and Bidarnamani, F. 2022. Yield and Nutritive Value of Mung Bean Forage (*Vigna radiata* L.) Affected by Potassium Fertilizer in Drought Conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 20 (3): 243-253. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/jcesc.2022.72117.1077](https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.72117.1077).

Introduction

Mung bean (*Vigna radiata* L.) is native to India and its seeds are rich in phosphorus and protein. Drought is one of the most important limiting agents of plant production. Carbohydrate metabolism and the process of dry matter distribution is disrupted by limitation of carbon stabilization due to stomata closure and reduction of photosynthesis under drought stress. Potassium is an essential nutrient and the most abundant cation that it has a major role in plant growth and almost all related activities. The presence of potassium enhanced the synthesis of hydrocarbons and proteins, which results in amplification of plant tolerance to drought stress.

Materials and Methods

Experiment was performed at Agricultural Research Institute, in 2017-2018 to study the yield and nutritive value of mung bean. This research was conducted as split plot based on a randomized complete block design with three replications. Main plot was drought stress consist of 60, 90 and 120 mm evaporation from the A class pan and sub plot was including 0, 85, 170 and 255 kg.ha⁻¹ potassium sulfate fertilizer. The characteristics plant height, biological yield, seed yield, insoluble fiber in neutral detergent, insoluble fiber in acid detergent, water soluble carbohydrate, crude protein and dry matter digestibility were measured. The samples nitrogen content was estimated by Kjeldahl set and it was multiplied by the protein coefficient 6.25 and the crude protein percentage was calculated. Van Soest method was used for measuring of insoluble fiber in neutral detergent and insoluble fiber in acid detergent. Ethanol was utilized to measure soluble sugars by sulfuric acid method. The percentage of digestible dry matter was estimated according to Equation (1).

$$\text{DMD} = 88.9 - (0.779 \times \text{ADF}\%) \quad (1)$$

Variance analysis of data was carried out by MSTAT-C software and the comparison of the means was done with Duncan's multiple range test at the 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that drought stress treatment on all mung bean plant characteristics was significance at 1% level. The effect of sulfate potassium fertilizer on plant height, biological yield, seed yield, insoluble fiber in acid detergent, water soluble carbohydrate, crude protein and dry matter digestibility at 1% significance level and on insoluble fiber in neutral detergent were significant at 5% level. The interaction effect of drought stress and potassium sulfate fertilizer on Plant height, biological yield, insoluble fiber in neutral detergent, insoluble fiber in acid detergent, water soluble carbohydrate, crude protein and dry matter digestibility at 1% significance level and on seed yield were significant at 5% level. The results showed that in the control irrigation + application of potassium sulfate fertilizer (170 kg.ha⁻¹) compared to the control potassium treatment, plant height and biological yield increased by 37.9% and 89.6%, respectively. In the control irrigation + application of potassium sulfate fertilizer (170 kg.ha⁻¹) compared to the control potassium treatment, dry matter digestibility increased by 30.12% and insoluble fiber in neutral detergent and insoluble fiber in acid detergent decreased by 44.3% and 43.8%, respectively. The most amount of water soluble carbohydrate (18.3%) in 120 mm evaporation from A class pan and the highest value of crude protein (22.8%) in 90 mm evaporation from A class pan and in

1- Instructor, Agriculture Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran

2- Assistant Professor, Agriculture Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran

(*- Corresponding Author Email: karimian1350@uoz.ac.ir)

DOI: [10.22067/jcesc.2022.72117.1077](https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.72117.1077)

both characteristic application were effective 170 kg.ha⁻¹ of potassium sulfate.

Conclusion

The result showed that interaction of drought stress and potassium sulfate fertilizer on quantitative and qualitative of mung bean traits was significant. Plant height and biological yield increased 37.9% and 89.6% by addition of sulfate potassium consumption from 0 to 170 kg.ha⁻¹, respectively. Seed yield enhanced compared to control treatment (33.8%) by using of 255 kg.ha⁻¹ potassium sulfate. Drought stress decreased dry matter digestibility and it increased crude protein, water soluble carbohydrate, insoluble fiber in neutral detergent and insoluble fiber in acid detergent. Potassium sulfate fertilizer amount 170 and 255 kg.ha⁻¹ recommend for maintaining of yield and qualitative of mung bean in Sistan region in non-stress and drought stress conditions.

Keywords: Deficit irrigation, Dry matter digestibility, Insoluble fiber in neutral detergent, Seed yield

بررسی عملکرد و ارزش غذایی علوفه ماش (*Vigna radiata* L.) تحت تأثیر کود پتاسیم در شرایط خشکی

محمدعلی کریمیان^{۱*}، یعثوب شیری^۲، فاطمه بیدرنامنی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۰

چکیده

کاهش عملکرد گیاهان زراعی در اثر کم‌آبی، تحقیقات کشاورزی را به سمت روش‌های مختلف کاستن اثرات منفی خشکی مانند کاربرد کودهای پتاسیمی سوق داده است. بدین منظور آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشکده کشاورزی بر روی گیاه ماش اجرا شد. عامل اصلی تنش خشکی در سه سطح (آبیاری پس از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) و تیمار کود پتاسیم در چهار سطح (۰، ۸۵، ۱۷۰ و ۲۵۵ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی بود. نتایج نشان داد، در تیمار آبیاری شاهد + کاربرد کود پتاسیم (170 kg.ha^{-1}) نسبت به عدم مصرف کود، ارتفاع بوته و عملکرد زیستی به ترتیب به میزان ۳۷/۹٪ و ۸۹/۶٪ افزایش یافت. در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + تیمار کود پتاسیم (255 kg.ha^{-1}) نسبت به عدم مصرف کود، قابلیت هضم ماده خشک به میزان ۳۰/۱۲٪ افزایش و الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی به میزان ۴۴/۲۸٪ و ۴۳/۸۳٪ کاهش یافت. بیشترین مقدار کربوهیدرات محلول در آب (۱۸/۳٪) از تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + کاربرد ۱۷۰ کیلوگرم کود پتاسیم و بالاترین مقدار پروتئین خام (۲۲/۸۱٪) از تیمار ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + کاربرد ۱۷۰ کیلوگرم کود پتاسیم به دست آمد. با توجه به نتایج پژوهش، ترکیب کودی ۱۷۰ و ۲۵۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی برای حفظ کیفیت و عملکرد علوفه ماش در منطقه سیستان توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: الیاف نامحلول در شوینده خنثی، عملکرد دانه، قابلیت هضم ماده خشک، کم‌آبیاری

مقدمه

ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) بومی هندوستان بوده و دانه آن سرشار از فسفر و پروتئین می‌باشد. ارزش غذایی بالا، قابلیت تثبیت نیتروژن هوا، کوتاهی دوره رشد و عملکرد نسبتاً بالا، ضرورت تحقیق همه‌جانبه جهت به دست آوردن بهترین مدیریت زراعی را برای این گیاه آشکار می‌سازد (Izadi et al., 2021). ماش در اراضی سبک و غنی از مواد آلی یا خاک‌های شنی رسی عملکرد بیشتری داشته و در خاک‌های گرم و خشک محصول خوبی تولید می‌کند (Kessel and Hartley, 2000).

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولیدات گیاهی به‌شمار می‌آید (Wakrim et al., 2005). تنش آب از طریق کاهش

سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش آبیاری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم و کاهش ساخت پروتئین و کلروفیل، سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز و در نهایت سبب کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (Nasrollah Zadeh Asl et al., 2016). تنش رطوبتی در گیاه ماش باعث کاهش ارتفاع، تعداد گره و وزن خشک کل گردید که دلیل این امر کاهش تقسیمات سلولی است (Salehi et al., 2021; Kataria et al., 2014). عملکرد بیولوژیک ژنوتیپ‌های سویا (*Glycine max* L.) در اثر تنش خشکی کاهش یافت (Daneshian et al., 2006). تنش شدید رطوبت به دلیل کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف، باعث کاهش عملکرد دانه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) شد (Sabzi et al., 2017). با افزایش تنش خشکی درصد پروتئین، کربوهیدرات‌های محلول در آب و فیبرهای محلول در شوینده اسیدی کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.) افزایش و قابلیت هضم ماده خشک علوفه کاهش یافت (Jahanian, 2012).

برای رسیدن به عملکرد بالا باید ترکیب مناسبی از مواد غذایی در

۱- مربی، پژوهشکده کشاورزی، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران

۲- استادیار، پژوهشکده کشاورزی، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران

(*) نویسنده مسئول: Email: karimian1350@uoz.ac.ir

DOI: 10.22067/jccesc.2022.72117.1077

تیمار ترکیبی ۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه + کود زیستی + ۷۵٪ کود شیمیایی حاصل شد (Dadresan et al., 2017). با توجه به کمبود آب در منطقه سیستان و احتمال وارد شدن تنش خشکی به گیاهان به‌ویژه علوفه‌ها نیاز به راهکارهایی جهت کاهش اثرات منفی تنش خشکی و بهبود کیفیت علوفه وجود دارد، از این رو، تحقیق با هدف بررسی اثرات کود پتاسیم در شرایط تنش خشکی بر عملکرد و ارزش غذایی علوفه ماش انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهشکده کشاورزی محل اجرای تحقیق دارای موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا می‌باشد. آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت کرت‌های خردشده با سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی تنش خشکی شامل ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و عامل فرعی شامل ۰، ۸۵، ۱۷۰ و ۲۵۵ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم (K_2SO_4) حاوی ۵۲ درصد (K_2O) بود. تراکم ماش ۲۵۰ هزار بوته در هکتار در نظر گرفته شد (Jafar dokht et al., 2015) کشت در تاریخ ۲۰ خرداد ۱۳۹۶ در عمق سه سانتی‌متری خاک انجام و آبیاری صورت گرفت. کرت‌ها دارای ۶ ردیف کشت به طول ۳ متر بود. فاصله بین ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر، بین بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر، بین کرت‌های اصلی یک متر، بین کرت‌های فرعی ۵۰ سانتی‌متر و بین تکرارها دو متر بود. بر اساس آزمایش خاک (جدول ۱)، قبل از کشت ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات آمونیوم (۵۰ کیلوگرم قبل از کشت و ۵۰ کیلوگرم به‌صورت سرک) به کرت‌های مربوطه اضافه شدند.

اختیار گیاه قرار گیرد. پتاسیم یک ماده مغذی ضروری و فراوان‌ترین کاتیون است که نقش زیادی در رشد گیاه و تقریباً تمام فعالیت‌های مربوطه ایفا می‌کند (Azizabadi et al., 2014). فواید یون پتاسیم در طی تنش خشکی، از طریق اثرات آن روی تنظیم فشار اسمزی، تنظیم pH سلول، ساخت پروتئین‌ها و شرکت در فعال کردن بسیاری از آنزیم‌ها (Anrist-Rangel, 2008)، بهبود هدایت هیدرولیکی آوند چوبی و فعالیت روزه و تبادل گاز (Zorb et al., 2014) می‌باشد. کاربرد کود سولفات پتاسیم ($75 kg \cdot ha^{-1}$) در خوزستان باعث افزایش تحمل به تنش خشکی همه ژنوتیپ‌های ماش به‌جز لاین KPS1 گردید (Zarifinia et al., 2018) حداکثر ارتفاع بوته لوبیا سبز در شرایط آبیاری مطلوب و استفاده از کود سولفات پتاسیم ($50 kg \cdot ha^{-1}$) مشاهده شد (Sharifi et al., 2013). بیشترین عملکرد بیولوژیک ذرت سینگل کراس ۷۰۴، از تیمار ترکیبی ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + مصرف پتاسیم ($225 kg \cdot ha^{-1}$) حاصل شد (Rezaei Sokht-Abandani et al., 2020). در شرایط تنش خشکی، کاربرد ۶۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم از کاهش بیشتر عملکرد دانه ذرت جلوگیری نمود (Maleki et al., 2014). گزارش شده است که بیشترین میزان پروتئین ذرت علوفه‌ای در رژیم‌های مختلف آبیاری از تیمار کود سولفات پتاسیم ($50 kg \cdot ha^{-1}$) به‌دست آمد (Farahmandfar et al., 2018). در تحقیق اثر تنش خشکی و سطوح مختلف کود پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه کوشیا (*Kochia scoparia* L.)، بیشترین میزان غلظت هیدرات کربن محلول در آب در تنش شدید و مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌دست آمد (Karimian et al., 2014) نتایج آزمایش نشان داد که میزان ADF و NDF علف‌های چمنی علوفه‌ای با افزایش مقدار بارندگی کاهش پیدا کرد (Kerstin et al., 2014) بالاترین قابلیت هضم ماده خشک گیاه شنلیله از

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری)
Table 1- Physical and chemical properties of soil in experimental site (depth 0-30 cm)

بافت خاک Soil texture	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	فسفر قابل جذب P (available) ($mg \cdot kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب K (available) ($mg \cdot kg^{-1}$)	ماده آلی Organic matter (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS \cdot m^{-1}$)	اسیدیته pH
sandy-Loam لوم-شنی	0.036	10.85	201.34	0.89	1.8	7.22

از تشتک اندازه‌گیری و بر اساس آن آبیاری انجام شد (Farahmandfar et al., 2018). در شرایط بدون تنش، آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر، در شرایط تنش متوسط، آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر و در شرایط تنش شدید، آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A انجام شد. حجم آب ورودی به کرت از طریق کنتور حجمی نصب شده در محل انتقال آب به مزرعه اندازه‌گیری شد. مقادیر آب آبیاری در تیمارهای مختلف در جدول ۲ آورده شده است.

در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه صفحات فشاری^۱ مقدار رطوبت در ظرفیت زراعی (FC) ۲۹٪ و نقطه پژمردگی دائم (PWP) ۱۲٪ تعیین شدند. جهت اندازه‌گیری رطوبت خاک، قبل از کشت تانسیوم‌تراها و بلوک‌های گچی در عمق ۳۵ سانتی‌متری خاک نصب شدند. نیاز آبی گیاه با استفاده از تشتک تبخیر محاسبه و تبخیر روزانه

1- Pressure plates

جدول ۲- مقادیر آب آبیاری در تیمارهای مختلف مورد مطالعه

Table 2- Total irrigation water in different irrigation treatments

تیمارهای آبیاری Irrigation treatments	مقدار آب آبیاری Amount of irrigation water (m ³ .ha ⁻¹)
۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A 60 mm evaporation from evaporation pan class A	4631
۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A 90 mm evaporation from evaporation pan class A	3816
۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A 120 mm evaporation from evaporation pan class A	2983

غلایف‌ها انجام شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی از طوقه تا انتهای بلندترین غلاف اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها برای هر کرت ثبت گردید. جهت تعیین عملکرد زیستی، بوته‌های برداشت‌شده از سطح یک مترمربع با استفاده از ترازوی AND ساخت کشور ژاپن با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و به هکتار تعمیم داده شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و عملکرد زیستی

تنش خشکی، تیمار کود پتاسیم و اثرات متقابل آن‌ها بر ارتفاع بوته و عملکرد زیستی معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$) (جدول ۳). در شرایط بدون تنش خشکی، کاربرد کود پتاسیم (170 kg.ha^{-1})، ارتفاع بوته و عملکرد زیستی را به‌ترتیب به میزان $37/9$ و $89/6$ درصد نسبت عدم کاربرد کود افزایش داد (جدول ۴). کاهش طول ساقه در تنش آبی به دلیل کاهش رشد گیاه به خاطر بسته شدن روزنه‌ها در اثر کاهش پتانسیل آب خاک است که کاهش اسیمیلایون CO_2 را به همراه دارد (Xiao et al., 2008). در مطالعه تنش خشکی و واریته‌های یونجه (*Medicago sativa* L.) بر صفات مورفولوژیک، تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع گیاه گردید که با نتایج این تحقیق بر روی ماش مطابقت دارد (Afsharmanesh, 2009). فتوسنتز مهم‌ترین فرآیندی است که منجر به افزایش زیست‌توده گیاهان می‌گردد و به‌شدت در اثر کم‌آبی کاهش می‌یابد. بررسی‌ها نشان داده که کم‌آبی علاوه بر کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش میزان دریافت نور، میزان کلروفیل و میزان کارایی فتوسنتزی را کاهش می‌دهد (Efeoglu et al., 2009). در واقع افزایش دور آبیاری از طریق ایجاد محدودیت بر جذب مواد غذایی توسط گیاه و همچنین کاهش مقدار فتوسنتز باعث کاهش عملکرد اندام هوایی گیاه می‌شود.

برای اندازه‌گیری ارزش غذایی علوفه در مرحله ۲۵٪ گلدهی گیاه و بعد از حذف اثر حاشیه‌ای، نمونه‌برداری از دو ردیف وسط کرت در سطح یک مترمربع انجام شد. نمونه‌ها مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۴ درجه سانتی‌گراد در آون الکتریکی خشک و آسیاب شد. با استفاده از دستگاه کج‌دال محتوی نیتروژن نمونه‌ها اندازه‌گیری، در ضریب پروتئینی $6/25$ ضرب شده و درصد پروتئین خام (CP) محاسبه گردید (Jensen, 1996). برای اندازه‌گیری ADF^۱، یک گرم از نمونه داخل گروسپیل ریخته و پس از قرار دادن در دستگاه فایبرتک، مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول شوینده اسیدی با آن اضافه شد. سپس محلول را تا جوش آمدن حرارت داده و بعد از گذشتن پنج دقیقه دما کم شد و به مدت ۶۰ دقیقه در حالت جوش نگه داشته شد. پس از آن محلول باقی‌مانده توسط پمپ خلا خارج و پس از سه بار شستشو با آب مقطر و دو بار شستشو با استن، نمونه‌ها جهت خشک شدن به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس، نمونه‌ها دو بار توزین و با استفاده از رابطه (۱) درصد ADF محاسبه شد (Van soest, 1991).

$$\%ADF = \frac{Y-X}{Y} \quad (1)$$

در این رابطه، Y وزن اولیه نمونه و X وزن نمونه بعد از آون است. مقدار الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF^۲ نیز با روش فوق تعیین شد، به جای ADF از NDF استفاده گردید.

درصد ماده خشک قابل‌هضم (DMD)^۳ طبق رابطه (۲) برآورد شد (Aydin et al., 2010).

$$\%DMD = 88.9 - (0.779 \times \%ADF) \quad (2)$$

برای سنجش قندهای محلول (WSC)^۴ از اتانول و بر اساس روش اسیدسولفوریک از گیاه خشک آسیاب شده استفاده شد (Kochert, 1978). برای تعیین عملکرد دانه، بعد از حذف اثر حاشیه‌ای نمونه‌برداری در سطح یک مترمربع در زمان رسیدن

- 1- Crude protein
- 2- Acid detergent fiber
- 3- Neutral detergent fiber
- 4- Dry matter digestibility
- 5- Water Soluble Carbohydrate

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد و ارزش غذایی علوفه ماش تحت تأثیر تنش خشکی و کود پتاسیم
Table 3- Analysis of variance for the effects of drought stress and potassium fertilizer on yield and nutritive value of Mung Bean forage

منابع تغییر Source of variations	درجه آزادی d.f	ارتفاع گیاه Plant height	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	الیاف نامحلول در شوینده Neutral detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	کربوهیدرات محلول در آب Water soluble carbohydrate	پروتئین خام Crude protein	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility
تکرار Replication	2	0.997 ^{ns}	3236.288 ^{ns}	418.627 ^{ns}	0.524 ^{ns}	0.032 ^{ns}	2.152 ^{ns}	4.403 ^{ns}	3.681 ^{ns}
تنش خشکی Drought stress	2	72.458**	2025574.22**	54267.437**	211.281**	92.14**	11.704**	9.975**	10.211**
خطای اصلی Main error	4	1.108	3988.759	371.151	2.173	1.819	2.036	2.237	3.619
کود پتاسیم Potassium fertilizer	3	102.38**	316266.675**	25491.882**	118.65*	37.467**	20.286**	30.006**	98.423**
تنش خشکی × پتاسیم Drought stress × Potassium	6	43.164**	765448.347**	870.771*	37.312**	12.09**	5.869**	58.922**	57.332**
خطای فرعی Sub error	18	1.021	1076.596	183.263	0.515	0.243	1.023	1.196	1.636
ضریب تغییرات CV (%)	-	3.7	5.7	3.6	3.6	5.9	6.5	6.2	2.5

ns, * and **: are non significant and significant at 5 and 1 probability levels, respectively.
ns, * and **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴ - مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و کود پتاسیم بر عملکرد و ارزش غذایی علوفه ماش

Table 4- Mean comparison of interaction effects drought stress and potassium fertilizer on yield and nutritive value of Mung Bean forage											
تنش خشکی Drought stress	کود پتاسیم Potassium sulfate fertilizer	ارتفاع Plant height (cm)	عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha ⁻¹)	الیاف نامحلول در	شوینده خنثی	الیاف نامحلول در	شوینده اسیدی	کربوهیدرات محلول	پروتئین خام	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility (%)
					Neutral detergent fiber (%)	Acid detergent fiber (%)	Water soluble carbohydrates (%)	Crude protein (%)			
60 mm evaporation from evaporation pan class A	شاهد	23.32ef	2106ef	369.8fg	46.17ab	26.15ab	11.88e	12.05f	45.87ef		
	85 kg.ha ⁻¹	27d	2617d	418.3e	43.10bc	23.50cd	14.12d	14.25de	49.46d		
	170 kg.ha ⁻¹	32.16a	3993a	456.3cd	38.73e	19.77ef	17.57ab	21.33a	53.27bc		
	225 kg.ha ⁻¹	29bc	3710ab	495.1a	32f	18.18f	15.50cd	18.33b	59.69a		
90 mm evaporation from evaporation pan class A	شاهد	22.83f	1860fg	358.3fg	46.27ab	26.16ab	13.87d	14.17de	42.25gh		
	85 kg.ha ⁻¹	25e	2400de	410.8e	44.13bc	24.15bc	14.53d	17.20bc	47.03e		
	170 kg.ha ⁻¹	30.03b	3840a	445.4cd	41.37d	21.59de	17.83ab	22.81a	53.11bc		
	225 kg.ha ⁻¹	28.26cd	3517b	482.5ab	33.68f	18.60f	16.28bc	21.17a	57.70a		
120 mm evaporation from evaporation pan class A	شاهد	20g	1720g	348.6g	48.02a	27.94a	14.07d	13.10ef	41.30h		
	85 kg.ha ⁻¹	25e	2340de	382.4f	46.13ab	26.12ab	15.41cd	15.45cd	43.76fg		
	170 kg.ha ⁻¹	30b	3750ab	432.8de	42.77cd	22.93cd	18.30a	22.14a	51.35cd		
	225 kg.ha ⁻¹	28.16cd	3173c	467.5bc	34.03f	19.44ef	16.50bc	18.47b	55.04b		

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
In each column, means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$).

میزان ۴۴/۲۸ و ۴۳/۸۳ درصد نسبت عدم کاربرد کود کاهش یافت (جدول ۴). کاهش میزان ADF و NDF علوفه با افزایش آبیاری می‌تواند به دلیل افزایش برگ و کاهش ساقه در شرایط کافی بودن میزان رطوبت برای رشد گیاه باشد، زیرا میزان ADF و NDF در برگ کمتر از ساقه است. با افزایش تنش خشکی کیفیت علوفه ماش به دلیل افزایش درصد الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی کاهش می‌یابد که این موضوع با کاهش قابلیت هضم علوفه نیز همراه است (Haung and Duncan, 1997). پتاسیم فرآورده‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی بی‌شماری را در گیاهان تنظیم می‌کند از جمله تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها، فرایند فتوسنتز، سنتز پروتئین، انتقال قندهای تولید شده در اثر فتوسنتز به قسمت‌های گوناگون گیاه و ذخیره‌سازی آن‌ها و نقش افزایشی در مقاومت گیاهان به استرس‌ها دارد (Arti et al., 2013). بیشترین درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی گیاه کوشیا از تیمار ترکیبی ۹۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی + عدم کاربرد کود پتاسیم به‌دست آمد (Karimian et al., 2014).

کربوهیدرات محلول در آب (WSC)

تأثیر تنش خشکی، تیمار کود پتاسیم و برهمکنش آن‌ها بر صفت فوق معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$) (جدول ۳). در تیمار ترکیبی ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم + ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A نسبت به بدون مصرف کود، کربوهیدرات محلول در آب به میزان ۳۰/۰۶ درصد افزایش یافت (جدول ۴). کربوهیدرات‌های محلول که متشکل از برخی قندهای ساده‌ی محلول بوده از قابلیت هضم بالایی برخوردار هستند و همبستگی معناداری بین کربوهیدرات‌های محلول با ماده خشک قابل هضم وجود داشته و جزو متغیرهای معرف افزایش کیفیت علوفه می‌باشد (Nakhjavan et al., 2011). بالا بودن درصد کربوهیدرات محلول در آب نشان از کیفیت بالاتر علوفه دارد. گیاهانی که رطوبت کمتری دریافت می‌کنند، کربوهیدرات محلول در آب بالاتری دارند و در نتیجه کیفیت آن‌ها برای سیلو کردن نیز بیشتر است (Weinberg et al., 2005). با افزایش میزان پتاسیم، میزان تثبیت دی‌اکسید کربن به دلیل کارکرد مطلوب روزنه‌ها افزایش می‌یابد، در نتیجه میزان فتوسنتز افزایش یافته و بدین ترتیب تولید کربوهیدرات در برگ‌ها افزایش می‌یابد و این امر باعث افزایش وزن خشک برگ می‌شود (Kholdbarin and Islamzadeh, 2005).

پروتئین خام (CP)

پروتئین خام تحت تأثیر تنش خشکی، تیمار کود پتاسیم و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت ($P \leq 0.01$) (جدول ۳). در تیمار ترکیبی ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + کاربرد کود پتاسیم

نتایج مطالعه صادقی پور و آقایی (Sadeghipour and Aghaei, 2014) نیز مؤید نتایج تحقیق حاضر بود، به طوری که افزایش تنش آبی (آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) باعث شد زیست‌توده گیاه ماش ۳۲٪ نسبت به شرایط عدم کمبود آب خاک کاهش یابد. در شرایط خشکی و دمای زیاد کارایی مصرف آب و رشد گیاه به‌وسیله پتاسیم بهبود می‌یابد. کمبود پتاسیم به‌طور معنی‌داری اندازه سلول، سطح برگ، انتقال مواد فتوسنتزی و سرعت رشد کل گیاه را کاهش می‌دهد، به‌طور کلی برای تحمل تنش خشکی توسط گیاهان تأمین پتاسیم کافی سلول امری حیاتی است (Demidchik et al., 2010). کود پتاسیم با افزایش معنی‌دار گسترش ریشه، رشد بخش هوایی را افزایش می‌دهد و سبب افزایش ماده خشک می‌شود (Valadabadi et al., 2009).

عملکرد دانه

اثر تنش خشکی و تیمار کود پتاسیم در سطح یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه ماش معنی‌دار بود (جدول ۳). در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + تیمار کود پتاسیم (255 kg.ha^{-1})، عملکرد دانه به میزان ۳۳/۸۸٪ نسبت عدم کاربرد کود افزایش یافت (جدول ۴). کمبود آب در طول دوره گلدهی و گرده‌افشانی به علت اثرات منفی بر اعضای زایشی در کاهش عملکرد گیاهان زراعی مؤثر است (Nesmith and Ritchie, 1992). دلایل کاهش عملکرد در این مرحله، کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها و پیری زودرس برگ‌ها می‌باشد (Fredrick et al., 1991). نتیجه تحقیق نشان داد، تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه لوبیا قرمز شد (Kazemi et al., 2008). پتاسیم نقش حیاتی در فتوسنتز دارد چون باعث افزایش مستقیم رشد و شاخص سطح برگ و لذا جذب CO_2 و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خارج از برگ می‌شود (Heakal and Modaish, 1990). پتاسیم در ساخت مواد هیدروکربنی در گیاه نقش دارد و کمبود پتاسیم در گیاه با کاهش فتوسنتز و افزایش تنفس گیاه همراه است. کم شدن مواد هیدروکربنی گیاه در اثر تغییرات فتوسنتز و تنفس سبب کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود (Tabatabaei, 2009).

الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)

صفات الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی تحت تأثیر تنش خشکی، تیمار کود پتاسیم و اثرات متقابل تیمارها قرار گرفت (جدول ۳). در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + تیمار کود پتاسیم (255 kg.ha^{-1})، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به‌ترتیب به

یافت (Karami et al., 2018). کود سولفات پتاسیم از طریق بهبود جذب و نگهداری آب (Wang et al., 2013) افزایش راندمان بهره‌وری آب و تجمع مواد خشک (Zhang et al., 2014)، بهبود هدایت هیدرولیکی آوند چوبی و فعالیت روزنه و تبادل گاز (Pettigrew, 2008)، حفظ جذب CO₂ (Wang et al., 2013) تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها، افزایش تعداد روزنه‌ها و کاهش تعرق (Abid et al., 2016) و نقش در سوخت‌وساز اولیه و حمل مواد از ریشه به اندام‌های فوقانی (Zorb et al., 2014)، سبب تعدیل اثرات زیان‌بار تنش خشکی می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و تیمار کود پتاسیم بر تمامی صفات کمی و کیفی گیاه ماش معنی‌دار بود. با افزایش مصرف کود پتاسیم از صفر به ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع بوته و عملکرد زیستی به ترتیب به میزان ۳۷/۹ و ۸۹/۶ درصد افزایش یافت. عملکرد دانه با مصرف ۲۵۵ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم نسبت به شاهد ۳۳/۸۸٪ افزایش یافت. تنش خشکی قابلیت هضم ماده خشک را کاهش و درصد پروتئین خام، کربوهیدرات محلول در آب، الیاف نامحلول در شوینده خشی و اسیدی را افزایش داد. استفاده از کود پتاسیم قابلیت هضم ماده خشک را افزایش و باعث بهبود کیفیت علوفه شد. با توجه به نتایج این تحقیق، ترکیب کودی ۱۷۰ و ۲۵۵ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی برای حفظ عملکرد و کیفیت علوفه ماش در منطقه سیستان و شرایط مشابه توصیه می‌گردد.

(۱۷۰ kg.ha⁻¹)، نسبت به تیمار شاهد، پروتئین خام به میزان ۶۰/۹۷ درصد افزایش یافت (جدول ۴). در تحقیق تأثیر آبیاری تکمیلی و تقسیط نیتروژن بر کمیت و کیفیت ماش درصد پروتئین در تیمار یک و دو مرتبه آبیاری بیش از تیمارهای دیگر بود (Aghjeli et al., 2018). برخی از محققین افزایش در این صفت را ناشی از کاهش ارتفاع گیاه و به دنبال آن افزایش نسبت برگ به ساقه می‌دانند، با توجه به این که ساقه از میزان پروتئین کمتری نسبت به برگ برخوردار است بنابراین میزان پروتئین خام افزایش می‌یابد (Valizadeh et al., 2016). در هنگام پروتئین‌سازی، دخالت پتاسیم در فرآیندهایی مانند جابه‌جایی اسیدهای آمینه و اتصال tRNA به ریبوزوم دلیل افزایش پروتئین تحت تنش خشکی بیان شده است (Ruiz and Romero, 1999). پتاسیم نقش اساسی در فعال‌سازی آنزیمی، سنتز پروتئین، تنظیم اسمزی، تعادل کاتیونی-آنیونی و تحمل تنش دارد (Marschner, 2012).

قابلیت هضم ماده خشک (DMD)

از نظر آماری تیمارهای تنش خشکی، کود پتاسیم و اثر متقابل آن‌ها بر قابلیت هضم ماده خشک معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$) (جدول ۳). در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A + کاربرد کود پتاسیم (۲۵۵ kg.ha⁻¹)، نسبت به تیمار شاهد، قابلیت هضم ماده خشک به میزان ۳۰/۱۲ درصد افزایش یافت (جدول ۴). نتایج نشان می‌دهند بسته به شرایط محیطی و نوع گیاه، تنش خشکی می‌تواند در مواردی سبب افزایش، کاهش و یا حتی بدون تأثیر بر قابلیت هضم ماده خشک باشد. در سورگوم علوفه‌ای با کاهش رطوبت، قابلیت هضم ماده خشک افزایش پیدا کرد (Jensen et al., 2007). ماده‌ی خشک قابل هضم علوفه تاج‌خروس تحت تنش کم‌آبیاری، کاهش

References

1. Afsharmanesh, G. 2009. Study of some morphological traits and selection of drought resistant alfalfa cultivars (*Medicago sativa* L.) in Jiroft, Iran. Plant Ecophysiology 3: 109-118.
2. Aghjeli, A. H., Nakhzari Moghaddam, A., Rahemi Karizaki, A., and Gholamalipour Alamdari, E. 2018. Effect of supplemental irrigation and splitting nitrogen on quantity and quality of mung bean (*Vigna radiata* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences 11 (3): 591-602. (in Persian). DOI: 10.22077/escs.2018.849.1167
3. Anrist-Rangel, Y. 2008. Quantifying mineral source of potassium in agricultural soils. PhD Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, 105 p.
4. Arti, S., Surekha, A., and Minal, M. 2014. Potassium solubilisers: occurrence, mechanism and their role as competent biofertilizers. International Journal of Current Microbiology Applied Science 3 (9): 622-629.
5. Aydin, N., Mut, Z., Mut, H., and Ayan, I. 2010. Effect of autumn and spring sowing dates on hay yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes. Journal of Animal and Veterinary Advances 9 (10): 1539-1545. DOI: 10.3923/javaa.2010.1539.1545
6. Azizabadi, E., Golchin, A., and Delavar, M. A. 2014. Effects of Potassium and drought stress on growth indices and mineral content of safflower leaf. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 5 (19): 65-79. (in Persian).
7. Dadresan, M., Chaichi, M. R., Hosseini, S. M. B., Pourbabaei, A. A., and Yazdani, D. 2017. Effects of different fertilizing systems (chemical, biological and integrated) and irrigation regimes on the qualitative characteristics of forage and trigonelline content in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Journal of Agroecology 7 (1): 33-49. (in Persian with English abstract).

8. Daneshian, J., Majidei, A., Noormohammadi, G. H., and Jonobi, P. 2006. Investigation of drought effects and application of different quantities of potassium on soybeans, Ninth Congress of Agronomy and Plant Breeding (Abstracts), September 5-7, Abourihan Campus, Tehran University, 138-150 pages.
9. Demidchik, V., Cuin, T. A., Svistunenko, D., Smith, S. J., Miller, A. J., Shabala, S., Sokolik, A., and Yurin, V. 2010. Arabidopsis root K^+ -efflux conductance activated by hydroxyl radicals: single-channel properties, genetic basis and involvement in stress-induced cell death. *Journal of Cell Science* 123 (9): 1468-1479. <https://doi.org/10.1242/jcs.064352>
10. Efeoglu, B., Ekmekci, Y., and Cicek, N. 2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. *South African Journal of Botany* 75 (1): 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2008.06.005>
11. Farahmandfar, M., Sharifi, P., and Safarzadeh Vishkaee, M. N. 2018. Effects of potassium sulphate fertilizer rates on some of qualitative and quantitative traits of forage corn (*Zea mays* L.) in different irrigation regimes. *Journal of Crop Production* 11 (1): 127-140. (in Persian). DOI: [10.22069/ejcp.2018.12928.2005](https://doi.org/10.22069/ejcp.2018.12928.2005)
12. Fredrick, J. R., Wooley, J. T., Hesketh, J. D., and Peters, D. B. 1991. Seed yield and ergonomic traits of old and modern soybean cultivars under irrigation and soil water-deficit. *Field Crop Research* 27: 71-80. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(91\)90023-O](https://doi.org/10.1016/0378-4290(91)90023-O)
13. Haung, B., and Duncan, R. R., and Carrow, R. N. 1997. Drought-Resistance Mechanisms of Seven Warm-Season Turfgrasses under Surface Soil Drying: I. Shoot Response. *Crop Science* 37: 1858-1663. <https://doi.org/10.2135/cropsci1997.0011183X003700060032x>
14. Heakal, L., and Modaish, K. 1990. Combined effects of leaching fraction, salinity and potassium content of water on growth and water use efficiency of wheat and barley. *Plant and Soil* 125: 177-184.
15. Izadi, Y., Modarres Sanavy, S. A. M., and Tahmasebi Sarvestani, Z. 2021. The effect of Nano Fe and Mn chelated foliar application on mung bean yield and some of the quantitative characteristics under water deficit stress condition. *Applied Research in Field Crops* 33 (4): 19-39. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22092/aj.2021.122218.1306](https://doi.org/10.22092/aj.2021.122218.1306)
16. Jafar dokht, R., Mosavi Nik, S. M., Mehraban, A., and Basiri, M. 2015. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in mung bean. *Journal of Crop Production* 8 (1): 121-141. (in Persian with English abstract).
17. Jahanian, A. 2012. The effect of limited irrigation and growth promoting bacteria on quantity, quality and secondary metabolites of artichoke. Ph.D. Thesis. University of Tehran, Tehran, Iran.
18. Jensen, E. S. 1996. Grain yield, symbiotic N_2 fixation and interspecific competition for inorganic N in pea of barley intercrops. *Plant and Soil* 182: 25-38.
19. Jensen, K. B., Waldron, B. L., Peel, M. D., Robins, J. G., and Monaco, T. A. 2007. Forage quality of irrigated pasture species as affected by irrigation rate. In *Proceedings of the 28th Eucarpia Symposium on Improvement of Fodder Crops and Amenity Grasses*, 19th-23th of August, Copenhagen, Denmark. pp. 532-535.
20. Karami, S., Hadi, H., Tajbakhsh Shishavan, M., and Modarres-Sanavy, S. A. M. 2018. Effect of different levels of nitrogen and zeolite on chlorophyll content, quantity and quality of amaranth forage under deficit irrigation stress. *Journal of Agricultural Crops Production* 20 (1): 67-84. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22059/jci.2018.230121.1771](https://doi.org/10.22059/jci.2018.230121.1771)
21. Karimian, M. A., Galavi, M., Dahmardeh, M., and Kafi, M. 2014. Effect of drought stress and different levels of potassium on quantitative and qualitative forage yield of Kochia (*Kochia scoparia* L.). *New Findings Agriculture* 8 (3): 239-250. (in Persian with English abstract).
22. Kataria, N., Rani, P., Dar, M., and Singh. H. 2014. Potassium to alleviate the adverse effect of water deficit in Mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology* 1 (3): 33-40.
23. Kazemi, F., Habibi, D., Fathollahzade, E., Taleghani, D., Mashhadiakbar Bujar, M., and Jalilevand, H. 2008. Effect of drought stress on yield, yield components and antioxidant enzyme activity in different cultivars of red beans. *Agriculture Research* 1 (1): 81-93. (in Persian with English abstract).
24. Kerstin, G., Juergen, K., Laura, F. H. D., Carl, C., and Anke, J. 2014. Water stress due to increased intra-annual precipitation variability reduced forage yield but raised forage quality of temperate grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 186: 11-22. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.01.013>
25. Kessel, C. V., and Hartley, S. L. 2000. Agricultural management of grain legumes: has it led to an increase in nitrogen fixation? *Field Crops Research* 65 (2-3): 165-181. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(99\)00085-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00085-4)
26. Kholdbarin, B., and Islamzadeh, T. 2005. Mineral nutrition plants (Translation), Vol 1. Shiraz University Publication.
27. Kochert, G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method: 56-97. In: Helebust, J. A., and Craig, J. S., (Eds.). *Hand book of physiological method*. Cambridge University Press. Cambridge.
28. Maleki, A., Fazel, S., Naseri, R., Rezaei, K., and Heydari, M. 2014. The Effect of Potassium and Zinc Sulfate Application on Grain Yield of Maize under Drought Stress Conditions. *Advances in Environmental Biology* 8 (4): 890-893.

29. Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd Edition. Academic Press, London, UK. pp: 178-189.
30. Nakhjavan, S., Bajolvand, M., Jafari, A. A., and Sepavand, K. 2011. Variation for yield and quality traits in populations of sainfoin (*Onobrychis sativa*). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 10 (3): 380-386.
31. Nasrollah Zadeh Asl, P., Shirkhani, A., Zehtab Salmasi S., and Chokan, R. 2016. Effect of chemical and biological fertilizers on grain yield and corn leaf characteristics in different irrigation conditions. Journal of Agricultural Practice Research 29 (4): 75-86. (in Persian with English abstract).
32. Nesmith, D. S., and Ritchie, J. T. 1992. Effect of soil water-deficits during tassel emergence on development of maize (*Zea Mays* L.). Field Crops Research 28 (3): 251-256. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(92\)90044-A](https://doi.org/10.1016/0378-4290(92)90044-A)
33. Pettigrew, W. T. 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. Physiologia Plantarum 133: 670-681. DOI: [10.1111/j.1399-3054.2008.01073.x](https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01073.x)
34. Rezaei Sokht-Abandani, R., Siadat, S. A., Pazoki, A., Lack, S. H., and Mojddam. M. 2020. Effect of drought stress, different levels of nitrogen and potassium fertilizer on some physiological and agronomical traits of maize hybrid (*Zea mays* L. cv. single cross 704). Journal of Plant Ecophysiology 12 (40): 40-52. (in Persian with English abstract).
35. Ruiz, J. M., and Romero, L. 1999. Nitrogen efficiency and metabolism in grafted melon. Scientia Horticulturae 81: 113-123. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00200-3](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00200-3)
36. Sabzi, S., Tahmasebi, Z., and Barari, M., 2017. Study of the yield and some important traits of common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes at different moisture levels. Environmental Stresses in Crop Sciences 10 (1): 21-30. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22077/escs.1396.528](https://doi.org/10.22077/escs.1396.528)
37. Sadeghipour, O., and Aghaei, P. 2014. Investigation the effect of drought stress and magnetized water on yield and yield components of mung bean. Journal of Crop Production Research 6 (1): 79-86. (in Persian with English abstract).
38. Salehi, M., Faramarzi, A., Farboodi, M., Mohebalipour, N., and Ajalli, J. 2021. Symbiosis effects of Mycorrhizal and Pseudomonas on morphophysiological traits of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) under moisture stressed condition. Iranian Journal of Pulses Research 12 (1): 111-126. DOI: [10.22067/ijpr.v12i1.84409](https://doi.org/10.22067/ijpr.v12i1.84409)
39. Sharifi, P., Karbalavi, N., and Aminpanah, H. 2014. Effects of drought stress and potassium sulfate fertilizer on green bean yield. Journal of Crop Production 6 (4): 137-149. (in Persian with English abstract).
40. Tabatabaei, S. J. 2009. Principles of mineral nutrition of plants. First edition. Author Publications. Tabriz. 562 pp.
41. Valadabadi, S. A. R., Aliabadi Farahani, H., and Khalvati, M. A. 2009. Evaluation of grain growth of corn and sorghum under K₂O application and irrigation according. Asian Journal of Agricultural Sciences 1: 19-24.
42. Valizadeh, R., Mahmoudi-Abyane, M., and Ganjavi, R. 2016. Chemical composition, in vitro digestibility and fermentative gas production of *Kochia scoparia* irrigated by water containing different level of salinity. Iranian Journal of Animal Science Research 8 (2): 238-247. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/ijasr.v8i2.27715](https://doi.org/10.22067/ijasr.v8i2.27715)
43. Van Soest, P. J., Robertson, J. B., and Lewis, B. A. 1991. Methods of fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
44. Wakrim, R., Wahabi, S., Tahi, H., Aganchich, B., and Serraj, R. 2005. Comparative effect of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relation and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agriculture Ecosystem Environment 106: 275-287. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.10.019>
45. Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., and Guo, S. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. International Journal of Molecular Sciences 14: 7370-7390. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>
46. Weinberg, Z., Landau, S., Bar-Tal, A., Chen, Y., Gamburg, M., Brenner, S., and Dvash, L. 2005. Ensiling safflower (*Carthamus tinctorius*) as an alternative winter forage crop in Israel. Paper presented at the Proceedings of the 15th International Silage Conference. Belfast.
47. Xiao, X., Xu, X., and Yang, F. 2008. Adaptive responses to progressive drought stress in two *Populus cathayana* populations. Silva Fennica 42 (5): 705-719.
48. Zarifinia, N., Farzadi, H., and Khoramian, M. 2018. Effect of potassium sulfate on chlorophyll and drought tolerance index in the Mungbean genotypes in the north of Khuzestan Province. Plant Ecophysiology 33: 68-78.
49. Zhang, L., Gao, M., Li, S., Alva, A. K., and Ashraf, M. 2014. Potassium fertilization mitigates the adverse effects of drought on selected *Zea mays* cultivars. Turkish Journal of Botany 38 (4): 713-723.
50. Zorb, C., Senbayram, M., and Peiter, E. 2014. Potassium in agriculture- Status and perspectives. Journal of Plant Physiology 171 (9): 656-669. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.08.008>



Optimization of Application Levels of Irrigation Water, Superabsorbent Polymer and Cattle Manure Using Response-Surface Methodology: A Study on Sesame (*Sesamum indicum* L.) in an Ecological Cropping System

M. Jahan^{1*}, M. Javadi²

Received: 19-09-2021

Revised: 20-02-2022

Accepted: 23-02-2022

How to cite this article:

Jahan, M., and Javadi, M. 2022. Optimization of Application Levels of Irrigation Water, Superabsorbent Polymer and Cattle Manure Using Response-Surface Methodology: A Study on Sesame (*Sesamum indicum* L.) in an Ecological Cropping System. Iranian Journal of Field Crops Research 20 (3): 255-274. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/jcesc.2022.72603.1090](https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.72603.1090)

Introduction

Due to climate change, increasing and maintaining the current level of production in low rainfall conditions in semi-arid regions is an important challenge. On the other hand, agriculture in these areas is often of low productivity due to low water use efficiency. Considering the fact that Iran is one of the challenging arid and semi-arid regions of the world, so it faces the problem of water shortage and precipitation. Therefore, in such circumstances, finding eco-friendly solutions to increase water use efficiency to achieve sustainable agricultural goals seems necessary. In recent years, many efforts have been made in this field, in this regard, limited irrigation and the use of superabsorbent into the soil as two practical strategies for water conservation and optimal use have been considered.

Optimizing the effective factors in production and management of water use in the farm could save limited water resources and protect the soil, moreover, can increase yields. Extensive research has been done on the effect of different levels of irrigation, superabsorbent and fertilizer on different crops, but in the field of simultaneous optimization of these factors using statistical techniques, there is little or no information, so this study aims to optimize consumption of irrigation water, superabsorbent and cattle manure were designed and conducted in low-input sesame cultivation using surface-response methodology and Box-Behnken design.

Materials and Methods

The experiment was conducted as a Box-Behnken design. Experimental factors including a combination of different levels of irrigation water, superabsorbent and cattle manure. The total number of treatments required for this experiment was 15 treatments including 12 factorial combinations and 3 replications of the central point. The Box-Behnken design is essentially applicable and analyzed with one replication, but to fit the level of response equations, it is necessary to repeat the central points that represent the average level of high and low levels of each of the experimental factors. Using the Box-Behnken design, it is possible that most information from the minimum executive operation would be obtained through the distribution of trial points in the treatments. The values of these factors were determined by using software due to low and high levels of irrigation water (1500 and 3000 m³ ha⁻¹), superabsorbent (0 and 160 kg ha⁻¹) and cattle manure (0 and 30 ton ha⁻¹) using software.

In the Box-Behnken method, the response variable (y) is estimated by Equation 1:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i X_i + \sum_{i < j}^m \beta_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^m \beta_{ii} X_i^2 \quad (1)$$

1- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran

2- Ph.D. Student of Agroecology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran

(*- Corresponding Author Email: jahan@ferdowsi.um.ac.ir)

DOI: [10.22067/jcesc.2022.72603.1090](https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.72603.1090)

Where y is a dependent variable and according to sesame seed yield, biological yield, leaf area index, leaf dry weight, number of pods per plant, number of seeds per pods, 1000-seeds weight, relative water content and seed oil percentage were calculated separately; X_i is the independent variable, X_iX_j is the interaction of the independent variable i and the independent variable j , X_i^2 the second power of the independent variable i and β_i to β_{ii} are the coefficients of the equation. After obtaining the simulation results, using calculations and statistical methods, a quadratic polynomial is obtained which expresses the response rate (yield) as a function of input variables. Finally, after optimizing the obtained relationship and eliminating ineffective sentences, using statistical tests and criteria such as F test value, Lack of Fit test, P_{value} and R^2 (coefficient of determination), the final relationship for predicting yield and other response variables is calculated for the present study (Equation 2).

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_1^2 + a_5X_2^2 + a_6X_3^2 + a_7X_1X_2 + a_8X_1X_3 + a_9X_2X_3 \quad (2)$$

The obtained relationship is valid only within the limits defined for the input parameters and has no predictive power outside this range. In this equation, y : is a dependent variable already defined for Eq. 4. X_1 is the independent variable of irrigation water, X_2 is the superabsorbent, and X_3 is the independent variable of manure, a_1 to a_9 are the equation coefficients. Optimal amounts of irrigation water, superabsorbent and manure were determined according to the possibility of maximum seed yield. Finally, the estimated values were compared with the observed data and the validity of the regression models was evaluated using the root mean square error (RMSE).

Results and Discussion

In general, considering the significant effect of linear component of manure from regression model and biological yield as well as linear effect of irrigation and manure on the number of seed per pod, it can be concluded that the use of manure ultimately increased seed yield. Regarding the quality yield of sesame (seed oil percentage), the significance of the linear component of the superabsorbent effect can guarantee the quality yield of sesame. The high significant ($p \leq 0.01$) effect of the second order (full quadratic model) component of manure on 1000-seeds weight also indicates the effectiveness of manure on yield components and finally seed yield. Optimization was performed with three scenarios. First, considering all three factors, irrigation, superabsorbent and manure were done. Optimization was done to produce the highest seed yield, in which case the highest seed yield (4541 kg ha^{-1}) was obtained with $3,000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ of irrigation water, without superabsorbent and with 30 t ha^{-1} of manure. In the next step, to investigate the role of superabsorbent in water saving, optimization was performed with half irrigation water, 100 kg ha^{-1} of superabsorbent and with no application of manure, which resulted in the production of 3380 kg ha^{-1} of seed. In the third case, the results of optimization for irrigation water in the range of 1500 to $2250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (limited irrigation), with no use of superabsorbent and the amount of manure from zero to 30 t ha^{-1} , showed that applying $2250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ of water and 30 t ha^{-1} of manure could be resulted in a seed yield of 4186 kg ha^{-1} . The highest amount of irrigation water productivity, equal to $2.2 \text{ kg seed per m}^3$ of water, was obtained from 2250 m^3 of irrigation water. Third scenario compared with the first scenario shows a reduction of 750 m^3 in the volume of irrigation water that resulted in only an 8% reduction in seed yield (4186 vs. 4541 kg of seed), therefore, the third scenario potentially could be chosen by the farmers. Depends on the level of availability of water resources, the balance of economic value of water against seed yield, and other environmental and management options, if the application of 30 t ha^{-1} of manure to achieve the stable seed yield is not economical for the farmer compared with the application of 100 kg ha^{-1} of superabsorbent, we can recommend the second scenario (1500 m^3 of water plus 100 kg of superabsorbent, with no manure) that will result in the seed yield by 3380 kg ha^{-1} . The difference in seed yield in this scenario compared with the third scenario is 806 kg of seed, so the farmer must take into account all economic and managerial conditions to select the appropriate scenario. In general, the results of this study showed that using eco-friendly inputs, it is possible to produce stable sesame in an arid and semi-arid region and achieve a yield beyond of the conventional high-input systems.

Keywords: Drought, Ecofriendly inputs, Economical feasibility, Production stability, Seed oil

بهینه‌سازی میزان کاربرد آب آبیاری، پلیمر سوپرجاذب رطوبت و کود دامی با استفاده از روش سطح-پاسخ (RSM): مطالعه روی کنجد (*Sesamum indicum* L.) در یک نظام زراعی اکولوژیک

محسن جهان^{۱*}، مریم جوادی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۴

چکیده

باتوجه به تغییرات اقلیمی، افزایش و یا حفظ سطح کنونی تولید در شرایط بارندگی کم در مناطق نیمه‌خشک به‌عنوان چالشی مهم مطرح است و نیازمند تجدید نظر در روش‌های تولید و به‌ویژه نهاده‌های مصرفی است. در همین راستا و به‌منظور تعیین بهترین سطح آب آبیاری و نهاده‌های دوستدار محیط‌زیست شامل سوپرجاذب رطوبت و کود دامی در زراعت کنجد در یک ناحیه خشک و نیمه‌خشک، آزمایشی در قالب باکس-سینک طراحی و طی سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایشی با توجه به سطوح بالا و پایین آب آبیاری (۳۰۰ و ۱۵۰۰ متر مکعب در هکتار)، سوپرجاذب رطوبت (۱۶۰ و صفر کیلوگرم در هکتار) و کود گاوی (۳۰ و صفر تن در هکتار) طراحی شدند، به طوری که نقطه مرکزی در هر تیمار سه مرتبه تکرار شد و کلاً ۱۵ ترکیب تیماری به‌دست آمد. عملکرد دانه و ماده خشک، شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، درصد روغن دانه و کارایی مصرف آب، به‌عنوان متغیرهای وابسته مورد اندازه‌گیری و محاسبه قرار گرفتند. سپس با استفاده از مدل رگرسیونی گام به گام و برازش تابع درجه دو کامل به داده‌ها، سطح-پاسخ متغیرهای وابسته تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی محاسبه و رسم شد. اثر جزء خطی کود دامی از مدل رگرسیونی بر عملکرد زیستی، اثر جزء خطی آبیاری و کود دامی بر تعداد کپسول در دانه و همچنین اثر جزء خطی سوپرجاذب بر درصد روغن دانه معنی‌دار بود. اثر جزء درجه دو کود دامی بر وزن هزار دانه، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که حاکی از اثربخشی کود دامی بر اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد دانه است. بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری، برابر با ۲/۲ کیلوگرم دانه به ازای متر مکعب آب، برای سطح آبیاری ۲۲۵۰ متر مکعب حاصل شد. بهینه‌سازی با هدف تولید بیشترین عملکرد دانه انجام شد، که در این حالت بیشترین عملکرد دانه (۴۵۴۱ کیلوگرم در هکتار) با سه هزار مترمکعب آب آبیاری در هکتار، بدون سوپرجاذب و با ۳۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد. در گام بعد، به منظور بررسی نقش سوپرجاذب در صرفه‌جویی آب، بهینه‌سازی با نصف آب آبیاری، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و بدون کاربرد کود دامی انجام شد که منجر به تولید ۳۳۸۰ کیلوگرم در هکتار دانه شد. در حالت سوم، نتایج بهینه‌سازی که برای آب آبیاری در دامنه ۱۵۰۰ تا ۲۲۵۰ مترمکعب در هکتار (شرایط کم آبیاری)، بدون کاربرد سوپرجاذب و مقدار کود دامی از صفر تا ۳۰ تن در هکتار انجام گرفت، نشان داد که با استفاده از ۲۲۵۰ متر مکعب در هکتار آب و ۳۰ تن در هکتار کود دامی، می‌توان به عملکرد دانه‌ای معادل ۴۱۸۶ کیلوگرم در هکتار دست یافت. به‌طور کلی، نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که با استفاده از نهاده‌های دوستدار محیط‌زیست، می‌توان نسبت به زراعت باثبات کنجد اقدام نمود و به عملکردی با ثبات و فزاینده عملکرد سیستم‌های رایج پرنهاده، دست یافت.

واژه‌های کلیدی: ثبات تولید، خشکی، روغن دانه، صرفه اقتصادی، نهاده بوم سازگار

مقدمه

در میان گیاهان روغنی یک ساله، کنجد (*Sesame indicum* L.) از خانواده Pedaliaceae لقب ملکه دانه‌های روغنی را گرفته و دارای بیشترین درصد روغن (۵۵ درصد) است. کنسانتره دانه کنجد حاوی ۴۲ درصد پروتئین بوده و غذای مناسبی برای مرغ‌های

۱- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- دانشجوی دکترا، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی

مشهد، مشهد، ایران

(*)- نویسنده مسئول

(Email: jahan@ferdowsi.um.ac.ir)

مصرف عناصر غذایی، افزایش درصد جوانه‌زنی و سبز شدن بذر (Xie et al., 2013)، کاهش تلفات آب در خاک (Eneji et al., 2011)، کاهش میزان تبخیر از سطح خاک (Nykanen et al., 2011) و کاهش تلفات ناشی از مصرف کودها (Zhong et al., 2013) منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصولات مختلف می‌شوند. جهان و نصیری محلاتی (Jahan and Nassiri-Mahallati, 2022) ضمن مدل‌سازی اثر تغییر اقلیم بر فنولوژی کنگد، گزارش کردند که به‌کارگیری کم‌آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل، منجر به کاهش تنها ۱/۲ درصدی در عملکرد دانه شد. آن‌ها نتیجه گرفتند که می‌توان از تکنولوژی کم‌آبیاری در تولید پایدار محصولات زراعی بهره گرفت.

مصرف کود دامی در کشاورزی سنتی جایگاه خاصی داشته و در حال حاضر می‌تواند نقش مهمی را در کشاورزی پایدار ایفا کند. کودهای دامی حاوی اکثر عناصر مورد نیاز گیاهان هستند و علاوه بر داشتن عناصر پرمصرف، حاوی عناصر کم‌مصرف بوده و استفاده از آن‌ها در درازمدت تعادل عناصر تغذیه‌ای خاک را در پی خواهد داشت (Amiri et al., 2022). مواد آلی به علت داشتن گروه‌های عامل مختلف از جمله کربوکسیلی، فنلی، الکلی و هیدروکسیلی، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش داده و سبب می‌گردد عناصر غذایی در خاک بهتر نگهداری شوند و گیاه دسترسی بیشتری به آن داشته باشد. از سوی دیگر، مواد آلی در اثر معدنی شدن مقدار قابل‌توجهی از عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف را در خاک آزاد نموده و به تغذیه متعادل گیاه کمک می‌نمایند (Samavat et al., 2008). نتایج بررسی‌های متعدد نشان داده است که کودهای آلی سبب بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک شده و عملکرد محصولاتی چون گندم (*Triticum aestivum* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) را افزایش داده‌اند (Jahan et al., 2016; Tahami et al., 2014; Vessey, 2003). Modafe Behzadi et al., (2018) گزارش کردند که عملکرد ماده خشک گیاه دارویی وسمه در نتیجه کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود گاوی در بیشترین مقدار بود، به‌طوری‌که نسبت به کاربرد کود شیمیایی و شاهد به‌ترتیب ۱۰ و ۲۰/۵ درصد افزایش نشان داد. همچنین در اثر استمرار مصرف کودهای آلی، pH خاک کاهش می‌یابد و در نتیجه علاوه بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های زراعی، حلالیت برخی عناصر غذایی به‌ویژه فسفر، آهن، روی، منگنز، بر و مس افزایش می‌یابد (Dabhi et al., 2013).

باتوجه به این‌که ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک واقع شده و مقدار مواد آلی خاک‌های آن اندک است، تأمین نیتروژن و سایر عناصر موردنیاز گیاهان از طریق نهاده‌های اکولوژیک ضروری به نظر می‌رسد. فراهمی آب و عناصر غذایی، عوامل کلیدی در تولید اگر اگرواکوسیستم‌های واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب

تخم‌گذار و دام‌های شیرده می‌باشد (El-Habbasha et al., 2007). اگرچه کشت و کار این گیاه دانه روغنی، از استوا تا عرض‌های ۴۰ درجه شمالی و همچنین تا عرض‌های ۴۵ درجه جنوبی امکان‌پذیر است، اما در ایران به رغم سابقه دیرینه کشت و کار و همچنین وجود پتانسیل‌های فراوان در زمینه تولید دانه‌های روغنی، پیشرفت چندانی در زمینه کشت کبجد حاصل نشده است. با توجه به نیاز روزافزون کشور به روغن، این گیاه می‌تواند به‌عنوان یک گیاه صنعتی و روغنی مهم مطرح باشد (Rezvani Moghaddam, 2008).

خشکی نیز یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی به شمار می‌رود و با توجه به گزارش‌های پژوهشگران در بسیاری از مناطق جهان، این مشکل به‌طور فزاینده‌ای روبه افزایش است (Morison et al., 2007; Bannayan et al., 2010). باتوجه به تغییرات اقلیمی، افزایش و حفظ سطح کنونی تولید در شرایط بارندگی کم در مناطق نیمه‌خشک به‌عنوان چالشی مهم مطرح می‌باشد (Nyakuda and Stroosnijder, 2014; Jahan and Ghalenoei, 2022). از سوی دیگر، کشاورزی در این مناطق اغلب در نتیجه پایین بودن کارایی مصرف آب، بهره‌وری پایینی دارد (Wu et al., 2015). ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود، لذا با مشکل کمبود آب و نزولات جوی مواجه است (Bannayan et al., 2010). بنابراین، در چنین شرایطی یافتن راهکارهایی بوم‌سازگار به منظور افزایش کارایی مصرف آب در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار ضروری به نظر می‌رسد (Dabhi et al., 2013; Jahan and Nassiri-Mahallati, 2022). از این‌رو در سال‌های اخیر تلاش‌های فراوانی در این زمینه صورت گرفته است که در این راستا، کم‌آبیاری و کاربرد سوپرجاذب‌های رطوبت در خاک به‌عنوان دو راهکار اساسی جهت صرفه‌جویی و استفاده بهینه آب مدنظر قرار گرفته‌اند (Islam et al., 2011; Nassiri-Mahallati and Jahan, 2020). امروزه پلیمرهای سوپرجاذب به‌طور قابل‌توجهی در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند و نقش آن‌ها در کاهش شدت تنش خشکی و تلفات گیاهان و افزایش تولید محصولات زراعی در پژوهش‌های متعدد به اثبات رسیده است (Zhong et al., 2013; Abedi-Koupai et al., 2008; Jahan and Nassiri-Mahallati, 2020). این پلیمرها مقدار زیادی آب جذب و آن را در ساختمان خود حفظ می‌کنند و در صورت نیاز در شرایط خشکی آن را در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Natesan et al., 2007; Wang and Wang, 2010; Zhong et al., 2013). این مواد، بی‌رنگ، بی‌بو و بدون خاصیت آلایندگی خاک، آب و بافت گیاه می‌باشند، همچنین کاملاً سالم و غیرسمی هستند و در نهایت در خاک به دی‌اکسید کربن، آب، آمونیاک و یون پتاسیم تجزیه می‌شوند. سوپرجاذب‌ها از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی و ساختمانی خاک، کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک (Abedi Koupai et al., 2008)، افزایش کارایی

درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) و با هدف بهینه‌سازی کاربرد سطوح مختلف سوپرجاذب رطوبت، آب و کود دامی در زراعت کنجد اجرا شد. آزمایش مورد نظر در قالب طرح باکس-بنکن و تیمارهای آزمایشی شامل ترکیبی از سطوح مختلف سوپرجاذب رطوبت، آب و کود دامی بود. تعداد کل تیمارهای مورد نیاز این آزمایش ۱۵ تیمار که شامل ۱۲ ترکیب فاکتوریل و سه مرتبه تکرار نقطه مرکزی بود. طرح باکس-بنکن اساساً با یک تکرار قابل اجرا و آنالیز است، البته به منظور برآزش معادلات سطح پاسخ، لازم است تا نقاط مرکزی که معرف میانگین سطوح بالا و پایین هر یک از فاکتورهای تحت بررسی هستند، حداقل سه بار تکرار شوند (Box and Behnken, 1960). با استفاده از طرح باکس-بنکن این امکان فراهم می‌شود که بیشترین اطلاعات از حداقل عملیات اجرایی از طریق توزیع نقاط آزمایشی در محدوده تیمارها به‌دست آید. براین اساس، مقادیر این عامل‌ها باتوجه به سطوح پایین و بالای آب آبیاری (۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ مترمکعب)، سوپرجاذب رطوبت (۰ و ۱۶۰ کیلوگرم) و کود گاوی (۰ و ۳۰ تن در هکتار)، با استفاده از نرم‌افزار Minitab Ver. 17 مشخص گردید. بر اساس رابطه (۱) و با در نظر گرفتن سه تکرار برای نقطه مرکزی، ۱۵ تیمار مشخص شد (Box and Behnken, 1960) (جدول ۱). مقادیر بیشینه، مرکزی و کمینه پارامترها به‌ترتیب متناظر با ۱، صفر و -۱ در جدول ۱ نشان داده شده است.

به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت، pH و هدایت الکتریکی و محتوای عناصر غذایی شامل NPK، قبل از شروع آزمایش از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شد. نتایج حاصل از آزمایش خاک در جدول ۲ نشان داده شده است. خصوصیات سوپرجاذب رطوبت مورد استفاده (در خاک) در جدول ۳ بیان شده است. قبل از کاربرد کود دامی، نمونه‌ای از آن به آزمایشگاه ارسال شده و محتوای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاس آن به‌ترتیب ۱/۱۵، ۰/۳۱ و ۱/۰۲ درصد تعیین شد.

به‌منظور انجام عملیات آماده‌سازی زمین و تهیه بستر کاشت، دو نوبت از دیسک عمود بر هم و یک نوبت سیکلوتیلر استفاده شد. کود دامی نیز برحسب نیاز غذایی کنجد و باتوجه به بررسی منابع انجام شده به مقدار ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار، یک ماه قبل از کاشت به‌طور یکنواخت در سطح کرت‌های موردنظر پخش و بلافاصله توسط بیل دستی وارد خاک شد. کاشت بذر در اواخر اردیبهشت ماه به‌صورت دستی در هشت ردیف به طول سه متر انجام شد. ابعاد هر کرت ۴ × ۳ متر بود و به‌منظور جلوگیری از اختلاط آب آبیاری، فاصله بین کرت‌ها یک متر در نظر گرفته شد. همچنین با در نظر گرفتن تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، فاصله روی ردیف پنج سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر بود.

می‌شوند (Reza et al., 2012) و بهینه‌سازی این دو عامل با هم مرتبط است، به‌طوری که استفاده بهینه از کود در شرایطی امکان‌پذیر است که مدیریت بهینه آبیاری وجود داشته باشد (Mahajan et al., 2012). به‌منظور تعیین سطوح بهینه مجموعه‌ای از نهاده‌های مورد استفاده در کشاورزی نظیر پلیمر سوپرجاذب رطوبت، کود دامی و آب آبیاری، استفاده از مدل‌ها و روابط تجربی-ریاضی امری اجتناب‌ناپذیر است (Amiri et al., 2022). در همین راستا روش سطح-پاسخ مجموعه‌ای از روش‌های آماری و ریاضی است که به‌منظور آنالیز و مدل‌سازی پاسخ‌های یک فرآیند استفاده می‌شود و هدف نهایی آن بهینه‌سازی فرآیند است (Myers and Montgomery, 1995). طرح‌های مرکب مرکزی، باکس-بنکن^۱ و دهلرت سه طرح اصلی روش سطح-پاسخ هستند. هدف از این روش یافتن مقادیر مناسب هر یک از متغیرها برای رسیدن به مطلوب‌ترین پاسخ‌هاست. تعداد آزمایش‌های مورد نیاز یا سناریوهای شبیه‌سازی در این روش، برای تعداد مشخصی عامل آزمایشی، بسیار کمتر از دیگر روش‌ها (مانند آزمایش‌های فاکتوریل) است. این موضوع به‌ویژه با افزایش تعداد مولفه‌های ورودی اهمیت دوچندان می‌یابد. همچنین، به دلیل این‌که برای هر عامل آزمایشی سه مقدار ورودی تعیین می‌شود، طرح باکس-بنکن امکان بررسی و اندازه‌گیری تأثیر ترکیبات دوتایی از پارامترها علاوه بر تأثیر جداگانه و مستقیم هر یک از آن‌ها را فراهم می‌آورد (Erikson et al., 2008).

باتوجه به افزایش روزافزون جمعیت و تغییر در الگوی غذایی جوامع، مصرف روغن‌های گیاهی نیز در حال افزایش است. لذا باتوجه به این‌که بخش زیادی از روغن مورد نیاز کشور از طریق واردات تامین می‌گردد، افزایش تولید و کیفیت دانه‌های روغنی در داخل کشور بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Mohajer, 2017).

بهینه‌سازی عوامل مؤثر در تولید و مدیریت کاربرد آب در مزرعه سبب صرفه‌جویی در منابع محدود آب و حفاظت از خاک شده و علاوه بر آن می‌تواند موجب افزایش محصول شود. تحقیقات گسترده‌ای در مورد اثر سطوح مختلف آبیاری، سوپرجاذب رطوبت و کود بر روی گیاهان مختلف صورت گرفته است، اما در زمینه بهینه‌سازی همزمان این عوامل با استفاده از تکنیک‌های آماری، اطلاعاتی وجود ندارد و یا اندک است، لذا این تحقیق با هدف بهینه‌سازی میزان مصرف آب آبیاری، سوپرجاذب رطوبت و کود دامی در زراعت کم نهاده کنجد با استفاده از روش سطح-پاسخ و طرح باکس بنکن طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (باعرض جغرافیایی ۳۶

جدول ۱- مقادیر و ضرایب تیمارهای آزمایشی بر اساس طرح باکس-بنکن

Table 1- Values and coefficients of experimental treatments based on Box-Behnken design

شماره تیمار Treatment number	ضرایب Coefficients			مقادیر تیمارها* Treatment values*		
	آب Water (X1)	سوپرجاذب SAP (X2)	کود دامی Manure (X3)	آب Water (m ³ ha ⁻¹)	سوپرجاذب SAP (kg ha ⁻¹)	کود دامی Manure (ton ha ⁻¹)
1	0	+1	+1	2250	160	30
2	+1	+1	0	3000	160	15
3	+1	0	-1	3000	80	0
4	0	0	0	2250	80	15
5	0	0	0	2250	80	15
7	+1	-1	0	3000	0	15
8	-1	0	-1	1500	80	0
9	-1	0	+1	1500	80	30
10	0	+1	-1	2250	160	0
11	0	0	0	2250	80	15
12	0	-1	-1	2250	0	0
13	0	-1	+1	2250	0	30
14	-1	+1	-1	1500	160	15
15	-1	-1	-1	1500	0	15
15	+1	0	+1	3000	80	30

* +1، -1 و 0، به ترتیب سطوح بالا، پایین و میانه هر فاکتور را نشان می‌دهد.

* +1, -1, and 0 indicates up, down and medium level of each factor

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر)

Table 2- Some physiochemical properties of the soil of the experimental site (depth of 0-30 cm)

کربن آلی Organic carbon (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن کل Total N (%)	بافت Texture
0.68	7.6	0.52	315	71.3	0.069	لوم رسی Clay loam

جدول ۳- خصوصیات سوپرجاذب رطوبت مورد استفاده

Table 3- Properties of applied superabsorbent

فرمولاسیون ظاهری Appearance	رطوبت Humidity (%)	بو و سمیت Odor and toxicity	چگالی Density (g.cm ⁻³)	اسیدیته pH
گرانول (گرید ریز دانه) Granule	<5%	0	0.8	9.8

بعضی از گیاهان در اوایل مرحله رشد از قارچ کش رورال تی اس (با غلظت ۱ در هزار) استفاده گردید. قبل از برداشت نهایی محصول، بوته‌های واقع در سطحی برابر با ۵۰۰ سانتی‌متر مربع (شش بوته) از هر کرت انتخاب و اجزای عملکرد (تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه) در آن‌ها تعیین شد. جهت تعیین عملکرد دانه، در انتهای فصل رشد، برداشت گیاهان در نیمه دست نخورده هر کرت، با حذف دو ردیف کناری و ۲۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای انجام شد. گیاهان برداشت شده سپس در

اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت با هدف تسهیل در خروج گیاهچه‌ها از خاک و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یکبار به شیوه نشتی انجام شد. نیاز آبی کنجد در منطقه مشهد با استفاده از نرم‌افزار OPTIWAT تعیین شد (Alizadeh and Kamali, 2008). در هر بار آبیاری، مقدار آب آبیاری مطابق میزان تعیین شده برای کرت مربوطه، توسط کنتور با دقت ۰/۰۱ متر مکعب کنترل و ثبت می‌شد. وجین علف‌های هرز در دو نوبت (چهار و شش هفته پس از سبز شدن) و به صورت دستی صورت گرفت. به دلیل آلودگی قارچی

عدم برازش^۲، P_{value} و ضریب تبیین R^2 ، رابطه نهایی برای پیش‌بینی عملکرد و سایر متغیرهای پاسخ موردنظر در پژوهش حاضر محاسبه شد (رابطه ۵). رابطه به‌دست آمده، صرفاً در محدوده‌های تعریف شده برای پارامترهای ورودی صادق بوده و در خارج از این محدوده قدرت پیش‌بینی ندارد.

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_1^2 + a_5X_2^2 + a_6X_3^2 + a_7X_1X_2 + a_8X_1X_3 + a_9X_2X_3 \quad (5)$$

در این رابطه، Y : متغیر وابسته است و باتوجه به عملکرد دانه کنجد، عملکرد زیستی، سطح برگ، وزن خشک، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه، رطوبت نسبی برگ و درصد روغن به‌صورت جداگانه محاسبه شدند؛ X_1 : متغیر مستقل آبیاری و X_2 : سوپر جاذب رطوبت و X_3 : متغیر مستقل کود دامی و a_1 تا a_9 ضرایب رابطه هستند. مقادیر بهینه آب، سوپر جاذب و کود دامی مصرفی باتوجه به امکان تولید بیشینه عملکرد دانه تعیین گردید.

در نهایت مقادیر برآورد شده با داده‌های مشاهده شده مورد مقایسه قرار گرفتند و اعتبار مدل‌های رگرسیون با استفاده از آماره‌ی جذر میانگین مربعات خطا ($RMSE$) (رابطه ۶) ارزیابی شد (Myers and Montgomery, 1995).

$$RMSE (\%) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \times \frac{100}{\bar{O}} \quad (6)$$

که در این رابطه $\bar{O}$: میانگین مشاهدات، P_i : مقادیر برازش شده و O_i : مقادیر مشاهده شده می‌باشد.

$RMSE$ به‌صورت درصد اختلاف نسبی مقادیر پیش‌بینی شده در برابر مقادیر مشاهده شده بیان می‌شود و بر اساس تعریف، در صورتی که مقدار آن کمتر از ۱۰ درصد باشد، قدرت پیش‌بینی مدل عالی، اگر بین ۱۰ تا ۲۰ درصد باشد، خوب و اگر بین ۲۰ تا ۳۰ درصد باشد، متوسط و اگر بالاتر از ۳۰ درصد باشد، ضعیف می‌باشد.

قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرمال بودن توزیع آن‌ها اطمینان حاصل شد. برای داده‌های شمارشی، عملیات تبدیل داده انجام گرفت. به‌منظور اطمینان از یکنواختی واریانس تیمارها، آزمون بارتلت بر روی داده‌ها انجام و فرض صفر تأیید شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای MS Excel Ver. 15 و Minitab Ver. 19 صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مدل رگرسیونی درجه دو کامل^۳ برای هر کدام از متغیرهای وابسته شامل عملکرد دانه، عملکرد زیستی، تعداد پنجه بارور، محتوای نسبی رطوبت، تلفات نیتروژن و کارایی نیتروژن در جدول ۳ نشان داده شده است.

هوای آزاد خشک و عملکرد زیستی آن‌ها اندازه‌گیری شد. پس از بوجاری بذرها، میزان عملکرد دانه نیز تعیین شد.

به‌منظور تعیین درصد و عملکرد روغن، از روش استخراج گرم (AOAC Official Method 927.28) و تحت مجاورت مداوم با حلال آلی انجام گرفت (AOAC international, 2012).

بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد دانه، از نسبت عملکرد دانه به مجموع آب مصرفی در طول دوره رشد، با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (Fernandez et al., 2020):

$$WUE = Yg \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} / W \text{ (m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

در این معادله WUE کارایی مصرف آب، Yg عملکرد دانه (برحسب کیلوگرم در هکتار) و W مجموع آب مصرفی در طی فصل رشد (شامل آب آبیاری و میزان بارندگی طی زمان مورد نظر، بر حسب متر مکعب در هکتار) می‌باشد.

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ‌ها (RWC)، در اواسط مرحله گلدهی از برگ‌های یکسان روی بوته‌های مربوط به هر تیمار، قطعه‌های 2×2 سانتی متری بریده و با استفاده از ترازو دیجیتال وزن تر (FW) آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس قطعات بریده شده به مدت شش ساعت در دمای آزمایشگاه در آب مقطر قرار داده شد و پس از اندازه‌گیری وزن آن‌ها و در نظر گرفتن آن به‌عنوان وزن آماس (TW)، به مدت ۴۸ ساعت در آون با درجه حرارت 72°C درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس وزن آن‌ها به‌عنوان وزن خشک (DW) برگ یادداشت و در نهایت با استفاده از رابطه (۳) محتوای آب نسبی برگ محاسبه گردید (Kramer, 1988):

$$RWC = (FW - DW) / (TW - DW) \quad (3)$$

در روش باکس بنکن، متغیر پاسخ (Y) توسط رابطه (۴) برآورد می‌شود:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i X_i + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^m \beta_{ii} X_i^2 \quad (4)$$

در این رابطه، Y : متغیر وابسته است و باتوجه به عملکرد دانه کنجد، عملکرد زیستی، سطح برگ، وزن خشک، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه، رطوبت نسبی برگ و درصد روغن به‌صورت جداگانه محاسبه شدند؛ X_i : متغیر مستقل i ام و $X_i X_j$: اثر متقابل متغیر مستقل i ام و متغیر مستقل j ام، X_i^2 توان دوم متغیر مستقل i ام و β_i تا β_{ii} ضرایب معادله هستند. پس از به‌دست آوردن نتایج شبیه‌سازی، با استفاده از محاسبات و روش‌های آماری، یک چندجمله‌ای درجه دوم حاصل می‌شود که میزان پاسخ (عملکرد) را به‌صورت تابعی از متغیرهای ورودی بیان می‌کند. در پایان و پس از بهینه‌سازی رابطه به‌دست آمده و حذف جملات کم اثر، با استفاده از آزمون‌های آماری و معیارهایی چون مقدار آزمون F ، آزمون

2- Lack of Fit

3- Full quadratic regression

1- Relative Water Content

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مدل رگرسیونی درجه دو کامل اثر سوپرجاذب، آب آبیاری و کود دامی بر برخی ویژگی‌های رشدی و عملکرد کنگد
Table 4- Analysis of variance (mean of squares) of the linear and full quadratic regression model of the effects of superabsorbent, manure and irrigation on some growth characteristics and yield of sesame

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares								
		شاخص سطح برگ LAI	رطوبت نسبی برگ RWC	وزن خشک برگ Leaf dry weight	عملکرد زیستی Biological yield	تعداد کپسول در بوته Pod no. per plant	تعداد دانه در کپسول Seed no. per pod	وزن هزار دانه 1000 seeds weight	عملکرد دانه Seed yield	درصد روغن Seed oil percent
مدل رگرسیون Regression model	9	284.37 ^{ns}	65.134 ^{ns}	11.2284 ^{ns}	4.4748 ^{ns}	40.995 ^{ns}	80.723 ^{ns}	0.020630 ^{ns}	1240753 ^{ns}	2.14913 ^{ns}
خطی Linear	3	106.65 ^{ns}	7.002 ^{ns}	14.1294 ^{ns}	8.4828 ^{ns}	70.481 ^{ns}	200.712 [*]	0.008608 ^{ns}	2458883 ^{ns}	2.86343 ^{ns}
آب آبیاری Irrigation water	1	0.70 ^{ns}	1.465 ^{ns}	15.6715 ^{ns}	0.0150 ^{ns}	80.222 ^{ns}	334.111 ^{**}	0.024200 ^{ns}	2800423 ^{ns}	0.50000 ^{ns}
سوپرجاذب Superabsorbent	1	2.92 ^{ns}	9.342 ^{ns}	24.8784 ^{ns}	10.3194 ^{ns}	46.722 ^{ns}	105.125 ^{ns}	0.000613 ^{ns}	4128743 ^{ns}	7.67014 [*]
کود دامی Cattle manure	1	316.35 ^{ns}	10.198 ^{ns}	1.8382 ^{ns}	15.1140 [*]	84.500 ^{ns}	162.901 ^{ns}	0.001012 ^{ns}	447483 ^{ns}	0.42014 ^{ns}
مدل درجه دو Full quadratic model	3	669.24 ^{ns}	85.380 ^{ns}	1.3620 ^{ns}	0.4355 ^{ns}	43.882 ^{ns}	36.423 ^{ns}	0.048673 [*]	52401 ^{ns}	1.25988 ^{ns}
w*w	1	1825.89 ^{ns}	167.419 ^{ns}	0.3054 ^{ns}	1.1161 ^{ns}	2.479 ^{ns}	67.479 ^{ns}	0.012385 ^{ns}	37620 ^{ns}	0.08618 ^{ns}
S*S	1	103.16 ^{ns}	99.543 ^{ns}	0.0029 ^{ns}	0.2642 ^{ns}	119.146 ^{ns}	26.917 ^{ns}	0.002231 ^{ns}	3725 ^{ns}	0.97507 ^{ns}
m*m	1	5.00 ^{ns}	19.119 ^{ns}	3.8685 ^{ns}	0.0043 ^{ns}	10.428 ^{ns}	6.482 ^{ns}	0.125801 ^{**}	118991 ^{ns}	2.47934 ^{ns}
اثر متقابل Interaction	3	77.22 ^{ns}	103.020 ^{ns}	18.1939 ^{ns}	4.5059 ^{ns}	8.620 ^{ns}	5.035 ^{ns}	0.004608 ^{ns}	1210976 ^{ns}	2.32407 ^{ns}
W*s	1	59.42 ^{ns}	2.018 ^{ns}	4.5194 ^{ns}	12.0340 ^{ns}	3.361 ^{ns}	3.063 ^{ns}	0.008100 ^{ns}	2405174 ^{ns}	2.25000 ^{ns}
W*m	1	13.89 ^{ns}	300.807 ^{ns}	34.5291 ^{ns}	0.7000 ^{ns}	2.250 ^{ns}	7.840 ^{ns}	0.000100 ^{ns}	296058 ^{ns}	0.02778 ^{ns}
S*m	1	158.34 ^{ns}	6.235 ^{ns}	15.5333 ^{ns}	0.7838 ^{ns}	20.250 ^{ns}	4.202 ^{ns}	0.005625 ^{ns}	931695 ^{ns}	4.69444 ^{ns}
عدم برازش Lack of fit	3	785.71	174.377	7.4441	2.4473	27.352	32.414	0.002208	675449	1.38194

ns, *, ** represents for non-significant, significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively. * ** represents for non-significant, significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively. * ** represents for non-significant, significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

جدول ۵- ضرایب رگرسیونی و تبیین معادله رگرسیونی درجه دو کامل مدل رگرسیونی درجه دو کامل اثر سوپر جاذب، آب آبیاری و کود دامی بر برخی ویژگی‌های رشدی و عملکرد کینجد
Table 5- Regression coefficients and coefficients of determination of the full quadratic regression model of the effects of superabsorbent, manure and irrigation on some growth characteristics and yield of sesame

ضرایب Coefficients	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص سطح برگ LAI	وزن خشک برگ Leaf dry weight	متغیرهای پاسخ Response variables				رطوبت نسبی برگ RWC	وزن هزار دانه 1000 seeds weight	تعداد کپسول در Seed no. per pod	تعداد کپسول در بوته Pod no. per plant	درصد روغن Seed oil percent
					تعداد کپسول در بوته Pod no. per plant	وزن خشک برگ Leaf dry weight	شاخص سطح برگ LAI	وزن خشک برگ Leaf dry weight					
a0	2105	9.90	284	2.8	98.5	2.8	284	2.8	153.6	2.296	80.5	98.5	50.33
a1	0.69	0.00147	-0.180	0.0021	0.0021	0.0021	-0.180	0.0021	-0.0669	0.000337	-0.0263	0.0021	-0.00200
a2	25.3	-0.0670	0.074	-0.0417	-0.178	-0.0417	0.074	-0.0417	-0.186	-0.00194	0.158	-0.178	-0.0140
a3	17	0.042	0.22	0.288	0.29	0.288	0.22	0.288	-2.05	-0.0204	0.266	0.29	-0.069
a4	-0.00018	-0.000001	0.000040	0.000001	-0.000001	0.000001	0.000040	0.000001	0.000012	-0.000000	0.000008	-0.000001	0.000000
a5	0.0050	-0.000042	-0.00083	-0.000004	0.000888	-0.000004	-0.00083	-0.000004	0.00081	0.000004	-0.000422	0.000888	-0.000080
a6	-0.80	-0.00015	0.0052	0.00455	0.0075	0.00455	0.0052	0.00455	0.0101	0.000820	-0.0059	0.0075	0.00364
a7	-0.01292	0.000029	0.000064	0.000018	0.000015	0.000018	0.000064	0.000018	0.000012	0.000001	-0.000015	0.000015	0.000012
a8	0.0242	0.000037	-0.00017	-0.000261	-0.000067	-0.000261	-0.00017	-0.000261	0.000771	-0.000000	0.000124	-0.000067	0.000007
a9	-0.402	-0.000369	-0.0052	0.00164	-0.00188	0.00164	-0.0052	0.00164	0.00104	-0.000031	-0.00085	-0.00188	-0.000903
R ²	62.49	77.74	45.63	60.84	48.24	60.84	45.63	60.84	40.52	82.90	83.50	48.24	80.57

$$a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_1^2 + a_5 X_2^2 + a_6 X_3^2 + a_7 X_1 X_2 + a_8 X_1 X_3 + a_9 X_2 X_3 = Y$$

X₁، X₂ و X₃ به ترتیب متغیرهای مستقل آبیاری، سوپر جاذب و کود دامی هستند.

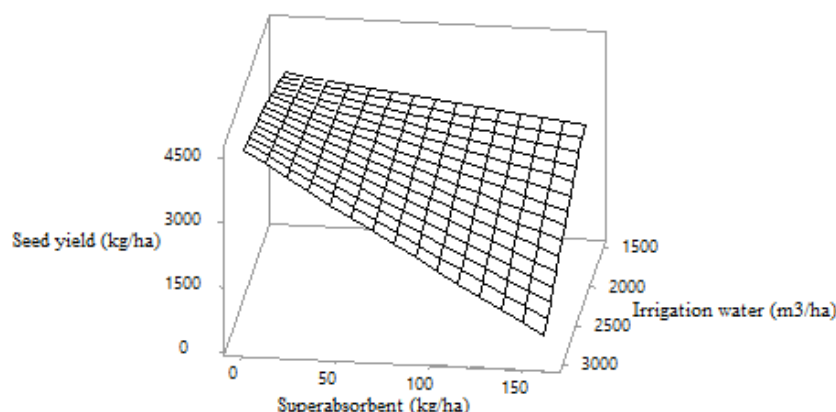
X₁, X₂ and X₃ indicates independent variables of irrigation, superabsorbent and manure, respectively

دامی، در شکل ۱ نشان داده شده است. نکته قابل توجه در شکل ۱ آن است که در سطح کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، کاهش آب آبیاری از ۳۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر مکعب در هکتار، سبب افزایش عملکرد دانه شد. این روند نمایانگر این است که این دو نهاده (آب آبیاری و سوپرجاذب) عکس یکدیگر عمل کرده و ویژگی جبرانی برای هم دارند. به عبارت دیگر، عملکرد دانه کنجد در نتیجه مصرف ۱۵۰۰ متر مکعب آب به همراه کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم سوپرجاذب، به میزان ۲۳۹۰ کیلوگرم از عملکرد آن در نتیجه مصرف ۳۰۰۰ متر مکعب آب و بدون کاربرد سوپرجاذب، بیشتر بود. اگر میانگین دفعات آبیاری کنجد در طول فصل رشد تقریباً سه ماهه آن، ۹ مرتبه در نظر گرفته شود، به نظر می‌رسد که کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار، از هر نظر باصرفه بوده و به مصرف ۱۳۵۰۰ متر مکعب آب اضافه‌تر برای حصول عملکردی کمتر نسبت به حالت قبل، برتری دارد. بنابراین، با توجه به شرایط محیطی، قیمت و سایر ویژگی‌های تأثیرگذار بر دسترس‌پذیری آن‌ها برای کشاورزان، می‌توان نسبت به استفاده از یکی از آن‌ها (کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم سوپرجاذب یا افزایش آب آبیاری به میزان دو برابر در هر نوبت آبیاری) اقدام نمود.

اثر کود دامی از جزء خطی مدل رگرسیونی بر عملکرد زیستی معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$). در مورد درصد روغن و تعداد دانه در کپسول، به‌ترتیب اثر سوپرجاذب و اثر آبیاری از جزء خطی مدل رگرسیونی بر اساس آزمون F در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر درجه دو کود دامی بر وزن هزار دانه، بر اساس آزمون F در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). آزمون عدم برازش، عدم وجود اختلاف معنی‌دار تجزیه رگرسیونی برای کلیه صفات مورد بررسی را با روش تجزیه واریانس نشان داد، که بیانگر قابلیت بالای برازش مدل بود. ضرایب رگرسیون برای مدل‌های برازش شده در مورد هر یک از صفات مورد مطالعه در آزمایش در جدول ۵ ذکر شده است. ضرایب تبیین (R^2) نشان‌دهنده درصد تغییرات هر کدام از متغیرهای وابسته تحت تأثیر متغیرهای مستقل است و ضرایب تبیین بالا در این معادلات نشان‌دهنده برازش خوب مدل برآورد شده است (جدول ۵).

عملکرد دانه

سطح- پاسخ تغییرات عملکرد دانه با توجه به متغیرهای مستقل (آب آبیاری و سوپرجاذب رطوبت) در سطح ثابت ۳۰ تن در هکتار کود



شکل ۱- سطح- پاسخ عملکرد دانه کنجد نسبت به سطوح مختلف سوپرجاذب و آب آبیاری در سطح ثابت ۳۰ تن در هکتار کود دامی
Figure 1- Response surface for sesame seed yield as affected by super absorbent and irrigation water in fixed level of 30 t ha⁻¹ of manure

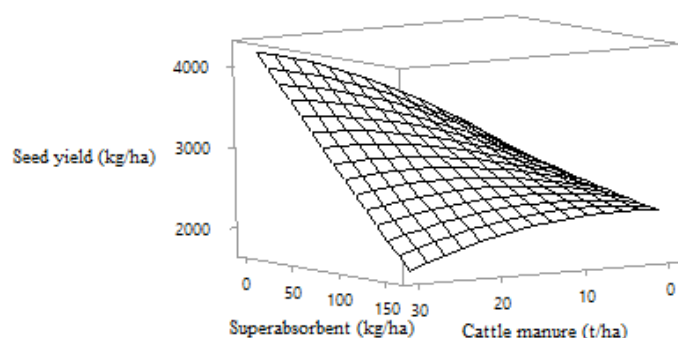
دانه (به‌ترتیب در سناریوهای اقتصادی و زیست‌محیطی، با کاربرد ۱۲۶ و ۱۲۳ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب حاصل شد (Jahan et al., 2017). برخی محققان اثر کاربرد مقادیر مختلف سوپرجاذب و دور آبیاری را بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا بررسی و گزارش کردند که با افزایش مقدار کاربرد سوپرجاذب، عملکرد دانه به مقدار قابل‌توجهی نسبت به شاهد، افزایش یافت (Yazdani et al., 2012).

در خصوص اثر کاربرد سوپرجاذب و کود دامی بر عملکرد دانه

در گزارش‌های متعدد (Dabhi et al., 2013; Zhong et al., 2013) به نقش سوپرجاذب رطوبت در تأمین آب مورد نیاز گیاه و افزایش فراهمی عناصر غذایی اشاره شده است. از آنجا که بین میزان نیتروژن قابل استفاده توسط گیاه در خاک و عملکرد دانه همبستگی مثبت و قوی وجود دارد، بنابراین، سوپرجاذب می‌تواند در فراهمی پر مصرف‌ترین عنصر غذایی برای گیاهان نیز نقش قابل‌توجهی ایفا کند. در بررسی اثر سطوح مختلف سوپرجاذب و اسید هیومیک بر عملکرد اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.)، بیشترین و کمترین عملکرد

۱۶۰ کیلوگرم سوپرجاذب بدون کود دامی، اختلافی قابل‌توجه دارد (۲۳۷۰ کیلوگرم). کودهای دامی با دارا بودن اکثر عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، به‌ویژه عناصر کم‌مصرف و همچنین از طریق بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، در درازمدت سبب حفظ تعادل غذایی خاک، تقویت چرخه عناصر غذایی، پایداری اکوسیستم خاک و افزایش تولید محصول می‌شوند (Sharma and Chatterjee, 2002; Jahan and Nassiri Mahallati, 2012; Amiri et al., 2022).

کنجد، نتیجه‌ای مشابه آنچه برای آب آبیاری و سوپرجاذب بیان شد، حاصل گردید (شکل ۲). به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد که سوپرجاذب و کود دامی، از نظر قابلیت ذخیره رطوبت و آزادسازی تدریجی آن برای استفاده گیاه، نقشی مشابه و جبرانی دارند، به این صورت که با افزایش میزان کاربرد سوپرجاذب می‌توان مقدار مصرف کود دامی را کاهش داد و برعکس. با این حال، همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار عملکرد دانه در نتیجه کاربرد ۳۰ تن کود دامی و بدون کاربرد سوپرجاذب حاصل شد که با تیمار



شکل ۲- سطح- پاسخ عملکرد دانه کنجد نسبت به سطوح مختلف سوپرجاذب و کود دامی در سطح ثابت ۱۵۰۰ متر مکعب در هکتار آب آبیاری
Figure 2- Response surface for sesame seed yield as affected by super absorbent and manure in fixed level of 1500 m³ of irrigation water

از کود دامی و تنها با ۱۵۰۰ متر مکعب آب، می‌توان به بیشترین عملکرد دانه (۳۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) دست یافت (شکل ۳ ب). به عبارت دیگر، بیشینه اثر مثبت کاربرد سوپرجاذب بر عملکرد دانه، در حالت اخیر نمود یافت که در شکل ۳ ج در قالب خطوط تراز به‌طور واضح‌تری نشان داده شده است.

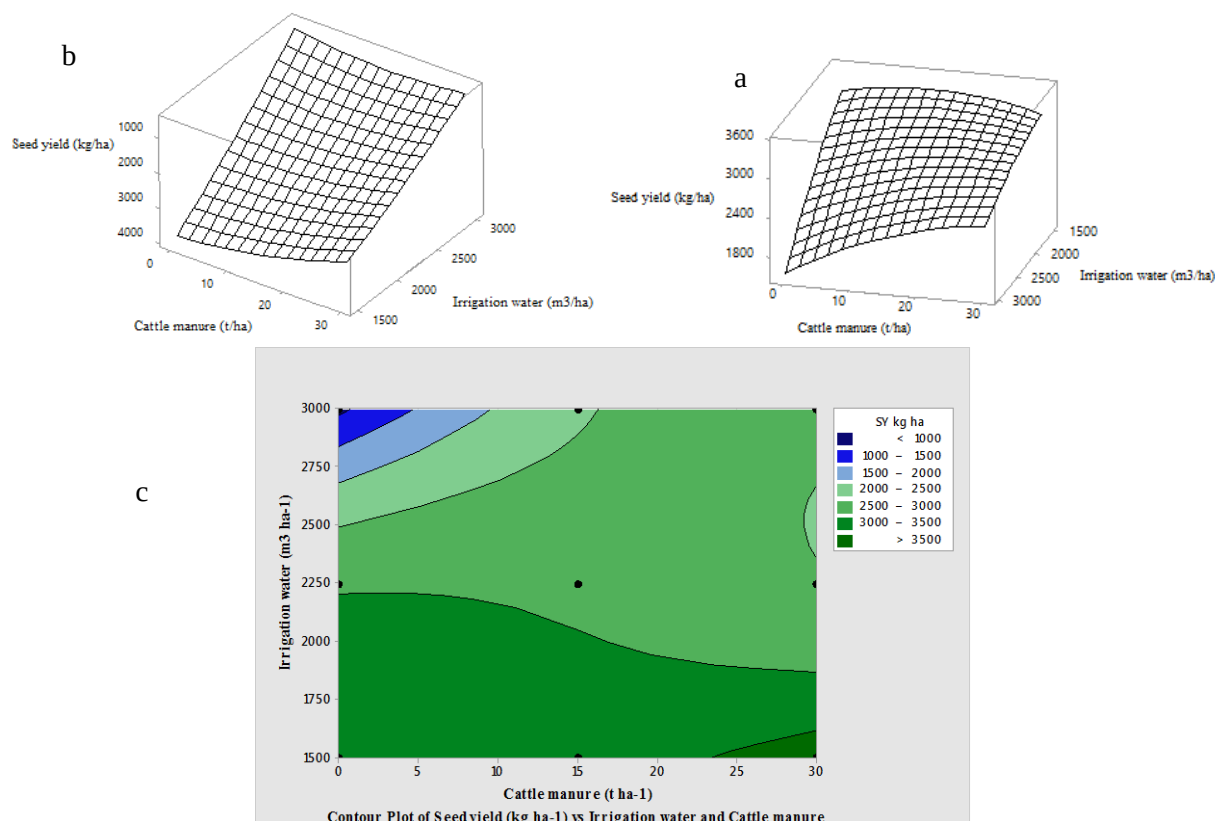
مقادیر جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین توابع برازش شده برای متغیرهای پاسخ در جدول ۶ نشان داده شده است. مقدار پایین RMSE و ضریب تبیین بالا برای عملکرد دانه کنجد، نشان‌دهنده برازش خوب مدل می‌باشد.

بیشترین عملکرد دانه کنجد در سطح ثابت ۸۰ کیلوگرم سوپرجاذب، در نتیجه مصرف ۳۰۰۰ متر مکعب آب آبیاری و بدون مصرف کود دامی حاصل شد و جالب آن‌که با تیمار کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی و ۳۰۰۰ متر مکعب آب آبیاری تفاوتی نداشت (شکل ۳ آ). در سطح ثابت کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، نتیجه جالب‌توجهی حاصل شد، به این شرح که در تمام سطوح کاربرد کود دامی، با کاهش میزان آب آبیاری، عملکرد دانه کنجد افزایش یافت (نسبت به سطح ثابت ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب) (شکل ۳ ب). نتیجه دیگر این‌که در سطح ۱۶۰ کیلوگرم سوپرجاذب، بدون استفاده

جدول ۶- مقادیر جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین توابع برازش‌شده برای متغیرهای پاسخ منجد تحت تأثیر کاربرد مقادیر مختلف آب آبیاری، سوپرجاذب و کود دامی

Table 6- Root mean square errors (RMSE) and Coefficients of determination of sesame response variables as affected by different levels of irrigation water, superabsorbent and manure application

متغیرهای پاسخ Response variables				
عملکرد دانه Seed yield	تعداد کپسول در بوته Pod No. Plant ⁻¹	درصد روغن Oil percentage	کارایی مصرف آب WUE	
22	28	26	8.51	RMSE (%)
0.64	0.48	0.46	0.92	R ²



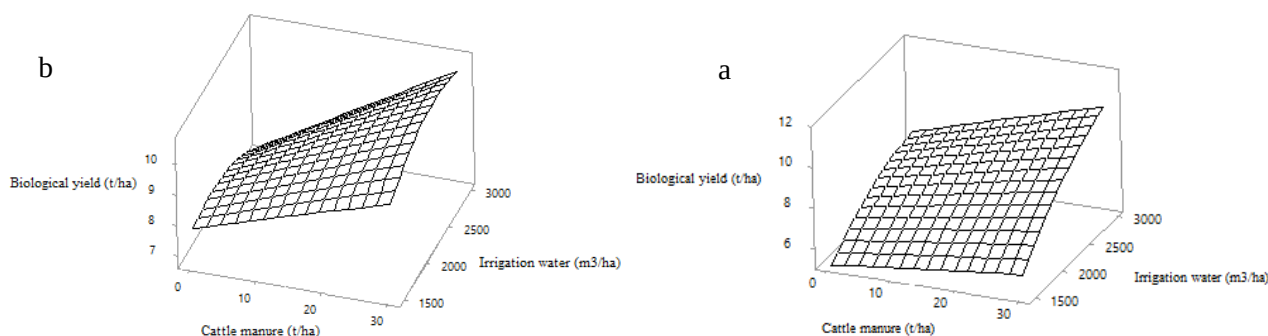
شکل ۳- سطح- پاسخ عملکرد دانه کنجد نسبت به سطوح مختلف کود دامی و آب آبیاری در (ا) در سمت راست (a) سطح ثابت ۸۰ و (ب در سمت چپ (b) ۱۶۰ کیلوگرم سوپرجاذب، و خطوط تراز عملکرد دانه کنجد نسبت به سطوح مختلف کود دامی و آب آبیاری (ج در پایین (c) در سطح ثابت ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب

Figure 3- Response surface for sesame seed yield as affected by manure and irrigation water in fixed level of 80 (a) and 160 (b) kg ha^{-1} of superabsorbent, and contour plot for sesame seed yield as affected by manure and irrigation water in fixed level of 160 (c) kg ha^{-1} of superabsorbent

عملکرد زیستی

عملکرد دانه بود (Jahan and Nassiri-Mahallati, 2020). گزارش شد که با افزایش مقدار کاربرد سوپرجاذب تا سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد ماده خشک ذرت افزایش یافت، ولی افزایش بیشتر مقدار سوپرجاذب، کاهش عملکرد ماده خشک را در پی داشت (Jahan et al., 2017). کودهای آلی با تأثیر بر ساختمان و وزن مخصوص ظاهری خاک، سبب بهبود نفوذپذیری خاک، افزایش محتوای هوموس خاک و در نتیجه افزایش ظرفیت بافری و تشدید فعالیت برخی آنزیمها شده و در نهایت موجب افزایش جمعیت و تشدید فعالیت میکروبی در خاک می‌شوند (Chaterji and Sharma, 2002; Jahan and Nassiri Mahallati, 2012; Amiri et al., 2022). بنابراین به نظر می‌رسد که نقش مثبت کود دامی در افزایش عملکرد زیستی را می‌توان به موارد یاد شده نسبت داد. الکندی و همکاران (El Gendy et al., 2001) گزارش کردند که عملکرد ماده خشک ریحان در نتیجه کاربرد کودهای آلی به میزان قابل‌توجهی نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود آلی) افزایش یافت. نتایج مشابهی برای گیاه داروی خرفه گزارش شده است (Javadi et al., 2021).

همان‌گونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود در دو سطح ثابت ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم بر هکتار سوپرجاذب، با افزایش سطح کاربرد کود دامی و آب آبیاری، عملکرد زیستی افزایش یافت. نکته قابل‌توجه این است که شیب این افزایش در سطح ثابت ۸۰ کیلوگرم سوپرجاذب، بیشتر از سطح ۱۶۰ کیلوگرم سوپرجاذب بود. همچنین، مقایسه شیب عملکرد در سطح ۳۰ تن کود دامی، حاکی از آن است که تفاوت عملکرد زیستی در سطوح مختلف آب آبیاری در سطح ثابت ۸۰ کیلوگرم سوپرجاذب، کمتر از سطح ۱۶۰ کیلوگرم سوپرجاذب است (شکل ۴). نتایج فراتحلیل اثر کاربرد سوپرجاذب رطوبت بر عملکرد گیاهان زراعی نشان داد که مقدار بهینه کاربرد سوپرجاذب از نظر بهره‌وری اقتصادی و عملکرد گیاه، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار است که نتیجه پژوهش حاضر با آن همخوانی دارد. نتایج پژوهش یاد شده همچنین نشان داد که تأثیر سوپرجاذب بر عملکرد دانه و ماده خشک معنی‌دار و بر شاخص برداشت ناچیز بود، همچنین، اندازه اثر کاربرد سوپرجاذب بر عملکرد ماده خشک در تمام سطوح بیشتر از اندازه اثر آن بر



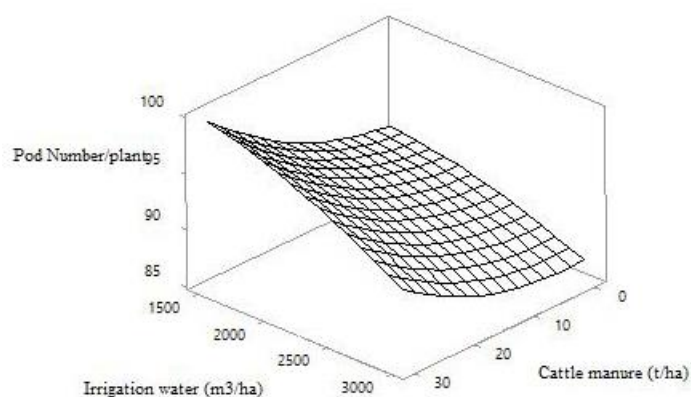
شکل ۴- سطح- پاسخ عملکرد زیستی کنجد نسبت به سطوح مختلف کود دامی و آب آبیاری در (سمت راست a) سطح ثابت ۸۰ و (سمت چپ b) ۱۶۰ کیلوگرم بر هکتار سوپرجاذب

Figure 4- Response surface for sesame biological yield as affected by manure and irrigation water in fixed level of 80 (a) and 160 (b) kg ha⁻¹ of superabsorbent

می‌تواند ضمن کاهش میزان آب آبیاری به نصف (۱۵۰۰ متر مکعب در هکتار) منجر به تولید حداکثر تعداد کپسول در بوته شود، که این موضوع می‌تواند از نظر صرفه‌جویی در مصرف آب به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک حائز اهمیت باشد. مشابه این نتیجه برای عملکرد دانه نیز حاصل شد. از آنجا که تعداد کپسول در دانه از اجزای عملکرد است، بنابراین، چنین نتیجه‌ای منطقی می‌باشد.

تعداد کپسول در بوته

همانطور که در شکل ۵ دیده می‌شود، تعداد کپسول در بوته با افزایش میزان مصرف کود دامی افزایش یافت و در سطح ۳۰ تن در هکتار به بیشترین مقدار خود رسید. نکته قابل‌توجه این است که بیشترین تعداد کپسول در بوته در کمترین میزان آب آبیاری حاصل شد، به عبارت دیگر، کاربرد کود دامی و ۸۰ کیلوگرم سوپرجاذب



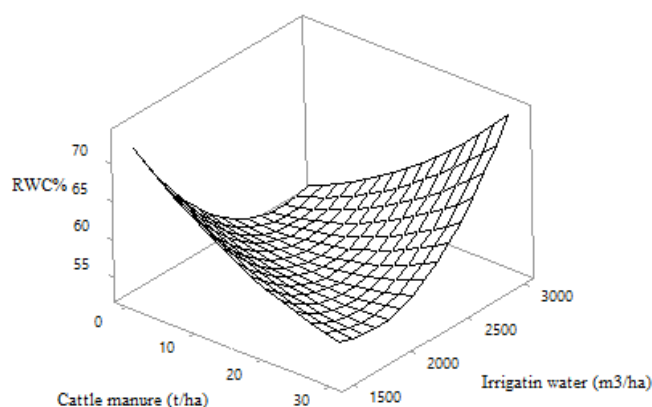
شکل ۵- سطح- پاسخ تعداد کپسول در بوته کنجد نسبت به سطوح مختلف کود دامی و آب آبیاری در سطح ثابت ۸۰ کیلوگرم بر هکتار سوپرجاذب

Figure 5- Response surface for sesame pod number per plant as affected by manure and irrigation water in fixed level of 80 kg ha⁻¹ of superabsorbent

کود دامی نقش چندانی در ذخیره رطوبت نداشته و چه بسا به سبب افزایش پتانسیل اسمزی، آن را در ساختار خود حبس و ذخیره کرده و سبب کاهش محتوای رطوبت نسبی گیاه شده باشد. گزارش شده است که محتوای رطوبت نسبی و عملکرد زیستی گندم تحت تأثیر برهم‌کنش منفی سطوح بالای کود دامی و فسفر قرار گرفت (Jahan and Amiri, 2018).

محتوای رطوبت نسبی برگ

با افزایش سطح آبیاری، در سطح ثابت کاربرد ۸۰ کیلوگرم سوپرجاذب، محتوای رطوبت نسبی برگ کنجد افزایش یافت که این نتیجه دور از انتظار نبود، اما با افزایش میزان کاربرد کود دامی، از محتوای رطوبت نسبی برگ کاسته شد (شکل ۶). احتمال می‌رود که در شرایط فراهمی بالای رطوبت (آبیاری ۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار)،



شکل ۶- سطح- پاسخ محتوای رطوبت نسبی برگ کنگد نسبت به سطوح مختلف کود دامی و آب آبیاری در سطح ثابت ۸۰ کیلوگرم بر هکتار سوپرجاذب

Figure 6- Response surface for sesame relative water content as affected by manure and irrigation water in fixed level of 80 kg ha⁻¹ of superabsorbent

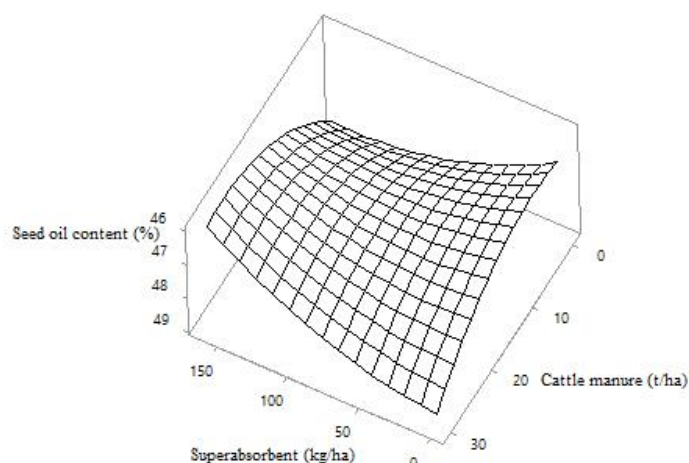
درصد روغن دانه

در سطح ثابت ۳۰۰۰ متر مکعب آب آبیاری، با افزایش مقدار کاربرد سوپرجاذب، درصد روغن دانه افزایش یافت، ولی با افزایش مقدار کاربرد کود دامی از میزان آن کاسته شد (شکل ۷). با وجود این، بیشترین درصد روغن دانه، بدون کاربرد سوپرجاذب و کود دامی حاصل شد که تفاوت محسوسی با درصد روغن در نتیجه کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم سوپرجاذب و ۳۰ تن کود دامی نداشت. قبلاً در بخش عملکرد دانه، به اثرات جبرانی و معکوس کود دامی و سوپرجاذب رطوبت اشاره شد. به نظر می‌رسد که با افزایش میزان کاربرد کود دامی، از میزان تنش خشکی وارده به گیاه کاسته شده (از طریق کاهش نیاز آبی گیاه و کاهش تبخیر از سطح خاک) و در نتیجه درصد روغن دانه کاهش یافت. چنین نتیجه‌ای برای درصد روغن فرار (اسانس) بسیاری از گیاهان دارویی و درصد پروتئین در گیاهان مختلف گزارش شده است (Khandan et al., 2003; Xie et al., 2011; Yazdani et al., 2012). انتظار می‌رفت که روند مشابهی برای سطوح کاربرد سوپرجاذب مشاهده شود، اما با افزایش میزان کاربرد سوپرجاذب، درصد روغن دانه افزایش یافت. دلیل احتمالی این موضوع می‌تواند برهمکنش سوپرجاذب با سطح بالای آب آبیاری و کاربرد کود دامی باشد. نقش نیتروژن در بیوسنتز روغن دانه غیر قابل انکار است (El-Habbasha et al., 2007)، از طرفی گزارش شده است که با افزایش مقادیر کاربرد سوپرجاذب، میزان تلفات نیتروژن کاهش یافت (کاهش ۱۷ و ۸ درصدی برای سطوح ۱۲۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب نسبت به شاهد)، همچنین با افزایش میزان استفاده از کود دامی، مقدار تلفات نیتروژن افزایش یافت (تلفات ۹۱ و ۹۵ درصدی برای سطوح ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار نسبت به شاهد) (Jahan and Amiri, 2018).

بهره‌وری آب آبیاری

مقادیر بهره‌وری آب (به ازای عملکرد دانه) مشاهده شده و پیش‌بینی شده، در جدول ۷ نشان داده شده است. برآورد مقدار بهره‌وری آب در سطح ۳۰۰۰ متر مکعب به مقدار مشاهده شده، بسیار نزدیک بود، اما برای سطوح ۲۲۵۰ و ۱۵۰۰ متر مکعب، بین مقادیر اختلاف وجود داشت.

پژوهش فوق، دلیل افزایش تلفات نیتروژن در سطوح بالای کود دامی، زیاد بودن مقدار آن از نیاز گیاه بیان شده است. لطیفی و همکاران (Latifi et al., 2019) گزارش کردند که در اثر افزایش کود نیتروژن، درصد روغن دانه کنگد کاهش یافت، آن‌ها دلیل این موضوع را با استناد به (Babaei Abarghouei, 2016) افزایش درصد پروتئین دانه بیان کردند به این شرح کاربرد نیتروژن سبب ورود ترکیبات نیتروژنه (شامل آمیدها و آمین‌ها) بیشتری به دانه می‌شود که برای سنتز پروتئین‌ها با استفاده از اسکلت کربنی حاصل از ساکارز مورد استفاده قرار می‌گیرد و در نتیجه، کربن کمتری برای سنتز روغن در دانه باقی می‌ماند و در نهایت سبب کاهش درصد روغن دانه می‌شود. ژانگ و همکاران (Zhong et al., 2012) گزارش کردند که با کاربرد سوپرجاذب در خاک، از تلفات نیتروژن به شکل اوره کاسته شد و دلیل این موضوع، بهبود ساختمان خاک بیان شد. گزارش شده است که با افزایش سطوح استفاده از کود نیتروژن به شکل اوره، و کود دامی، میزان تلفات نیتروژن در زراعت گندم افزایش یافت (Latifi et al., 2019; Jahan and Amiri, 2018). نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2019) در بررسی سطح-پاسخ تأثیر کود نیتروژن و مقادیر مختلف آبیاری نتایج مشابهی را مبنی بر افزایش تلفات نیتروژن در زراعت گندم گزارش کردند.



شکل ۷- سطح- پاسخ درصد روغن دانه کنجد نسبت به سطوح مختلف کود دامی و سوپرجاذب در سطح ثابت ۳۰۰۰ مترمکعب بر هکتار آب آبیاری

Figure 7- Response surface for sesame seed oil as affected by manure and superabsorbent in fixed level of 3000 m³ of irrigation water

در هکتار آبیاری و در تراکم ۱۸ بوته در متر مربع حاصل شد. در پژوهشی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و آبیاری بر کارایی مصرف آب گندم بررسی و گزارش شد که کمترین میزان کارایی مصرف آب در بالاترین سطح آبیاری (۵۰۰۰ متر مکعب در هکتار) و در تیمار عدم کوددهی مشاهده شد (Nassiri Mahallati *et al.*, 2019). گزارش شده است که بیشترین میزان کارایی مصرف آب ذرت در سطوح پایین و متوسط آبیاری (به ترتیب ۶۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ متر مکعب در هکتار) از تراکم ۷ بوته در متر مربع به دست آمد، در حالی که در سطح بالای آبیاری (۱۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار) بیشترین میزان کارایی مصرف آب از تراکم ۹ بوته در هکتار حاصل شد (Koocheki *et al.*, 2021). در مرور مطالعات انجام گرفته که برخی از آن‌ها در اینجا بیان شد، بر این نکته تأکید شده است که تعدیل در مصرف آب آبیاری، می تواند منجر به بهبود کارایی مصرف آب توسط گیاه شود (به نقل از Jahan and Nassiri-Mahallati, 2022).

به نظر می‌رسد که این اختلاف به سبب نقش جبرانی سوپرجاذب و کود دامی بر بهره‌وری آب باشد، همچنین میانگین‌گیری از تمام سطوح، می‌تواند سبب بروز این تفاوت باشد. گزارش شده است که برآورد مقادیر پارامترهای مختلف در شرایط تنش، نسبت به شرایط بدون تنش (در اینجا سطح آبیاری ۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار)، با خطا صورت می‌گیرد (Nassiri Mahallati and Jahan, 2020). از سوی دیگر، افزایش کارایی مصرف آب گیاهان مختلف زراعی، در نتیجه کاربرد سوپرجاذب رطوبت و کود دامی، توسط محققان متعدد گزارش شده است (Dabhi *et al.*, 2013; Jahan *et al.*, 2021). در آزمایشی، با افزایش مقادیر کاربرد سوپرجاذب از ۸۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، کارایی مصرف آب افزایش یافت، ولی افزایش بیش از ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، منجر به کاهش کارایی مصرف آب شد (Jahan *et al.*, 2017; Mansoori *et al.*, 2014). گزارش کردند که بیشترین کارایی مصرف آب در گیاه دارویی موسیر (*Allium hirtifolium*) در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۵۰۰ متر مکعب

جدول ۷- مقادیر بهره‌وری آب آبیاری مشاهده شده و پیش‌بینی شده کنجد در سطوح مختلف آبیاری (میانگین سطح آبیاری در تمام سطوح سوپرجاذب و کود دامی)

Table 7- Observed and estimated of irrigation water productivity (WPI) of sesame under different levels of irrigation water (mean of irrigation in all levels of superabsorbent and manure)

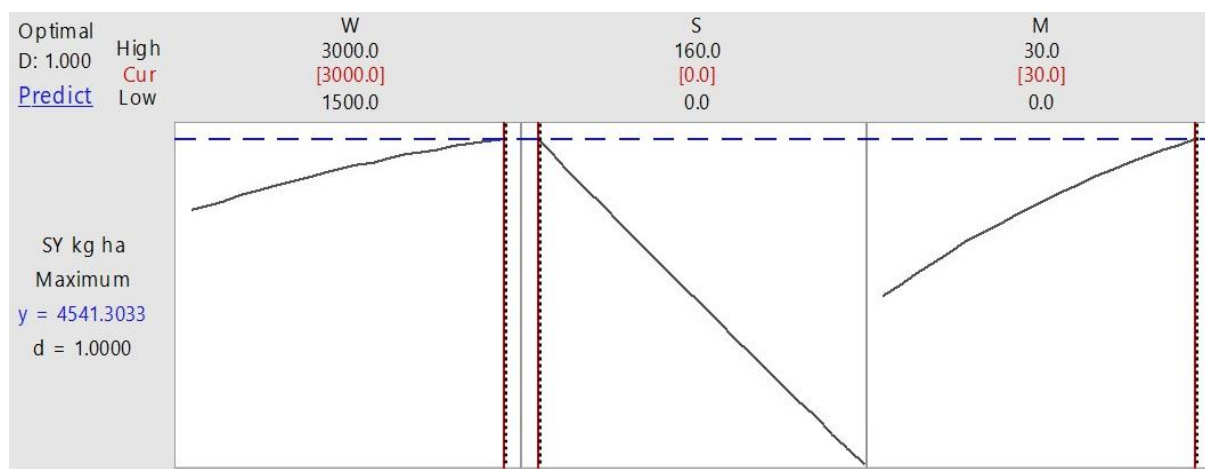
سطوح آب آبیاری	بهره‌وری آب مشاهده شده	بهره‌وری آب برآورد شده
Different irrigation level (m ³)	Observed WUE (kg m ⁻³)	Predicted WUE (kg m ⁻³)
3000	0.71	0.59
2250	2.2	1.19
1500	1.2	1.96

بهینه‌سازی عوامل آزمایشی (منابع)

برخی نتایج مهم بهینه‌سازی میزان آب آبیاری، میزان کاربرد سوپرجاذب و کود دامی در شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. در ابتدا، مبنای بهینه‌سازی این سه نهاده، بیشینه عملکرد دانه و درصد روغن دانه در نظر گرفته شد، اما از آنجا که درصد روغن دانه با عملکرد دانه، رابطه عکس دارد و همچنین با توجه به این نکته که دامنه تغییرات درصد روغن دانه، در سناریوهای مختلف بهینه‌سازی، بین ۱ تا ۲ درصد بود، بنابراین در ادامه بهینه‌سازی، از آن صرف‌نظر شد. در منابع مختلف نیز به این نکته اشاره شده است که این صفت،

ژنتیکی بوده و نه تنها بین ارقام مختلف تقریباً ثابت است، بلکه تحت تأثیر شرایط محیطی و مدیریتی نیز قرار نمی‌گیرد و نوسان قابل‌توجهی نشان نمی‌دهد (Latifi et al., 2019).

بهینه‌سازی با در نظر گرفتن هر سه عامل، آبیاری، سوپرجاذب و کود دامی انجام گرفت (شکل ۹) و بیشترین عملکرد دانه (۴۵۴۱ کیلوگرم در هکتار) با سه هزار مترمکعب در هکتار آب آبیاری، بدون سوپرجاذب و با ۳۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد (شاخص مطلوبیت برابر یک، D:1.00).



شکل ۸- بهینه‌سازی مقدارهای آب آبیاری، سوپرجاذب و کود دامی به منظور تولید بیشینه عملکرد دانه کنگد (W آب آبیاری، S سوپرجاذب، M کود دامی، D شاخص مطلوبیت. Cur وضعیت جاری. خط بریده: سطح عملکرد. خط پیوسته: سطح نهاده. خط نقطه‌چین: وضعیت جاری نهاده، عملکرد و بهینه‌سازی)

Figure 8- Optimization of irrigation water, superabsorbent and manure to produce the maximum sesame seed yield. (W: irrigation water; S: superabsorbent; M: manure; D: Desirability index; Cur: The current status. Cutted line: yield level; Solid line: input level; Dotted line: The current level of input, yield and optimization) line: yield level; Solid line: input level; Dotted line: The current level of input, yield and optimization)

در عملکرد دانه، بسته به شرایط اقتصادی و قیمت سوپرجاذب و دانه کنگد، می‌تواند به کشاورزان و مدیران کمک کند که در این خصوص، تصمیم مناسب را اتخاذ نمایند.

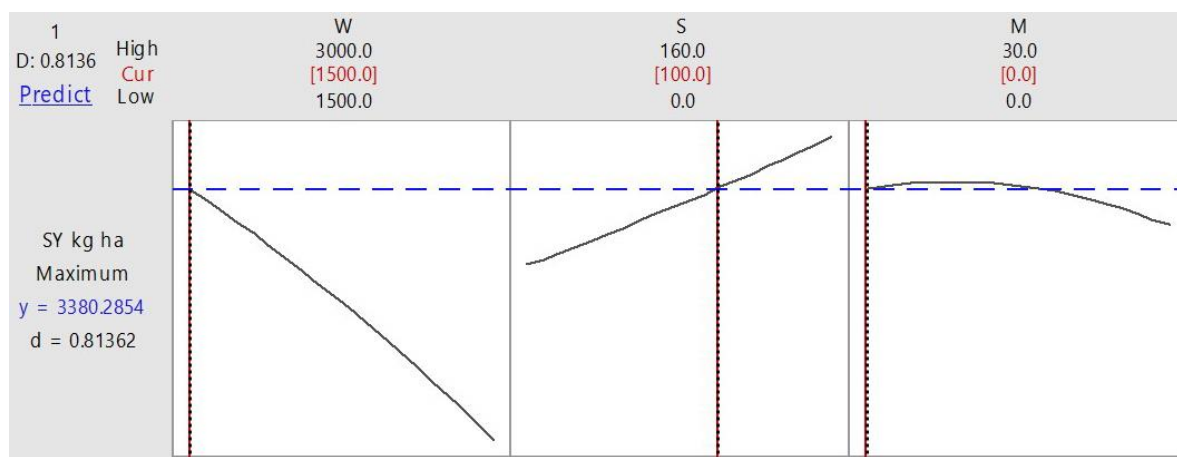
در حالت سوم، بهینه‌سازی برای آب آبیاری در دامنه ۱۵۰۰ تا ۲۲۵۰ مترمکعب در هکتار (شرایط کم آبیاری) و مقدار کود دامی از صفر تا ۳۰ تن در هکتار، بدون کاربرد سوپرجاذب انجام گرفت (شکل ۱۰). نتیجه بهینه‌سازی نشان داد که با استفاده از ۲۲۵۰ متر مکعب در هکتار آب و ۳۰ تن در هکتار کود دامی، می‌توان به عملکرد دانه‌ای معادل با ۴۱۸۶ کیلوگرم در هکتار دست یافت (D:1.00). افزایش میزان آب آبیاری تا ۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار (افزایشی برابر با ۷۵۰ متر مکعب در هکتار)، تنها منجر به افزایش ۳۳۵ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه شد (D:1.00). تصمیم‌گیری در خصوص افزایش این مقدار مصرف آب، مستلزم در نظر گرفتن شرایط محیطی، دسترسی به

در گام بعد، به منظور بررسی نقش سوپرجاذب در صرفه‌جویی آب، بهینه‌سازی با نصف آب آبیاری و بدون کاربرد کود دامی انجام شد (شکل ۹). نتایج حاکی از آن بود که کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و نیمی از آب آبیاری، منجر به تولید ۳۳۸۰ کیلوگرم در هکتار دانه شد (D:1.00). با جابه‌جا کردن فرضی خط نقطه‌چین که معرف وضعیت جاری هر نهاده است، به سمت راست مربع مربوط به آب مشاهده می‌شود که از میزان عملکرد دانه به‌صورت خطی کاسته خواهد شد. جابه‌جایی خط نقطه‌چین مربوط به سوپرجاذب به منتهی‌الیه سمت راست مربع مربوطه، مقدار کاربرد سوپرجاذب را ۶۰ کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد داد، در حالی که افزایش عملکرد نسبت به کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، تنها ۴۳۴ کیلوگرم خواهد بود (مقدار شاخص مطلوبیت از ۰/۸۱ به ۰/۹۵ افزایش یافت). محاسبه سود و هزینه کاربرد ۶۰ کیلوگرم سوپرجاذب و افزایش ۴۳۴ کیلوگرمی

(D:0.92)

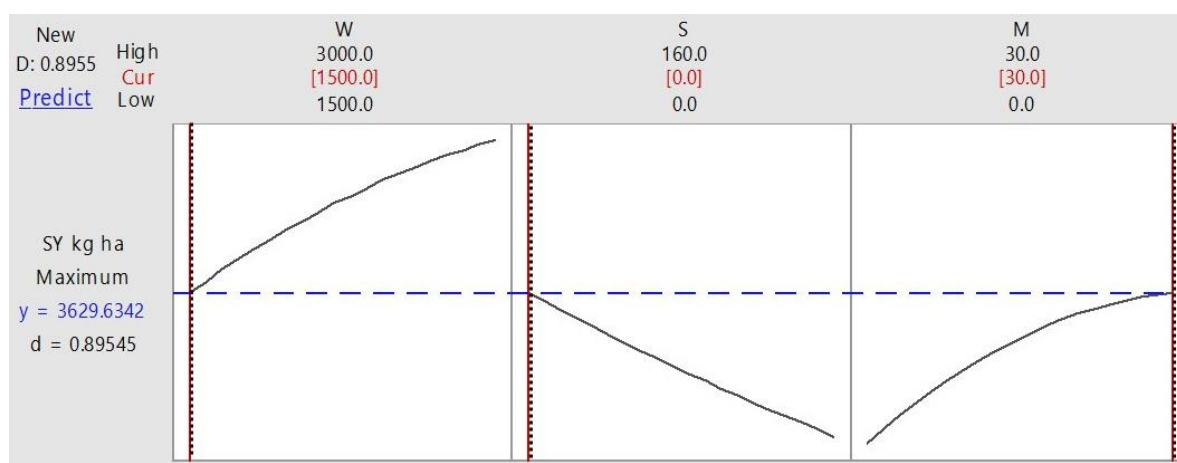
در همین سناریو، کاهش آب آبیاری به ۱۵۰۰ متر مکعب در هکتار و کاربرد کود دامی، به میزان ۳۰ و ۱۵ تن در هکتار، به‌ترتیب منجر به عملکرد دانه برابر با ۳۶۲۹ و ۳۳۶۲ کیلوگرم در هکتار شد (شاخص مطلوبیت به‌ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۸۰ بود). تصمیم‌گیری در این رابطه نیز به شرایط زمانی، مکانی و از جمله قیمت کود دامی و دانه کنجد، بستگی خواهد داشت.

آب آبیاری، محدودیت‌های زیست‌محیطی و در نهایت ارزش اقتصادی آب و ارزش اقتصادی مقدار افزایش عملکرد دانه خواهد بود (Jahan and Nassiri-Mahallati, 2022). با توجه به محدودیت منابع آب و بالا گرفتن بحث‌های مربوط به آب مجازی، بهره‌وری اقتصادی آب و سایر مسائلی که به آن‌ها اشاره شد، به نظر نمی‌رسد که این مقدار افزایش عملکرد، کاربرد ۷۵۰ متر مکعب آب را توجیه نماید. در سناریوی اخیر، کاهش مقدار کاربرد کود دامی به نصف (از ۳۰ به ۱۵ تن در هکتار)، منجر به کاهش ۸۱۲ کیلوگرمی عملکرد دانه شد



شکل ۹- بهینه‌سازی مقدارهای آب آبیاری و سوپرجاذب (بدون کود دامی) به منظور تولید بیشینه عملکرد دانه کنجد (W آب آبیاری، S سوپرجاذب، M کود دامی. D شاخص مطلوبیت. Cur وضعیت جاری. خط بریده: سطح عملکرد. خط پیوسته: سطح نهاده. خط نقطه‌چین: وضعیت جاری نهاده، عملکرد و بهینه‌سازی)

Figure 9- Optimization of irrigation water and superabsorbent (with no manure) to produce the maximum sesame seed yield. (W: irrigation water; S: superabsorbent; M: manure; D: Desirability index; Cur: The current status. Cutted line: yield level; Solid line: input level; Dotted line: The current level of input, yield and optimization)



شکل ۱۰- بهینه‌سازی مقدارهای آب آبیاری و کود دامی (بدون سوپرجاذب) به منظور تولید بیشینه عملکرد دانه کنجد (W آب آبیاری، S سوپرجاذب، M کود دامی. D شاخص مطلوبیت. Cur وضعیت جاری. خط بریده: سطح عملکرد. خط پیوسته: سطح نهاده. خط نقطه‌چین: وضعیت جاری نهاده، عملکرد و بهینه‌سازی)

Figure 10- Optimization of irrigation water and manure (with no superabsorbent) to produce the maximum sesame seed yield. (W: irrigation water; S: superabsorbent; M: manure; D: Desirability index; Cur: The current status. Cutted line: yield level; Solid line: input level; Dotted line: The current level of input, yield and optimization)

نتیجه گیری

مقایسه سناریوی سوم با سناریوی اول، نشان می‌دهد که در سناریوی سوم کاهش ۷۵۰ متر مکعبی در مقدار آب آبیاری، فقط هشت درصد کاهش در عملکرد دانه را به دنبال داشت (۴۱۸۶ در برابر ۴۵۴۱ کیلوگرم دانه)، بنابراین، انتخاب سناریوی سوم توسط تولیدکننده، به وضعیت منابع آبی، میزان دسترسی به آب، موازنه ارزش اقتصادی آب در برابر دانه و سایر گزینه‌های محیطی و مدیریتی بستگی دارد. چنانچه، کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی برای دستیابی به عملکرد دانه بیان شده، در برابر کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، برای تولیدکننده صرفه اقتصادی نداشته باشد، می‌توان نسبت به توصیه سناریوی دوم (۱۵۰۰ متر مکعب آب، ۱۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب، بدون کود دامی) اقدام نمود که عملکرد دانه ۳۳۸۰ کیلوگرم در هکتار را به دنبال خواهد داشت. تفاوت در عملکرد دانه در این سناریو نسبت به سناریوی سوم، ۸۰۶ کیلوگرم می‌باشد که تولیدکننده باید با در نظر گرفتن کلیه شرایط اقتصادی و مدیریتی، نسبت به انتخاب سناریوی مناسب اقدام نماید. به‌طور کلی، نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که با استفاده از نهاده‌های دوست‌دار محیط‌زیست، می‌توان نسبت به زراعت باثبات کنگد در یک ناحیه خشک و نیمه‌خشک اقدام نمود و به عملکردی فراتر از عملکرد سیستم‌های رایج پرنهاده، دست یافت.

سپاسگزاری

هزینه انجام این پژوهش توسط معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح شماره ۲/۴۹۷۸۰ مصوب ۱۳۹۸/۲/۱۸ تأمین شده است، که بدین وسیله قدردانی می‌شود.

به‌طور کلی، با توجه به معنی‌دار بودن اثر جزء خطی کود دامی از مدل رگرسیونی و عملکرد زیستی و همچنین اثر خطی آبیاری و کود دامی بر تعداد کپسول در دانه، می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد کود دامی در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه شد. در خصوص عملکرد کیفی کنگد (درصد روغن دانه) معنی‌دار بودن جزء خطی اثر سوپرجاذب می‌تواند تضمین‌کننده عملکرد کیفی کنگد باشد. اثر بسیار معنی‌دار جزء درجه دو کود دامی بر وزن هزار دانه، نیز حاکی از اثربخشی کود دامی بر اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد دانه است. بهینه‌سازی با سه سناریو انجام گرفت. ابتدا با در نظر گرفتن هر سه عامل، آبیاری، سوپرجاذب و کود دامی صورت پذیرفت، بهینه‌سازی با هدف تولید بیشترین عملکرد دانه انجام گرفت، که در این حالت بیشترین عملکرد دانه (۴۵۴۱ کیلوگرم در هکتار) با سه هزار مترمکعب در هکتار آب آبیاری، بدون سوپرجاذب و با ۳۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد. در گام بعد، به‌منظور بررسی نقش سوپرجاذب در صرفه‌جویی آب، بهینه‌سازی با نصف آب آبیاری، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و بدون کاربرد کود دامی انجام شد که منجر به تولید ۳۳۸۰ کیلوگرم در هکتار دانه شد. در حالت سوم، نتایج بهینه‌سازی که برای آب آبیاری در دامنه ۱۵۰۰ تا ۲۲۵۰ مترمکعب در هکتار (شرایط کم آبیاری)، بدون کاربرد سوپرجاذب و مقدار کود دامی از صفر تا ۳۰ تن در هکتار انجام گرفت، نشان داد که با استفاده از ۲۲۵۰ متر مکعب در هکتار آب و ۳۰ تن در هکتار کود دامی، می‌توان به عملکرد دانه‌ای معادل با ۴۱۸۶ کیلوگرم در هکتار دست یافت. بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری، برابر با ۲/۲ کیلوگرم دانه به ازای متر مکعب آب، برای سطح آبیاری ۲۲۵۰ متر مکعب حاصل شد.

References

1. Abedi-Koupai, J., Sohrab, J., and Swarbrick, G. 2008. Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. Journal of Plant Nutrition 31: 317-331. (in Persian with English abstract).
2. Alizadeh, A., and Kamali, Gh. 2008. Water requirement of plants in Iran. Emam Reza University Press. (In Persian).
3. Amiri, M. B., Jahan, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2022. An exploratory method to determine the plant characteristics affecting the final yield of *Echium amoenum* Fisch. and C.A. Mey. under fertilizers application and plant densities. Scientific Reports, 12:1881 DOI: 10.1038/s41598-022-05724-8
4. AOAC International. Official methods of analysis (OMA). 2012. In: Horwitz W, Latimer GW, editors. Association of official analytical chemists (AOAC). 20th ed. Maryland (USA). http://www.aoac.org/aoac_prod_imis/aoac/publications/official_methods_of_analysis/aoac_member/pubs/oma/aoac_official_methods_of_analysis.aspx?hkey=5142c478-ab50-4856-8939-a7a491756f48. Accessed 29 May 2012.
5. Bannayan, M., Sanjani, S., Alizadeh, A., Lotfabadi, S. S., and Mohamadian, A. 2010. Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. Field Crops Research 118 (2): 105-114.
6. Box, G., and Behnken, D. 1960. Some new three level designs for the study of quantitative variables. Technometrics 2: 455-475.
7. Dabhi, R., Bhatt, N., and Pandit, B. 2013. Super absorbent polymers-An innovative water saving technique for optimizing crop yield. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology 2 (10): 5333-5340

8. El Gendy, S. A., Hosni, A. M., Omer, E. A., and Reham, M. S. 2001. Variation in herbage yield, essential oil yield and oil composition on sweet basil (*Ocimum bacilicum*) grown organically in a newly reclaimed land in Egypt. Arab Universities Journal of Agricultural Science 9: 915-933.
9. El-Habbasha, S. F., Abd El Salam, M. S. and Kabesh, M. O. 2007. Response of two sesame varieties (*Sesamum indicum* L.) to partial replacement of chemical fertilizers by bio-organic fertilizers. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 3 (6): 563-571.
10. Eneji, A. E., Islam, R., An, P., and Amalu, U. C. 2013. Nitrate retention and physiological adjustment of maize to soil amendment with superabsorbent polymers. Journal of Cleaner Production 52: 474-480.
11. Eriksson, L., Johansson, E., Kettaneh-Wold, N., Wikstrom, C., and Wold, S. 2008. Design of experiments principles and applications. 3rd Edition, UMETRICS Academy, Sweden.
12. Fernandez, J. E., Alcon, F., Diaz-Espejo, A., Hernandez-Santana, V., and Cuevas, M. V. 2020. Water use indicators and economic analysis for on-farm irrigation decision: A case study of a super high density olive tree orchard. Agricultural Water Management, 233 (xxxx) xxxx. DOI: [10.1016/j.agwat.2020.106074](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106074)
13. Islam, M., Xue, X., Mao, S., Ren, C., Eneji, A., and Hu, Y. 2011. Effects of watersaving superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in corn (*Zea mays* L.) under drought stress. Journal of the Science of Food and Agriculture 91: 813-819.
14. Jahan, M., Amiri, M. B., and Noorbakhsh, F. 2017. Evaluation of the increased rates of water super absorbent and humic acid application under deficit irrigation condition on some agroecological characteristics of *Zea mays* L. using response surface methodology. Iranian Journal of Field Crops Research 14 (4): 746-764. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/gsc.v14i4.48347](https://doi.org/10.22067/gsc.v14i4.48347)
15. Jahan, M., and Amiri M. B. 2018. Optimizing application rate of nitrogen, phosphorus and cattle manure in wheat production: An approach to determine optimum scenario using response-surface methodology. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 18 (1): 13-26. DOI: [10.4067/S0718-95162018005000102](https://doi.org/10.4067/S0718-95162018005000102)
16. Jahan, M., and Ghalenoei, Sh. 2022. Challenges and Opportunities Faced on Food Production Systems in Arid and Semi-Arid Regions under Climate Change Conditions. Annals of Agriculture and Crop Sciences 7 (2): 1109.
17. Jahan, M., Javadi, M., Hesami, E., and Amiri, M. B. 2021. Nutritional Management Improved Sesame Performance and Soil Properties: A Function- Based Study on Sesame as Affected by Deficit Irrigation, Water Superabsorbent and Salicylic Acid. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. DOI:[10.1007/s42729-021-00557-2](https://doi.org/10.1007/s42729-021-00557-2)
18. Jahan, M., and Nassiri Mahallati, M. 2020. Can Superabsorbent Polymers Improve Plants Production in Arid Regions? Advances in Polymer Technology, Volume 2020, Article ID 7124394, 8 pages. <https://doi.org/10.1155/2020/7124394>
19. Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Khalilzadeh, H., Bigonah, R., and Razavi, A. R. 2016. Optimizing of Nitrogen, Phosphorus and Cattle Manure Fertilizers Application in Winter Wheat Production Using Response-Surface Methodology (RSM). Iranian Journal of Field Crops Research 13 (4): 823-839.
20. Jahan, M., Nassiri Mahallati, M. 2022. Modeling the Response of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Growth and Development to Climate Change under Deficit Irrigation in a Semi-arid Region. PLOS CLIMATE (Published Online on June 30 2022). <https://journals.plos.org/climate/>
21. Javadi, H., Rezvani Moghaddam, P., Rashed Mohasel, M. H., and Seghatoleslami, M. J. 2021. Effect of Organic, Biological and Chemical Fertilizers on Yield, Yield Components and Oil Percent of Common Purslane (*Portulaca oleracea* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 19 (1): 17-32. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/gsc.v19i1.84776](https://doi.org/10.22067/gsc.v19i1.84776)
22. Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., and Momen, A. 2021. Optimization of Irrigation and Plant Density of Corn (*Zea mays* L.) by Using Response-Surface Methodology. Journal of Agroecology 12 (4): 581-594. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/agry.2020.37564](https://doi.org/10.22067/agry.2020.37564)
23. Kramer, P. 1988. Measurement of plant water status: Historical perspectives and current concerns. Irrigation Science 9: 275-287.
24. Latifi, H., Khorramdel, S., Nassiri Mahallati M., Vafabakhsh J., and Mollafilabi, A. 2019. Effect of nitrogen fertilizer and plant density on seed yield and oil yield of sesame using a central composite design. Iranian Journal of Field Crops Research 17(3): 427-439. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/gsc.v17i3.72836](https://doi.org/10.22067/gsc.v17i3.72836)
25. Mahajan, G., Chauhan B. S., Timsina J., and Singh, P. P. 2012. Crop performance and water- and nitrogen-use efficiencies in dry-seeded rice in response to irrigation and fertilizer amounts in northwest India. Field Crops Research 134: 59-70. DOI: [10.1016/j.fcr.2012.04.011](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.04.011)
26. Mansoori, H., Banayan Aval, M., Rezvani Moghaddam, P., and Lakzian, A. 2014. Management of nitrogen fertilization, irrigation and planting density in *Allium hirtifolium* by using central composite optimizing method. Iranian Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 24: 40-60. (in Persian with English abstract).
27. Modafe Behzadi, N., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2018. The effect of organic and chemical fertilizers on qualitative and quantitative yield of indigo (*Indigofera tinctoria* L.) at irrigation levels under bam climatic conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 16 (1): 49-65. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/gsc.v16i1.54983](https://doi.org/10.22067/gsc.v16i1.54983)

28. Mohajer, A. R. 2017. Imports 38 billion dollars of oil and meal over the past 25 years to the country. Interview with the Project Manager of Oil Seeds Project, Ministry of Jihad-e-Agriculture. Mehr news agency. 5 September 2017. (in Persian).
29. Morison, J., Baker, N. R., Mullineaux P. M. and Davies, W. J. 2007. Improving water use in crop production. *Advances in Water Research* 34 (2): 272-281.
30. Myers, R. H., and Montgomery, D. C. 1995. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. John Wiley and Sons, New York, USA.
31. Nassiri Mahallati, M., and Jahan, M. 2020. Using the AquaCrop model to simulate sesame performance in response to superabsorbent polymer and humic acid application under limited irrigation conditions. *International Journal of Biometeorology*. DOI: 10.1007/s00484-020-02001-z
32. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Fallahpour, F., and Amiri, M. B. 2019. Optimization of nitrogen fertilizer and irrigation in wheat cultivation by central composite design. *Journal of Agroecology* 11(2): 515-530. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/jag.v11i2.31912](https://doi.org/10.22067/jag.v11i2.31912)
33. Natesan, R., Kandasamy, S., Thiyageshwari, S., and Boopathy, P. M. 2007. Influence of lignite humic acid on the micronutrient availability and yield of blackgram in an alfisol. *Science World Journal* 7: 1198-1206.
34. Nyakudya, I. W., and Stroosnijder, L. 2014. Effect of rooting depth, plant density and planting date on maize (*Zea mays* L.) yield and water use efficiency in semi-arid Zimbabwe: Modelling with AquaCrop. *Agricultural Water Management* 146: 280-296.
35. Nykanen, V. P. S., Nykanen, A., Puska, M. A., Goulart-Silva, G., and Ruokolainen, J. 2011. Dual-responsive and super absorbing thermally cross-linked hydrogel based on methacrylate-substituted polyphosphazene. *Soft Matter* 7: 4414-4424.
36. Reza, A., Friedel, J. K., and Bodner, G. 2012. Improving water use efficiency for sustainable agriculture,” in *Agroecology and Strategies for Climate Change*, E. Lichtfouse, Ed., pp. 167-211, Springer, Berlin, Germany, 2012.
37. Rezvani Moghaddam, P. 2008. Modern and Neglected Plants. In: *Modern Agronomy*, Koocheki, A., and Khajeh Hosseini, M. Press of Jihad-e Daneshgahi of Mashhad, Iran. (In Persian).
38. Samavat, S., Pazuki, A., Ladan Moghaddam, A., and Samavat, S. 2008. The applied principles of organi matters in agriculture. Islamic Azad University Press, Garmsar Branch.
39. Tahami, M. K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2014. The effect of organic and chemical fertilizers on growth characteristics of *Ocimum basilicum* L. *Iranian Journal of Field Crops Research* 5(4): 363-372.
40. Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. *Plant and Soil* 255: 571-586.
41. Wang, W., and Wang, A. 2010. Nanocomposite of carboxymethyl cellulose and attapulgit as a novel pH-sensitive superabsorbent: Synthesis, characterization and properties. *Carbohydrate Polymers* 82: 83-91.
42. Wu, Y., Jia, Z., Ren, X., Zhang, Y., Chen, X., Bing, H., and Zhang, P. 2015. Effects of ridge and furrow rainwater harvesting system combined with irrigation on improving water use efficiency of maize (*Zea mays* L.) in semi humid area of China. *Agricultural Water Management* 158: 1-9.
43. Xie, L., Liu, M., Ni, B., Zhang, X., and Wang, Y. 2011. Slow-release nitrogen and boron fertilizer from a functional superabsorbent formulation based on wheat straw and attapulgit. *Chemical Engineering Journal* 167: 342-348.
44. Yazdani, F., Allahdadi, I., and Akbari, G. A. 2012. Impact of superabsorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress condition. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10: 4190-4196.
45. Zhong, K., Lin, Z. T., Zheng, X. L., Jiang, G. B., Fang, Y. S., Mao, X. Y., and Liao, Z. W. 2013. Starch derivative-based superabsorbent with integration of water-retaining and controlled-release fertilizers. *Carbohydrate Polymers* 92: 1367-1376.



The Response of Different Rice Cultivars (*Oryza sativa* L.) to Different Weed Management Methods under Direct Cultivation System

A. Alamian Daronkola¹, F. Zaefarian^{2*}, H. Abadian³, I. Mansouri⁴

Received: 17-11-2021

Revised: 12-02-2022

Accepted: 23-02-2022

How to cite this article:

Alamian Daronkola, A., Zaefarian, F., Abadian, H., and Mansouri, I. 2022. The Response of Different Rice Cultivars (*Oryza sativa* L.) to Different Weed Management Methods under Direct Cultivation System. Iranian Journal of Field Crops Research 20 (3): 275-289. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/jcsc.2022.73706.1114](https://doi.org/10.22067/jcsc.2022.73706.1114).

Introduction

Direct seeding of rice is one of the most common farming methods in the world. Economic efficiency, faster and easier cultivation, reduction of growth period and earlier maturity (7-10 days), needing to less labour, higher water efficiency, more mechanization and reduction of rice vulnerability due to end-of-season drought are some benefit of direct rice cultivation; while, the most important problem in this planting system is weed control, and if weeds are controlled properly; the yield of rice in direct seeding will be almost equal to that of transplanting system. So, this study was conducted to evaluate the effect of weed management methods on different cultivars of rice in direct seeding system.

Materials and Methods

This research was performed as a factorial in randomized complete block design in three replications at Rice Research Institute, Amol in 2018. Treatments include three different rice cultivars of Tarom Hashemi, Shiroodi and Neda under six weed management methods (no weeding, twice weeding (40 days after emergence and in the earing stage), using rice husk mulch (0.5 kg m⁻² after sowing), application of triafamone+ethoxysulfuron herbicide (30 g ai ha⁻¹ in 5 days after emergence in two-leaf stage), application of triafamone+ethoxysulfuron herbicide (30 g ai ha⁻¹ in 5 days after emergence in two-leaf stage) + weeding (40 days after emergence) and complete weeding (all weeds are removed during the growing season) were considered. The studied traits included: plant height, tiller number, panicle length, 1000-grain weight, filled grain number, empty grain number, panicle number per square meter, grain yield, biological yield and total weed density and dry weight.

Results and Discussion

The results showed the highest plant height (137.7 cm) and number of tillers (24.7) was obtained in Tarom Hashemi and Shiroodi cultivars under complete weeding, respectively. The results of mean comparison of the main effects of the experimental treatments indicate that the filled grain number in Tarom Hashemi, Neda and Shiroodi cultivars were 67.6, 69.3 and 90.1 per ear and 1000-seed weight in these cultivars, was 19.9, 18.6 and 21.1 g, respectively. When Shiroodi cultivar had more seeds per ear and 1000 seeds weight. Also, the maximum filled grain number (94.9) and the highest 1000-seed weight with 22.7 g was observed in the complete weed control treatment. The highest panicle number per square meter (316.7) was related to Shiroodi cultivar and

1- M.Sc. Graduated of Weed Science, Department of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

2- Associate Professor, Department of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

3- Assistant Professor, Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Deputy, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Amol, Iran

4- Assistant Professor, Department of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

(*- Corresponding Author Email: fa_zaeferian@yahoo.com)

DOI: [10.22067/jcsc.2022.73706.1114](https://doi.org/10.22067/jcsc.2022.73706.1114)

complete weed control, which had no significant different with herbicide + weeding and twice weeding in the same cultivar, as well as complete weeding in Neda cultivar. The highest grain yield ($8192.5 \text{ kg ha}^{-1}$) was observed in Shiroodi cultivar + complete weeding, which had no significant different with Neda + complete weeding and Shiroodi + herbicide + weeding. Lack of weed control in Tarom Hashemi, Neda and Shiroodi cultivars reduced 38.2, 63.3 and 61.7% of grain yield compared to complete weed control, respectively. The results showed that at all three stages of sampling, the lowest weed density and dry weight in all three sampling stages was related to herbicide + weeding treatment in Shiroodi cultivar which had good control over weed and was able to reduce weed density and its dry weight.

Conclusion

In general, it can be concluded that although the yield of rice in the direct planting system was the highest in the absence of weed contamination; however, since the application of triafamone+ethoxysulfuron herbicide along with weeding caused reduction the density and dry weight of weeds, and also, improved the yield and yield components of all three rice cultivars, so this management method can be used to control weeds more effectively and achieve proper yield in this system.

Keywords: Grain yield, Integrated management, Mulch, Weeding

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، ص ۲۸۹-۲۷۵

پاسخ ارقام مختلف برنج (*Oryza sativa* L.) به روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز در نظام کشت مستقیم

علیرضا عالمیان درونکلا^۱، فائزه زعفریان^{۲*}، هدی آبادیان^۳، ایران‌دخت منصوری^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۴

چکیده

کشت مستقیم برنج یکی از روش‌های مرسوم کشت و کار در دنیا بوده و چنانچه علف‌های هرز به‌طور صحیح کنترل شود؛ عملکرد برنج در کشت مستقیم تقریباً برابر با کشت نشایی خواهد شد. در پژوهش حاضر تیمارها شامل سه رقم مختلف برنج طارم هاشمی، شیروودی و ندا تحت شش روش مدیریتی علف‌هرز (بدون وجین، دو بار وجین، استفاده از مالچ پوسته برنج، علف‌کش تریافامون+اتوکسی سولفورون، علف‌کش تریافامون+اتوکسی سولفورون + وجین و وجین کامل) در نظر گرفته شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بیشینه ارتفاع و تعداد پنجه به‌ترتیب در رقم طارم هاشمی و وجین کامل علف‌هرز و رقم شیروودی تحت روش وجین کامل علف‌هرز مشاهده شد. حداکثر تعداد دانه پر و همچنین بالاترین وزن هزار دانه نیز در تیمار کنترل کامل علف‌هرز مشاهده شد. بیشینه عملکرد دانه (۸۱۹۲/۵ کیلوگرم در هکتار) در رقم شیروودی همراه با وجین کامل علف‌هرز مشاهده شد که با تیمارهای ندا و وجین کامل علف‌هرز و شیروودی با مدیریت تلفیق علف‌کش + وجین علف‌هرز در یک گروه آماری قرار گرفت. عدم کنترل علف‌هرز در رقم طارم هاشمی، ندا و شیروودی به‌ترتیب موجب کاهش ۳۸/۲، ۶۳/۳ و ۶۱/۷ درصدی عملکرد دانه نسبت به کنترل کامل علف‌هرز شد. نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تراکم و وزن خشک علف‌هرز نشان داد که در هر سه مرحله نمونه‌برداری، کمترین تراکم و وزن خشک علف‌هرز مربوط به تیمار مصرف علف‌کش + وجین در رقم شیروودی بود. از آنجاکه کاربرد علف‌کش تریافامون+اتوکسی سولفورون به همراه وجین ضمن کاهش تراکم و وزن خشک علف‌هرز، موجب بهبود عملکرد و اجرای عملکرد هر سه رقم برنج شد، لذا می‌توان از این روش مدیریتی برای کنترل مؤثرتر علف‌هرز و حصول عملکرد مناسب در این نظام کشت استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، مالچ، مدیریت تلفیقی، وجین

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین غلات در کشورهای درحال توسعه بوده و با سطح زیر کشت بیش از ۱۶۷ میلیون هکتار و مقدار تولید ۷۸۰ میلیون تن در جهان غذای بیش از ۳ میلیارد نفر یا

به عبارت دیگر نصف مردم جهان را تأمین می‌کند (FAO, 2019; Rajput et al., 2017). روش مرسوم تولید برنج در آسیا و همچنین ایران، نشاکاری دستی گیاهچه‌ها در خاک گل‌آب شده با شرایط غرقاب دائم است. وجود تنگناهایی همچون دشواری عملیات احداث خزانه و نشاءکاری، افزایش هزینه‌های کارگری و مصرف بیش از اندازه آب، ضرورت توجه به روشی جایگزین را به‌منظور کاهش هزینه‌های تولید این محصول راهبردی و اقتصادی‌تر کردن تولید برنج آشکار می‌سازد (Rajabian et al., 2018).

کشت مستقیم برنج در شرایط بوم‌شناختی و نظام‌های تولیدی مختلف، نوید چیرگی بر چالش‌های موجود را داده و به‌عنوان جایگزینی بالقوه برای کشت نشایی قابل‌تصور است (Singh et al., 2016). بازده اقتصادی مناسب، کشت سریع‌تر و آسان‌تر، کاهش طول دوره رشد و رسیدگی زودتر (۷-۱۰ روز)، به‌کارگیری نیروی انسانی کمتر، بازده مناسب‌تر مصرف آب، قابلیت مکانیزاسیون بیشتر و کاهش

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- ۲- دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- ۳- استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران
- ۴- استادیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

*) نویسنده مسئول: Email: fa_zaefarian@yahoo.com

DOI: 10.22067/jcesc.2022.73706.1114

فاصله ردیف و کاربرد علف‌کش‌های بتنازون، ستوکسیدیم سدیم و پروپانیل + سینوسولفورون بر شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد برنج در کشت مستقیم مشاهده کردند که افت عملکرد برنج در کرت‌های آلوده به علف‌هرز در حدود ۹۵ درصد بود و با در نظر گرفتن چنین افت عملکردی در شرایط عدم کنترل علف‌هرز، تنها با یک مرتبه کاربرد اختلاط‌های علف‌کش‌های ستوکسیدیم سدیم + بروماکسینیل + ام سی پی آ در طی فصل رشد رضایت‌بخش به نظر می‌رسد. اگرچه کاربرد علف‌کش‌ها نیروی کارگری برای وجین را کاهش می‌دهند؛ اما توسعه مصرف آن‌ها موجب نگرانی درباره ایجاد بیوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش‌ها، محدودیت ساخت علف‌کش‌های جدید، تغییر فلور علف‌های هرز، آلودگی‌های زیست‌محیطی و به خطر افتادن سلامتی انسان می‌شود و در نتیجه موجب محدودیت کاربرد آن‌ها توسط کشاورزان در آینده خواهد شد (Buhler et al., 2002). لذا استفاده از سایر روش‌های مدیریت علف‌هرز در تلفیق با علف‌کش که سبب کاهش مصرف و همچنین افزایش کارایی آن‌ها شود؛ ضروری است.

تعدادی روش جایگزین برای مبارزه شیمیایی در مدیریت علف‌های هرز وجود دارد که یکی از مهم‌ترین روش‌ها استفاده از ارقام با توان رقابتی بالا در مقابل علف‌هرز می‌باشد (Saito et al., 2010). اگرچه برنج عموماً رقیب ضعیفی در برابر علف‌های هرز است؛ اما گزارش‌های متعددی مبنی بر وجود تنوع ژنتیکی در توانایی رقابت با علف‌های هرز در بین ارقام مختلف آن در آسیا (Namuco et al., 2009)، آمریکای لاتین و آفریقا (Saito et al., 2010) وجود دارد. علاء و همکاران (Ala et al., 2014) در مقایسه قدرت رقابت علف‌هرز در سیستم کشت مستقیم و نشاء برنج مشاهده کردند که تفاوت‌های ژنتیکی در رشد و پاسخ‌های فیزیولوژیک به سیستم کشت در بین ارقام وجود دارد و در کشت مستقیم رقم بومی طارم دیلمانی توانمندی بیشتری نسبت به دو رقم (خزر و لاین ۸۴۳) دارد. هدف پژوهش حاضر این است که به بررسی تأثیر شیوه‌های مدیریت علف‌های هرز روی زیست‌توده و تراکم علف‌های هرز و نیز عملکرد و اجزای عملکرد ارقام برنج طارم هاشمی، ندا و شیرودی در نظام کشت مستقیم بپردازد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های مدیریت علف‌های هرز بر زیست‌توده و تراکم علف‌های هرز و همچنین عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف گیاه برنج در کشت مستقیم، پژوهشی در سال زراعی ۱۳۹۷ در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج آمل واقع در جاده آمل - بابل با مختصات جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و میانگین ارتفاع ۲۳/۷

احتمال آسیب‌پذیری برنج در نتیجه خشکی پایان فصل از سودمندی‌های کشت مستقیم برنج می‌باشد (Aalaee Bazkiaei et al., 2017; Chauhan et al., 2015). دو و همکاران (Du et al., 2019) گزارش کردند که تکنیک کشت مستقیم برنج می‌تواند با تسریع آماده‌سازی زمین کشت سبب کاهش به‌ترتیب ۲۰ و ۳۰ درصدی هزینه‌های کارگری و آب نسبت به کشت نشایی شود.

باوجود تمام برتری‌های یادشده برای کشت مستقیم، یکی از اصلی‌ترین چالش‌های این نظام کشت مدیریت علف‌های هرز می‌باشد. در این نظام کشت، علف‌های هرز هم‌زمان با گیاهچه‌ی برنج سبز شده و در مقایسه با کشت نشایی، با سرعت بیشتری در خاک مرطوب رشد می‌کنند و در نتیجه، رقابتی شدید برای منابع بین گیاه زراعی و علف‌های هرز رخ می‌دهد (Khaliq and Matloob, 2011). از این رو، علف‌های هرز بزرگ‌ترین و مهم‌ترین عامل محدودکننده‌ی زیستی در موفقیت کشت مستقیم به‌شمار آمده و ناموفق بودن مدیریت آن‌ها سبب افت عملکرد در محدوده ۵۰ تا ۹۰ درصد می‌شود (Chahan, 2012). علاء و همکاران (Ala et al., 2014) طی پژوهشی اظهار داشتند که در شرایط بدون علف‌هرز، عملکرد برنج در دو نظام کشت نشایی و مستقیم تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند، اما در شرایط رقابت علف‌هرز افت عملکرد برنج در کشت مستقیم و نشایی به‌ترتیب ۶۶ و ۱۴ درصد بود.

انتخاب نظام کشت مستقیم موجب تغییر فلور علف‌های هرز و افزایش علف‌های هرز سمج می‌شود (Singh et al., 2013). یکی از راهکارهای مدیریت علف‌هرز استفاده از مالچ کاه و کلش می‌باشد. مالچ‌ها به‌طور کلی نوسانات دمایی خاک و جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز را کاهش داده و نیز با ایجاد مانع فیزیکی رشد علف‌های هرز را محدود می‌کنند (Zare Hosseini et al., 2014). برخی محققین گزارش کردند کاربرد مالچ کاه در خاکی که ذرت (*Zea mays* L.) کشت شده باعث کاهش رشد گیاهچه‌های علف‌هرز شده که این امر عمدتاً به خاطر کاهش نفوذ نور است که با تولید یک لایه خفه‌کننده موجب کاهش فتوسنتز می‌شود (Ataure Rahman et al., 2005).

روش‌های متداول مدیریت علف‌های هرز در برنج شامل وجین توسط کولتیواسیون است، با این وجود، این روش به دلیل افزایش هزینه‌های کارگری و کمبود نیروی کار در زمان بحرانی وجین قابلیت کاربرد عملی کمتری دارد (Kumar et al., 2012). لذا در این شرایط، انتخاب علف‌کش‌ها به دلیل کارایی بیشتر، کاربرد آسان‌تر، مدیریت انتخابی بهتر و صرفه‌جویی در به‌کارگیری نیروی انسانی و کاهش هزینه‌ها عمومیت بیشتری دارد. در پژوهش رجیبان و همکاران (Rajabian et al., 2018) مشاهده شد که تمامی تیمارهای علف‌کشی سبب کاهش معنی‌دار زیست‌توده علف‌های هرز و افزایش عملکرد دانه در تمامی ژنوتیپ‌ها در مقایسه با شاهد آلوده به علف‌هرز شدند. درخشان و همکاران (Derakhshan et al., 2015) با بررسی

آماده‌سازی و اجرای نقشه‌ی آزمایش از خاک نمونه‌گیری شد تا برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قرار گیرد که نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۱ قابل مشاهده است.

متر از سطح دریا، انجام شد. منطقه مطالعاتی جزء مناطق معتدل و مرطوب با متوسط بارندگی سالیانه ۷۰۶/۲ میلی‌متر می‌باشد و میانگین دمای سالیانه هوا در این منطقه ۱۹/۴ درجه سانتی‌گراد است. به‌منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی، قبل از انجام عملیات

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil in the experimental part

بافت خاک Soil texture	مقدار عناصر خاک The amount of soil elements			کربن آلی Organic carbon (%)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	ماده آلی Organic matter
	پتاسیم Potassium (mg.kg ⁻¹)	فسفر Phosphorus (mg.kg ⁻¹)	نیترژن کل Total Nitrogen (%)				
لومی Loamy	118	5.2	0.2	3.7	7.07	0.85	6.4

آبیاری مزرعه برنج بلافاصله پس از کاشت بذرها، اولین نوبت آبیاری به‌صورت بارانی انجام گرفت. آبیاری در ابتدای فصل رشد با فاصله هر دو روز در میان در هفته و در نوبت‌های بعدی یک تا دو بار در هفته با توجه به دمای هوا و خشکی خاک صورت گرفت. علف‌کش تریافامون+ اتوکسی سولفورون با نام تجاری (کانسیل اکتیو)، یک علف‌کش سیستمیک و تماسی است که با مهار فعالیت آنزیم استولاکتات سینتاز از رشد علف‌های باریک برگ و پهن‌برگ جلوگیری می‌کند. سم‌پاشی این علف‌کش توسط سم‌پاش پستی شارژی ۲۰ لیتری با فشار پاشش ۲/۸ بار و شماره نازل ۸۰۰۲ تی جت با نازل بادبزی انجام شد که بر اساس ۲۵۰ لیتر در هکتار کالیبره شده بود.

صفات مورفولوژی مورد بررسی ازجمله ارتفاع بوته، طول خوشه و تعداد کل پنجه برنج، در زمان خوشه‌دهی از روی ۱۰ بوته در هر کرت اندازه‌گیری انجام شد و پس از رسیدگی فیزیولوژیکی برنج تعداد خوشه در واحد سطح با شمارش از روی تعداد بوته‌ی موجود در یک مترمربع، تعداد خوشه‌چه‌های پر و پوک با شمارش از روی ۲۰ خوشه در هر کرت به‌دست آمد. همچنین جهت محاسبه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، در تاریخ سه شهریورماه در رقم طارم هاشمی، ۱۵ شهریورماه در رقم شیروودی و ۱۶ شهریورماه در رقم ندا برداشت از سطح دو مترمربع صورت گرفت و پس از خرم‌کوبی عملکرد دانه برای تیمارهای مختلف برحسب رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. نمونه‌گیری از تراکم علف‌هرز و زیست‌توده آن‌ها در سه مرحله ۵۰ روز بعد از بذریابی (ابتدای خوشه‌دهی در رقم طارم و مرحله آبستنی در دو رقم ندا و شیروودی)، زمان گلدهی و مرحله برداشت با استفاده از کوادرات ۱×۱ مترمربع، انجام شد.

در هر کرت نمونه‌های علف‌های هرز، که بدون ریشه برداشت شده بودند، پس از برداشت داخل پاکت‌های کاغذی قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها پس از انتقال، در داخل آون با

این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل سه رقم مختلف برنج طارم هاشمی، شیروودی و ندا تحت شش روش مدیریتی علف‌هرز (بدون وجین، دو بار وجین (۴۰ روز پس از سبز شدن و در مرحله خوشه‌دهی)، استفاده از مالچ پوسته برنج (بعد از بذریابی و به میزان نیم کیلوگرم در هر مترمربع)، علف‌کش تریافامون+ اتوکسی سولفورون (با دز توصیه‌شده ۳۰ گرم ماده مؤثره در هکتار در ۵ روز بعد از سبز شدن و در مرحله دو برگ)، تیمار علف‌کش تریافامون+ اتوکسی سولفورون (با دز توصیه‌شده ۳۰ گرم ماده مؤثره در هکتار در ۵ روز بعد از سبز شدن و در مرحله دو برگ)+ وجین (۴۰ روز پس از سبز شدن و در مرحله خوشه‌دهی) و وجین کامل (کلیه علف‌های هرز در طول فصل رشد حذف می‌شوند) در نظر گرفته شد. ابتدا بذور تهیه‌شده از سال قبل را بعد از سبک و سنگین کردن در محلول آب و نمک با قارچ‌کش تیوفانات متیل تیرام به نسبت دو در هزار ضدعفونی شد. بعد از عملیات آماده‌سازی زمین، کشت مستقیم بذرها در برنج جوانه‌دار شده در اوایل خردادماه به‌صورت خطی در کرت‌های ۲×۲ متر انجام شد. ارقام با فواصل ۲×۲۰ سانتی‌متر کشت شدند. در این آزمایش بذور گواهی‌شده‌ی برنج، از شرکت خدمات حمایتی کشاورزی تهیه شد. کوددهی در تمام کرت‌ها بر اساس آزمون خاک و مبارزه با آفات و امراض در صورت نیاز انجام شد. در این آزمایش برای رقم طارم هاشمی ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره و کودهای فسفر و پتاسیم به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف گردید و برای دو رقم شیروودی و ندا ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره و مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کودهای فسفر و پتاسیم استفاده شد. به‌طوری‌که در تمام ارقام مورد مطالعه، ۵۰ درصد کود اوره به‌صورت پایه و ۲۵ درصد آن در زمان طویل شدن ساقه و ۲۵ درصد دیگر نیز در زمان تشکیل خوشه مصرف شد. کود فسفر کامل به‌صورت پایه و کود پتاس نیز ۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد دیگر در زمان تشکیل خوشه به شکل سرک مصرف گردید. جهت

دمای ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند. در نهایت با استفاده از ترازوی دیجیتالی توزین شدند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS version 9.4 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تراکم و وزن خشک کل علف‌های هرز: علف‌های هرز غالب شناسایی شده در مزرعه شامل سوروف (*Echinochoa crus-galli*)، اویارسلام (*Cyperus difformis* L.) و بندواش (*Paspalum distichum*) بودند و مابقی علف‌های هرز به‌عنوان سایر در نظر گرفته شدند، که در مزارع اطراف نیز همین علف‌های هرز مشاهده شد.

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌های حاصل از تراکم و وزن خشک کل علف‌های هرز نشان داد که در هر سه مرحله نمونه‌برداری، رقم و روش‌های مدیریت علف‌هرز و همچنین اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر تراکم و وزن خشک علف‌هرز داشت (جدول ۲). نتایج جدول ۳ بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار تراکم و وزن خشک کل علف‌های هرز تحت روش‌های مختلف مدیریت علف‌هرز و رقم بود. به این صورت که بیشترین تراکم کل علف‌های هرز در مراحل اول (۸۴/۹ بوته در مترمربع)، دوم (۱۲۶/۳ بوته در مترمربع) و سوم (۹۶/۵۰ بوته در مترمربع) نمونه‌برداری در رقم ندا تحت شرایط عدم کنترل علف‌هرز (تیمار شاهد) شمارش شد. این در حالی است که

بهترین تیمار رقم شیروودی همراه با تلفیق وجین و علف‌کش بود که توانست تراکم کل علف‌های هرز در مرحله اول، دوم و سوم نمونه‌برداری را در مقایسه با تیمار عدم وجین به‌ترتیب ۷/۷۲، ۹/۷۲ و ۷/۸۰ درصد کنترل نماید (جدول ۳).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در مرحله اول، دوم و سوم نمونه‌برداری، رقم ندا تحت شرایط عدم کنترل علف‌هرز (شاهد) بیشترین وزن خشک کل علف‌های هرز (به‌ترتیب ۵/۱۰۳، ۲۰/۱۴۵ و ۶/۱۱۳ گرم در مترمربع) را به خود اختصاص داد (جدول ۳). کمترین میزان وزن خشک کل علف‌های هرز در هر سه مرحله نمونه‌برداری مربوط به تیمار مصرف علف‌کش به همراه وجین در رقم شیروودی بود که کنترل مناسبی بر علف‌هرز داشته و توانست وزن خشک کل علف‌های هرز را کاهش دهد (جدول ۳).

مطالعات زیادی مبنی بر وجود تنوع ژنتیکی در توانایی رقابت با علف‌های هرز در بین ارقام برنج وجود دارد (Namuco et al., 2009; Rodenburg and Johnson, 2009). در مطالعه‌ای که روی قابلیت رقابت ارقام برنج با علف‌هرز انجام شد مشاهده شد ارقامی که از توانایی زیادی برای رقابت با علف‌هرز برخوردارند، ضمن داشتن عملکرد بیشتر، زیست‌توده علف‌هرز را نیز کاهش دادند (Ala et al., 2014). در مطالعه‌ی مجد و آل ابراهیم (Majd and Al-Ibrahim, 2014) گزارش شده است کاربرد علف‌کش تریفلورالین به مقدار یک کیلوگرم در هکتار، قادر است زیست‌توده کل علف‌های هرز را در مقایسه با شاهد ۷۹/۰۷ درصد کاهش دهد که با نتایج جورسبک و همکاران (Jursik et al., 2015) هم‌راستا می‌باشد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم و روش‌های مدیریت علف‌هرز بر تراکم و وزن خشک کل علف‌های هرز

Table 2- Analysis of variance (mean squares) for the effect of cultivar and weed management methods on total weed density and dry weight

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	تراکم کل علف‌های هرز Total weed density			وزن خشک کل علف‌های هرز Total weed dry weight		
		مرحله ۱ Stage 1	مرحله ۲ Stage 2	مرحله ۳ Stage 3	مرحله ۱ Stage 1	مرحله ۲ Stage 2	مرحله ۳ Stage 3
Block بلوک	2	5.91	11.59	8.29	11.90	12.74	1.56
Cultivar رقم	2	490.15**	688.07**	597.91**	931.37**	1134.93**	743.92**
Weed management مدیریت علف‌هرز	5	4256.62**	8026.97**	6061.45**	6218.93**	11157.05**	8013.87**
C × W رقم × مدیریت علف‌هرز	10	114.46**	210.48**	86.39**	157.56**	426.91**	285.98*
Error خطا	34	12.38	18.90	8.21	26.52	6.88	1.61
CV(%) ضریب تغییرات	-	8.6	6.4	6.2	12.5	4.1	2.7

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد

* and **, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

مرحله اول: ۵۰ روز بعد از بذرپاشی، مرحله دوم: زمان گلدهی و مرحله سوم: زمان برداشت برنج

Stage 1: 50 days after sowing, Stage 2: flowering and stage 3: rice harvest time

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر تراکم و وزن خشک کل علف‌های هرز

Table 3- Mean comparison of the interaction effects of experimental treatments on total weed density and dry weight

تیمار Treatment Cultivar/Weed management	تراکم کل علف‌های هرز Total weed density			وزن خشک کل علف‌های هرز Total weed dry weight		
	مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳	مرحله ۱	مرحله ۲	مرحله ۳
	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 1	Stage 2	Stage 3
طارم هاشمی Tarom hashemi						
M ₁	70	97.80	75.9	66.60	92.4	71.70
M ₂	27.6	51.2	30.9	25.9	40.2	27.3
M ₃	26.1	57.3	36.30	26.9	48.90	37.5
M ₄	21.90	43.2	22.9	20.40	39.5	25.1
M ₅	30.7	68.9	47.9	31.1	62.20	49.3
ندا Neda						
M ₁	84.9	126.3	96.50	103.5	145.20	113.6
M ₂	30.8	54.2	33.90	34.4	43.9	31.10
M ₃	34.3	62.9	42.6	34.4	55.6	40.3
M ₄	22.7	46.6	26.9	26.90	44.8	29.5
M ₅	57.9	90.2	68.9	49.3	76.8	60.9
شیروودی Shiroodi						
M ₁	72	117.2	84.9	89.3	129.3	101.4
M ₂	29.9	38.8	22.5	26.2	37.2	21.9
M ₃	29.5	50.1	30.60	23.8	40.3	28.5
M ₄	19.7	31.8	16.5	16.1	26.6	13.1
M ₅	55.6	87.1	59.7	44.8	69.4	54.1
LSD	5.76	7.15	4.78	8.42	4.49	2.11

M₁: بدون وجین، M₂: دو بار وجین، M₃: علف‌کش تریافامون+اتوکسی سولفورون، M₄: علف‌کش تریافامون+اتوکسی سولفورون + وجین، M₅: مالچ

M₁: without weeding, M₂: twice weeding, M₃: triafamone+ethoxysulfuron herbicide, M₄: triafamone+ethoxysulfuron herbicide+weeding, M₅: mulch

مرحله اول: ۵۰ روز بعد از بذرپاشی، مرحله دوم: زمان گلدهی و مرحله سوم: زمان برداشت برنج

Stage 1: 50 days after sowing, Stage 2: flowering and stage 3: rice harvest time

صفات مورفولوژیک

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثرات اصلی و متقابل رقم و روش‌های مدیریت علف‌هرز بر ارتفاع بوته و تعداد پنجه برنج معنی‌دار بود؛ همچنین نتایج نشان داد که اثر اصلی تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌داری در طول خوشه گیاه برنج موجب شدند؛ درحالی‌که برهمکنش رقم و روش‌های مدیریتی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۴).

ارتفاع بوته: نتایج مبین این مطلب بود که وجین کامل علف‌هرز در رقم طارم هاشمی دارای بالاترین ارتفاع بوته (۱۳۷/۶۶ سانتی‌متر) بود که از لحاظ آماری با سایر روش‌های مدیریت علف‌هرز در این رقم (به جز شاهد) تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱- الف). همچنین در رقم طارم هاشمی عدم کنترل علف‌هرز موجب کاهش ۱۴/۵۲ درصدی ارتفاع بوته این گیاه نسبت به تیمار وجین کامل علف‌هرز شد (شکل ۱- الف).

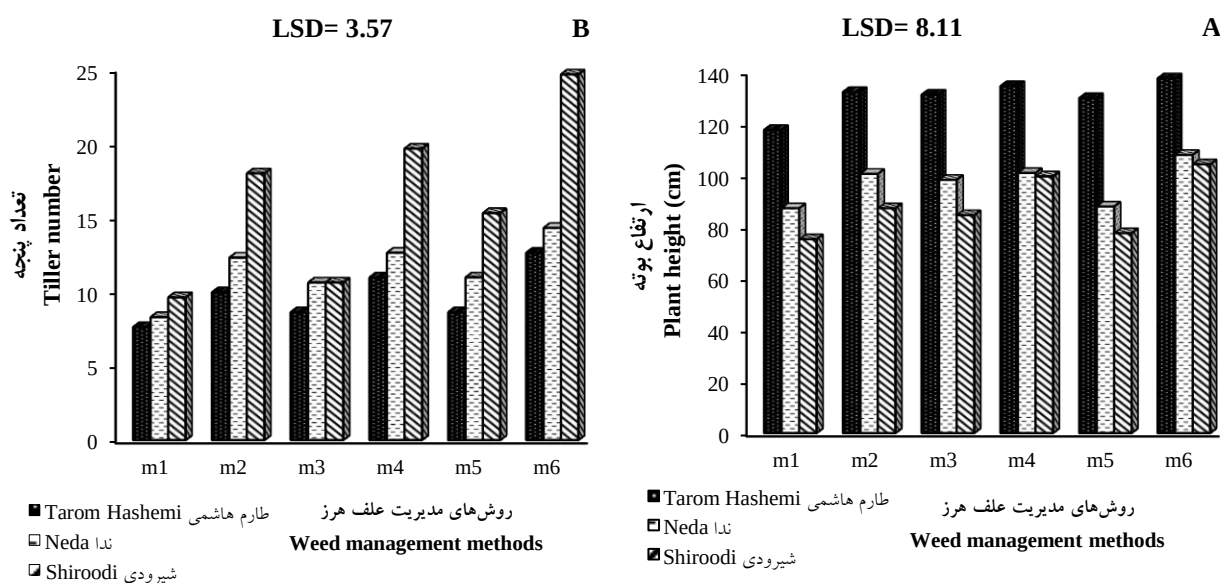
به نظر می‌رسد تراکم زیاد علف‌های هرز به‌ویژه در تیمار عدم وجین (جدول ۳) با سایه‌اندازی باعث کاهش نور و به دنبال آن کاهش

فستوتز و عدم رشد مطلوب (Aalaee Bazkiyaei et al., 2017) برنج شده و رقابت شدید علف‌هرز با گیاه زراعی برای منابع موجود (نور، فضا و مواد غذایی) موجب کاهش شدید ارتفاع برنج در این تیمارها شده است. نتایج مشابهی توسط قمری و احمدوند (Ghamari and Ahmadvand, 2013) در مورد کاهش ارتفاع با افزایش طول دوره تداخل علف‌های هرز گزارش شده است. کنترل بهتر علف‌های هرز در تیمار وجین کامل علف‌هرز باعث شد که برنج سرعت رشد و ارتفاع بیشتری در مراحل اولیه رشد پیدا کرده و قدرت رقابت آن با علف‌های هرز بیشتر شود که با دسترسی به نور بیشتر و سایه‌اندازی روی علف‌های هرز (Aalaee Bazkiyaei et al., 2017)، شرایط را برای استفاده از دیگر منابع فراهم نمود و همین امر موجب برتری گیاه زراعی و افزایش ارتفاع بوته‌های برنج در این تیمار شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در تمامی تیمارهای مدیریت علف‌هرز، رقم طارم هاشمی از ارتفاع بالاتری نسبت به دو رقم دیگر برخوردار بود، در همین راستا موسوی و همکاران (Moosavi et al., 2015) نیز تأثیر ژنوتیپ روی ارتفاع برنج را معنی‌دار عنوان کردند.

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم و روش‌های مدیریت علف‌هرز بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد برنج
Table 4- Analysis of variance (mean squares) for the effect of cultivar and weed management methods on morphological traits, yield and yield components of rice

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	تعداد پنجه Tiller number	طول خوشه Panicle length	وزن هزار دانه 1000- grain weight	تعداد دانه پر Filled grain number	تعداد دانه پوک Empty grain number	تعداد خوشه در مترمربع Panicle number per square meter	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
Block بلوک	2	65.72	3.16	3.12	0.52	50.07	2.16	5897.24	344622.34	864619.28
Cultivar رقم	2	8995.05**	206.88**	51.18**	27.75**	2839.01**	1962.72**	10256.12**	4443698.0**	2529370.02**
مدیریت علف‌هرز Weed management رقم*مدیریت	5	647.37**	89.02**	31.80**	30.60**	1685.49**	302.57**	20736.68**	23388057.1**	11745244.84**
علف‌هرز C×W	10	49.96*	15.11**	1.58 ^{ns}	2.52 ^{ns}	103.10 ^{ns}	58.43**	2847.24**	2165408.6**	2298367.95**
Error خطا	34	21.58	4.73	3.54	1.25	77.07	12.59	927.63	124095.4	466241.9
ضریب تغییرات CV(%)	-	4.4	17.3	8.2	5.6	11.6	19.2	13.3	6.6	5.2

ns, * and **, represent non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- تأثیر روش‌های مدیریت علف‌هرز بر ارتفاع بوته (A) و تعداد پنجه (B) سه رقم برنج

Figure 1- The effect of weed management methods on plant height (A) and tiller number (B) of three rice cultivars
M₁: بدون وجین، M₂: دو بار وجین، M₃: علف‌کش تریافامون + اتوکسی سولفورون، M₄: علف‌کش تریافامون + اتوکسی سولفورون + وجین، M₅: مالچ، M₆: وجین کامل
M₁: without weeding, M₂: twice weeding, M₃: triafamone+ethoxysulfuron herbicide, M₄: triafamone+ethoxysulfuron herbicide+ weeding, M₅: mulch, M₆: complete weeding

۷/۷ عدد در رقم طارم هاشمی بدون وجین علف‌هرز به‌دست آمد (شکل ۱-ب). در همین راستا دستان و همکاران (Dastan *et al.*, 2014) حداکثر تعداد پنجه بارور را در رقم پرمحصول شیروودی و کمترین تعداد پنجه بارور را برای دو رقم کم‌محصول سنگ طارم و

تعداد پنجه: نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و روش مدیریت علف‌هرز مؤید آن است که بیش‌ترین تعداد پنجه (۲۴/۷) عدد در رقم شیروودی و تحت روش وجین کامل علف‌هرز به‌دست آمد. همچنین نتایج اثر متقابل حاکی از آن است که کم‌ترین تعداد پنجه با

و ریشه همراه است که می‌توانند در جذب منابع مشترک و محدود مؤثر واقع شوند و سهم گیاه رقیب را در بهره‌مندی از آن کاهش دهند (Ebrahimpour Lish et al., 2017). در همین راستا اعلامی بازکیایی و همکاران (Aalaee Bazkiyaei et al., 2017) گزارش کردند که وجود علف‌های هرز به دلیل ایجاد رقابت سبب کاهش تولید پنجه و در نتیجه کاهش عملکرد شل‌توک در گیاه برنج شد.

طارم هاشمی گزارش کردند. نتایج اثر متقابل نشان داد که در رقم طارم هاشمی کنترل کامل علف‌های هرز ۶۵/۳ درصد تعداد پنجه‌های این گیاه را نسبت به تیمار عدم کنترل علف‌هرز در این رقم افزایش داد (شکل ۱-ب). کنترل بهتر علف‌های هرز در تیمار وجین کامل علف‌هرز و همچنین تیمار علف‌کش تریافامون + اتوکسی سولفورون + وجین (جدول ۳) باعث افزایش توانایی برنج در رقابت با علف‌های هرز و تولید پنجه بیشتر باشد. واضح است که تولید پنجه بارور با تولید برگ

جدول ۵- مقایسه میانگین رقم و تیمارهای مدیریت علف‌های هرز بر طول خوشه، وزن هزار دانه و تعداد دانه پر در برنج

Table 5- Mean comparisons cultivar and weed management treatments on panicle length, 1000-grain weight and filled grain number of rice

عامل Factor	طول خوشه Panicle length (cm)	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	تعداد دانه پر Filled grain number
رقم Cultivar			
Tarom hashemi طارم هاشمی	24.6	19.9	67.6
Neda ندا	23.4	18.7	69.4
Shiroodi شیروودی	21.3	21.10	90.2
LSD	1.27	0.76	5.94
روش‌های مدیریت علف‌هرز weed management methods			
Without weeding بدون وجین	20.3	17.20	57.3
Twice weeding دو بار وجین	23.34	20.23	75.4
Herbicide علف‌کش	22.3	19.8	70.9
Herbicide+ weeding علف‌کش + وجین	23.9	20.5	87.8
Mulch مالچ	22.7	18.80	68.2
Complete weeding وجین کامل	25.9	22.8	94.9
LSD	1.80	1.07	8.41

اجزای عملکرد

وزن هزار دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس مؤید این مسئله بود که اثرات اصلی رقم و مدیریت علف‌هرز بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود، در حالی که اثر متقابل تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۴). نتایج نشان داد که وزن هزار دانه در ارقام طارم هاشمی، ندا و شیروودی به ترتیب ۱۹/۹، ۱۸/۷ و ۲۱/۱۰ گرم بود و رقم شیروودی از وزن هزار دانه بالاتری نسبت به سایر ارقام برخوردار بود (جدول ۵). بالاترین وزن هزار دانه با ۲۲/۸ گرم تحت کنترل کامل علف‌هرز به دست آمد که موجب افزایش ۳۲/۲ درصدی وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین بین سه روش مدیریتی علف‌کش + وجین، دو بار وجین و استفاده از علف‌کش به تنهایی تفاوت آماری چندانی مشاهده نشد (جدول ۵). با توجه به این که وزن هزار دانه به میزان هیدرات کربن ذخیره شده در شروع پر شدن دانه و ژنوتیپ گیاه بستگی داشته و کمبود عناصر غذایی موجود در خاک در زمان پر شدن دانه‌ها سبب

طول خوشه: بررسی آماری اثر اصلی تیمارهای آزمایش نشان

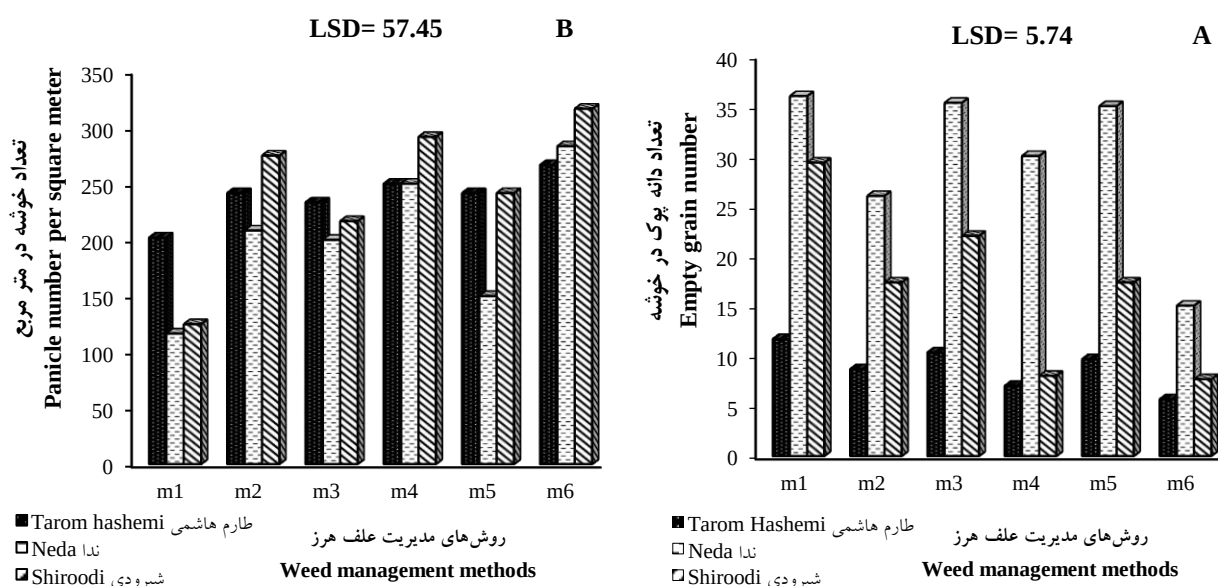
داد که بلندترین طول خوشه به میزان ۲۴/۶ سانتی‌متر مربوط به رقم طارم هاشمی بود که با رقم ندا در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). در بین روش‌های مدیریت علف‌هرز نیز، تیمار وجین کامل علف‌هرز از طول خوشه بالاتری نسبت به سایر تیمارهای آزمایش برخوردار بود و افزایش ۲۷/۹۹ درصدی طول خوشه برنج را نسبت به تیمار شاهد در پی داشت و سایر روش‌های مدیریتی نیز از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند (جدول ۵). در بررسی‌های دیگر مشاهده شد که رابطه غیرمستقیمی بین افزایش تراکم علف‌های هرز با طول خوشه تولیدی توسط برنج وجود دارد، به طوری که افزایش در تراکم علف‌های هرز سبب کاهش طول خوشه برنج شود (Mahzari et al., 2013). در همین راستا کندل و همکاران (Kandel et al., 2019) در ارزیابی رشد، بهره‌وری و سودآوری برنج با روش‌های مختلف مدیریت علف‌هرز گزارش کردند که تیمار دو بار وجین دستی علف‌هرز موجب افزایش طول خوشه در گیاه برنج شد.

شده است. محضری (Mahzari, 2011) گزارش کردند که کنترل مطلوب علف‌های هرز در تیمارهای مصرف علف‌کش سبب شد تا در طول دوره رویش گیاه برنج ماده خشک بیشتری ایجاد شود و این افزایش ماده خشک سبب تولید دانه پر بیشتری شود. این محقق همچنین دلایل داشتن تعداد دانه پر بیشتر در خوشه را کاهش تراکم علف‌های هرز در واحد سطح، افزایش قدرت رقابتی گیاه برنج و بالا بودن شاخص‌های رشدی نظیر سطح برگ، ماده خشک کل، سرعت رشد نسبی و سرعت رشد گزارش کرد.

تعداد دانه پوک در خوشه: بررسی اثر تیمارهای آزمایش بر تعداد دانه پوک در خوشه نشان داد که بین ارقام مختلف و روش‌های مدیریت علف‌هرز و برهمکنش آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و روش مدیریتی مؤید آن است که بیش‌ترین تعداد دانه پوک در خوشه (۳۶ عدد) در رقم ندا و همچنین عدم کنترل علف‌هرز (شاهد) به‌دست آمد که با تیمارهای علف‌کش و استفاده از مالچ در همین رقم در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۲-الف). همچنین نتایج اثر متقابل حاکی از آن است که کنترل کامل علف‌های هرز در رقم ندا موجب کاهش ۵۸/۴ درصدی تعداد دانه پوک در خوشه نسبت به تیمار شاهد (عدم کنترل علف‌هرز) در این رقم شد (شکل ۲-الف). کم‌ترین تعداد دانه پوک در خوشه با ۵/۷ عدد در رقم طارم هاشمی و شرایط کنترل کامل علف‌هرز به‌دست آمد، بر این اساس وجین کامل علف‌هرز در رقم طارم هاشمی تعداد دانه پوک در خوشه را نسبت به رقم ندا در شرایط عدم کنترل علف‌هرز به میزان ۸۴/۳ درصدی کاهش داد (شکل ۲-الف). یاماسو (Yamasue, 2001) گزارش کرد که در تیمار عدم وجین، رقابت بین گیاه زراعی و علف‌هرز باعث کاهش دسترسی گیاه به نور شود، زیرا ارتفاع علف‌هرز به‌ویژه سوروف (*Echinochloa crus-galli*) همیشه بیشتر از ارتفاع برنج خصوصاً پس از ظهور خوشه است و همین امر سبب کاهش نور به سایه‌انداز برنج شده و کاهش فتوسنتز را در طی دوره پر شدن دانه در پی خواهد داشت که سبب افزایش درصد دانه پوک، کاهش تعداد دانه در خوشه و عملکرد می‌شود. نصیری و همکاران (Nasiri et al., 2014) بیش‌ترین تعداد دانه پوک در خوشه برنج را در تیمار شاهد رقابت مشاهده کردند.

کاهش وزن آن‌ها می‌شود، دلیل کاهش وزن هزار دانه را می‌توان به تشکیل دانه‌های کوچک‌تر در اثر کاهش دسترسی گیاه به عوامل محیطی به‌ویژه نور در اثر رقابت زیاد بین بوته‌ها، کاهش تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت انتقال مواد فتوسنتزی کمتر به دانه‌ها علی‌الخصوص در زمان پر شدن آن‌ها نسبت داد (Marashi et al., 2007). محضری و همکاران (Mahzari et al., 2013) نیز اظهار داشتند که کاهش جمعیت و زیست‌توده علف‌های هرز در تیمارهایی که مدیریت علف‌هرز در آن‌ها به‌درستی انجام شده، منجر به تنش رقابتی کمتر برنج با علف‌هرز سوروف و در نتیجه انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به اندام‌های ذخیره‌ای و تولید بذور سنگین‌تری شد. سیلوستر و همکاران (Sylvestre et al., 2018) و چاندو و همکاران (Chandu et al., 2018) نیز در نتایج خود به تأثیر رقابت علف‌هرز در کاهش وزن هزار دانه برنج اشاره داشتند.

تعداد دانه پر: نتایج نشان داد تأثیر رقم و روش‌های مدیریت علف‌هرز بر تعداد دانه پر در خوشه معنی‌دار بود، درحالی‌که برهمکنش تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارهای آزمایش مؤید آن است که در بین ارقام موردبررسی، رقم شیروودی دارای بیش‌ترین تعداد دانه پر در خوشه (۹۰/۲ عدد) نسبت به دو رقم دیگر بود (جدول ۵). همچنین نتایج آزمایش نشان داد که کنترل کامل علف‌هرز سبب افزایش تعداد دانه پر در خوشه به میزان ۹۴/۹ عدد شد که با تیمار علف‌کش + وجین در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). کم‌ترین تعداد دانه پر در خوشه در تیمار عدم کنترل علف‌هرز (۵۷/۳ عدد) مشاهده شد که موجب کاهش ۳۹/۷ درصدی تعداد دانه پر در خوشه نسبت به کنترل کامل علف‌هرز شد (جدول ۵). کنترل مناسب و کاهش تراکم علف‌های هرز امکان تولید شاخ و برگ بیشتر بوته برنج و دسترسی بهتر به نور را فراهم می‌کند که این امر افزایش فتوسنتز کانوبی را در پی دارد، بالطبع فراهمی ماده پرورده بیشتر، تقویت همه‌جانبه‌ی گیاه و پر شدن بهتر دانه را به دنبال خواهد داشت (Ebrahimipour Lish et al., 2017). بر اساس نتایج جدول ۳ تیمار استفاده از علف‌کش + وجین، کنترل مناسبی نسبت به علف‌های هرز داشته و کم‌ترین تراکم و وزن خشک علف‌های هرز را به خود اختصاص داده است، به نظر می‌رسد همین امر موجب افزایش تعداد دانه پر در خوشه در این تیمار



شکل ۲- تأثیر روش‌های مدیریت علف‌هرز بر تعداد دانه پوک در خوشه (A) و تعداد خوشه در مترمربع (B) سه رقم برنج
 Figure 2- The effect of weed management methods on empty grain number (A) and panicle number per square meter (B) of three rice cultivars

M₁: بدون وجین، M₂: دو بار وجین، M₃: علف‌کش تریافامون+ اتوکسی سولفورون، M₄: علف‌کش تریافامون+ اتوکسی سولفورون +وجین، M₅: مالچ، M₆: وجین کامل
 M₁: without weeding, M₂: twice weeding, M₃: triafamone+ethoxysulfuron herbicide, M₄: triafamone+ethoxysulfuron herbicide+ weeding, M₅: mulch, M₆: complete weeding

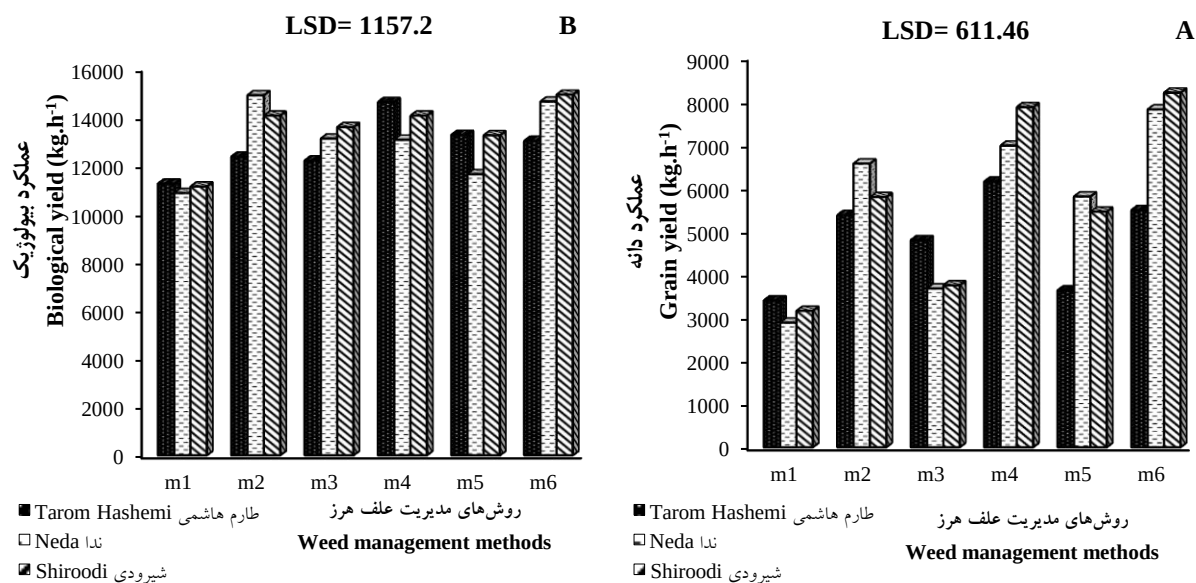
علف‌های هرز در طی اوایل رشد برنج، منجر به پایین آمدن رقابت علف‌هرز با گیاه برنج در زمینه رطوبت، مواد مغذی و نور خورشید شده که به نوبه‌ی خود منجر به افزایش تعداد خوشه در مترمربع و عملکرد دانه برنج می‌شود که با نتایج آنترالینا و همکاران (Antralina et al., 2015) هم‌راستا می‌باشد.

عملکرد

عملکرد دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی و برهمکنش تیمارهای آزمایش در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). بر اساس شکل ۳- الف بیشترین عملکرد دانه (۸۱۹۲/۵ کیلوگرم در هکتار) در رقم شیروودی با تیمار وجین کامل علف‌هرز مشاهده شد که با تیمارهای ندا با وجین کامل علف‌هرز و شیروودی با تیمار تلفیق علف‌کش و وجین علف‌هرز در یک گروه آماری قرار گرفت. عدم کنترل علف‌هرز در رقم طارم هاشمی، ندا و شیروودی به ترتیب موجب کاهش ۳۸/۲، ۶۳/۳ و ۶۱/۷ درصدی عملکرد دانه نسبت به کنترل کامل علف‌هرز در هر یک از این ارقام شد. بر این اساس در شرایط تداخل شدید علف‌هرز، درصد کاهش عملکرد دانه در رقم طارم هاشمی نسبت به دو رقم دیگر کمتر بود (شکل ۳- الف). کمترین عملکرد دانه به میزان ۲۸۶۹/۲ کیلوگرم در هکتار در رقم ندا و شرایط عدم کنترل علف‌هرز مشاهده شد (شکل ۳- الف).

تعداد خوشه در مترمربع: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان

داد که اثرات اصلی تیمارهای آزمایش و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر تعداد خوشه در مترمربع معنی‌دار بود (جدول ۴). در همین راستا نتایج به دست آمده از اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر تعداد خوشه در مترمربع، نشان داد که بیشترین تعداد خوشه (۳۱۶/۷) مربوط به رقم شیروودی و کنترل کامل علف‌های هرز بود که از لحاظ آماری با تیمار علف‌کش + وجین و دو بار وجین در همین رقم و همچنین تیمار وجین کامل در رقم ندا تفاوت چندانی نداشت (شکل ۲- ب). همچنین نتایج نشان داد که عدم کنترل علف‌های هرز (شاهد) در رقم‌های طارم هاشمی، ندا و شیروودی به ترتیب موجب کاهش ۲۴/۲۵، ۵۸/۸۲ و ۶۰/۵۲ درصدی تعداد خوشه در مترمربع نسبت به کنترل کامل علف‌های هرز در این سه رقم شد (شکل ۲- ب). کاهش تعداد خوشه برنج در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز که دارای بیشترین میزان تراکم علف‌های هرز نسبت به سایر تیمارها می‌باشد (جدول ۳) می‌تواند به دلیل کاهش تولید پنجه در این تیمار (شکل ۱- ب) و به دنبال آن کاهش تولید خوشه در روند تکامل گیاه به دلیل رقابت و محدودیت منابع باشد. به نظر می‌رسد به دلیل قانون ثبات عملکرد در واحد سطح، با ورود علف‌هرز به داخل برنج، بخشی از فضا توسط علف‌هرز تسخیر شده و سهم گیاه زراعی از منابع موجود کاهش خواهد یافت (Golmohammadi et al., 2012). القندر و خزیمی (El-Ghandor et al., 2019) بیان داشتند که کنترل مؤثر



شکل ۳- تأثیر روش‌های مدیریت علف‌هرز بر عملکرد دانه (A) و عملکرد بیولوژیک (B) سه رقم برنج
Figure 3- The effect of weed management methods on grain yield (A) and biological yield (B) of three rice cultivars
 M₁: بدون وجین، M₂: دو بار وجین، M₃: علف‌کش، M₄: علف‌کش+وجین، M₅: مالچ، M₆: وجین کامل
 M₁: without weeding, M₂: twice weeding, M₃: triafamone+ethoxysulfuron herbicide, M₄: triafamone+ethoxysulfuron herbicide+weeding, M₅: mulch, M₆: complete weeding

کنترل علف‌هرز (۱۰۸۴۷/۸ کیلوگرم در هکتار) بوده است که با تیمار شیروودی و بدون وجین، طارم هاشمی با تیمار بدون وجین و ندا با تیمار مالچ تفاوت چندانی را از لحاظ آماری نشان نداد (شکل ۳-ب). عدم وجین علف‌های هرز در سه رقم طارم هاشمی، ندا و شیروودی به ترتیب باعث کاهش ۱۳/۷، ۲۵/۹۰ و ۲۵/۶ درصدی عملکرد بیولوژیک برنج شد (شکل ۳-ب). این کاهش در زیست‌توده برنج بر اثر تداخل علف‌های هرز می‌تواند از کاهش در میزان دسترسی گیاه زراعی به منابع محیطی و فضا و تولید مواد فتوسنتزی ناشی شود که مانع از توسعه بوته‌های گیاه زراعی می‌شود (Mohmmad Alinejadi and Moosavi, 2017). به عبارتی افزایش شدت رقابت علف‌های هرز با برنج به علت سایه‌اندازی علف‌های هرز از یک‌سو و کاهش توان جذب آب و عناصر غذایی به علت رقابت برنج با علف‌های هرز از سوی دیگر، منجر به تولید بوته‌های کوچک‌تر با سطح برگ کمتر در برنج شده که نتیجه نهایی آن کاهش فتوسنتز و تجمع ماده خشک در بوته‌های برنج می‌باشد که با نتایج کومار و همکاران (Kumar et al., 2019) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته و تعداد پنجه به ترتیب در رقم طارم هاشمی و رقم شیروودی تحت روش

تراکم زیاد علف‌هرز در تیمار عدم کنترل علف‌هرز (جدول ۳) موجب کمبود شدید عناصر غذایی به دلیل رقابت درون‌گونه‌ای برنج و علف‌هرز شده که این امر موجب کاهش عملکرد برنج شد. محمد و همکاران (Mohammad et al., 2016) در بررسی اثر روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز بر عملکرد برنج در کشت مستقیم اظهار داشتند که وجین دستی علف‌هرز موجب افزایش عملکرد دانه در این گیاه شد که با نتایج ماهر رحمان و همکاران (Moshiur Rahman et al., 2019) هم‌راستا می‌باشد. پارامسواری و سربنیواس (Parameswari and Srinivas, 2017) در بررسی مدیریت علف‌های برنج گزارش کردند که عدم کنترل علف‌هرز کاهش ۳۵-۳۰ درصدی عملکرد دانه این گیاه را به دنبال خواهد داشت.

عملکرد بیولوژیک: اطلاعات به‌دست‌آمده از تجزیه داده‌های

آزمایش بیانگر آن بود که تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌هرز و رقم و همچنین برهمکنش تیمارها بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۴). بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار شیروودی با کنترل کامل علف‌هرز به میزان ۱۴۹۲۳/۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد؛ هرچند با رقم ندا تحت روش‌های مدیریت دو بار وجین و وجین کامل علف‌هرز، رقم طارم هاشمی تحت روش استفاده از علف‌کش به‌همراه وجین و همچنین رقم شیروودی تحت روش مدیریت دو بار وجین و علف‌کش+وجین، در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۳-ب). کمترین تأثیر بر عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار ندا با عدم

در رقم شیروودی بود که کنترل مناسبی بر علف‌هرز داشته و توانست تراکم و وزن خشک علف‌هرز را کاهش دهد. در مجموع می‌توان گفت علی‌رغم کنترل مناسب علف‌هرز در تیمار وجین در تمام طول فصل رشد، از آنجاکه این روش هم از لحاظ زمانی و هم اقتصادی روش کنترل مقرون به صرفه‌ای نیست، لذا کاربرد علف‌کش تریافامون + اتوکسی سولفورون به همراه وجین ضمن کاهش تراکم و وزن خشک علف‌هرز، موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد در هر سه رقم بررسی شد که تأثیر آن در رقم شیروودی بارزتر بود.

وجین کامل علف‌هرز مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه (۸۱۹۲/۵ کیلوگرم در هکتار) در رقم شیروودی با تیمار وجین کامل علف‌هرز مشاهده شد که با تیمارهای ندا با وجین کامل علف‌هرز و شیروودی با تیمار تلفیق علف‌کش + وجین علف‌هرز در یک گروه آماری قرار گرفت. همچنین نتایج نشان داد که در هر سه مرحله نمونه‌برداری، رقم و روش‌های مدیریت علف‌هرز و همچنین اثر متقابل آن‌ها سبب تأثیر معنی‌دار بر تراکم و وزن خشک کل علف‌های علف‌هرز شد؛ به‌طوری‌که کمترین میزان تراکم و وزن خشک کل علف‌هرز در هر سه مرحله نمونه‌برداری مربوط به تیمار مصرف علف‌کش + با وجین

References

1. Aalae Bazkiyaei, P., Asghari, J., Moradi, P., and Amiri, E. 2017. Rice yield variations as affected by direct seeding and herbicide application. *Journal of Crop Ecophysiology* 10 (4): 809-822. (in Persian with English abstract).
2. Ala, A., AghaAlihani, M., Amiri Larijani, B., and Soufizadeh, S. 2014. Comparison between direct-seeding and transplanting of rice in mazandaran province: weed competition, yield and yield components. *Field Crops Research* 12 (3): 463-475. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/GSC.V12I3.22637](https://doi.org/10.22067/GSC.V12I3.22637)
3. Antralina, M., Istina, I. N., Yuwariahc, Y., and Simarmatac, T. 2015. Effect of difference weed control methods to yield of lowland rice in the sobari. *Procedia Food Science* 3: 323-329. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.01.035>
4. Ataure Rahman, M., Chikushi, J., Saifizzaman, M., and Lauren, J. G. 2005. Rice straw mulching and nitrogen of no-till wheat following rice in Bangladesh. *Field Crop Research* 91: 71-81.
5. Buhler, D. D., Liebman, M., and Obrycki, J. J. 2002. Review: theoretical and practical challenges to an IPM approach to weed management. *Weed Science* 48: 274-280. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0274:TAPCTA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0274:TAPCTA]2.0.CO;2)
6. Chahan, B. S. 2012. Weed ecology and weed management strategies for dry seeded rice in Asia. *Weed Technolology* 26: 1-13. <https://doi.org/10.1614/WT-D-11-00105.1>
7. Challaiah, O., Burnside, C., Wicks, G. A., and Johanson, V. A. 1986. Competition between winter wheat (*Triticum aestivum*) cultivars and downy brome (*Bromus tectorum*). *Weed Science* 34: 689-693. <https://doi.org/10.1017/S0043174500067692>
8. Chandu, L. T., Shrivastava, G. K., Sreedevi, B., and Thakur, A. K. 2018. Realising aerobic rice potential in Indian integrated weed management perspective. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7 (2): 575-589. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.073>
9. Chauhan, B. S., Awan, T. H., Abugho, S. B., Evengelista, G., and Yadav, S. 2015. Effect of crop establishment methods and weed control treatments on weed management, and rice yield. *Field Crops Research* 172: 72-84. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.12.011>
10. Dastan, S., Noormohamadi, Gh., and Madani, H. 2014. Comparison of agronomical traits of four rice genotypes in cropping systems at Neka region. *Journal of Crops Improvement* 16 (2): 231-246. (in Persian with English abstract). <http://dx.doi.org/10.22059/jci.2014.53039>
11. Derakhshan, A., Gherekhloo, J., and Bagherani, N. 2015. Effect of row spacing and herbicide application on the growth indices, yield and yield components of rice in direct seeding. *Crop Production* 8 (2): 31-49. (in Persian with English abstract).
12. Du, B., Luo, H., He, L., Zheng, L., Liu, Y., Mo, Z., Pan, S., Tian, H., Duan, M., and Tang, X. 2019. Rice seed priming with sodium selenate: Effects on germination, seedling growth, and biochemical attributes. *Scient Reports* 9 (1): 4311. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40849-3>
13. Ebrahimpour Lish, A., Asghari, J., Moradi, P., and Samizade, H. 2017. Determining the optimum concentration of pretilachlor and sunrice plus herbicides for weed control in rice. *Journal of Crop Production and Processing* 6 (22): 121-134. (in Persian with English abstract). DOI: [10.18869/acadpub.jcpp.6.22.121](https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.6.22.121)
14. El-Ghandor, A. M. A., and Khozimy, A. M. 2019. Effect of seedling age and weed management on growth and yield of transplanted rice (Sakha 106 cv). *J. Appli Plant Protect; Suez Canal University*, 8 (1): 23-30. DOI: [10.21608/japp.2019.59843](https://doi.org/10.21608/japp.2019.59843)
15. FAO. 2019. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
16. Ghamari, H., and Ahmadvand, G. 2013. Effect of different periods of weed interference and weed control on height, yield and yield components of common bean. *Journal of Crop Production and Processing* 3 (9): 71-80. (in Persian with English abstract).

17. Golmohammadi, M. J., Alizade, H., Yaghoobi, B., Nahvi, M., and Oveisi, M. 2012. Competitive effects of barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv) and early watergrass (*Echinochloa oryzoides* (Ard) Fisher) on yield, yield components and growth indices of rice (*Oryza sativa* L.). Field Crops Research 43 (2): 189-201. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22059/ijfcs.2012.28482](https://doi.org/10.22059/ijfcs.2012.28482)
18. Jursik, M., Soukup, J., Holec, J., Andr, J., and Hamouzova, K. 2015. Efficacy and selectivity of pre-emergent sunflower herbicides under different soil moisture conditions. Plant Protection Science 51 (4): 214-222. <https://doi.org/10.17221/82/2014-PPS>
19. Kandel, G., Adhikari, B. B., Adhikari, R., and Prasad Kandel, B. 2019. Evaluation the growth, productivity and profitability of rice (Sukhadhan-3 variety) under different methods of weed management. Journal of Research and Weed Science 2 (4): 282-292. DOI: [10.26655/JRWEEDSCI.2019.4.8](https://doi.org/10.26655/JRWEEDSCI.2019.4.8)
20. Khaliq, A., and Matloob, A. 2011. Weed-crop competition period in three fine rice cultivars under direct-seeded rice culture. Pakistan Journal of Weed Science Research 17 (3): 229-243.
21. Kumar P., Singh, Y., and Singh, U. P. 2012. Effect of cultivars and herbicides on weed growth and yield of boro rice (*Oryza sativa* L.). International Journal of Bio-resource and Stress Management 3: 59-62.
22. Kumar, S., Rana, N. S., Kumar, R., Naresh, R. K., and Dhyan, B. P. 2019. Effect of weed and nutrient management on the growth and yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) and associated weeds. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 8 (2): 993-1001. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.115>
23. Latifi, S., Yousefi, A. R., and Jamshidi, Kh. 2015. Interaction effect of cultivar and living mulch on sunflower yield and weed control. Journal of Crops Improvement 17 (2): 415-430. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22059/JCI.2015.55190](https://doi.org/10.22059/JCI.2015.55190)
24. Mahzari, S. 2011. Study of management weeds beneficial usage geminate herbicide and cono-weeder in rice (*Oryza sativa* L.). M.Sc. Dissertation. Islamic Azad University, Takestan Branch. (in Persian with English abstract).
25. Mahzari, S., Baghestani, M. A., Shiranirad, A. H., Nasiri, M., and Omrani, M. 2013. Mechanical and chemical integrated management of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv) and smallflower umbrella (*Cyperus difformis* L.) in rice. Crop Ecophysiology 6 (24): 353-454. (in Persian with English abstract).
26. Majd, R., and Al-Ibrahim, M. T. 2014. Comparison of the effectiveness of five herbicides in the control of *Chenopodium albom* and *Amarantosretre flexus* weeds in potatoes in Ardabil region. Third National Congress of Organic and Conventional Agriculture, Ardabil, Mohaghegh Ardabili University.
27. Marashi, K., Zakernejad, S., Lak, S., and Siadat, A. 2006. Investigation to effect of planting different patterns and plant density on yield and yield components of grain corn in weather conditions of Ahvaz. 9th Iranian Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding. University of Tehran.
28. Mohammad, S., Muhammad, I., Sajid, A., Muhammad, I., Maqshoof, A., and Nadeem, A. 2016. The effect of different weed management strategies on the growth and yield of direct-seeded dry rice (*Oryza sativa*). Planta Daninha 34 (1): 57-64. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582016340100006>
29. Mohmmad Alinejadi, R., and Moosavi, S. Gh. 2017. The effect of weed interference duration on agronomical traits and yield of three safflower cultivars. Plant Protection 31 (1): 81-91. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/JPP.V3I1.50640](https://doi.org/10.22067/JPP.V3I1.50640)
30. Moosavi, S. Gh., Mohamadi, O., Baradaran, R., Seghatoleslami, M. J., and Amiri, E. 2015. Effect of nitrogen fertilizer rates on morphological traits, yield and yield components of three cultivars of rice. Field Crops Research 13 (1): 146-152. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/GSC.V13I1.28350](https://doi.org/10.22067/GSC.V13I1.28350)
31. Moshir Rahman, M. D., and Mehedi Masood, M. D. 2019. Effect of seeding depth and weed management options on weed control and yield performance of dry direct seeded rice. Journal of Applied Science 19 (7): 654-661. DOI: [10.3923/jas.2019.654.661](https://doi.org/10.3923/jas.2019.654.661)
32. Namuco, O. S., Cairns, J. E., and Johnson, D. E. 2009. Investigating early vigour in upland rice (*Oryza sativa* L.): Part I. Seeding growth and grain yield in competition with weeds. Field Crops Research 113: 197-206. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.05.008>
33. Nasiri, S., Asghari, J., Samizadeh, H., Moradi, P., and Shirzad, F. 2014. Evaluation of oxadiargyl and thiobencarb herbicides efficacy on rice (*Oryza sativa* L.) yield and yield components. Cereal Research 3 (4): 307-319. DOI: [20.1001.1.22520163.1392.3.4.4.7](https://doi.org/10.1001.1.22520163.1392.3.4.4.7)
34. Parameswari, Y. S., and Srinivas, A. 2017. Weed management in rice: A review. International Journal of Applied and Pure Science and Agriculture 3 (1): 2394-5532.
35. Rajabian, M., Asghari, J., Ehteshami, M. R., and Yaghoobi, B. 2018. Evaluation the effect of herbicides on weed management and grain yield of rice genotypes in direct- seeded conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 49 (1): 125-141. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22059/IJFCS.2017.232598.654315](https://doi.org/10.22059/IJFCS.2017.232598.654315)
36. Rajput, A., Singh Rajput, S., and 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.
37. Rodenburg, J., and D. E. Johnson. 2009. Weed management in rice-based cropping systems in Africa. Advance

- Agronomy 103: 149-218. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(09\)03004-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(09)03004-1)
38. Saito, K. 2010. Weed pressure level and the correlation between weed competitiveness and rice yield without weed competition: An analysis of empirical data: A review. Field Crops Research 117: 1-8. DOI: [10.1016/j.fcr.2010.02.009](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.02.009)
39. Saito, K., Azoma, K., and Rodenburg, J. 2010. Plant characteristics associated with weed competitiveness of rice under upland and lowland conditions in West Africa. Field Crops Research 116: 308-317. DOI: [10.1016/j.fcr.2010.01.008](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.01.008)
40. Singh, V. P., Singh, S. P., Dhyani, V. C., Tripathy, N., Banga, A., and Yadav, V. R. 2013. Effect of establishment methods on shifting of weed flora in rice- wheat cropping systems. In: Proc. 24th Asian- Pacific Weed Science Society Conference, October 22-25, 2013, Bandung, Indonesia, p, 494.
41. Singh, V., Jat, M. L., Ganie, Z. A., Chauhan, B. S., and Gupta, R. K. 2016. Herbicide options for effective weed management in dry direct- seeded rice under scented rice- wheat rotation of Western Indo- Gangetic Plains. Crop Protection 81: 168-176. DOI: [10.1016/j.cropro.2015.12.021](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.12.021)
42. Sylvestre, H., Kalyana Murthy, K. N., and Hanumanthappa, D. C. 2018. Effect of different weed management practices on growth and yield of aerobic rice (*Oryza sativa* L.). Mysore Journal of Agricultural Sciences 52 (2): 263-270.
43. Yamasue, Y. 2001. Strategy of *Echinochloa oryzicola* for survival in flooded rice. Weed Biology and Management 1 (1): 28-36. <https://doi.org/10.1046/j.1445-6664.2001.00008.x>
44. Zare Hosseini, H., Ghorbani, R., Rashed Mohassel, M. H., and Rahimi, H. 2014. Effects of weed management strategies on weed density and biomass and saffron (*Crocus sativus*) yield. Saffron Agronomy and Technology 2 (1): 45-58. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22048/JSAT.2014.6185](https://doi.org/10.22048/JSAT.2014.6185)



Detection Yield Related Traits of Wheat under Cyclic Drought Stress Condition Using Discriminant Analysis

M. Dorrani-Nejad¹, R. Abdolshahi^{2*}, A. Kazemipour³, A. Maghsoudi-Moud⁴

Received: 05-12-2021

Revised: 06-01-2022

Accepted: 02-02-2022

How to cite this article:

Dorrani-Nejad, M., Abdolshahi, R., Kazemipour, A., and Maghsoudi-Moud, A. 2022. Detection Yield Related Traits of Wheat under Cyclic Drought Stress Condition Using Discriminant Analysis. Iranian Journal of Field Crops Research 20 (3): 291-303. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/jcesc.2022.74015.1120](https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.74015.1120).

Introduction

Wheat is one of the most important cereals in the human diet and widely used in many processed nutrition products. Water deficit stress is a main limiting factor of wheat growth and productivity in the world. Major objective of plant breeding is improving grain yield under drought stress condition. In the breeding programs, selection based on multi-traits is an important approach to improve grain yield. This research was conducted out to evaluate the effect of phenological and agronomic traits of 10 bread wheat near isogenic lines (in three genetic backgrounds) and cultivars on grain yield under cyclic drought stress condition and detection a function to use all effective secondary traits simultaneously.

Materials and Methods

Six Near-Isogenic Lines (NILs) as well as their parents were evaluated at the research field of Shahid-Bahonar University of Kerman, during growing seasons of 2018-2019 and 2019-2020 under cyclic drought stress condition based on randomized complete block design (RCBD) with four replications. The field was irrigated every 28 days in autumn and winter and every other week in the spring. In the present research grain yield, phenological and agronomic traits were measured. Analysis of variance was performed using SAS v9.1. Broad sense heritability (h^2_{bs}) was calculated following the method of Fehr (1987) as follows:

$$h^2_{bs} = \sigma^2_g / \sigma^2_g + \sigma^2_e \quad (1)$$

Phenotypic coefficient of variability (PCV) and genotypic coefficient of variability (GCV) were calculated as the following formula proposed by Singh and Chaudhary (1985):

$$PCV = (\sigma_p / \mu) \times 100 \quad (2)$$

$$GCV = (\sigma_g / \mu) \times 100 \quad (3)$$

Where μ , σ_p and σ_g are mean, phenotypic standard deviation and genotypic standard deviation, respectively. Expected response (R) to selection in breeding programs was calculated following the methods of Falconer and Mackay (1996) as follows:

$$R = i h^2_b \sigma_p \quad (4)$$

Where i is selection intensity, which is equal to 1.694 if 10% of genotypes are selected ($p = 10\%$) in breeding program.

The studied genotypes were designated as group one and two based on grain yield under drought stress condition. Those traits that could significantly separate two groups based on t-test entered the discriminant

1- Ph.D. candidate of Plant breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

2- Associate Professor, Research and Technology Institute of Plant Production, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

3- Assistant Professor, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

4- Associate Professor, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

(*- Corresponding Author Email: abdolshahi@uk.ac.ir)

DOI: [10.22067/jcesc.2022.74015.1120](https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.74015.1120)

analysis. These traits were standardized before discriminant analysis, as follows:

$$Z_{ij} = (X_{ij} - \mu) / S_i \quad (5)$$

where Z_{ij} is standard score for j^{th} genotype in i^{th} traits, X_{ij} is raw data of for j^{th} genotype in i^{th} traits and S_i is standard deviation of i^{th} traits. Discriminant analysis was performed using MINITAB.

Results and Discussion

Among several secondary traits only awn length, flag leaf length and grain number per spike (grains/spike) could significantly distinguish high and low yield genotypes under water stress condition. These results showed the importance of the mentioned traits in the breeding programs for drought prone environments. Discriminant function of these traits was used as a comprehensive index for selection of high yield genotypes (Eq. (6)).

$$DS = -1.32 + 2.07 \text{ FLL} + 1.63 \text{ AL} - 0.04 \text{ GNS} \quad (6)$$

Where DS, FLL, AL, and GNS are discriminant score, flag leaf length, awn length and grains number per spike, respectively. This index could explain 72% of grain yield variation and had significant positive correlation with grain yield in water stress condition ($r = 0.85^{**}$). Also it could well separate genotypes with the accurate classification rate of 90%. Discriminant function revealed that flag leaf and awn length were the most important effective traits on grain yield under drought stress condition, respectively. This index can be used as criteria for simultaneous selection of the mentioned traits in the future breeding programs.

Conclusion

Awn length, flag leaf length and grain number per spike that entered to the discriminant function had high correlation with grain yield, high heritability and easy evaluation. Therefore, selection based on these traits is a good approach to improve grain yield in drought prone environments. Discriminant function obtained in this study could be an appropriate technique to selecting high yield genotypes under drought stress condition.

Keywords: Bread wheat, Discrimination function, Simultaneous selection, Water stress

شناسایی صفات مرتبط با عملکرد گندم در شرایط تنش خشکی دوره‌ای با روش تجزیه تشخیص

مریم درانی نژاد^۱، روح اله عبدالشاهی^{۲*}، علی کاظمی پور^۳، علی اکبر مقصودی مود^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۳

چکیده

گندم یکی از مهم‌ترین غلات در رژیم غذایی انسان است و به‌طور گسترده در بسیاری از محصولات غذایی فراوری شده استفاده می‌شود. تنش کم‌آبی از عوامل اصلی محدودکننده رشد و تولید گندم در جهان است. این پژوهش به‌منظور ارزیابی تأثیر صفات ثانویه زراعی و فنولوژیک بر عملکرد دانه ده ژنوتیپ گندم نان (شش لاین ایزوژن در سه زمینه ژنتیکی و چهار رقم) در شرایط تنش خشکی دوره‌ای انجام شد. دو آزمایش مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دانشگاه شهید باهنر کرمان طی سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۱۳۹۸-۱۳۹۹ اجرا و صفات متعددی اندازه‌گیری شد. در این بررسی بین صفات ثانویه متعددی که بررسی شد فقط طول ریشک، طول برگ پرچم و تعداد دانه در سنبله توانستند به‌طور معنی‌داری ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایین در شرایط تنش رطوبتی را از هم تفکیک نمایند. این نتیجه اهمیت این صفات را در برنامه‌های به‌نژادی برای تحمل به خشکی نشان می‌دهد. تابع تشخیص این صفات به‌عنوان یک شاخص جامع برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا مورد استفاده قرار گرفت. این شاخص ۷۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد و با عملکرد دانه در شرایط تنش آبی همبستگی مثبت و معنی‌داری ($I^2=0/85^{**}$) نشان داد. تابع تشخیص نشان داد که مهم‌ترین صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی به‌ترتیب طول برگ پرچم و طول ریشک بودند. این شاخص می‌تواند به‌عنوان معیاری برای انتخاب همزمان در برنامه‌های به‌نژادی آینده مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: انتخاب همزمان، تابع تشخیص، تنش رطوبتی، گندم نان

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان منبع مهمی از کالری و پروتئین یک محصول کلیدی است که امنیت غذایی و اقتصاد جهانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ایجاد و توسعه مداوم ارقام زراعی گندم با عملکرد دانه بالا، کیفیت تغذیه و فراوری خوب و متحمل به تنش‌های زیستی و غیرزیستی برای تأمین امنیت غذایی حیاتی است

(Mondal et al., 2016). خشکی بیش از هر تنش محیطی دیگر رشد گیاه و تولید محصولات زراعی را محدود می‌کند (Zhu, 2002). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های مزرعه‌ای چندساله با هدف بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد گندم و ذرت (*Zea mays* L.) مشخص گردید تنش خشکی عملکرد گندم را به‌میزان ۲۰ درصد و عملکرد ذرت را ۳۹ درصد کاهش می‌دهد (Daryanto et al., 2016). مهم‌ترین هدف به‌نژادگران گندم برای شرایط خشکی، افزایش تولید دانه است (Guoth et al., 2009). عملکرد دانه یک صفت کمی است و در کنترل تعداد زیادی ژن می‌باشد، به‌دلیل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از وراثت‌پذیری پایینی برخوردار است. بنابراین به‌نژادگران به‌منظور بهبود عملکرد دانه، اصلاح را از طریق گزینش غیرمستقیم صفاتی که با عملکرد همبستگی دارند انجام می‌دهند (Dawari and Luthra, 1991; Richards, 1996; Kirigwi et al., 2004). در گندم همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد (تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه) گزارش شده است (Fakhar et al., 2015). تعداد دانه در

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- دانشیار، پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۴- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

(Email: abdoshahi@uk.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

واحد سطح به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد، عامل مهمی در افزایش عملکرد دانه در گندم می‌باشد (Hall and Richards, 2013). در بررسی‌های متعدد وراثت‌پذیری پایین برای عملکرد دانه در گندم گزارش شده است (Erkul et al., 2010; Zanganeh Asadabadi et al., 2012; Shayan et al., 2019). نتایج یک بررسی در گندم نشان داد صفات ثانویه‌ای نظیر وزن هزاردانه، مساحت برگ پرچم، ارتفاع بوته، طول پدانکل و طول سنبله وراثت‌پذیری بالاتری نسبت به عملکرد دانه داشتند (Molaei et al., 2017). وراثت‌پذیری معیار مهم و ارزشمندی برای پیش‌بینی میزان پیشرفت ژنتیکی و پاسخ به گزینش در برنامه‌های به‌نژادی محسوب می‌شود (Shayan et al., 2019). از آنجایی که به‌نژادگران سعی در بهبود همزمان چند ویژگی از گیاه را دارند، آگاهی از میزان و نوع همبستگی بین صفات از اهمیت زیادی برخوردار است (Houshmand, 2003; Kamali-Zadeh et al., 2013). گزینش براساس چندین صفت به‌طور همزمان، روش ارزشمندی برای بهبود عملکرد دانه می‌باشد. در بررسی تنوع ژنتیکی، روش‌های آماری چندمتغیره ژنوتیپ‌ها را به‌طور همزمان از لحاظ چندین صفت مورد ارزیابی قرار می‌دهند و با توجه به تمام صفات مورد بررسی، در مورد ژنوتیپ‌ها قضاوت می‌شود. رگرسیون چند متغیره و تجزیه تشخیص روش‌های مناسبی برای این هدف هستند. روش تجزیه تشخیص در مقایسه با رگرسیون چندمتغیره تکنیک مفیدتری در تفکیک ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایین است و ماکزیمم تفکیک را در این مسیر فراهم می‌کند. تجزیه تشخیص تکنیک مناسبی برای رسیدن به اهداف زیر است: ۱- شناسایی صفاتی که به بهترین وجه دو گروه ژنوتیپ موردنظر را از هم متمایز نمایند. ۲- معرفی یک تابع یا معادله با استفاده از صفات شناسایی شده که تفاوت دو گروه را نشان دهد. ۳- استفاده از معادله شناسایی شده برای گروه‌بندی مشاهدات آینده (Abdolshahi, 2014). با هدف شناسایی لاین‌های برتر گندم نان از لحاظ عملکرد دانه و شناسایی صفات زراعی و فنولوژیک تأثیرگذار بر عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی این پژوهش انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور ارزیابی عملکرد دانه و شناسایی صفات زراعی و فنولوژیک تأثیرگذار بر عملکرد دانه ده ژنوتیپ گندم نان شامل شش لاین ایزوژن در سه زمینه ژنتیکی و چهار رقم (جدول ۱)، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. مزرعه تحقیقاتی مورد نظر دارای طول جغرافیایی ۵۷ درجه، عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ارتفاع از سطح دریا ۱۷۵۶ متر با اقلیم معتدل و خشک می‌باشد. بافت خاک آن از نوع لومی شنی با اسیدیته ۷/۹ و هدایت الکتریکی ۲/۱۱ دسی‌زیمنس بر متر است. میزان بارندگی در طول دوره رشد در سال اول آزمایش ۷۹/۶ میلی‌متر و در سال دوم ۱۱۵/۵

میلی‌متر بود. پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین (شخم نیمه‌عمیق، دیسک و عملیات تسطیح)، کاشت به‌صورت دستی انجام شد. کشت بذور در هر دو سال آزمایش با تراکم ۳۰۰ بوته در متر مربع در اواسط آبان ماه و برداشت در اوایل تیرماه صورت گرفت. هر کرت شامل ۲۲ ردیف با طول پنج متر و فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود به طوری که سطح برداشت هر کرت پس از حذف حاشیه‌ها ۲۰ متر مربع بود. مراقبت‌های زراعی از جمله کوددهی، حذف علف‌های هرز در طول دوره رشد گیاه مطابق عرف انجام شد. تنش به‌صورت دوره‌ای یعنی انجام آبیاری یک دور در میان اعمال شد بدین ترتیب که آبیاری مزرعه در فصول پاییز و زمستان هر ۲۸ روز یکبار و در فصل بهار هر ۱۴ روز یکبار انجام شد در حالی که در شرایط نرمال رطوبتی مطابق عرف منطقه، آبیاری در فصول پاییز و زمستان هر ۱۴ روز یکبار و در فصل بهار هر ۷ روز یکبار انجام می‌شود. ژنوتیپ‌های مورد بررسی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شرایط تنش رطوبتی طی دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ مطالعه شدند.

در تمام این تلاقی‌ها اکسکلیر به‌عنوان والد بخشنده بود و گزینش برای زودرسی انجام شد. اکسکلیر یک رقم استرالیایی زودرس، متحمل به خشکی و مقاوم به زنگ زرد است (Izanloo et al., 2008). روشن، مهدوی و کل‌حیدری ارقام ایرانی متحمل به خشکی ولی نسبتاً دیررس‌اند، روشن و مهدوی در شرایط فاریاب و کل‌حیدری در شرایط دیم کشت می‌شود (Abdolshahi et al., 2013). صفات فنولوژیک شامل تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی و طول دوره پرشدن دانه (تعداد روز از گرده‌افشانی تا رسیدگی) زمانی که ۳۰ بوته از هر کرت به مرحله مورد نظر رسیدند ثبت شد.

صفات زراعی از جمله ارتفاع بوته، طول ریشک، عرض، طول و مساحت برگ پرچم با انتخاب تصادفی ۱۰ بوته از هر کرت اندازه‌گیری شدند. برای محاسبه تعداد سنبله در واحد سطح یک ردیف در هر پلات شمارش شد. تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه (تن در هکتار) پس از حذف ردیف‌های حاشیه و برداشت مورد ارزیابی قرار گرفت. پارامترهای ژنتیکی برای صفات مورد بررسی محاسبه گردید.

وراثت‌پذیری عمومی برای هر صفت با استفاده از اجزای واریانس به روش زیر (رابطه (۱)) برآورد گردید (Fehr, 1987):

$$h^2_{bs} = \sigma^2_g / \sigma^2_g + \sigma^2_e \quad (1)$$

در این رابطه h^2_{bs} ، σ^2_g و σ^2_e به ترتیب وراثت‌پذیری عمومی، واریانس ژنتیکی و واریانس محیطی می‌باشند.

ضرایب تغییرات فنوتیپی (PCV) و ژنوتیپی (GCV) با استفاده از رابطه‌های (۲) و (۳) محاسبه شد (Singh and Chaudhary, 1985):

جدول ۱- ژنوتیپ‌های مورد بررسی گندم نان در شرایط تنش خشکی دوره‌ای در دو سال زراعی ۹۸-۹۹ و ۹۷-۹۸
Table 1- Studied genotypes of bread wheat under cyclic drought stress conditions during 2018-2019 and 2019-2020

ژنوتیپ Genotype	توضیحات Comments
SBUK101	لاین به‌نژادی دانشگاه شهید باهنر کرمان (حاصل تلاقی برگشتی سوم رقم کل‌حیدری با اکسکلیبر) Breeding line of Shahid Bahonar University of Kerman (The result of the third backcross of Kalheydari with Excalibur cultivar)
SBUK102	لاین به‌نژادی دانشگاه شهید باهنر کرمان (حاصل تلاقی برگشتی سوم رقم کل‌حیدری با اکسکلیبر) Breeding line of Shahid Bahonar University of Kerman (The result of the third backcross of Kalheydari with Excalibur cultivar)
SBUK103	لاین به‌نژادی دانشگاه شهید باهنر کرمان (حاصل تلاقی برگشتی سوم رقم مهدوی با اکسکلیبر) Breeding line of Shahid Bahonar University of Kerman (The result of the third backcross of Mahdavi with Excalibur cultivar)
SBUK104	لاین به‌نژادی دانشگاه شهید باهنر کرمان (حاصل تلاقی برگشتی سوم رقم مهدوی با اکسکلیبر) Breeding line of Shahid Bahonar University of Kerman (The result of the third backcross of Mahdavi with Excalibur cultivar)
SBUK105	لاین به‌نژادی دانشگاه شهید باهنر کرمان (حاصل تلاقی برگشتی سوم رقم روشن با اکسکلیبر) Breeding line of Shahid Bahonar University of Kerman (The result of the third backcross of Roshan with Excalibur cultivar)
SBUK106	لاین به‌نژادی دانشگاه شهید باهنر کرمان (حاصل تلاقی برگشتی سوم رقم روشن با اکسکلیبر) Breeding line of Shahid Bahonar University of Kerman (The result of the third backcross of Roshan with Excalibur cultivar)
رقم روشن Roshan cultivar	منشاء ایران Origin of Iran
رقم مهدوی Mahdavi cultivar	منشاء ایکاردا Origin of ICARDA
رقم کل‌حیدری Kalheydari cultivar	منشاء ایران Origin of Iran
رقم اکسکلیبر Excalibur cultivar	منشاء استرالیا Origin of Australian

را از هم تفکیک کنند برای تجزیه تشخیص استفاده شدند. مقادیر صفات مورد نظر قبل از استفاده برای تجزیه تشخیص با استفاده از رابطه (۵) استاندارد شد.

$$Z_{ij} = (X_{ij} - \mu) / S_i \quad (5)$$

در رابطه (۵) مقدار استاندارد ژنوتیپ Z_{ij} از i ام در صف i ام، X_{ij} داده خام ژنوتیپ Z ام در صف i ام و S_i انحراف استاندارد صف i ام می‌باشد. برای انجام تجزیه تشخیص از نرم‌افزارهای Minitab و Excell استفاده شد. تجزیه واریانس داده‌ها برای صفات مورد بررسی، با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد (SAS Institute Inc, 2004).

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای در ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای صفات مورد مطالعه مشاهده شد (جدول ۲ و ۳). در سال اول اجرای آزمایش، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ همه صفات به‌غیر از تعداد سنبله در واحد سطح و طول دوره پرشدن دانه مشاهده شد.

$$PCV = (\sigma_p / \mu) \times 100 \quad (2)$$

$$GCV = (\sigma_g / \mu) \times 100 \quad (3)$$

در این روابط PCV , GCV , μ و σ_g به‌ترتیب عبارتند از: ضریب تغییرات فنوتیپی، ضریب تغییرات ژنوتیپی، میانگین، انحراف معیار فنوتیپی و انحراف معیار ژنوتیپی.

میزان پاسخ به گزینش با استفاده از رابطه (۴) برآورد گردید (Falconer and Mackay; 1996):

$$R = i h_{bs}^2 \sigma_p \quad (4)$$

R , i , h_{bs}^2 و σ_p در رابطه (۴) به‌ترتیب پاسخ به گزینش، شدت گزینش، وراثت‌پذیری عمومی و انحراف معیار فنوتیپی می‌باشد. i با در نظر گرفتن گزینش ۱۰ درصد افراد برتر برای هر صف برابر با ۱/۶۹۴ منظور شد.

ده ژنوتیپ مورد بررسی براساس میانگین عملکرد دانه (تن در هکتار) طی دو سال آزمایش، در دو گروه عملکرد بالا و عملکرد پایین قرار گرفتند. از بین صفات زراعی و فنولوژیک اندازه‌گیری شده، صفاتی که توانستند بر اساس آزمون t به‌طور معنی‌داری این دو گروه

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ارقام و لاین‌های ایزوژن گندم نان در شرایط تنش خشکی دوره‌ای در سال زراعی ۹۷-۹۸
Table 2- Analysis of variance (ANOVA) for investigated traits in cultivars and Near-isogenic lines of bread wheat under cyclic drought stress conditions during 2018-2019

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	تعداد روز تا ظهور سنبه Days to heading	تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	طول دوره پرشدن دانه Grain filling period	ارتفاع بوته Plant height	طول ریشک Awn length	عرض برگ Flag leaf width	طول برگ Flag leaf length	مساحت برگ Flag leaf area	تعداد سنبه در واحد سطح Number of spikes per unit area	تعداد دانه در سنبه Grains number per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	3	1.95*	4.83*	12.81 ^{ns}	6.96 ^{ns}	72.95 ^{ns}	0.62 ^{ns}	0.01 ^{ns}	3.29 ^{ns}	10.55 ^{ns}	63002.77 ^{ns}	8.4*	83.93**	0.28 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	9	97.71**	50.22**	38.81**	9.86 ^{ns}	137.23**	33.36**	0.11**	10.19**	43.87**	56487.47 ^{ns}	157.64**	82.13**	0.82**
خطای آزمایشی Experimental error	27	0.54	1.57	10.2	6.65	36.83	0.35	0.01	1.85	5.27	30835.69	2.41	4.49	0.1
ضریب تغییرات Coefficient of variations		0.5	0.8	1.7	8.2	6.4	11.6	7.0	8.9	14.9	17.8	6.2	5.7	10.0

***، **، * and ns: significant at 0.05, 0.01 probability levels and no-significant, respectively.
**بسیار معنی‌دار، * معنی‌دار، ns غیر معنی‌دار

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ارقام و لاین‌های ایزوژن گندم نان در شرایط تنش خشکی دوره‌ای در سال زراعی ۹۸-۹۹
Table 3- Analysis of variance (ANOVA) for investigated traits in cultivars and Near-isogenic lines of bread wheat under cyclic drought stress conditions during 2019-2020

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	تعداد روز تا ظهور Days to heading	تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	تعداد روز تا رسیدگی Days to physiological maturity	طول دوره پر شدن دانه Grain filling period	ارتفاع بوته Plant height	طول ریشک Awn length	عرض برگ Flag leaf width	طول برگ Flag leaf length	مساحت برگ Flag leaf area	تعداد سنبله در واحد Number of spikes per unit area	تعداد دانه در سنبله Grains number per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	3	27.38**	26.23**	9.23 ^{ns}	14.63*	539.97**	1.76*	0.02 ^{ns}	12.56 ^{ns}	18.37 ^{ns}	51400.27 ^{ns}	47.35**	22.32**	0.63*
ژنوتیپ Genotype	9	99.99**	56.9**	40.01**	11.97*	506.7**	44.79**	0.16**	24.54**	127.99**	143175.53*	357.2**	25.31**	3.2**
خطای آزمایشی Experimental error	27	2.28	5.5	3.53	4.13	60.04	0.5	0.01	5.3	25.41	49653.69	6.76	4.07	0.19
ضریب تغییرات Coefficient of variations		1.1	1.7	1.1	5.5	6.4	10.8	6.5	10.6	18.2	22.2	7.6	4.3	9.3

***، *، *ns: significant at 0.05, 0.01 probability levels and no-significant, respectively.
**بسیار معنی‌دار (P < 0.01)، * معنی‌دار (P < 0.05)، ns غیر معنی‌دار

جدول ۴- میانگین و پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی در ارقام و لاین‌های ایزوژن گندم نان در شرایط تنش خشکی دوره‌ای در سال زراعی ۹۷-۹۸

Table 4- Mean and genetic parameters for investigated traits in cultivars and Near-isogenic lines of bread wheat under cyclic drought stress conditions during 2018-2019

صفات Traits	میانگین Mean	GCV	PCV	σ^2_g	σ^2_e	h^2_{bs}	R%
تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	154.03	3.2	3.24	24.29	0.54	0.98	5.37
تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	158.13	2.21	2.34	12.16	1.57	0.89	3.54
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	189.59	1.41	2.2	7.15	10.2	0.41	1.53
طول دوره پرشدن دانه Grain filling period	31.46	2.84	8.68	0.8	6.65	0.11	1.62
ارتفاع بوته Plant height (cm)	94.29	5.31	8.35	25.1	36.83	0.41	5.8
طول ریشک Awn length (cm)	5.14	55.88	57.05	8.25	0.35	0.96	92.78
عرض برگ پرچم Flag leaf width (cm)	1.35	11.71	13.86	0.03	0.01	0.71	17.04
طول برگ پرچم Flag leaf length (cm)	15.35	9.42	12.93	2.09	1.85	0.53	11.58
سطح برگ پرچم Flag leaf area (cm ²)	15.37	20.21	25.13	9.65	5.27	0.65	27.65
تعداد سنبله در واحد سطح Number of spikes per unit area	948.79	8.13	19.6	6412.95	30835.69	0.17	5.64
تعداد دانه در سنبله Grains number per spike	24.97	24.95	25.71	38.81	2.41	0.94	40.94
وزن هزاردانه 1000-grain weight (g)	37.13	11.87	13.17	19.41	4.49	0.81	18.07
عملکرد دانه Grain yield (ton.ha ⁻¹)	3.17	13.38	16.69	0.18	0.1	0.64	18.12

GCV و PCV: ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی، σ^2_g و σ^2_e : واریانس ژنتیکی و خطای آزمایشی، h^2_{bs} : وراثت‌پذیری عمومی، R%: پاسخ مورد انتظار به گزینش (درصدی از میانگین)

GCV and PCV: Genotypic and Phenotypic coefficient of variability; σ^2_g and σ^2_e : Genetic and Error variance; h^2_{bs} : Heritability in broad sense; R%: Expected response to selection (percentage of mean).

صفات طول ریشک، تعداد دانه در سنبله و تعداد روز تا ظهور سنبله به ترتیب (۰/۹۶، ۰/۹۳ و ۰/۹۱) بالاترین میزان وراثت‌پذیری عمومی را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس میانگین عملکرد دانه طی دو سال آزمایش، در دو گروه عملکرد بالا (گروه اول) و عملکرد پایین (گروه دوم) قرار گرفتند (جدول ۷). گروه اول شامل ارقام مهدوی و اکس‌کلیر، لاین‌های ایزوژن SBUK103، SBUK104 و SBUK101 و گروه دوم شامل لاین‌های ایزوژن SBUK105، SBUK106 و SBUK102 و ارقام روشن و کل‌حیدری بود. در این بررسی صفات ثانویه طول ریشک، طول برگ پرچم، تعداد دانه در سنبله توانستند به طور معنی‌داری ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایین در شرایط تنش کم‌آبیاری را از هم تفکیک نمایند (جدول ۶). با

در حالی که در سال دوم اجرای آزمایش این تفاوت در همه صفات ملاحظه شد. میانگین و پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی در دو سال آزمایش در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است. ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی نشان داد ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ صفت طول ریشک دارای تنوع بیشتری هستند. طول ریشک بیشترین تنوع ژنتیکی (۵۷/۰۵ و ۵۱/۸۵) و فنوتیپی (GCV= ۵۵/۸۸ و ۵۰/۷۲) را در دو سال اجرای آزمایش نشان داد. بیشترین درصد پاسخ به گزینش در دو سال آزمایش برای صفت طول ریشک مشاهده شد (۹۲/۷۸ درصد و ۸۴/۲۹ درصد). بین صفات بررسی‌شده در این پژوهش، در سال اول آزمایش صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، طول ریشک و تعداد دانه در سنبله به ترتیب بالاترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی (۰/۹۸، ۰/۹۶ و ۰/۹۴) را دارا بودند (جدول ۴) و در سال دوم

می‌باشد (Koocheki et al., 2005). در مطالعات متعددی همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله گندم گزارش شده است (Gol Parvar et al., 2003; Aghaee Sarbarzeh, 2012). در بررسی روابط بین صفات زراعی و عملکرد دانه در گندم نان در شرایط تنش خشکی، همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله و طول برگ پرچم مشاهده شده است (Dorrani-Nejad et al., 2017a). نتایج یک مطالعه نشان داد عملکرد دانه در تریتیکاله همبستگی مثبت و معنی‌دار با طول برگ پرچم دارد (Irani et al., 2010).

استفاده از این صفات یک تابع به‌عنوان معیاری برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا معرفی شد (رابطه ۶).

DS = -1.32 + 2.07 FLL + 1.63 AL - 0.04 GNS (۶)
 که در این معادله، DS، FLL، AL و GNS به‌ترتیب عبارتند از: امتیاز تشخیص، طول برگ پرچم، طول ریشک و تعداد دانه در سنبله. عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات طول ریشک، طول برگ پرچم و تعداد دانه در سنبله به‌ترتیب $r = 0.79^{**}$ ، $r = 0.69^{**}$ و $r = 0.84^{**}$ نشان داد. این صفات به‌عنوان مهم‌ترین صفات ثانویه مؤثر در تحمل به خشکی در این مطالعه شناسایی شدند. تعداد دانه در سنبله از اجزای اصلی و مهم عملکرد دانه در گندم

جدول ۵- میانگین و پارامترهای ژنتیکی صفات مورد بررسی در ارقام و لاین‌های ایزوژن گندم نان در شرایط تنش خشکی دوره‌ای در سال زراعی ۹۸-۹۹

Table 5- Mean and genetic parameters for investigated traits in cultivars and Near-isogenic lines of bread wheat under cyclic drought stress conditions during 2019-2020

صفات Traits	میانگین Mean	GCV	PCV	σ^2_g	σ^2_e	h^2_{bs}	R %
تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	135.27	3.65	3.82	24.43	2.28	0.91	5.89
تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	138.38	2.59	3.09	12.85	5.5	0.7	3.67
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	175.15	1.72	2.03	9.12	3.53	0.72	2.48
طول دوره پرشدن دانه Grain filling period	36.78	3.81	6.71	1.96	4.13	0.32	3.64
ارتفاع بوته Plant height (cm)	121.24	8.72	10.81	111.67	60.04	0.65	11.89
طول ریشک Awn length (cm)	6.56	50.72	51.85	11.07	0.5	0.96	84.29
عرض برگ پرچم Flag leaf width (cm)	1.56	12.82	14.33	0.04	0.01	0.8	19.23
طول برگ پرچم Flag leaf length (cm)	21.8	10.06	14.59	4.81	5.3	0.48	11.86
سطح برگ پرچم Flag leaf area (cm ²)	27.77	18.24	25.73	25.65	25.41	0.5	21.81
تعداد سنبله در واحد سطح Number of spikes per unit area	1004.98	15.21	26.89	23380.46	49653.69	0.32	14.58
تعداد دانه در سنبله Grains number per spike	34.22	27.35	28.39	87.61	6.76	0.93	44.7
وزن هزاردانه 1000-grain weight (g)	47.23	4.88	6.48	5.31	4.07	0.57	6.27
عملکرد دانه Grain yield (ton.ha ⁻¹)	4.72	18.35	20.54	0.75	0.19	0.8	27.85

GCV و PCV: ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی، σ^2_g و σ^2_e : واریانس ژنتیکی و خطای آزمایشی، h^2_{bs} : وراثت‌پذیری عمومی، R%: پاسخ مورد انتظار به گزینش (درصدی از میانگین)

GCV and PCV: Genotypic and Phenotypic coefficient of variability; σ^2_g and σ^2_e : Genetic and Error variance; h^2_{bs} : Heritability in broad sense; R%: Expected response to selection (percentage of mean).

جدول ۶- میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا (گروه اول) و عملکرد پایین (گروه دوم) و t-test برای صفات ثانویه مورد بررسی
 Table 6- Mean of high yield (group 1) and low yield (group 2) genotypes and t-test for studied secondary traits

صفات Traits	میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا (گروه اول) Mean of high yield genotypes (group 1)	میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین (گروه دوم) Mean of low yield genotypes (group 2)	آزمون t t-test
تعداد روز تا ظهور سنبله Days to heading	144.7	144.6	0.01 ^{ns}
تعداد روز تا گرده‌افشانی Days to anthesis	148.15	148.33	0.1 ^{ns}
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	182.75	181.98	0.39 ^{ns}
طول دوره پرشدن دانه Grain filling period	34.6	33.64	0.99 ^{ns}
ارتفاع بوته Plant height (cm)	103.18	112.34	2.06 ^{ns}
طول ریشک Awn length (cm)	7.99	3.73	2.94*
عرض برگ پرچم Flag leaf width (cm)	1.5	1.41	0.77 ^{ns}
طول برگ پرچم Flag leaf length (cm)	19.96	17.11	3.57**
سطح برگ پرچم Flag leaf area (cm ²)	23.47	19.53	1.62 ^{ns}
تعداد سنبله در واحد سطح Number of spikes per unit area	945	1044.77	1.14 ^{ns}
تعداد دانه در سنبله Grains number per spike	34.57	24.61	2.59*
وزن هزاردانه 1000-grain weight (g)	41.79	42.56	0.42 ^{ns}

** بسیار معنی‌دار $P < 0.01$ ، * معنی‌دار $P < 0.05$ ، ns غیر معنی‌دار

**, * and ns: significant at 0.05, 0.01 probability levels and no-significant, respectively.

این شرایط بالا می‌باشد (Banziger et al., 2000)، همچنین ارزیابی این صفات در مراحل ابتدایی رشد گیاه که امکان ارزیابی عملکرد دانه نیست، امکان‌پذیر می‌باشد، لذا صفات ثانویه می‌توانند دقت تشخیص ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی را در مقایسه با ارزیابی عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی افزایش دهند.

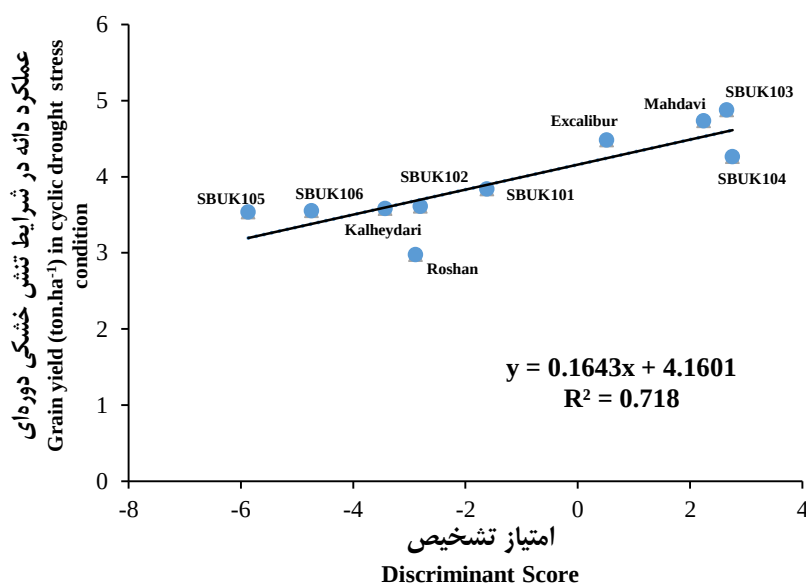
تابع حاصل از تجزیه تشخیص علاوه بر مشخص کردن تمایز دو گروه، گروه‌بندی مشاهدات آینده را در یکی از دو گروه انجام می‌دهد (Sharma, 1996). از آنجایی که محاسبه امتیاز تشخیص براساس داده‌های استاندارد شده صورت گرفت، لذا نقطه تمایز عدد صفر در نظر گرفته شد و ژنوتیپ‌های با عدد امتیاز تشخیص بیشتر از صفر در گروه اول و ژنوتیپ‌های با عدد امتیاز تشخیص کمتر از صفر در گروه دوم دسته‌بندی شدند (جدول ۷) و صفات طول برگ پرچم (با ضریب ۲/۰۷) و طول ریشک (با ضریب ۱/۶۳) به عنوان مؤثرترین صفات در تفکیک ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و پایین در شرایط تنش کم‌آبی شناسایی شدند، لذا گزینش بر اساس این صفات می‌تواند بازده ژنتیکی گندم را در شرایط تنش خشکی افزایش دهد. ماکزیمم و مینیمم مقدار امتیاز تشخیص به ترتیب ۲/۷۵ (SBUK104) و ۵/۸۷ (SBUK105) بودند.

برگ پرچم در گندم مرکز اصلی فتوسنتز در مرحله پرشدن دانه می‌باشد و سهم قابل توجهی (حدود ۴۳ درصد) از عملکرد دانه را داراست، بنابراین یکی از صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه می‌باشد (Blake et al., 2007). ریشک‌دار بودن در غلات یک ویژگی مطلوب و مفید در شرایط خشکی به شمار می‌رود. وجود ریشک‌های بزرگ می‌تواند کارایی مصرف آب را پس از گرده‌افشانی افزایش دهد (Blum, 1989). صفات طول ریشک و تعداد دانه در سنبله در مقایسه با صفت طول برگ پرچم از وراثت‌پذیری عمومی بالاتری برخوردار بودند. وراثت‌پذیری عمومی بالای طول ریشک (۰/۹۵) در بررسی دیگری نیز مشاهده شده است (Dorrani-Nejad et al., 2017b). در مطالعه‌ای دیگر وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی بالایی برای تعداد دانه در سنبله گزارش شده است (Razia and Chowdhry, 2003). وندا و هوشمند در بررسی ساختار ژنتیکی صفات روزنه‌ای و برگ پرچم، وراثت‌پذیری بالا و همبستگی مثبت و معنی‌دار طول برگ پرچم را با عملکرد دانه گزارش کردند (Vanda and Houshmand, 2011). از آنجایی که وراثت‌پذیری عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد، درحالی که وراثت‌پذیری برخی صفات ثانویه در

جدول ۷- امتیاز تشخیص و گروه‌بندی دو گروه ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا (گروه اول) و عملکرد پایین (گروه دوم) در شرایط تنش خشکی دوره‌ای در سال‌های زراعی ۹۷-۹۸ و ۹۸-۹۹ و میانگین دو سال

Table 7- Discriminant score and classification for two groups of high and low yield genotypes under cyclic drought stress conditions in 2018–2019, 2019–2020 and mean of traits over two years

ژنوتیپ Genotype	۹۷-۹۸ 2018-2019		۹۸-۹۹ 2019-2020		میانگین دو سال Mean over two years	
	امتیاز تشخیص Discriminant score	گروه‌بندی Classification	امتیاز تشخیص Discriminant score	گروه‌بندی Classification	امتیاز تشخیص Discriminant score	گروه‌بندی Classification
گروه اول: ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا Group 1: high yield genotypes						
SBUK103	1.41	1	3.15	1	2.65	1
Mahdavi	2.15	1	2	1	2.24	1
Excalibur	1.5	1	-0.33	2	0.51	1
SBUK104	2.53	1	2.54	1	2.75	1
SBUK101	-2.41	2	-1.03	2	-1.62	2
گروه دوم: ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین Group 2: low yield genotypes						
SBUK102	-4.5	2	-1.33	2	-2.81	2
Kalheydari	-3.43	2	-3.01	2	-3.43	2
SBUK106	-3.66	2	-5.31	2	-4.74	2
SBUK105	-2.49	2	-3.25	2	-5.87	2
Roshan	-4.31	2	-6.62	2	-2.89	2



شکل ۱- ارتباط امتیاز تشخیص با عملکرد دانه (تن در هکتار) در شرایط تنش خشکی دوره‌ای

Figure 1- Association of discriminant score with grain yield (ton.ha⁻¹) in cyclic drought condition

دقت تابع تشخیص ۹۰ درصد برآورد شد. تابع تشخیص همچنین توانست به‌طور مؤثری ژنوتیپ‌ها را در سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب با دقت ۸۰ درصد و ۹۰ درصد از هم تفکیک نماید.

لاین SBUK101 به‌عنوان یک ژنوتیپ با عملکرد بالا بود اما بر اساس امتیاز تشخیص در گروه دوم قرار گرفت (جدول ۷، میانگین دو سال)، سایر ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مورد انتظار قرار گرفتند، بنابراین

شکل ۱ روند تغییرات عملکرد دانه (تن در هکتار) در شرایط تنش خشکی دوره‌ای و امتیاز تشخیص را با استفاده از مدل رگرسیونی که بر اساس داده‌های مربوط به این دو صفت برآزش داده شد نشان می‌دهد. تابع تشخیص توانست ۷۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را در شرایط تنش کم آبیاری توجیه کند. همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r = 0.85^{**}$) بین عملکرد دانه (تن در هکتار) و امتیاز تشخیص مشاهده شد. این همبستگی توسط نمودار رگرسیونی تأیید می‌شود. این نتایج کارایی معیار گزینشی ارائه شده (رابطه (۶)) را نشان می‌دهد. با توجه به امتیاز تشخیص محاسبه شده برای هر ژنوتیپ و همچنین نمودار رگرسیونی ترسیم شده ارقام مهدوی، اکسکلیبر، لاین‌های ایزوژن SBUK103 و SBUK104 در گروه ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و لاین‌های ایزوژن SBUK105، SBUK106، SBUK101 و SBUK102 و ارقام روشن و کل‌حیدری در گروه ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین قرار گرفتند. بر این اساس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که لاین‌های ایزوژن زمینه ژنتیکی مهدوی پتانسیل عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با لاین‌های ایزوژن دو زمینه ژنتیکی دیگر دارند. در بررسی‌های پیشین نیز از بین ۴۰ ژنوتیپ گندم نان بررسی شده، رقم مهدوی بالاترین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی را دارا بود (Abdolshahi et al., 2013).

نتیجه‌گیری

صفات طول ریشک، طول برگ پرچم و تعداد دانه در سنبله که وارد تابع تشخیص شدند به دلیل دارا بودن ویژگی‌های مطلوب از جمله همبستگی مثبت، معنی‌دار و بالا با عملکرد دانه، وراثت‌پذیری

بالا و ارزیابی آسان، صفات ارزشمندی در مطالعات بهبود عملکرد دانه گندم در شرایط تنش رطوبتی می‌باشند و گزینش بر اساس این صفات می‌تواند یک رویکرد جایگزین برای انتخاب غیرمستقیم عملکرد دانه و گام مؤثری در پیشبرد برنامه‌های به‌نژادی گندم در این شرایط باشد. در این پژوهش مشخص شد بین صفات بررسی‌شده، طول ریشک نقش مهمی در تحمل به خشکی دارد. این صفت علاوه بر وارد شدن در تابع تشخیص، بالاترین درصد پاسخ به گزینش (به‌ترتیب ۹۲/۷۸ درصد و ۸۴/۲۹ درصد در سال‌های اول و دوم)، بیشترین تنوع ژنتیکی (به‌ترتیب ۵۰/۷۲ و ۵۵/۸۸ در سال‌های اول و دوم) و فنوتیپی (به‌ترتیب ۵۱/۸۵ و ۵۷/۰۵ در سال‌های اول و دوم)، همبستگی بالا و مثبت با عملکرد دانه ($r = 0.79^{**}$) و وراثت‌پذیری بالا (۰/۹۶) را به خود اختصاص داد. تابع تشخیص حاصل شده در این پژوهش با توجیه درصد بالای تغییرات عملکرد دانه (۷۲ درصد) و همبستگی بالا و معنی‌دار با عملکرد دانه ($r = 0.85^{**}$) به‌عنوان یک روش چندمتغیره کارآمد و تکنیک مناسبی در شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول در شرایط تنش رطوبتی پیشنهاد می‌گردد. زمینه ژنتیکی مهدوی به دلیل برخورداری از پتانسیل عملکرد بالا و تحمل به تنش خشکی و دارا بودن صفات مطلوب زراعی از جمله برگ پرچم و ریشک‌های بزرگ گزینه مناسبی برای استفاده در برنامه‌ای به‌نژادی افزایش عملکرد دانه در گندم نان می‌باشد.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله از پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی دانشگاه شهید بهنر کرمان به دلیل تأمین مالی پروژه سپاسگزاری می‌نمایند.

References

- Abdolshahi, R., Safarian, A., Nazari, M., Pourseyedi, S., and Mohamadi-Nejad, G. 2013. Screening drought-tolerant genotypes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using different multivariate methods. Archives of Agronomy and Soil Science 59 (5): 685-704. <https://doi.org/10.1080/03650340.2012.667080>.
- Abdolshahi, R. 2014. Introduction to multivariate statistics. Shahid Bahonar University of Kerman Publications, p.238.
- Aghaee Sarbarzeh, M. 2012. Variation of agronomic traits in durum wheat genotypes. Seed and Plant Improvement Journal. 28 (3): 481-502. (in Persian).
- Banziger, M., Edmeades, G. O., Beck, D., and Bellon, M. 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: From Theory to Practice. CIMMYT, Mexico, D.F.
- Blake, N. K., Lanning, S. P., Martin, J. M., Sherman, J. D., and Talbert, L.E. 2007. Relationship of flag leaf characteristics to economically important traits in two spring wheat crosses. Crop Science 47 (2): 491-494. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.05.0286>.
- Blum, A. 1989. Breeding methods for drought resistance. P. 197-215. In: H. Jounes, T.J. Flowers, and M.B. Jones, Plants Under Stress. Cambridge University Press. London.
- Daryanto, S., Wang, L., and Jacinthe, P. A. 2016. Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. PloS one 11 (5): e0156362. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156362>.
- Dawari, N. H., and Luthra, O. P. 1991. Character association studies under high and low environments in wheat (*Triticum aestivum* L.). Indian Journal of Agricultural Research. 25 (1991): 68-72.
- Dorrani-Nejad, M., Mohammadi-Nejad, G., and Nakhoda, B. 2017a. Assessment of Relationship between Agronomic traits and grain yield in recombinant inbred lines derived from Roshan × Falat wheat varieties under

- drought stress. *Journal of Crop Breeding* 8 (20): 52-59. (in Persian with English abstract).
10. Dorrani-Nejad, M., Mohammadi-Nejad, G., and Abdoshahi, R. 2017b. Assessment of Genetic Parameters of Agronomic traits in bread wheat using generation means analysis under water-limited conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research* 15 (2): 389-398. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/gsc.v15i2.51405](https://doi.org/10.22067/gsc.v15i2.51405).
11. Erkul, A., Aydin, U. N., and Konak, C. 2010. Inheritance of yield and yield components in a bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cross. *Turkish Journal of Field Crops* 15 (2): 137-140.
12. Fakhar, U., Fida, M., and Sheraz, A. 2015. Genetic divergence in wheat recombinant inbred lines for yield and yield components. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 15 (9): 1854-1859.
13. Falconer, D. S., and Mackay, T. F. C. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*, 4th ed. Longman, London.
14. Fehr, W. R. 1987. *Principles of Cultivar Development: Theory and Technique*. vol. 1. Macmillan, New York.
15. Gol Parvar, A., Ghanadha, M. R., Zali, A., and Ahmadi, A. 2003. Determine of the best selection traits for yield improvement of bread wheat under drought stress. *Seed Plant Journal* 18 (2): 144-155. (in Persian). DOI: [10.22092/spij.2017.110852](https://doi.org/10.22092/spij.2017.110852)
16. Guoth, A., Tari, I., Galle, A., Csiszar, J., Pecsvaradi, A., Cseuz, L., and Erdei, L. 2009. Comparison of the drought stress responses of tolerant and sensitive wheat cultivars during grain filling: Changes in flag leaf photosynthetic activity, ABA levels, and grain yield. *Journal of Plant Growth Regulation* 28 (2): 167-176. DOI: [10.1007/s00344-009-9085-8](https://doi.org/10.1007/s00344-009-9085-8).
17. Hall, A. J., and Richards, R. A., 2013. Prognosis for genetic improvement of yield potential and water-limited yield of major grain crops. *Field Crops Research* 143 (2013): 18-33. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.05.014>.
18. Houshmand, S. 2003. *The Genetical Analysis of Quantitative Traits*. Shahrekord University Publications. P.462.
19. Irani, S., Arzani, A., and Rezai, A. 2010. Evaluation of Heritability, Relationships of Physiological Traits and Grain Quality in Doubled haploid and their Corresponding Breeding Lines in Triticale. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8 (3): 542-549. (in Persian). DOI: [10.22067/gsc.v8i3.7773](https://doi.org/10.22067/gsc.v8i3.7773)
20. IZANLOO, A., CONDON, A., LANGRIDGE, P., TESTER, M., and SCHNURBUSCH, T. 2008. Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread wheat cultivars. *Journal of Experimental Botany* 59 (12): 3327-3346. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern199>.
21. Kamali Zadeh, M., Hossein Zadeh, A., and Zeinali Khaneghah, H. 2013. Inheritance of some quantitative traits in bread wheat under drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science* 44 (2): 317-326. (in Persian). DOI: [10.22059/ijfcs.2013.35120](https://doi.org/10.22059/ijfcs.2013.35120)
22. Kirigwi, F. M., Van ginkel, M., Trethowan, R., Sears, R. G., Rajaram, S., and Paulsen, G. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica* 135 (3): 361-371. <https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000013375.66104.04>.
23. Koocheki, A., Banayan- Aval, A., Rezvani, P., Mahdavi- Damghani, A., Jamiolahmadi M., and Vesal, S. R. 2005. *The plant ecophysiology*. University of Ferdousi Mashhad Publications, Mashhad, Iran. 271 pp.
24. Molaei, B., Moghaddam, M., Alvaikia, S. S., and Bandeh-Hagh, A. 2017. Generation mean analysis for several agronomic and physiologic traits in bread wheat under normal and water deficit stress conditions. *Journal of Plant Genetic Researches* 3 (2):1-10. (in Persian with English abstract). DOI: [10.29252/pgr.3.2.1](https://doi.org/10.29252/pgr.3.2.1).
25. Mondal, S., Singh, R. P., Mason, E. R., Huerta-Espino, J., Autrique, E., and Joshi, A. K. 2016. Grain yield, adaptation and progress in breeding for early maturing and heat-tolerant wheat lines in South Asia. *Field Crops Research* 192: 78-85. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.017>.
26. Razia, R., and Chowdhry, M. A. 2003. Estimation of variation and heritability of some physio-morphic traits of wheat under drought condition. *Asian Journal of Plant Sciences* 2 (10): 748-755. DOI: [10.3923/ajps.2003.748.755](https://doi.org/10.3923/ajps.2003.748.755).
27. Richards, R. A. 1996. Defining selection criteria improve yield under drought plant. *Growth Regulation* 20 (2): 157-166. <https://doi.org/10.1007/BF00024012>.
28. SAS Institute Inc. 2004. *Base SAS 9.1 Procedures Guide*. SAS Institute Inc., Cary, NC.
29. Sharma, S. 1996. *Applied Multivariate Techniques*. John Wiley and sons Inc., New York.
30. Shayan, S., Moghaddam Vahed, M., Norouzi, M., Mohammadi, S., and Toorchi, M. 2019. Genetic analysis of agronomic and physiological traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using generation mean analysis under drought stress conditions and spring planting in the cold climate. *Iranian Journal of Crop Sciences* 21 (3): 210-224. (in Persian with English abstract). DOI: [10.29252/abj.21.3.210](https://doi.org/10.29252/abj.21.3.210).
31. Singh, R. K., and Chaudhary, B. D. 1985. *Biometrical methods in quantitative genetic analysis*. Kayani Publisher, New Delhi.
32. Vanda, M., and Houshmand, S. 2011. Study of Genetic Structure of Stomatal and Flag Leaf Traits in Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. ssp. durum). *Journal of Crop Breeding* 3 (7): 27-41. (in Persian with English abstract).
33. Zanganeh Asadabadi, Y., Khodarahmi, M., Nazeri, S. M., Mohamadi, A., and Peyghambari, S. A. 2012. Genetic study of grain yield and its components in bread wheat using generation mean analysis under water stress condition. *Journal of Plant Physiology and Breeding* 2 (2): 55-60.
34. Zhu, J. K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of plant Biology* 53 (1): 247-273. DOI: [10.1146/annurev.arplant.53.091401.143329](https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.53.091401.143329).



The Effect of Seed Treatment and Foliar Spray with Ellagic Acid on Physiological Traits of Plants Soybean under Accelerated Aging

S. Arab¹, M. Baradaran Firouzabadi^{2*}, A. Gholami², M. Haydari²

Received: 26-12-2021
Revised: 13-02-2022
Accepted: 05-03-2022

How to cite this article:

Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A., and Haydari, M. 2022. The Effect of Seed Treatment and Foliar Spray with Ellagic Acid on Physiological Traits of Plants Soybean under Accelerated Aging. Iranian Journal of Field Crops Research 20 (3): 305-317. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/jcsc.2022.74387.1131](https://doi.org/10.22067/jcsc.2022.74387.1131).

Introduction

Aging seed can be defined as loss of seed quality, viability and vigor. This process is irreversible over time and its intensity increases with increasing temperature and humidity. Aging seed is one of the major factors reducing quality and quantity in the agricultural sector, especially oilseeds. The use of antioxidants can reduce the damaging effects of aging. Ellagic acid is a natural plant antioxidant that can play a role in reducing the effects of stress on plants. This substance is a phenolic compound and among different antioxidants, due to its polyphenolic properties, it is one of the best scavengers for oxygen free radicals.

Materials and Methods

To investigate the effect of ellagic acid on improving the quality of plants obtained from normal and aged soybean seeds, an experiment was conducted in the research farm of Shahrood University of Technology during the two cropping years 2019 and 2020. In this study two sets of seeds including control seeds (un-aged) and aged seed were used and ellagic acid (50 mg. l⁻¹) was applied for control, seed pretreatment, foliar spray and seed pretreatment+foliar spray. Farm research was conducted a factorial experiment based on a randomized complete block design (RCBD) in three replications. Soybean seeds var. DPX were collected from Mazandaran agricultural research center. The water content of seeds was 12%. The seeds were those that harvested in the same year and kept in a controlled storage room at the temperature between 14 to 17 °C and relative humidity of 30 to 40% at the Agricultural Research and Training Center and Natural Resources of Mazandaran Province. To prepare aged seeds in the laboratory, the seeds were incubated at 41°C and 95% relative humidity for 72 hours. Seed pretreatment with a concentration of 50 mg.L⁻¹ ellagic acid was performed under ventilation condition for 6 hours. The seeds were then dried in the shade and used to continue testing and measuring traits compared to normal seeds. Foliar application was done early in the morning at the beginning of flowering (R1) and in favorable environmental conditions.

Results and Discussion

The results showed that aging reduced the mean daily seedling field emergence by 61.39% compared to normal seeds. The ratio of chlorophyll a to b, total chlorophyll, stomatal conductance and membrane stability index in the leaves of plants from aged seeds decreased by 9.9, 6.3, 7.0 and 28.9%, respectively, compared to the control. The amount of free amino acids and soluble sugars in the leaves of plants from aged seeds increased compared to normal seeds. Pretreatment of normal and aged seeds with ellagic acid increased the mean daily seedling field emergence by 23.1% and 19. 7%, respectively. The content of insoluble sugars were increased with application of both pretreatment and foliar spray of ellagic acid 32.0% respectively. The highest oil yield in both conditions was observed with application of both pretreatment and foliar spray of ellagic acid. The yield seed increased with ellagic acid compared to the control 23.6%. Grain yield was higher than 23.2% in the plants that had received ellagic acid in a form foliar spray. In the end, the pretreatment+foliar spray of ellagic acid had

1- Ph D. Student of Agronomy, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

2- Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

(*- Corresponding Author Email: m.baradaran.f@gmail.com)

DOI: [10.22067/jcsc.2022.74387.1131](https://doi.org/10.22067/jcsc.2022.74387.1131)

the highest grain yield, which increased to control 55.5%.

Conclusion

However, in this study, the application of ellagic acid as a seed pretreatment and foliar spray had a positive effect under normal and aging conditions, but in the scope of the research, the combined application of ellagic acid as seed pretreatment and foliar spraying can be recommended to increase seed yield and seed oil yield in soybean. In general, ellagic acid can be introduced as a powerful antioxidant in aging conditions to reduce some of the destructive effects of the reactions involved in aging.

Keywords: Antioxidant, Grain yield, Seedling emergence

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، ص ۳۱۷-۳۰۵

اثر تیمار بذر و محلول پاشی با اسید الازیک بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه سویا در شرایط تسریع پیری

صفیه عرب^۱، مهدی برادران فیروزآبادی^{۲*}، احمد غلامی^۲، مصطفی حیدری^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۴

چکیده

اسید الازیک، آنتی‌اکسیدانی گیاهی و طبیعی است که در کاهش اثرات تنش‌ها در گیاهان مؤثر است. جهت بررسی تأثیر اسید الازیک بر بهبود کیفیت گیاهان حاصل از بذرهای غیر فرسوده و فرسوده سویا آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی شاهرود طی دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تسریع پیری بذر در دو سطح (بذور غیر فرسوده و بذور فرسوده) و اسید الازیک در چهار سطح (شاهد، پیش‌تیمار بذر، محلول پاشی، کاربرد توأم پیش‌تیمار بذر و محلول پاشی با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند که در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شدند. نتایج نشان داد تسریع پیری بذر موجب کاهش میانگین ظهور روزانه گیاهچه در مزرعه به میزان ۶۱/۳ درصد نسبت به بذور غیر فرسوده شد. پیش‌تیمار بذور غیر فرسوده و فرسوده با اسید الازیک به ترتیب موجب افزایش ۲۳/۱ و ۱۹/۶ درصدی میانگین ظهور روزانه گیاهچه شد. کاربرد توأم پیش‌تیمار بذر و محلول پاشی اسید الازیک در شرایط تسریع پیری موجب افزایش میزان قندهای نامحلول موجود در برگ‌های سویا به میزان ۳۲/۰ درصد نسبت به عدم کاربرد این ماده در این شرایط شد. پیش‌تیمار بذر، محلول پاشی و کاربرد توأم پیش‌تیمار بذر و محلول پاشی با اسید الازیک به ترتیب موجب افزایش ۲۳/۶، ۲۳/۲ و ۵۵/۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شدند. در نهایت در محدوده پژوهش انجام شده می‌توان کاربرد توأم اسید الازیک به صورت پیش‌تیمار بذر و محلول پاشی برگی را جهت افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه در گیاه سویا توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، سرعت ظهور گیاهچه، عملکرد دانه

مقدمه

نشان داده است که تسریع پیری بذر موجب کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین ظهور گیاهچه، شاخص بنیه بذر و افزایش میزان مالون‌دی‌آلدهید و نشت مواد در گیاه سویا (*Glycine max*) می‌شود (Nazari et al., 2020; Santos et al., 2021; Weerasekara et al., 2021). لذا یافتن راهکاری کارآمد جهت کاهش آثار منفی ناشی از بذوری که به هر دلیل دچار فرسودگی شده‌اند، ضرورت دارد.

پیش‌تیمار بذر با مواد آنتی‌اکسیدان از جمله روش‌هایی است که می‌تواند برای مقابله با اثرات نامطلوب تنش‌ها استفاده شود (Marthandan et al., 2020). از جمله موادی که در کاهش اثرات تنش‌ها از جمله فرسودگی در بذر ایفای نقش می‌کند، اسید الازیک است. اسید الازیک^۳ ترکیبی فنولی با فرمول شیمیایی $C_{14}H_6O_8$ ، به صورت پودری خاکی رنگ با وزن مولکولی ۳۰۲/۱ گرم بر مول

به دلیل شرایط نگهداری نامناسب پس از برداشت، کیفیت بذر در طی انبارداری کاهش می‌یابد (Sheidaei et al., 2019). رطوبت و دما از عوامل مهم در شرایط انبارداری هستند که بالا بودن این دو مورد موجب افزایش پیری بذور می‌شود. زمانی که بذرها در طی انبارداری فرسوده می‌شوند، بنیه خود را از دست داده و سرانجام قادر به جوانه‌زنی نمی‌شوند (Kapoor et al., 2010). محتوای رطوبت بذر از مهم‌ترین عوامل پراکسیداسیون لیپیدها در بذور به‌ویژه بذور روغنی از جمله سویا گزارش شده است که منجر به تسریع پیری بذر و کاهش کیفیت آن می‌شود (Sadeghi et al., 2014). نتایج تحقیقات

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

۲- دانشیار زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: m.baradaran.f@gmail.com)

DOI: 10.22067/jcesc.2022.74387.1131

دانشگاه صنعتی شاهرود طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تسریع پیری بذور در دو سطح (بذور غیر فرسوده و بذور فرسوده) و اسید الازیک در چهار سطح (صفر، پیش تیمار بذور، محلول پاشی برگری و کاربرد توأم پیش تیمار بذور و محلول پاشی برگری با غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر) بود.

عملیات کاشت سال اول در تاریخ ۲۶ خرداد ۱۳۹۸ و سال دوم ۲۰ خرداد ماه ۱۳۹۹ با دست و در عمق دو سانتی متری انجام شد. تراکم بوته در مزرعه معادل ۲۰ بوته در متر مربع بود. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری و داده‌های هواشناسی منطقه در طی فصل رشد به ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

بذور سویا مورد آزمایش، رقم DPX (کتول) بود که از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران تهیه شد. بذره‌های مورد استفاده، بذره‌های برداشت شده همان سال بودند که تا زمان آزمایش در انبار کنترل شده دارای سیستم خنک کننده و در محدوده دمایی ۱۴ تا ۱۷ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۳۰ تا ۴۰ درصد نگهداری شدند. در ابتدا بذور با هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت یک دقیقه ضدعفونی و سپس با آب مقطر شستشو شدند. جهت اعمال تیمار تسریع پیری، بذور با قرار گرفتن در دمای ۴۱ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد به مدت ۷۲ ساعت فرسوده شدند (ISTA, 2009). پیش تیمار بذور با غلظت ۵۰ میلی گرم در لیتر اسید الازیک با رعایت اصول هوادهی بذر به مدت شش ساعت انجام شد. برای پیش تیمار کردن بذور، در هر ظرف ۵۰ عدد بذر سویا قرار گرفت و با ۱۰ میلی لیتر محلول ۵۰ میلی گرم در لیتر اسید الازیک خیسانده شدند. پس از آن بذور در سایه خشک شدند و جهت ادامه آزمایش و اندازه گیری صفات در مقایسه با بذور غیر فرسوده استفاده شدند. تیمار محلول پاشی نیز صبح زود و هنگام آغاز گلدهی (R1) و در شرایط مساعد محیطی انجام شد، طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند. به منظور بهبود جذب برگری اسید الازیک، از ترتیون X100 با غلظت ۰/۰۱ درصد استفاده شد. اندازه گیری صفات دو هفته پس از محلول پاشی انجام شد. اسید الازیک مورد استفاده ساخت شرکت سیگما آلد ریج آمریکا و تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده مرک آلمان بود.

میانگین ظهور روزانه گیاهچه در مزرعه (MDE^۲)، شاخصی از سرعت و تعداد گیاهچه ظاهر شده در مزرعه، از تقسیم درصد ظهور نهایی گیاهچه (FEP) بر طول دوره آزمایش (D) طبق رابطه (۱) به دست آمد (ISTA, 2006).

می باشد. این ماده شامل ۴ گروه OH آزاد و دو گروه آسیلوكسی^۴ متصل به هسته حلقه‌های آروماتیک تشکیل شده است (Evtuyugin et al., 2020). این ماده در گیاهان به شکل تانن‌های قابل هیدرولیز که الازیتانن نامیده می‌شوند، دیده می‌شود (Debnath et al., 2021). الازیتانن‌ها ترکیبات ساختاری دیواره سلولی و غشاء سلولی را تشکیل می‌دهند و به صورت استرهای گلوکز با اسید الازیک دیده می‌شوند. اسید الازیک آنتی اکسیدانی گیاهی طبیعی و بالقوه است که در بیشتر میوه‌ها، دانه‌ها و سبزیجات شامل چای سبز (Camellia sinensis) و دیگر منابع طبیعی از جمله انار (Punica granatum)، توت فرنگی (Fragaria ananassa)، شاه توت (Morus nigra)، گردو (Juglans regia)، انبه (Mangifera indica) و پوست اکالیپتوس (Eucalyptus camaldulensis) وجود دارد (Leonardo et al., 2011). در بین آنتی اکسیدان‌های مختلف، اسید الازیک با توجه به خصوصیات پلی فنولیک آن، یکی از بهترین جاروب کننده‌های رادیکال‌های آزاد اکسیژن است. اسید الازیک را به راحتی می‌توان با استفاده از HPLC از گیاهان جدا کرد (Braunberger et al., 2013). اسید الازیک یا به طور مستقیم از طریق مقابله با اثرات تخریبی تنش اکسیداتیو و یا از طریق فعال کردن یا القای سیستم‌های آنتی اکسیدانی سلول مانند سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوکاتیون پراکسیداز اثرات خود را اعمال می‌نماید (Turk et al., 2011). محققان گزارش کردند که اسید الازیک به دلیل خاصیت کلاته‌کنندگی تولید گونه‌های فعال اکسیژن شامل رادیکال سوپر اکسید و هیدروکسیل را مهار می‌کند و سلول را در برابر فرآیند پراکسیداسیون و تولید مالون دی آلدئید محافظت می‌کند و همچنین موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی از جمله کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز و گلوکاتیون پراکسیداز می‌شود (Lopez and Luderer, 2004). محققان اثرات مثبت اسید الازیک را در نخود (Cicer arietinum) تحت تنش اسمزی (Abu El Soud et al., 2013)، کلزا (Brassica napus) در شرایط تنش شوری (Khan et al., 2017) و میوه کامکوات (Citrus japonica) در طی انبارداری (Liu et al., 2018) گزارش کرده‌اند.

در مقاله حاضر به بررسی اثر اسید الازیک به صورت پیش تیمار بذری و محلول پاشی روی برگ گیاهان با هدف بهبود بذره‌های فرسوده سویا و تقویت گیاهان حاصل از آن‌ها پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی طی دو سال زراعی (۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ۱۳۹۸-۱۳۹۹) با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه

Table 1- Physico-chemical properties of the experimental soil

بافت خاک	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن کل	پتاسیم فسفر
Soil texture	pH	EC (dS.m ⁻¹)	Organic carbon %	(N) %	(P) (K)
لوم سیلتی	7.36	0.71	0.60	0.066	5.54 240
Silty Loam					mg.kg ⁻¹

جدول ۲- داده‌های هواشناسی منطقه در دو سال مورد آزمایش (اداره هواشناسی استان سمنان)

Table 2- Meteorological data for the field sites during experiment (Semnan province Meteorological Office)

بارندگی		رطوبت نسبی		میانگین دما	
Precipitation (mm)		Relative humidity (%)		Mean temperature (°C)	
ماه	Month	1398 (2018)	1399 (2019)	1398 (2018)	1399 (2019)
فروردین	April	75.8	41.4	57	67
اردیبهشت	May	6.8	49.5	47	60
خرداد	June	10.7	0.0	46	41
تیر	July	0.0	4.2	42	41
مرداد	August	0.0	16.2	42	38
شهریور	September	0.0	0.0	42	45
مهر	October	3.3	10.7	43	47
آبان	November	5.8	4.8	48	51

اندازه‌گیری شد. برای محاسبه عملکرد روغن، درصد روغن نمونه‌ها در عملکرد دانه ضرب شد. عملکرد دانه در زمان رسیدگی کامل (R_8) همزمان با زرد شدن ۹۵ درصد نیام‌های بوته‌های مزرعه اندازه‌گیری شد. جهت ثبت عملکرد دانه تعداد بوته‌های موجود در یک مترمربع برداشت شد و در نهایت این صفت بر حسب گرم در متر مربع گزارش شد. برای داده‌های دو سال زراعی، ابتدا آزمون بارتلت انجام شد. برای صفاتی که این آزمون معنی‌دار نبود و همگنی اشتباه آزمایشی تأیید شد، تجزیه مرکب انجام شد. برای صفاتی که آزمون بارتلت معنی‌دار شد (شامل صفات نسبت کلروفیل a به b و کلروفیل کل) داده‌های هر سال به‌طور جداگانه تجزیه شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

میانگین ظهور روزانه گیاهچه

تجزیه واریانس میانگین مربعات این صفت در جدول ۳ نشان داده شده است. بررسی شکل ۱ حاکی از آن است که میانگین ظهور گیاهچه در بذوری که تسریع پیری را تجربه کرده بودند نسبت به بذور غیر فرسوده، ۶۶/۱ درصد کاهش نشان داد. پیش‌تیمار بذور با اسید الازیک موجب افزایش ۲۱/۹ درصدی میانگین ظهور گیاهچه نسبت به عدم کاربرد این ماده شد (شکل ۱). می‌توان این‌طور بیان

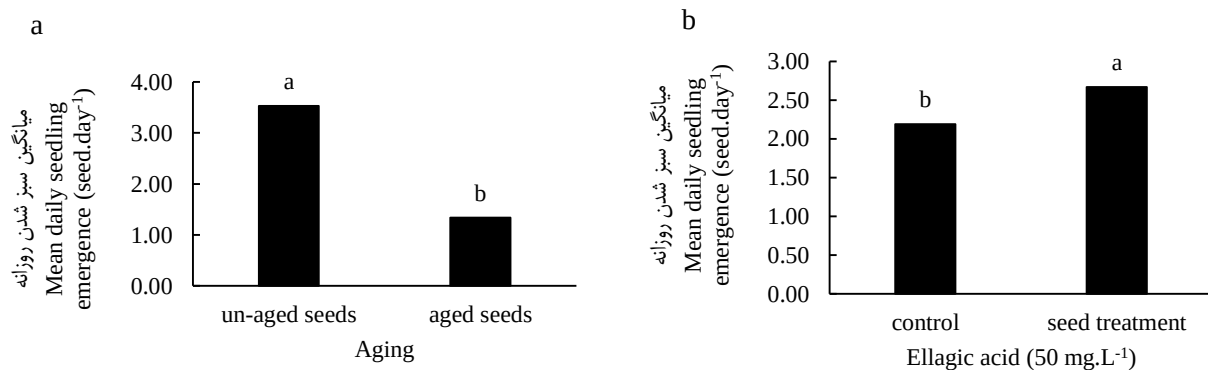
$$MDE = \frac{FEP}{D} \quad (۱)$$

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی دو هفته پس از اعمال محلول پاشی (R_2) انجام گرفت. میزان کلروفیل a, b و کل با استفاده از دی‌متیل سولفوکسید و روش [Hiscox and Israelstom \(1979\)](#) اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری میزان قند محلول موجود در برگ گیاهان از روش فنل اسید سولفوریک ([Bonnett and Incoll, 1992](#)) استفاده شد. قند نامحلول با استفاده از اسید پرکلریک ($HClO_4$) اندازه‌گیری شد ([Yang et al., 2000](#)). اسیدهای آمینه آزاد با استفاده از بافر استیک اسید-استات سدیم، معرف نین هیدرین و اسید آسکوربیک محاسبه و ثبت شد ([Xiong et al., 2006](#)). شاخص پایداری غشاء پلاسمایی برگ‌ها از روش [Barranco et al. \(2005\)](#) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، دو هفته پس از محلول پاشی، تعداد پنج بوته به‌طور تصادفی از هر کرت برداشت شد و سطح تمامی برگ‌ها، با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ مدل A3 Light box ساخت کشور انگلستان ثبت شد. هدایت روزنه‌ای نیز دو هفته پس از محلول پاشی روی پنج برگ که به‌صورت تصادفی انتخاب شده بودند و با استفاده از دستگاه پرومتر^۱ مدل Netherland ساخت کشور هلند اندازه‌گیری شد. درصد روغن دانه با استفاده از دستگاه سوکسله تمام اتوماتیک (Soxtherm 2000 (automatic Gerhardt) و روش [Oomah et al. 1995](#))

1- Prometer

گیاهچه را افزایش دهد. در توافق با نتایج به دست آمده، تحقیقات محققان دیگر نیز نشان می‌دهد که تسریع پیری بذر منجر به کاهش درصد ظهور گیاهچه نهایی و میانگین ظهور گیاهچه در سويا می‌شود (Weerasekara *et al.*, 2021; Mangena *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2021). محققان اسید الازیک را به عنوان تنظیم کننده رشد گیاه دانسته و اعلام کردند که این ماده موجب افزایش درصد ظهور گیاهچه در مزرعه می‌گردد (Pari and Sivasankari, 2008).

کرد که بذره‌های فرسوده شده در این پژوهش، به دلیل کاهش در فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، افزایش گونه‌های فعال اکسیژن و تخریب در دیواره سلولی در جذب آب دچار مشکل شده و از این رو جوانه‌زنی کاهش یافته است. کاهش کارایی مصرف مواد ذخیره‌ای بذر و در نتیجه کاهش در انتقال مواد غذایی به محور جنینی و کاهش در رشد سلولی محور جنینی در شرایط تسریع پیری می‌تواند موجب کاهش جوانه‌زنی شده باشد و اعمال پیش تیمار می‌تواند تا حدودی سبب افزایش در مصرف مواد غذایی شده و از این طریق میانگین ظهور



شکل ۱- تأثیر تسریع پیری (a) و پیش تیمار بذور با اسید الازیک (b) بر میانگین ظهور گیاهچه در مزرعه
بذور غیر فرسوده: un-aged seeds، بذور فرسوده: aged seeds

Figure 1- Effect of aging seed (a) and seed pretreatment of ellagic acid (b) on mean daily seedling emergence

جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات ظهور گیاهچه (MDE)، شاخص پایداری غشا (MS)، شاخص سطح برگ (LAI)، میزان قندهای محلول (soluble sugar)، میزان قندهای نامحلول (insoluble sugar)، میزان اسیدهای آمینه آزاد (free aminoacids)، هدایت روزنه‌ای (SC)، عملکرد روغن (oil yield) و عملکرد دانه (grain yield) تحت تأثیر تسریع پیری و اسید الازیک در مزرعه سويا (تجزیه مرکب)

Table 3- Variance analysis of mean squares of mean daily seedling field emergence (MDE), membrane stability index (MS), LAI, soluble sugar, insoluble sugar, free aminoacids, stomatal conductance (SC), oil yield and seed yield under aging and ellagic acid on field of soybean

منابع تغییر S.O.V	df	MDE	MS	LAI	Soluble sugar	Insoluble sugar	Free aminoacids	SC	Oil yield	Grain yield
Year سال	1	0.32 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.54 ^{ns}	5115.25 ^{ns}	782.79 ^{ns}	716.47 ^{ns}	4307.35 ^{ns}	329.93 ^{ns}	9776.66 ^{ns}
خطای اول Error 1	4	0.08	7.59	0.46	463.59	190.94	512.92	0.25	729.62	19466.40
(a) تسریع پیری Aging	1	28.73*	296.78 ^{ns}	10.84 ^{ns}	58671.74 ^{ns}	1175.16**	15950.19**	1468.53*	5703.55 ^{ns}	122974.40 ^{ns}
(b) اسید الازیک Ellagic acid	3	1.40*	29.58 ^{ns}	0.67 ^{ns}	2338.74 ^{ns}	1560.74**	953.02 ^{ns}	157.49 ^{ns}	726.24*	17424.00*
a*b	3	0.35 ^{ns}	18.06 ^{ns}	0.44 ^{ns}	810.66 ^{ns}	2197.72**	708.72 ^{ns}	86.50 ^{ns}	177.36 ^{ns}	4381.76 ^{ns}
y*a	1	0.04 ^{ns}	5.49 ^{ns}	0.64 ^{ns}	924.30 ^{ns}	6.73E-29 ^{ns}	2.81 ^{ns}	416.34 ^{ns}	539.49*	14406.43*
y*b	3	0.01 ^{ns}	9.25 ^{ns}	0.26 ^{ns}	1880.30 ^{ns}	1.03E-28 ^{ns}	136.27 ^{ns}	188.97 ^{ns}	24.95 ^{ns}	710.71 ^{ns}
y*a*b	3	0.10 ^{ns}	4.70 ^{ns}	0.30 ^{ns}	1185.68 ^{ns}	4.34E-28 ^{ns}	185.93 ^{ns}	8.13 ^{ns}	50.46 ^{ns}	1215.08 ^{ns}
Error خطا	28	0.01	3.53	0.10	492.98	366.50	401.15	160.65	56.90	1546.40
ضریب تغییرات C.V (%)	-	5.8	7.8	12.7	9.5	13.3	10.7	8.3	18.3	18.7

^{ns}, * و **: به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح پنج درصد و یک درصد.
ns, * and **: nonsignificant, significant in 5% and 1% respectively.

رنگدانه‌های فتوسنتزی (نسبت کلروفیل a به b و کلروفیل کل)

تجزیه واریانس رنگدانه‌های فتوسنتزی در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در جدول ۴ گزارش شده است. تجزیه ساده این صفات در سال ۱۳۹۸ نشان داد که در گیاهان حاصل از بذور فرسوده که اسید الازیک را دریافت نکرده بودند، نسبت کلروفیل a به b، به میزان ۱۸/۴ درصد نسبت به شرایط غیر فرسوده کاهش نشان داد (شکل ۲). استفاده از اسید الازیک در شرایط غیر فرسوده، اختلاف معنی‌داری بر این صفت نشان نداد و این در حالی بود که در شرایط اعمال تسریع پیری، استفاده از اسید الازیک به صورت پیش تیمار بذری و کاربرد توأم پیش تیمار بذری به همراه محلول پاشی برگ، موجب افزایش معنی‌دار این صفت شد. نکته قابل توجه این بود که استفاده از پیش تیمار بذری به همراه محلول پاشی برگ اسید الازیک در شرایط تسریع پیری، نسبت کلروفیل a به b را تا سطح گیاهان حاصل از بذور غیر فرسوده افزایش داد (شکل ۲). در این سال، کلروفیل کل حاصل از بذور فرسوده به میزان ۶/۲ درصد نسبت به شرایط غیر فرسوده کاهش نشان داد (جدول ۵).

بررسی رنگدانه‌های فتوسنتزی در سال دوم آزمایش (۱۳۹۹) بیانگر این بود که نسبت کلروفیل a به b، با اعمال تسریع پیری کاهش معنی‌دار نشان داد و این نسبت از ۱/۱ به ۱/۰ کاهش پیدا کرد (جدول ۵). گیاهانی که اسید الازیک را به صورت محلول پاشی و همچنین ترکیب توأم پیش تیمار بذری و محلول پاشی دریافت کرده

بودند، میزان بالاتری از این صفت را به خود اختصاص دادند و به ترتیب موجب افزایش ۴۵/۳ و ۳۸/۳ درصدی این صفت نسبت به شاهد شدند (جدول ۵). در شرایط اعمال تسریع پیری، میزان کلروفیل کل از ۵/۸ در گیاهان شاهد به ۵/۴ کاهش نشان داد (جدول ۵). استفاده از اسید الازیک به شکل پیش تیمار بذری، محلول پاشی و ترکیب توأم این دو سطح موجب افزایش معنی‌دار کلروفیل کل شد و در این بین دو سطح پیش تیمار و ترکیب توأم پیش تیمار و محلول پاشی، در بالاترین سطح قرار گرفتند (جدول ۵).

در این پژوهش، تسریع پیری بذری سبب کاهش در فعالیت کلروفیل a شد، بنابراین نسبت کلروفیل a به b نیز کاهش نشان داد. دلیل این کاهش می‌تواند تخریب کلروفیل به وسیله گونه‌های فعال اکسیژن شامل پراکسید هیدروژن و رادیکال سوپر اکسید باشد. کاهش مقدار کلروفیل به دلیل تسریع پیری بذری در گیاه سویا (Saha and Sultana, 2008) و آفتابگردان (*Helianthus annuus*) (Taji et al., 2014) گزارش شده است. در این پژوهش کلروفیل a از کلروفیل b حساس‌تر بود. مشابه این نتایج را محققان دیگر نیز گزارش کرده‌اند (Motacefi et al., 2021; Kalali et al., 2015).

استفاده از اسید الازیک احتمالاً از طریق کاهش تولید این گونه‌های مخرب اکسیژن توانسته است از کاهش کلروفیل جلوگیری کند. در راستای تحقیق حاضر، محققان دیگر دریافتند که پیش تیمار بذری کلزا با اسید الازیک موجب افزایش میزان کلروفیل کل این گیاه در شرایط تنش شوری شد (Khan et al., 2017).

جدول ۴- تجزیه واریانس میانگین مربعات نسبت کلروفیل a به b (Chl_a/Chl_b) و کلروفیل کل (Chl_{total}) تحت تأثیر تسریع پیری و اسید الازیک در مزرعه سویا (تجزیه جداگانه سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹)

Table 4- Variance analysis of mean squares of Chl_a/Chl_b and Chl_{total} under aging and ellagic acid on field of soybean (2018 and 2019)

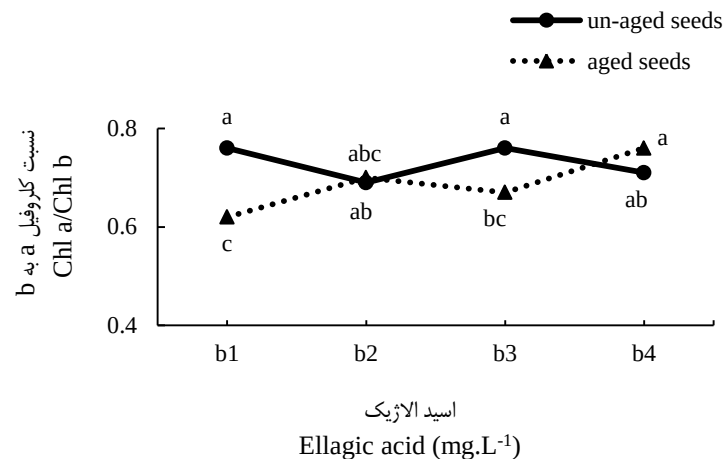
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	Chl_a/Chl_b	Chl_{total}	Chl_a/Chl_b	Chl_{total}
		(2018)		(2019)	
تکرار Replication	2	0.005	0.0005	0.08	0.53
زوال Aging (a)	1	0.01 ^{ns}	0.96*	0.08**	0.54 ^{ns}
اسید الازیک (b)	3	0.002	0.35 ^{ns}	0.22**	1.48**
Ellagic acid					
a*b	3	0.011*	0.04 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.29 ^{ns}
خطای Error	14	0.002	0.16	0.009	0.12
ضریب تغییرات C.V (%)	-	7.3	6.6	9.0	6.1

ns، * و ** به ترتیب: عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج درصد و یک درصد.
ns, * and **: nonsignificant, significant in 5% and 1% respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات اصلی تسریع پیری و اسید الازیک بر کلروفیل کل (Chl_{total}) در سال ۱۳۹۸، نسبت کلروفیل a به b ($Chla/Chlb$) و کلروفیل کل در سال ۱۳۹۹ در برگ سویا (تجزیه ساده سالهای ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹)

Table 5- Mean comparison of aging seeds and ellagic acid on total chlorophyll in 2018, $Chla/Chlb$, total chlorophyll (Chl_{total}) of leaves in 2019 of soybean leaves

Treatments تیمارها	Chl_{total} (2018) ($mg \cdot g^{-1} Fw$)	$Chla/Chlb$ (2019)	Chl_{total} (2019) ($mg \cdot g^{-1} Fw$)
Aging تسریع پیری			
Un-aged seeds بذور غیر فرسوده	6.39	1.11	5.86
Aged seeds بذور فرسوده	5.99	1.00	5.48
LSD 5%	0.359	0.083	0.303
Ellagic acid اسید الازیک			
Control شاهد	5.83	0.86	5.09
Pretreatment پیش تیمار	6.37	0.92	6.01
Foliar spray محلول پاشی	6.28	1.25	5.53
Pretreatment+ foliar spray پیش تیمار+محلول پاشی	6.28	1.19	6.20
LSD 5%	0.507	0.117	0.429



شکل ۲- تأثیر برهمکنش تسریع پیری بذور و اسید الازیک بر نسبت کلروفیل a به b در برگهای سویا در سال ۱۳۹۸ (بذور غیر فرسوده: un- aged seeds، بذور فرسوده: aged seeds)

Figure 2- Effect of aging seed and ellagic acid on the $Chla/Chlb$ of leaves in soybean in 2019. b1: control, b2: pretreatment, b3: foliar spray and b4: seed pretreatment+foliar spray

تحقیق، محققان گزارش کردند که تسریع پیری بذور سویا موجب کاهش هدایت روزنه‌ای در برگ‌های گیاه می‌گردد (Arab et al., 2021).

اسیدهای آمینه آزاد

تجزیه مرکب داده‌های دو سال نشان داد که اسیدهای آمینه آزاد برگ تنها تحت تأثیر تسریع پیری قرار گرفت. اعمال تسریع پیری موجب افزایش ۱۷/۷ درصدی این صفت در برگ گیاهان شد (جدول ۶). دلیل افزایش اسیدهای آمینه آزاد در گیاهان حاصل از بذور فرسوده را می‌توان ویژگی اسمولیتی این ترکیبات به منظور جابجایی

هدایت روزنه‌ای

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، هدایت روزنه‌ای در این پژوهش تنها تحت تأثیر تسریع پیری در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. مقایسات میانگین هدایت روزنه‌ای برگ‌ها نشان داد که هدایت روزنه‌ای در برگ گیاهان حاصل از بذور فرسوده به میزان ۶۹/۹ میلی مول دی‌اکسید کربن در متر مربع در ثانیه نسبت به گیاهان غیر فرسوده کاهش نشان داد (جدول ۶). یکی از عوامل محدودکننده فتوسنتز در گیاهان، عوامل روزنه‌ای است که منجر به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن به فضای بین سلولی در اثر کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شود (Bagheri et al., 2014). در راستای این

قندهای محلول و نامحلول

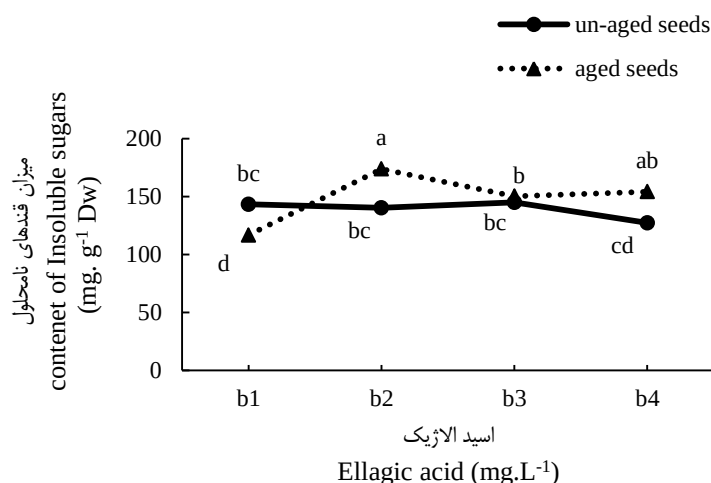
قندهای محلول از تیمارهای آزمایش تأثیر پذیرفت. این در حالی بود که تسریع پیری، اسید الازیک و اثر متقابل این دو عامل در سطح یک درصد بر میزان قندهای نامحلول مؤثر واقع شد (جدول ۳). اعمال تسریع پیری در گیاهانی که اسید الازیک را دریافت نکرده بودند (عدم پیش تیمار و عدم محلول پاشی)، موجب کاهش ۱۸/۴ درصدی قندهای نامحلول موجود در برگ نسبت به شرایط غیر فرسوده شد (شکل ۳).

کردن رادیکال‌های آزاد حاصل از واکنش‌های تسریع پیری دانست. ممکن است به دلیل تسریع پیری، چرخه تولید پروتئین دچار اختلال شده باشد و اسیدهای آمینه در تولید پروتئین مورد استفاده قرار نگرفته باشند. همچنین ممکن است پروتئین‌ها تخریب شده باشند (Nazari et al., 2020).

مشابه این نتایج را برخی پژوهشگران در لوبیا چشم بلبل (*Vigna unguiculata*) تحت پیری تسریع شده گزارش کردند (Akbari et al., 2019).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات اصلی تسریع پیری و اسید الازیک بر هدایت روزنه‌ای، اسیدهای آمینه آزاد و عملکرد دانه سویا
Table 6- Mean comparison of aging seeds and ellagic acid on Stomatal conductance, free aminoacids and grain yield in soybean

تیمارها Treatments	هدایت روزنه‌ای stomatal conductance	اسیدهای آمینه آزاد free aminoacids	عملکرد روغن oil yield	عملکرد دانه grain yield
Aging تسریع پیری	mmol CO ₂ . m ⁻² . S ⁻¹	µg. g ⁻¹ Fw	g.m ⁻²	g.m ⁻²
Un-aged seeds بذور غیر فرسوده	157.86	169.50	-	-
Aged seeds بذور فرسوده	146.80	205.96	-	-
LSD 5%	7.495	11.844	-	-
اسید الازیک Ellagic acid				
Control شاهد	-	-	32.46	167.21
Pre-treatment پیش تیمار	-	-	40.66	206.66
Foliar spray محلول پاشی	-	-	40.53	206.06
پیش تیمار+محلول پاشی	-	-	51.42	259.99
Pre-treatment+ foliar spray	-	-	6.30	32.885
LSD 5%	-	-	-	-



شکل ۳- تأثیر برهمکنش تسریع پیری بذور و اسید الازیک بر میزان قندهای نامحلول در برگ‌های سویا (بذور غیر فرسوده: un-aged seeds، بذور فرسوده: aged seeds)

Figure 3- Effect of aging seeds and ellagic acid on content of insoluble sugars of leaves in soybean. b1: control, b2: pretreatment, b3: foliar spray and b4: seed pretreatment+foliar spray

کاربرد اسید الازیک در شرایط غیر فرسوده اختلافی با شاهد از لحاظ میزان قندهای نامحلول نشان نداد. این در حالی است که در شرایط تسریع پیری، استفاده از هر سه سطح اسید الازیک موجب افزایش معنی دار این صفت نسبت به عدم کاربرد این ماده در این شرایط شد. تحقیقات نشان داده است که قندها جزئی از محافظان اسمزی هستند و در پاسخ به تنش ها تجمع می یابند. محققان دریافتند که قندها با افزایش فشار اسمزی، نگهداری تورژسانس، پایداری غشاءها و پروتئین ها به گیاه کمک می کنند (Movahhedi, Dehnavi et al., 2017).

شاخص پایداری غشاء و شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شاخص پایداری غشاء و شاخص سطح برگ از هیچ یک از تیمارهای آزمایش تأثیر نپذیرفت (جدول ۳).

عملکرد روغن

کاربرد اسید الازیک و اثر متقابل سال و تسریع پیری در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد روغن تأثیر گذاشتند (جدول ۳). نتایج جدول ۶ نشان داد که کاربرد اسید الازیک موجب افزایش عملکرد روغن نسبت به شاهد گردید. کاربرد توأم پیش تیمار و محلول پاشی با این ماده بالاترین میزان عملکرد روغن را که معادل ۵۱/۴ گرم در متر

مربع بود، به خود اختصاص داد. تسریع پیری در هر دو سال آزمایش موجب کاهش معنی دار عملکرد روغن شد. کاهش عملکرد روغن در اثر تسریع پیری در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۱۵/۱ و ۱۸/۵ گرم در متر مربع نسبت به گیاهان شاهد همان سال بود (جدول ۷).

کاهش میزان روغن در شرایط تسریع پیری در این پژوهش احتمالاً با کاهش سطح برگ، کاهش میزان کلروفیل و در نتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی ارتباط دارد. با توجه به این که کلروفیل گیاهان حاصل از بذور فرسوده نیز کاهش یافته است (جدول ۶)، احتمال می رود در ساختار کلروپلاست گیاهان حاصله اختلال به وجود آمده باشد و از آن جا که بیوسنتز اسیدهای چرب در کلروپلاست و پلاستیدها صورت می گیرد بنابراین کاهش معنی داری در عملکرد روغن مشاهده شد. از آن جا که انرژی لازم برای ساختن روغن بسیار بیشتر از انرژی لازم برای ساختن کربوهیدرات ها است، گیاه در هنگام کاهش مواد فتوسنتزی میزان کمتری از این مواد را به ساختن روغن اختصاص می دهد و موجب کاهش درصد روغن در بذور می شود (Verma et al., 2005). در راستای این تحقیق محققان دیگر در سویا (Rahimi et al., 2014) و گلرنگ (Carthamus tinctorius) (Onder et al., 2020) گزارش کردند که تسریع پیری موجب کاهش عملکرد روغن در بذور گیاهان حاصل از آن ها شد. راجع به تأثیر اسید الازیک بر میزان روغن گزارشی یافت نشد.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل سال و تسریع پیری بر عملکرد روغن و عملکرد دانه سویا (y1a1: سال اول*بذور غیر فرسوده، y1a2: سال اول*بذور فرسوده، y2a1: سال دوم*بذور غیر فرسوده و y2a2: سال دوم*بذور فرسوده)

Table 7- Mean comparison of interaction of year and aging seeds on oil yield and grain yield in soybean (y1a1: un-aged seeds in 2018, y1a2: aged seeds in 2018, y2a1: un-aged seeds in 2019 and y2a2: aged seeds in 2019)

تیمارها Treatments	عملکرد روغن Oil yield (g.m ⁻²)	عملکرد دانه Grain yield (g.m ⁻²)
y1a1	51.44	257.54
y1a2	36.34	190.96
y2a1	52.90	263.65
y2a2	34.39	187.76
LSD 5%	6.308	32.890

عملکرد دانه

بررسی اثرات اصلی اسید الازیک بر عملکرد دانه در جدول ۶ آورده شده است. نتایج این جدول حاکی از آن است که کاربرد هر سه سطح مورد استفاده اسید الازیک در این پژوهش موجب افزایش معنی دار عملکرد دانه نسبت به گیاهان شاهد شد. پیش تیمار بذور با اسید الازیک موجب افزایش ۲۳/۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. گیاهانی که اسید الازیک را به صورت محلول پاشی برگ

دریافت کرده بودند، افزایش عملکردی معادل ۲۳/۲ را نسبت به شاهد نشان دادند. در نهایت کاربرد توأم پیش تیمار و محلول پاشی این ماده، بالاترین عملکرد دانه را که معادل ۲۵۹۹/۹ گرم در متر مربع بود به خود اختصاص داد که نسبت به شاهد ۵۵/۴ درصد افزایش داشت (جدول ۶). بررسی اثرات متقابل سال و تسریع پیری نیز نشان داد که در هر دو سال مورد آزمایش، گیاهانی که از بذور فرسوده حاصل شده بودند، عملکرد دانه کمتری را نسبت به شرایط غیر فرسوده نشان دادند. این کاهش عملکرد دانه در سال اول ۲۵/۸ درصد و در سال

دوم ۲۸/۷ درصد نسبت به گیاهان شاهد همان سال بود (جدول ۷). تسریع پیری بذر احتمالاً از طریق کاهش میانگین ظهور گیاهچه نهایی مزرعه (شکل ۱) و هدایت روزه‌ای (جدول ۶) موجب کاهش عملکرد دانه شده است. در مقابل کاربرد اسید الازیک احتمالاً با افزایش میانگین ظهور گیاهچه نهایی موجب افزایش عملکرد دانه شده است. در توافق با نتایج این پژوهش، محققان در تحقیقی نشان دادند که اسید الازیک به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی که دارد، سبب افزایش عملکرد در کلزا می‌گردد (Khan et al., 2017).

تجزیه علیت

برای تعیین سهم اثرهای مستقیم و غیر مستقیم متغیرها بر عملکرد دانه از تجزیه علیت استفاده شد. جدول ۸ بیانگر این است که زمانی که عملکرد دانه به‌عنوان صفت وابسته در نظر گرفته شد میانگین ظهور گیاهچه در مزرعه (۰/۶۲)، شاخص پایداری غشاء (۰/۴۷)، شاخص سطح برگ (۰/۷۰)، میزان قندهای محلول (۰/۴۶) -

و کلروفیل کل (۰/۴۹) به‌عنوان متغیرهای اصلی وارد مدل شدند. با توجه به میزان ضریب تبیین ۵۷/۶۳ درصد از تغییرات عملکرد دانه توسط این ۵ صفت توجیه می‌شود. بیشترین اثر مستقیم مثبت را به‌ترتیب شاخص سطح برگ (۰/۴۵) و کلروفیل کل (۰/۲۵) به خود اختصاص دادند. میزان قندهای محلول موجود در برگ، بیشترین اثر مستقیم و منفی (۰/۱۱-) را بر عملکرد دانه داشت. میانگین ظهور گیاهچه در مزرعه به‌طور غیرمستقیم از طریق تأثیر بر شاخص سطح برگ بر عملکرد دانه مؤثر واقع شد. شاخص پایداری غشاء نیز از طریق تأثیر بر شاخص سطح برگ، اثر خود را بر عملکرد دانه نشان داد. کلروفیل کل هم به‌طور مستقیم و هم به‌طور غیرمستقیم از طریق تأثیر بر شاخص سطح برگ بر عملکرد دانه تأثیر گذاشت. میزان قندهای محلول موجود در برگ به‌طور غیرمستقیم از طریق تأثیر منفی بر شاخص سطح برگ و همچنین به‌طور مستقیم موجب کاهش عملکرد دانه شدند (جدول ۸).

جدول ۸- تجزیه علیت عملکرد دانه تحت تأثیر صفات میانگین ظهور گیاهچه در مزرعه (MDE)، شاخص پایداری غشاء (MS)، شاخص سطح برگ (LAI)، میزان قندهای محلول و کلروفیل کل (عملکرد دانه صفت وابسته است)

Table 8- Path coefficient analysis of mean daily seedling field emergence (MDE), membrane stability index (MS), Leaf area index (LAI), content of soluble sugars and total chlorophyll traits on seed yield (seed yield is dependent trait)

Traits	MDE	MS	LAI	Soluble sugars	Chl _{total}	Total effects
MDE	0.11	0.003	0.32	0.08	0.09	0.625
MS	0.07	0.005	0.28	0.05	0.04	0.473
LAI	0.08	0.003	0.45	0.06	0.10	0.705
Soluble sugars	-0.08	-0.002	-0.23	-0.11	-0.02	-0.467
Chl _{total}	0.04	0.0009	0.18	0.01	0.25	0.491
R- Square	0.5763					

اعداد موجود در قطر نشان‌دهنده اثرات مستقیم و خارج از قطر نشان‌دهنده اثرات غیرمستقیم صفات بر روی عملکرد دانه می‌باشند.

Direct (Bold) and indirect effects of traits on seed yield.

به‌صورت پیش‌تیمار بذری و هم به‌صورت محلول پاشی برگی توانست اثرات تسریع پیری را بهبود دهد و سبب افزایش عملکرد روغن و عملکرد دانه در سویا شد. در مجموع نیز می‌توان اسید الازیک را به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی در شرایط تسریع پیری برای کاهش برخی اثرات مخرب ناشی از واکنش‌های دخیل در تسریع پیری معرفی کرد. چنانچه اسید الازیک از میوه‌هایی مانند انار، توت‌فرنگی و غیره استخراج گردد، کاربرد این ماده به‌صورت پیش‌تیمار و محلول پاشی در شرایط نرمال نیز صرفه اقتصادی خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که صفات مورد بررسی از قبیل میانگین ظهور گیاهچه در مزرعه، هدایت روزه‌ای، عملکرد روغن و عملکرد دانه در گیاهان حاصل از بذور فرسوده تا سطح معنی‌داری نسبت به گیاهان حاصل از بذور غیر فرسوده کاهش یافت. اعمال تسریع پیری در بذور، موجب افزایش اسیدهای آمینه آزاد موجود در برگ گیاهان حاصل از این بذور شد. کاربرد اسید الازیک به‌صورت پیش‌تیمار بذری توانست میانگین ظهور گیاهچه را در هر دو شرایط غیر فرسوده و تسریع پیری ارتقا دهد. کاربرد اسید الازیک هم

References

1. Abu El Soud, W., Hegab, M. M., Abdelgavad, H., Zinta, G., and Asard, H. 2013. Ability of ellagic acid to alleviate osmotic stress on chickpea seedlings. Journal of Plant Physiology and Biochemistry 71 (1): 173-183. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.07.007>
2. Akbari, M., Baradaran firouzabadi, M., Amerian, M. R., and Farrokhi, N. 2019. The effect of foliar application and

- seed pretreatment with cinnamic acid on physiological characteristics of Cowpea (*Vigna unguiculata*) aged seeds and resulting plants. PhD Dissertation, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Iran. (in Persian with English abstract).
3. Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Gholami, A., and Haydari, M. 2021. Physiological responses of soybean plant (DPX) to pretreatment and foliar application of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and seed primary quality. Iranian Journal of Field Crops Research 20 (1): 105-119. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jcsc.2021.74004.1119>
 4. Bagheri, H., Andalibi, B., and Azimi moghaddam, M. R. 2014. The effect of foliar application of atrazine on stomatal and nonstomatal control factors of photosynthesis in safflower in drought stress condition. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) 27 (2): 168-179. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.1001.1.23832592.1393.27.2.2.2>
 5. Barranco, D., Ruiz, N., and Gomes, M. 2005. Frost tolerance of eight olive cultivars. European Journal of Horticultural Science 40: 558-560.
 6. Bonnett, G. D., and Incoll, L. D. 1992. Effects on the stem of winter barley of manipulating the sucrose and sink during grain-filling. Changes in accumulation and loss of mass from internodes. Journal of Experimental Botany 44: 75-82. <https://doi.org/10.1093/jxb/44.1.83>
 7. Braunberger, C., Zehl, M., Conrad, J., Fischer, S., Adhamib, H. R., Beifuss, U., and Krenn, L. 2013. C-MR, NMR, and LC-MS identification and LC-DAD quantification of flavonoids and ellagic acid derivatives in Drosera rotundifolia. Journal of Chromatography 932: 111-116. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2013.06.015>
 8. Debnath, B., Singh, W. S., Das, M., Goswami, S., and Manna, K. 2021. Biodynamic activities of ellagic acid: A Dietary Polyphenol. Journal of Nature and Science of Medicine 3 (20): 83-90. DOI: [10.4103/JNSM.JNSM_32_19](https://doi.org/10.4103/JNSM.JNSM_32_19)
 9. Evtugin, D., Magina, S., and Evtugin, D. 2020. Recent advances in the production and applications of ellagic acid and its derivatives. A Review. Journal of Molecules 25: 27-45. <https://doi.org/10.3390/molecules25122745>
 10. Hiscox, J. D., and Israelstam, G. F. 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Canadian Journal of Botany 57: 1332-1334. <https://doi.org/10.1139/b79-163>
 11. ISTA (International Seed Testing Association). 2009. International rules for seed testing. Seed Science and Technology 49: 86-41.
 12. ISTA (International Seed Testing Association). 2006. International rules for seed testing. Basserdorf, Switzerland, 379 p.
 13. Kalali, T., Lahooti, M., and Mahmoodzade, H. 2015. Investigation the effect of salicylic acid on morphological and physiological traits of soybean (*Glycine max* L.) under drought tension conditions. Crop Physiology Journal. 7(25): 75-88.
 14. Kapoor, R., Arya, A., Siddiqui, M. A., Amir, A., and Kumar, H. 2010. Seed deterioration in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under accelerated ageing. Asian Journal of Plant Sciences 9 (3): 158-162. DOI: [10.3923/ajps.2010.158.162](https://doi.org/10.3923/ajps.2010.158.162)
 15. Khan, A., Nazar, S., Lang, I., Nawaz, H., and Hussain, M. A. 2017. Effect of ellagic acid on growth and physiology of canola (*Brassica napus* L.) under saline conditions. Journal Plant Interaction 12 (1): 520-525. <https://doi.org/10.1080/17429145.2017.1400122>
 16. Leonardo, S., Alberto, A., Raul, R., Antonio, A., and Cristobal, N. 2011. Ellagic acid: biological properties and biotechnological development for production processes. African Journal of Biotechnology 10 (45): 18-23.
 17. Liu, Y., Liu, Y., Liu, H., and Shang, Y. 2018. Evaluating effects of ellagic acid on the quality of kumquat fruits during storage. Scientia Horticulturae 227: 244-254. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.08.055>
 18. Lopez, S. G., and Luderer, U. 2004. Effects of cyclophosphamide and buthionine sulfoximine on ovarian glutathione and apoptosis. Free Radical Biology and Medicine 36 (11): 1366-1377. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2004.02.067>
 19. Mangena, P. 2021. Analysis of correlation between seed vigour, germination and multiple shoot induction in soybean (*Glycine max* L. Merr.). Heliyon 7 (1): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07913>
 20. Marthandan, V., Geetha, R., Kumutha, K., Renganathan, V. G., Karthikeyan, A., and Ramalingam, J. 2020. Seed priming: A feasible strategy to enhance drought tolerance in crop plants. International Journal of Molecular Sciences 21: 58-82. <https://doi.org/10.3390/ijms21218258>
 21. Motacefi, M., Sirousmehr, A., and Mohsen Mousavi Nik, M. 2021. Effect of organic growth stimulator on yield, yield components, oil percentage, and some physiological indices of safflower under drought stress condition. Journal of Crops Improvement 23 (3): 335-348. <https://doi.org/10.22059/JCI.2021.300601.2378>
 22. Movahhedi Dehnavi, M., Niknam, N., Behzadi, Y., and Mohtashami, R. 2017. Comparison of physiological responses of linseed (*Linum usitatissimum* L.) to drought and salt stress and salicylic acid foliar application. Iranian Journal of Plant Biology 9 (3): 39-62. (in Persian with English abstract).
 23. Nazari, R., Parsa, S., Tavakol Afshari, R., and Mahmoodi, S. 2020. Salicylic acid priming before and after accelerated aging process increases seedling vigor in aged soybean seed. Journal of Crop Improvement 34 (2): 1-20. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1710734>

24. Oliveira, K. R., Sampaio, F. R., Siqueira, G. S., Galvao, I. M., Bennett, S. J., Gratao, P. L., and Barbosa, R. M. 2021. Physiological quality of soybean seeds grown under different low altitude field environments and storage time. *Plant, Soil and Environment* 67 (2): 92-98. <https://doi.org/10.17221/512/2020-PSE>
25. Onder, S., Tonguc, M., Guvercin, D., and Karakurt, Y. 2020. Biochemical changes stimulated by accelerated aging in safflower seeds (*Carthamus tinctorius* L.) *Journal of Seed Science* 42: 1-12. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42227873>
26. Oomah, B. D., Mazza, G., and Przyblski, R. 1995. Comparison of flaxseed meal lipids extracted with different solvent. *Journal of Food Science and Technology* 29: 654-658. <https://doi.org/10.12691/jfmr-2-1-10>
27. Pari, L., and Sivasankari, R. 2008. Effect of ellagic acid on cyclosporine A-induced oxidative damage in the liver of rats. *Fundamental & Clinical Pharmacology* 22: 395-401. <https://doi.org/10.1111/j.1472-8206.2008.00609.x>
28. Rahimi, G., Bradaran Firouzabadi, M., Makarian, H., and Gholipour, M. 2014. The effect of seed aging and pretreatment with pyridoxine on growth and yield of soybean in weed competition. M.Sc. Thesis. Shahrood University of Technology. Iran. (in Persian with English abstract).
29. Sadeghi, H., Shaeidaei, A., Gholami, H., and Yari, L. 2014. Effect of packaging materials, storage duration and conditions on seed germination traits in laboratory and field emergence of soybean seedling. *Iranian Journal of Seed Science and Research* 1(1): 67-82.
30. Saha, R. R., and Sultana, W. 2008. Influence of seed ageing on growth and yield of soybean. *Bangladesh Journal of Botany* 37 (1): 21-26.
31. Santos, R. F., Placido, H. F., Bosche, L. L., Neto, H. Z., Ferando, H., and Alessandro, B. 2021. Accelerated aging methodologies for evaluating physiological potential of treated soybean seeds. *Journal of Seed Science* 43 (4): 1-10. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v43250605>
32. Sheidaei, S., Hamidi, A., Sadeghi, H., Oskouei, B., and Zare, L. 2019. Impact of storage fungi on soybean seed deterioration in different storage conditions and seed moisture content. *Iranian Journal of Seed Science and Technology* 6 (1): 65-76. (in Persian with English abstract).
33. Taji, M., Rahemi karizaki, A., and Daneshmand khosravi, K. 2014. Effect of seed aging on emergence and morphological characteristics of sunflower cultivars (*Helianthus annus* L.). *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology* 1 (4): 19-30. (in Persian with English abstract).
34. Turk, G., Ceribas, A. O., Sahna, E., and Atessahin, A. 2011. Lycopene and ellagic acid prevent testicular apoptosis induced by cisplatin. *Phytomedicine* 18 (5): 356-361. DOI: [10.1016/j.phymed.2010.07.008](https://doi.org/10.1016/j.phymed.2010.07.008)
35. Verma, S. K., Bjpai, G. C., Tewari, S. K., and Singh, J. 2005. Seedling index and yield as influenced by seed size in pigeon pea. *Legume Resarch* 28: 143-145.
36. Weerasekara, I., Sinniah, U. R., Namasivayam, P., Nazli, M. H., Abdurahman, S. A., and Ghazali, M. N. 2021. Priming with humic acid to reverse ageing damage in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) seeds. *Agriculture* 11 (966): 1-18. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100966>
37. Xiong, Z. T., Chao, L., and Bing, G. 2006. Phytotoxic effects of copper on nitrogen metabolism and plant growth in *Brassica pekinensis* Rupr. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 64: 273-280. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2006.02.003>
38. Yang, J., Zhang, J., Huang, Z., Zhu, Q., and Wang, L. 2000. Remobilization of carbon reserved is improved by controlled soil drying during grain filling of wheat. *Crop Science* 40: 1645-1655. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.4061645x>



The Effect of Simultaneous Application of Organic Fertilizers and Potassium Sulfate on Yield and Characteristics of Saffron Flowers and Stigmas (*Crocus sativus* L.)

M. Moradi¹, P. Rezvani Moghaddam^{2*}, R. Khorassani³

Received: 28-12-2021

Revised: 23-02-2022

Accepted: 23-02-2022

How to cite this article:

Moradi, M., Rezvani Moghaddam, P., and Khorassani, R. 2022. The Effect of Simultaneous Application of Organic Fertilizers and Potassium Sulfate on Yield and Characteristics of Saffron Flowers and Stigmas (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 20 (3): 319-333. (in Persian with English abstract).

DOI: [10.22067/jcsc.2022.74419.1133](https://doi.org/10.22067/jcsc.2022.74419.1133).

Introduction

Saffron (*Crocus sativus* L.) is a perennial plant of the Iridaceae family and is cultivated in Iran, Morocco, India, Greece, Italy, and Spain. Iran is considered the main producer of saffron, with the most optimum climate for saffron. Today, the dramatic increase in food production in the world requires high amounts of chemical fertilizers. However, some of the adverse effects of chemical fertilizer overuse in conventional farming practices have been well reported. In this regard, manure can be a good alternative, which can guarantee both agricultural production and nature protection. Potassium is one of the most important nutrients for plant growth after nitrogen. In spice plants, potassium indirectly improves nitrogen utilization and protein formation, flower size, flower yield, oil content, color, etc. in spice plants. This study investigated the effect of different animal manures in combination with different levels of potassium sulfate on saffron flower criteria.

Materials and Methods

The factorial experiment was carried out based on a randomized complete block design with three replications at the agricultural lands of Jovein County, during the three cropping years of 2015-16, 2016-17, and 2017-18. The first factor includes three types of organic manure: laying poultry manure (5 and 10 ton.ha⁻¹), broiler poultry manure (5 and 10 t.ha⁻¹) and cow manure (20 and 40 ton.ha⁻¹) and control (without the use of organic manure) and the second factor includes different amounts of potassium sulfate fertilizer (0, 100 and 150 kg.ha⁻¹). The basis for determining the consumption of each organic fertilizer was applied based on the recommended nitrogen and soil test. Saffron was cultivated in September 2015 in the length of 3 m and width of 1 m plots. Flower yield was determined randomly from 40 × 50 cm² quadrates. Data analysis and figure drawing were performed using SAS 9.1 and MS-Excel software.

Results and Discussion

The results of analysis of variance in two years showed that the effect of animal manure and potassium sulfate and their interaction were significant on the number of flowers, total flower weight, stigma dry weight, and style dry weight. Also, potassium sulfate and manure's main effects and interaction were significant on the dry weight of flowers without stigma and style in the second year. However, the main effects of potassium sulfate and manure significantly affected on the dry weight of flowers without stigma and style, but their interaction was not significant in the third year. The highest number of flowers was obtained in the treatment of 150 kg.ha⁻¹ potassium sulfate and 40 ton.ha⁻¹ cow manure in the second year, and it was obtained in the treatment of 150 kg.ha⁻¹ potassium sulfate ten ton.ha⁻¹ laying poultry manure in the third year. The highest total flower

1- Ph.D. Student of Agroecology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

2- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

3- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

(*- Corresponding Author Email: rezvani@um.ac.ir)

DOI: [10.22067/jcsc.2022.74419.1133](https://doi.org/10.22067/jcsc.2022.74419.1133)

weight belonged to the treatment of 150 kg.ha⁻¹ potassium sulfate and 10 ton.ha⁻¹ was laying poultry manure in second and three years. The highest stigmas dry weight was observed in 100 kg.ha⁻¹ potassium sulfate and 40 ton.ha⁻¹ cow manure treatment in the second year, and the highest amount of this trait was related to the treatment of 100 kg.ha⁻¹ potassium sulfate and ten ton.ha⁻¹ broiler poultry manure in the third year. The results of this experiment indicate that the application of animal manures and potassium sulfate combination has positive effects on improving the yield of saffron flowers and eco-friendliness. It seems that the combination of animal manures and chemical fertilizers can reduce the use of chemical fertilizers.

Conclusion

The results of this study showed that the best treatment for most traits was 150 kg.ha⁻¹ potassium sulfate and 40 ton.ha⁻¹ cow manure interaction treatment in the second and third years, and then the 150 kg.ha⁻¹ potassium sulfate and ten ton.ha⁻¹ laying poultry manure treatment could be mentioned as the superior treatment. In general, according to the findings of this study, it seems that the simultaneous application of optimal amounts of ecological inputs and chemical fertilizers of potassium sulfate can reduce the destructive effects caused by excessive use of chemical fertilizers on this valuable medicinal plant while improving the properties of saffron flowers.

Keywords: Broiler poultry manure, Cow manure, Ecological inputs, Medicinal plant, Number of flowers

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، ص ۳۳۳-۳۱۹

تأثیر کاربرد همزمان کودهای آلی و سولفات پتاسیم بر عملکرد و خصوصیات گل و کلاله زعفران (*Crocus sativus* L.)

محسن مرادی^۱، پرویز رضوانی مقدم^{۲*}، رضا خراسانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۴

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر کودهای مختلف بر خصوصیات گل زعفران آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طی سه سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵، ۱۳۹۵-۹۶ و ۱۳۹۶-۹۷ در شهرستان جوی اجرا شد. فاکتور اول شامل سه نوع کود آلی مرغی تخم‌گذار (۵ و ۱۰ تن در هکتار)، گوشتی (۵ و ۱۰ تن در هکتار)، کود گاوی (۲۰ و ۴۰ تن در هکتار) و شاهد و فاکتور دوم مقادیر مختلف کود سولفات پتاسیم (صفر، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد در سال دوم، بیشترین تعداد گل و وزن خامه در متر مربع در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۴۰ تن در هکتار کود گاوی در هکتار به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد بدون استفاده از کود دامی و سولفات پتاسیم به ترتیب به میزان ۹۰ و ۱۴۲ درصد بیشتر بود. بیشترین وزن تر گل در متر مربع در هر دو سال، تعداد گل در متر مربع در سال سوم در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۱۰ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار در هکتار حاصل شد. بیشترین وزن خشک کلاله در متر مربع و وزن خشک گل بدون کلاله و خامه در متر مربع در سال دوم در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۴۰ تن در هکتار کود گاوی مشاهده شد. بیشترین وزن خشک کلاله (۹۶ درصد نسبت به شاهد) و خامه (۱۰۴ درصد نسبت به تیمار شاهد) در سال سوم در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی و وزن خشک گل بدون کلاله و خامه در سال سوم در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی حاصل شد. به طور کلی، با توجه به یافته‌های این پژوهش، به نظر می‌رسد با کاربرد همزمان مقادیر بهینه نهاده‌های اکولوژیک و کود شیمیایی سولفات پتاسیم می‌توان ضمن بهبود خصوصیات گل زعفران اثرات مخرب مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در این گیاه دارویی ارزشمند را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: تعداد گل، کود گاوی، کود مرغی گوشتی، گیاه دارویی، نهاده اکولوژیک

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی چند ساله و از خانواده زنبقیان^۴ است که در ایران، مراکش، هند، یونان، ایتالیا و اسپانیا کشت می‌شود (Tabibian et al., 2020). ایران با بهترین اقلیم برای زعفران، به عنوان تولیدکننده اصلی زعفران در نظر گرفته می‌شود

(Tabibian et al., 2020). تولید سالانه زعفران در سراسر جهان بیش از ۴۵۰ تن در سال است که ایران حدود ۹۴ درصد از این تولید را پوشش می‌دهد. استان خراسان بهترین مکان دنیا برای تولید زعفران مرغوب است (Moallem Banhang et al., 2021). کلاله جزء شناخته شده زعفران که ادویه بسیار گران قیمتی است و به عنوان طعم‌دهنده غذا، رنگ‌دهنده و داروی گیاهی سنتی استفاده می‌شود (Pandita, 2020). مهم‌ترین اثرات دارویی و درمانی زعفران شامل اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضد تومور، ضد درد، ضد التهاب، ضد سرفه و مقاومت به انسولین می‌باشد (Moallem Banhang et al., 2021). امروزه افزایش چشمگیر تولید مواد غذایی در جهان نیازمند استفاده از مقادیر بالای کودهای شیمیایی است (Kianimanesh et al., 2021). با این حال، برخی از اثرات نامطلوب استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی در شیوه‌های کشاورزی مرسوم به خوبی گزارش شده‌اند (Bakhtiari et al., 2020). کودهای شیمیایی از طریق آلوده

۱- دانشجوی دکتری گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(*)- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir

DOI: 10.22067/jcsc.2022.74419.1133

4- Iridaceae

کود معدنی نشان داد. به طور کلی، نتایج به نوع خاک، خاک‌ورزی، روش کاربرد و سیستم کشت بستگی دارد (Lin et al., 2018). به طور کلی، کود مرغی تحت شیوه‌های کشت نواری یا بدون خاک‌ورزی، عملکرد را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. عملکرد بیشتر در محصولات پنبه، ذرت، سویا، و بادام زمینی اصلاح شده با کود مرغی مشاهده شده است (Hoover et al., 2018). آمینی‌فرد و قلی‌زاده (Aminifard and Gholizade, 2018) گزارش دادند که کاربرد کود مرغی خصوصاً در سطوح پایین (پنج تن در هکتار) نقش مفید و مؤثری در بهبود ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی زعفران داشت. دانشمندی و سیدی (Daneshmandi and Seyyedi, 2019) آزمایش خود نشان دادند که کاربرد کود مرغی اثر مثبتی بر رشد و جذب مواد مغذی بنه زعفران داشت.

علی‌رغم مطالعات انجام شده در زمینه مدیریت تغذیه‌ای زعفران، در مورد نیازهای تغذیه‌ای زعفران و نهاده‌های تغذیه‌ای که می‌توان در تولید این محصول ارزشمند استفاده کرد، اختلاف نظرهای زیادی وجود دارد (Rezvani Moghaddam et al., 2014). پتاسیم، پس از نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی در رشد و نمو گیاهان می‌باشد که علاوه بر وظایف فیزیولوژیکی بسیار مهمی که در گیاه به عهده دارد در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی نیز جایگاه ویژه‌ای به خود اختصاص داده است (Zabihi and Feizi, 2014). مطالعات زیادی در مورد اثر پتاسیم بر گیاهان صورت گرفته است که نشان‌دهنده اثر مثبت و مفید آن در افزایش رشد رویشی و بهبود عملکرد و کیفیت محصولات دارد (Zabihi and Feizi, 2014). در خاک‌های ایران به علت بارش کم و عدم آبیاری زیاد انتظار است میزان پتاسیم بالا باشد اما به دلیل شنی بودن خاک و کم بودن مواد آلی و عدم مصرف کودهای پتاسیمی و کاشت پی در پی و در نظر نگرفتن آیش خاک‌های اکثر مزارع کشاورزی تهی از پتاسیم شده است (Malakouti et al., 2010). پتاسیم به عنوان منبع تغذیه‌ای نقش مهمی در مرحله رشد زایشی گیاهان دارد و باعث تحریک گلدهی و افزایش عملکرد گیاهان گلدار می‌شود (Khayyat et al., 2018) و اغلب به عنوان یک عنصر کیفی برای تولید محصولات زراعی شناخته می‌شود. پتاسیم به طور غیرمستقیم استفاده از نیتروژن و تشکیل پروتئین، وزن تر کل گل، محتوای روغن، رنگ و غیره را در گیاهان ادویه‌ای بهبود می‌بخشد (Akbarian et al., 2012). در تحقیقی بر روی زعفران نشان داده شد که غوطه‌ور کردن پیاز در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نترات پتاسیم به ترتیب منجر به افزایش ۱۹ و ۳۰ درصدی مقادیر قطر و متوسط وزن پیازهای دختری گردید (Jabbari et al., 2017).

امروزه زعفران مورد استقبال هرچه بیشتر در بازارهای جهانی قرار گرفته است، از این رو نیاز به اصلاح روش‌های تولید و مدیریت به زراعی زعفران و توسعه تکنولوژی‌های جدید جهت ارتقا و بهبود

کردن خاک و آب، خطر اصلی برای سلامت انسان هستند (Mondal et al., 2017). در ایران برای جبران کمبود عناصر غذایی در خاک از کودهای شیمیایی به مقدار زیاد استفاده می‌شود (Kianimanesh et al., 2021). برای به حداقل رساندن تجمع آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های زراعی، باید مواد شیمیایی سمی به ویژه آفت کش‌ها و کودهای شیمیایی در فرآیند کشاورزی کاهش یابد (Kianimanesh et al., 2021). در این زمینه محصولات ارگانیک جایگزین مناسبی برای توسعه کشاورزی پایدار است. اخیراً در ایران، استفاده از ترکیبات سازگار با محیط زیست افزایش یافته است (Kianimanesh et al., 2021). نهاده‌های آلی هم تولیدات کشاورزی و هم حفاظت از طبیعت را ضمانت می‌کنند (Bakhtiari et al., 2020). استفاده از کودهای دامی از گذشته در کشاورزی جایگاه ویژه‌ای داشته است و امروزه می‌تواند نقش مؤثری در کشاورزی پایدار و ارگانیک داشته باشد (Aminifard and Amiri, 2021). به طوری که محققان بیان کردند که تا ۶۷ درصد تغییرات عملکرد زعفران تحت تأثیر کود دامی و کود فسفره است (Behdani et al., 2005). در مطالعه دیگری به نقش مؤثر کود دامی در افزایش عملکرد گل و تحریک تولید بنه زعفران اشاره شد (Koocheki et al., 2013). حسن زاده اول و همکاران (Hassanzadeh Aval et al., 2013) نشان دادند که کود گاوی در سال دوم تأثیر معنی داری بر تعداد و وزن تر کل گل و وزن کلاله زعفران داشت. در مطالعه دیگر مصرف همزمان کود گاوی و اسید هیومیک باعث افزایش وزن خشک کلاله و وزن تر کل گل تازه نسبت به شاهد شد (Mollafilabi and Khorramdel, 2016).

کود مرغی به طور سنتی به عنوان یک محصول زائد در نظر گرفته می‌شود و برای بازیافت مواد مغذی، عمدتاً نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاس (K) در محصولات و مراتع اطراف استفاده می‌شود (Hoover et al., 2018). کود مرغی اغلب برای برآوردن نیاز N محصول استفاده می‌شود که منجر به مصرف بیش از حد فسفر می‌شود. در حالی که مزایای زراعی آن به خوبی ثابت شده است، جنبه‌های زیست محیطی مدیریت کود مرغی در درجه اول بر کیفیت آب متمرکز شده است (Hoover et al., 2018). در میان کودهای حیوانی، کودهای مرغی به دلیل مقدار نیتروژن بالاتر، تأمین عناصر غذایی مختلف، و نقش آن‌ها در بهبود ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک همواره مورد توجه بوده‌اند. نزدیک به ۷۴ درصد از فسفر کل و ۴۰ درصد از نیتروژن کل موجود در کود مرغی به شکل قابل دسترس می‌باشد (Ghosh et al., 2004). کود مرغی دارای خواصی مانند آزادسازی تدریجی نیتروژن (کاهش آبیاری نترات)، ترکیبات پتاسیم و کلسیم (که این ترکیبات موجب کاهش اسیدی شدن خاک می‌گردد) و ماده آلی (افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی) می‌باشد (Ghosh et al., 2004). یک بررسی جدید و جامع از ۹۰ مطالعه، تأثیر کود مرغی بر عملکرد محصول را در مقایسه با کاربرد

۹۷-۱۳۹۶ در اراضی کشاورزی شخصی واقع در شهرستان جوین واقع در ۷۵ کیلومتری شمال غربی شهرستان سبزوار با مختصات محدوده تقریبی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۵۷ درجه تا ۵۳ دقیقه شرقی، با ارتفاع ۱۱۰۰ متر از سطح دریا اجرا شد.

محل اجرای آزمایش از نظر اقلیمی دارای آب و هوای نیمه خشک با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد و نیمه خشک بود. بر اساس داده‌های بلندمدت هواشناسی منطقه، میزان بارندگی سالیانه ۲۵۱ میلی‌متر، تبخیر سالیانه ۲۱۸۴ میلی‌متر، میانگین دمای هوا ۱۳/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای خاک ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد بود. داده‌های هواشناسی طی دوره اجرای پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.

تولید این محصول وجود دارد. به دلیل اثرات کودهای دامی و شیمیایی بر زعفران و ضررهایی که در نتیجه کاربرد زیاد کودهای شیمیایی و از آنجا که میزان عملکرد زعفران در سال اول به میزان زیادی تحت تأثیر اندازه‌های بنه‌ها است که به‌عنوان بذر کشت می‌شوند و همین‌طور مطالعه اندکی که در زمینه تأثیر کود سولفات پتاسیم بر گیاه زعفران و اهمیت آن انجام شده است بنابراین هدف از اجرای این طرح ارزیابی اثرات کودهای دامی و سولفات پتاسیم بر عملکرد گل و ویژگی‌های گل زعفران جهت بهینه‌سازی تولید آن است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طی سه سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، ۹۶-۱۳۹۵ و

جدول ۱- آمار هواشناسی (ماهانه) ایستگاه سینوپتیک جوین طی دوره آزمایش در سال‌های ۹۵-۱۳۹۴، ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶
Table 1- Meteorological statistics (monthly) of Joveyn station during the experimental period in 2015-2016, 2016-2017 and 2017-2018

ماه Year	بارش Rainfall (mm)	دمای میانگین Average temperature	دمای حداکثر Max temperature (°C)	دمای حداقل Min temperature
2015-16	153.7	7.78	22.07	15.33
2016-17	124.7	7.37	22.43	14.72
2017-18	101.4	8.14	30.25	15.76

اساس آزادسازی ۵۰ درصد از عناصر غذایی از کودهای آلی در هر سه سال تعیین گردید.

عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح زمین در شهریورماه ۱۳۹۴ انجام گردید. پس از آماده‌سازی زمین، تیمارهای کودی در نسبت‌های ذکر شده اعمال شد. بدین ترتیب که کودهای آلی کاملاً پوسیده ابتدا نرم و سرنده گردید و سپس بر اساس سطح هر کرت و تیمار مربوطه توزین و قبل از کاشت تا عمق ۲۰ سانتی‌متر با خاک به‌طور کامل مخلوط شد. کشت زعفران در شهریورماه ۱۳۹۴ در کرت‌هایی به طول ۳ متر و عرض ۱ متر و به‌صورت ردیفی و با تراکم ۱۰۰ بنه در متر مربع با فاصله ردیف ۱۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر انجام گرفت.

فاکتور اول شامل هفت سطح کود آلی مرغی تخم‌گذار (به‌ترتیب ۵ و ۱۰ تن در هکتار)، کود مرغی گوشتی (۵ و ۱۰ تن در هکتار) (Aminifard and Gholizade, 2018) و کود گاوی (۲۰ و ۴۰ تن در هکتار) و شاهد بدون استفاده از کود و فاکتور دوم شامل مقادیر مختلف کود سولفات پتاسیم (صفر، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) (Akrami et al., 2015) بود. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به‌طور تصادفی نمونه‌گیری انجام شد که نتایج آن در جدول ۲ و در جدول ۳ نیز خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مصرفی نشان داده شده است. مقادیر تیمارهای کود دامی و شیمیایی در هر سه سال (بعد از عملیات آماده‌سازی زمین در شهریور ماه) اعمال شد (جدول ۴). لازم به ذکر است که مقادیر مشخص شده بر

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2- Soil chemical and physical characteristics of the experimental site

Soil texture	Available nitrogen (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	pH	EC (dS.m ⁻¹)	OC (%)
لوم سیلتی (Silt loam)	0.07	11.16	208	7.68	2.56	0.51

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد آزمایش

Table 3- Chemical characteristics of used organic fertilizers

عناصر	واحد	کود مرغی تخم‌گذار	کود مرغی گوشتی	کود گاوی
Elements	Unit	Laying poultry manure	Broiler manure	Cow manure
ازت (N)	%	3.61	4.57	2.26
فسفر (P)	%	1.99	1.86	0.64
پتاس (K)	%	1.66	1.57	1.04
کلسیم (Ca)	%	7.09	5.3	1.42
منیزیم (mg)	%	0.89	0.84	0.44
سدیم (Na)	%	0.31	0.29	0.15
گوگرد (S)	%	0.61	0.6	0.40
روی (Zn)	mg.kg ⁻¹	462.31	457.32	209.85
مس (Cu)	mg.kg ⁻¹	124.92	121.6	54.78
منگنز (Mn)	mg.kg ⁻¹	528.39	428.4	238.18
آهن (Fe)	mg.kg ⁻¹	1681.22	1592.3	1856.13
ماده آلی (OC)	%	73.63	72.1	85.19
EC	(dS m ⁻¹)	46	48	19.74
pH		7.5	7.4	7.5

جدول ۴- مقادیر کود آلی مصرفی (کیلوگرم در متر مربع) برای سه سال

Table 4- Amounts of organic fertilizer used (kg.m⁻²) for three years

۴۰ تن در هکتار کود گاوی Cow manure (40 ton.ha ⁻¹)	۲۰ تن در هکتار کود گاوی Cow manure (20 ton.ha ⁻¹)	۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی Broiler poultry manure (10 ton.ha ⁻¹)	۵ تن در هکتار کود مرغی گوشتی Broiler poultry manure (5 ton.ha ⁻¹)	۱۰ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار Laying poultry manure (10 ton.ha ⁻¹)	۵ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار Laying poultry manure (5 ton.ha ⁻¹)
12	6	3	1.5	3	1.5

و عملکرد گل در این کوادرات‌ها تعیین شد. گل‌ها جمع‌آوری و شمارش گردیدند و سپس وزن تر گل، تعداد گل در واحد سطح، وزن خشک کلاله و خامه خشک (دمای اتاق ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت) و وزن خشک گل بدون کلاله و خامه تعیین شد.

پس از اندازه‌گیری شاخص‌های مورد مطالعه طی سه سال آزمایش، تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و MS-Excel 2019 انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

با توجه به این که تیمارهای مورد مطالعه در سال اول برای صفات گل نمی‌تواند تاثیرگذار باشد، لذا در این بخش به مطالعه صفات گل در سال دوم و سوم پرداخته شده است.

نتایج تجزیه واریانس سال دوم نشان داد که اثر سولفات پتاسیم و کود دامی در سطح احتمال یک درصد بر تعداد گل در متر مربع، وزن

با توجه به ماهیت کودی بودن فاکتورهای آزمایشی و به‌منظور جلوگیری از اختلاط آب بلوک‌ها و همچنین جهت سهولت در ثبت اطلاعات بین هر دو تکرار یک متر فاصله به‌عنوان راهرو در نظر گرفته شد، بنه‌های مورد نیاز با میانگین وزنی ۱۰ تا ۱۵ گرم از منطقه صفی‌آباد زاوه تهیه و سپس با حذف فلس‌های خارجی کشت با دست در عمق ۲۰ سانتی‌متری انجام شد. مقدار آبیاری طی سه سال با توجه به عرف منطقه و دبی خروجی آب لوله که ۳۲ لیتر در ثانیه و زمان آبیاری (۳۰ دقیقه) مساحت زمین (۳۰۰ متر مربع) ۶۰۰۰ متر مکعب در هکتار برآورد شد. آبیاری در چهار نوبت بر اساس عرف منطقه (۱ مهر، ۵ آذر، ۲۰ اسفند و ۱۵ اردیبهشت) انجام و با استفاده از شبکه‌های پلی‌اتیلنی به کرت‌ها منتقل گردید. در هر سه سال آزمایش کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی در دو نوبت بهمن ماه و فروردین ماه انجام شد. در طول دوره آزمایش هیچ‌گونه آفت‌کش یا علف‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت. گلدهی حدود یک ماه (دهه اول آبان ماه برای هر دو سال) به طول انجامید و در طول این یک ماه هر روز چیدن گل‌ها انجام شد. جهت تعیین عملکرد در ابتدای هر کرت کوادراتی به ابعاد ۵۰ × ۴۰ سانتی‌متر مربع مستقر شد

خشک کلاله، وزن خشک خامه و وزن خشک گل بدون کلاله و خامه معنی دار بود. برهمکنش این دو عامل نیز در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک کلاله، وزن خشک خامه و وزن خشک گل بدون کلاله و خامه و بر تعداد گل و وزن تر کل گل در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بودند (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس سال سوم تحقیق نشان داد که اثرات اصلی سولفات پتاسیم، کود دامی و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر تعداد گل، وزن کل گل و وزن خشک کلاله معنی دار بود. همچنین اثر اصلی سولفات پتاسیم و برهمکنش آن با کود دامی در سطح احتمال یک درصد و اثر اصلی کود دامی در سطح پنج درصد بر وزن خشک خامه معنی دار بودند. وزن خشک گل بدون کلاله و خامه نیز تحت تأثیر اثرات اصلی سولفات پتاسیم و کود دامی در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۷).

بیشترین تعداد گل در سال دوم (۸۹/۱۱) در متر مربع) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۴۰ تن کود گاوی در هکتار و کمترین تعداد گل با ۴۴/۷۷ گل در متر مربع در تیمار عدم مصرف سولفات پتاسیم و ۴۰ تن در هکتار کود گاوی به دست آمد (جدول ۶) که این دو تیمار با یکدیگر ۴۹ درصد متفاوت بودند. نتایج مقایسه میانگین سال سوم نشان داد که بیشترین میزان تعداد گل مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۱۰ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار (۲۳۷/۱) در متر مربع بود که تفاوت معنی داری با تیمارهای مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی و ۵ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار و همین‌طور ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۴۰ تن در هکتار کود گاوی نداشت. کمترین تعداد گل نیز در تیمار عدم مصرف سولفات پتاسیم و کود دامی (۱۲۳/۰۱) در متر مربع) به دست آمد (جدول ۸). کود مرغی تخم‌گذار نسبت به کود مرغی گوشتی و گاوی دارای عناصر بر، روی، منیزیم، کلسیم و فسفر بیشتری می‌باشد (جدول ۳). از آنجا که این عناصر نقش مهمی در تمایز سلولی و تولید و تشکیل گل دارند (Ansari et al., 2019) و همچنین آزادسازی این عناصر در کود مرغی آهسته‌تر از کود گاوی است بنابراین در سال سوم کود مرغی تخم‌گذار منجر به تولید بیشتر تعداد گل گردید. جواهری و همکاران (Javaheri et al., 2005) اظهار کردند که کود پتاسیم در جذب سایر عناصر نقش مؤثری را ایفا می‌کند. آن‌ها در آزمایش خود نشان دادند که مصرف کود دامی (کود گاوی) به همراه سولفات پتاسیم منجر به افزایش عملکرد چغندر قند (*Beta vulgaris*) شد. امیری (Amiri, 2008) اظهار داشت که بعضی از کشاورزان برای بهبود حاصلخیزی خاک تنها از کودهای دامی در مزارع زعفران استفاده می‌کنند، اما کودهای دامی به تنهایی نیازهای غذایی را برای رشد مطلوب زعفران را تأمین نمی‌کند و ترکیب کود دامی (کود گاوی) با فسفر و پتاسیم منجر به تولید بیشترین عملکرد گل در مطالعه آن‌ها

شد. می‌توان گفت که عملکرد پایدار زعفران از کاربرد سالانه متعادل کودها برای حفظ سطوح کافی مواد مغذی خاک حاصل می‌شود. علی‌پور میاندهی و همکاران (Alipoor Miandehi et al., 2015) گزارش دادند که کاربرد کود دامی (کود گاوی) همراه با کودهای شیمیایی (کود اوره و کود فسفاته) منجر به افزایش ۸۸ درصدی تعداد گل نسبت به تیمار عدم مصرف کود دامی و شیمیایی گردید که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. نتایج تحقیق جهان و جهانی (Jahan and Jahani, 2007) نقش مؤثر کاربرد کود دامی (کود گاوی، کود گوسفندی و کود مرغی) در افزایش تعداد گل زعفران نشان داد. با توجه به این که که عملکرد گل زعفران در سال اول کاشت این گیاه عمدتاً تحت تأثیر میزان اندوخته غذایی در بنه است و فراهمی عناصر غذایی به وسیله کاربرد کودها در افزایش عملکرد گل در سال اول از اهمیت چندانی برخوردار نیست، ولی می‌توان نقش مؤثر کاربرد کودهای دامی را در بهبود عملکرد گل در سال دوم کاشت زعفران را به دلیل فراهمی مواد آلی دانست (Koocheki et al., 2015). در آزمایش اکرمی و همکاران (Akrami et al., 2015) مشاهده شد که کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم منجر به افزایش ۵/۵ درصدی تعداد گل نسبت به تیمار عدم مصرف آن شد. کیانی‌منش و همکاران (Kianimanesh et al., 2021) گزارش دادند که کودهای آلی (کود گاوی) و غیر آلی (دلفارد و فلورال پی) منجر به افزایش تعداد گل زعفران گردید.

نتایج مقایسه میانگین سال دوم نشان داد که بیشترین وزن تر کل گل (۳۲/۷۴ گرم در متر مربع) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۰ تن کود مرغی تخم‌گذار در هکتار و کمترین مقدار آن در تیمار عدم مصرف سولفات پتاسیم و ۵ تن کود مرغی گوشتی (۱۲/۴۴ گرم در متر مربع) مشاهده شد (جدول ۶). تفاوت بین بیشترین و کمترین میزان این صفت ۶۲ درصد بود. با توجه به نتایج جدول ۷ مشخص شد که بیشترین و کمترین وزن کل گل در سال سوم به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۰ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار (۹۶/۷۳ گرم در متر مربع) و عدم مصرف کود سولفات پتاسیم و کود دامی (۴۶/۴۴ گرم در متر مربع) بود که تفاوت ۵۱ درصدی با یکدیگر داشتند (جدول ۸). آزمایش علی‌پور میاندهی و همکاران (Alipoor Miandehi et al., 2015) مشاهده شد که بیشترین وزن تر کل گل به میزان ۰/۹۷ گرم در متر مربع مربوط به تیمار مصرف کود دامی (کود گاوی) و شیمیایی (کود اوره و کود فسفاته) و کمترین آن مربوط به تیمار عدم مصرف کود شیمیایی و دامی بود. اکرمی و همکاران (Akrami et al., 2015) نیز گزارش دادند که مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم منجر به افزایش ۵/۶ درصدی وزن تر کل گل نسبت به شاهد (عدم مصرف سولفات پتاسیم) آن شد. امینی‌فرد و قلی‌زاده (Aminifard and Gholizade, 2018) در آزمایش خود نشان دادند که کاربرد ۱۰ تن

2008). ذبیحی و پیش بین (Zabihi and Pishbin, 2019) اظهار کردند که بهترین کود دامی برای زعفران کود گاوی است. در خاک‌هایی که از نظر ماده آلی فقیر می‌باشند، کاربرد کود گاوی در مقایسه با کودشیمیایی اثرات بهتری را ایجاد می‌کند و علت آن احتمالاً افزایش ماده آلی و فراهمی متعادل‌تر عناصر غذایی در خاک و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی دلالت دارد (Monamizadeh et al., 2016). در مطالعه‌ای که در کشور ترکیه انجام گرفت نیز تأثیر مصرف کودهای شیمیایی و کود گاوی بر عملکرد گل و کلاله زعفران مثبت گزارش شد (Unal and Cavusoqlu, 2005). بفروزفر و همکاران (Befrozfar et al., 2013) اظهار داشتند که کودهای آلی و غیر آلی مورد مطالعه با بهبود ظرفیت ذخیره‌سازی عناصر غذایی افزایش هورمون‌ها و میکروارگانیسم‌های تنظیم‌کننده رشد باعث افزایش تجمع نیتروژن و افزایش عملکرد کلاله شدند. این محققین اظهار کردند که کودهای دامی غنی از مواد مغذی هستند. تحریک تولید مواد شبه اکسین در هنگام مصرف بعضی از کودها دلیل اصلی افزایش عملکرد گیاه است (Befrozfar et al., 2013).

بیشترین میزان وزن خشک خامه برای سال دوم مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۴۰ تن کود گاوی در هکتار (۰/۱۲۱) گرم در متر مربع) بود و کاربرد این تیمار افزایش ۵۸ درصدی میزان وزن خشک خامه را نسبت تیمار شاهد (عدم مصرف کود سولفات پتاسیم و کود دامی) در پی داشت. کمترین مقدار وزن خشک خامه در تیمار عدم مصرف کود سولفات پتاسیم و کود دامی و ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم و ۲۰ تن کود دامی در هکتار (۰/۰۵) گرم در متر مربع) به‌دست آمد. در مورد وزن خشک خامه برای سال سوم بیشترین میزان در ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۱۰ تن کود مرغی گوشتی در هکتار (۰/۳۲) گرم در متر مربع) به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۴۰ تن کود گاوی در هکتار نداشت و منجر به افزایش ۵۰ درصدی این صفت نسبت به تیمار تیمار شاهد عدم مصرف سولفات پتاسیم و کود دامی (۰/۱۵۷) گرم در متر مربع) شد (جدول ۸). با توجه به این‌که کود مرغی میزان پتاسیم بیشتری نسبت به کود گاوی دارد (جدول ۳) بنابراین با کاربرد کود مرغی در کنار کود پتاسیم نیاز به کاربرد پتاسیم کمتری وجود دارد. بنابراین عدم تفاوت معنی‌دار بین کاربرد سطح ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم همراه با کود مرغی و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم همراه با کود گاوی منطقی به نظر می‌رسد. با توجه به این‌که کود مرغی نسبت به کود گاوی عناصر موجود در خود را با سرعت کمتری آزاد می‌کند لذا به نظر می‌رسد که بالاتر بود وزن خشک خامه تحت تأثیر کود گاوی در سال دوم منطقی باشد. همچنین در سال سوم با عنایت به این‌که میزان نیتروژن موجود در کود مرغی بیشتر از کود گاوی است و در سال سوم میزان نیتروژن بیشتری نسبت به سال دوم آزاد می‌کند بنابراین باعث افزایش بیشتر وزن خامه در سال سوم

در هکتار کود مرغی منجر به افزایش ۲۳/۵۴ درصدی عملکرد گل تر نسبت به تیمار شاهد شد. نقش مؤثر کاربرد کود آلی مانند کود مرغی در بهبود عملکرد گل زعفران را می‌توان به دلیل فراهمی مواد آلی و مواد غذایی دانست (Aminifard and Gholizade, 2018).

در سال دوم، تیمار ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۴۰ تن کود گاوی در هکتار دارای بیشترین وزن خشک کلاله (۰/۴۸۶) گرم در متر مربع) بود که منجر به افزایش ۵۳ درصدی این تیمار نسبت به تیمار عدم مصرف سولفات پتاسیم و ۵ تن کود مرغی گوشتی در هکتار شد (جدول ۶). بیشترین و کمترین وزن خشک کلاله در سال سوم به‌ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و مصرف ۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی (۱/۶۰۷) گرم در متر مربع) و شاهد عدم مصرف سولفات پتاسیم و کود دامی (۰/۸۲) گرم در متر مربع) به‌دست آمد و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و مصرف ۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی منجر به افزایش ۴۸ درصدی وزن خشک کلاله نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۸). نتایج تحقیق ذبیحی و فیضی (Zabihi and Feizi, 2014) نشان داد که پاسخ زعفران به مصرف پتاسیم، مثبت بود و مصرف پتاسیم، از منبع سولفات پتاسیم، منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد کلاله خشک زعفران شد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) بیان کردند که کاربرد ۶۰ تن در هکتار کود دامی در مقایسه با عدم کاربرد آن به‌ترتیب منجر به افزایش ۳۳ و ۳۲ درصدی وزن کلاله و کلاله + خامه شد. در آزمایش اکرمی و همکاران (Akrami et al., 2015) کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم منجر به افزایش ۱۰ درصدی وزن کلاله زعفران نسبت به شاهد شد.

مشابه نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) بالاترین وزن خشک کلاله زعفران را در اثر مصرف کود دامی (کود گاوی) گزارش دادند. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2010) نیز، بیشترین عملکرد کلاله خشک زعفران را در نتیجه اعمال کودهای دامی (کودهای گاوی، گوسفندی و مرغی) و شیمیایی (نیتروژن و فسفات) بیان کردند. حسن زاده اول و همکاران (Hassanzadeh Aval et al., 2013) گزارش کردند که در اثر افزایش کاربرد کود گاوی از ۴۰ به ۶۰ تن در هکتار تعداد گل، وزن تر و خشک گل و وزن خشک کلاله در واحد سطح افزایش یافت. با در نظر گرفتن مواد آلی به‌عنوان منبع تغذیه‌ای برای ریز موجودات خاکری، اعمال کود دامی می‌تواند نقش مؤثری در افزایش رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید در ناحیه ریزوسفر داشته باشد و بنابراین می‌تواند منجر به افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش عناصری مانند نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در خاک گردد (Mohammadi et al., 2010). رهاسازی آهسته مواد مغذی از کود گاوی در طول دوره رشد و در نتیجه آبشویی کم مواد مغذی نیز می‌تواند یکی دیگر از ویژگی‌های کود گاوی باشد (Amiri,

گرم در متر مربع) را در سال دوم به خود اختصاص داد و افزایش ۴۸ درصدی وزن خشک گل بدون کلاله و خامه را نسبت به تیمار عدم مصرف کود دامی و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار سبب شد (جدول ۷). کمترین میزان این شاخص نیز در تیمار عدم مصرف کود دامی و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۲/۴۶ گرم در متر مربع) به دست آمد که تفاوت معنی داری با تیمار شاهد عدم مصرف کود دامی و سولفات پتاسیم نداشت (جدول ۶). در تیمار اثر اصلی سولفات پتاسیم بیشترین میزان وزن خشک گل بدون کلاله و خامه با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۱۱/۲ گرم در متر مربع) برای سال سوم به دست آمد که تفاوت معنی داری با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار این کود نداشت (شکل ۱). مصرف ۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی بیشترین میزان وزن خشک گل بدون کلاله و خامه (۱۲/۱۷ گرم در متر مربع) را تولید نمود که تفاوت معنی داری با مصرف ۵ تن کود مرغی گوشتی و ۱۰ تن کود مرغی تخم گذار در هکتار نداشت. کمترین مقدار وزن خشک گل بدون کلاله و خامه در تیمار عدم مصرف کود دامی (۸/۵۵ گرم در متر مربع) مشاهده گردید (شکل ۲). کودهای دامی (کود گاوی) با تحت تاثیر قرار دادن رشد بنه‌ها در سال اول منجر به افزایش عملکرد گل زعفران در سال دوم می‌شوند (Monamizadeh et al., 2016). خاک‌های مزارع عمدتاً با کمبود ماده آلی مواجه می‌باشند.

نسبت به کود گاوی می‌گردد (Ghosh et al., 2004). بابائیان و همکاران (Babaeian et al., 2021) در آزمایش خود نشان دادند که برهمکنش ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفور منجر به تولید بیشترین وزن خامه می‌گردد. با توجه به نتایج خرم دل و همکاران (Khorramdel et al., 2019) از طریق طرح مرکب مرکزی، مصرف ۴۰ تن در هکتار کود دامی منجر به بیشترین میزان وزن خشک خامه به میزان ۰/۱۲۷ گرم در مترمربع گردید. علی‌پور میاندھی و همکاران (Alipoor Miandehi et al., 2015) گزارش دادند که مصرف ۱۰۰ درصد کود دامی به همراه کود شیمیایی منجر به افزایش ۱۲۲ درصدی وزن کلاله و خامه شد. این محققین اظهار داشتند که کود دامی به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع کود آلی می‌باشد که مصرف آن به طور ویژه‌ای در مدیریت پایدار خاک توصیه می‌شود. پتانسیل برگشت عناصر غذایی از طریق مصرف این کودها به خاک به‌ویژه در درازمدت بالا است. همچنین محققین اظهار داشتند با کاربرد کود دامی منجر به افزایش طول دوره رویشی و در نتیجه موفقیت رشد رویشی و زایشی را سبب می‌شود. به‌طوری که افزایش توانایی گیاه در ایجاد سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر، باعث افزایش جذب عناصر غذایی و تولید ماده خشک بیشتر در واحد سطح می‌گردد (Aalizadeh et al., 2021).

تیمار ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و مصرف ۴۰ تن کود گاوی در هکتار بیشترین میزان وزن خشک گل بدون کلاله و خامه (۴/۸)

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات سولفات پتاسیم و کودهای دامی بر ویژگی‌های گل زعفران در سال دوم
Table 5- Results of analysis of variance (mean square) for the effects of potassium sulfate and animal manures on the characteristics of saffron flowers in the second year

منابع تغییر S.O. V	درجه آزادی d.f	تعداد گل Number of flowers	وزن تر کل گل Total Fresh flower weight	میانگین مربعات (Mean squares)		
				وزن خشک کلاله Stigma dry weight	وزن خشک خامه Style dry weight	وزن خشک گل بدون کلاله و خامه Dry weight of flowers without stigma and style
Block بلوک	2	187.09 ^{ns}	36.25 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.0003 ^{ns}	0.73 ^{ns}
سولفات پتاسیم (A)	2	1209.75 ^{**}	142.67 ^{**}	0.027 ^{**}	0.0028 ^{**}	0.67 ^{**}
Potassium sulfate (B) کود دامی	6	724.01 ^{**}	116.21 ^{**}	0.02 ^{**}	0.0008 ^{**}	1.9 ^{**}
Animal manure A × B	12	243.03 [*]	52.87 [*]	0.012 ^{**}	0.0008 ^{**}	0.81 ^{**}
Error خطای کل	40	118.8	23.33	0.004	0.0002	0.29
ضریب تغییرات (C.V)		16.2	22.2	18.1	16.5	15.2

ns و * و ** به ترتیب بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم تفاوت معنی دار می‌باشند.

ns, * and ** significant difference at $p < 0.01$ and $p < 0.05$ and not significantly difference, respectively

جدول ۶- میانگین‌های اثرات متقابل سولفات پتاسیم و کودهای دامی بر ویژگی‌های گل زعفران در سال دوم
 Table 6- Means comparison for the interaction effect of potassium sulfate and animal manures on saffron flower's characteristics in the second year

	کود دامی Animal manure (ton.ha ⁻¹)	تعداد گل Number of flowers	وزن تر کل گل Total fresh flower weight (g.m ⁻²)	وزن خشک کلاله Stigma dry weight (g.m ⁻²)	وزن خشک خامه Style dry weight (g.m ⁻²)	وزن خشک گل بدون کلاله و خامه Dry weight of flowers without stigma and style (g.m ⁻²)
سولفات پتاسیم صفر Potassium sulfate (0)	شاهد بدون کود Control	46.78 ^{jk}	15.8 ^{e-g}	0.277 ^{e-g}	0.05 ^h	2.65 ^{hi}
	۵ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار Laying poultry manure (5 ton.ha ⁻¹)	53.32 ^{h-k}	18.35 ^{d-g}	0.301 ^{d-g}	0.079 ^{c-e}	3.33 ^{d-i}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار Laying poultry manure (10 ton.ha ⁻¹)	71.33 ^{a-g}	22.12 ^{c-f}	0.336 ^{d-f}	0.071 ^{c-g}	3.8 ^{b-e}
	۵ تن در هکتار کود مرغی گوشتی Broiler poultry manure (5 ton.ha ⁻¹)	72.21 ^{a-g}	12.44 ^g	0.225 ^g	0.054 ^{gh}	3.78 ^{b-f}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی Broiler poultry manure (10 ton.ha ⁻¹)	64.46 ^{d-j}	20.88 ^{d-g}	0.356 ^{c-f}	0.063 ^{d-g}	3.55 ^{c-g}
	۲۰ تن در هکتار کود گاوی Cow manure (20 ton.ha ⁻¹)	55.43 ^{h-k}	19.13 ^{d-g}	0.345 ^{d-f}	0.061 ^{e-h}	3.28 ^{d-i}
	۴۰ تن در هکتار کود گاوی Cow manure (40 ton.ha ⁻¹)	44.77 ^k	23.25 ^{b-e}	0.294 ^{d-g}	0.072 ^{c-g}	3.1 ^{e-h}
سولفات پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار Potassium sulfate (100 kg.ha ⁻¹)	شاهد بدون کود Control	59.13 ^{f-k}	14.3 ^{fg}	0.278 ^{e-g}	0.07 ^{d-h}	2.46 ⁱ
	۵ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار Laying poultry manure (5 ton.ha ⁻¹)	66.61 ^{c-i}	17.15 ^{d-g}	0.269 ^{fg}	0.075 ^{c-f}	2.9 ^{f-i}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار Laying poultry manure (10 ton.ha ⁻¹)	79.99 ^{a-d}	27.24 ^{a-c}	0.45 ^{a-c}	0.109 ^{ab}	4.1 ^{a-d}
	۵ تن در هکتار کود مرغی گوشتی Broiler poultry manure (5 ton.ha ⁻¹)	63.67 ^{d-j}	21.3 ^{c-f}	0.354 ^{c-f}	0.079 ^{c-e}	3.9 ^{b-e}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی Broiler poultry manure (10 ton.ha ⁻¹)	85.1 ^{b-h}	24.59 ^{b-d}	0.38 ^{b-e}	0.072 ^{c-g}	4.38 ^{a-c}
	۲۰ تن در هکتار کود گاوی Cow manure (20 ton.ha ⁻¹)	76.89 ^{f-k}	22.34 ^{c-e}	0.347 ^{c-f}	0.058 ^h	3.45 ^{d-h}
	۴۰ تن در هکتار کود گاوی Cow manure (40 ton.ha ⁻¹)	70.89 ^{a-f}	31.08 ^{ab}	0.486 ^a	0.08 ^{c-e}	4.8 ^a
سولفات پتاسیم ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار Potassium sulfate (150 kg.ha ⁻¹)	شاهد بدون کود Control	50.55 ^{i-k}	18.7 ^{d-g}	0.298 ^{d-g}	0.062 ^{e-h}	3.37 ^{d-h}
	۵ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار Laying poultry manure (5 ton.ha ⁻¹)	60.92 ^{e-k}	22.23 ^{c-f}	0.317 ^{d-g}	0.08 ^{c-e}	3.41 ^{d-h}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار Laying poultry manure (10 ton.ha ⁻¹)	77.78 ^{a-e}	32.74 ^a	0.479 ^{ab}	0.069 ^{d-h}	4.6 ^{ab}
	۵ تن در هکتار کود مرغی گوشتی Broiler poultry manure (5 ton.ha ⁻¹)	75.33 ^{a-f}	28.59 ^{a-c}	0.462 ^{ab}	0.084 ^{cd}	3.88 ^{b-e}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی Broiler poultry manure (10 ton.ha ⁻¹)	83 ^{a-c}	23.98 ^{b-d}	0.388 ^{a-d}	0.092 ^{bc}	3.69 ^{c-g}
	۲۰ تن در هکتار کود گاوی Cow manure (20 ton.ha ⁻¹)	61.54 ^{e-k}	22.37 ^{c-e}	0.327 ^{d-g}	0.105 ^{ab}	3.2 ^{e-i}
	۴۰ تن در هکتار کود گاوی Cow manure (40 ton.ha ⁻¹)	89.11 ^a	18.52 ^{d-g}	0.311 ^{d-g}	0.121 ^a	2.81 ^{g-i}

در هر ستون تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Similar letter in each column indicate no significant difference based on Duncan multiple tests in 5% level.

بیشتری دارد و از قابلیت هدایت الکتریکی بالاتری نسبت به کود گاوی برخوردار است (Torkamani and Alikhani, 2008) و با توجه به این که آزادسازی عناصر در این کود تدریجی تر از کود گاوی است بنابراین بیشتر بودن این صفت تحت کود مرغی در سال سوم منطقی می باشد. از طرفی به دلیل این که کود مرغی گوشتی از لحاظ محتوای پروتئین و درصد فیبر خام در کود مرغی گوشتی بیشتر از کود مرغی تخم گذار است بنابراین وزن گل بدون کلاله و خامه در تیمار کود مرغی گوشتی بیشتر از کود مرغی تخم گذار بود (جدول ۳).

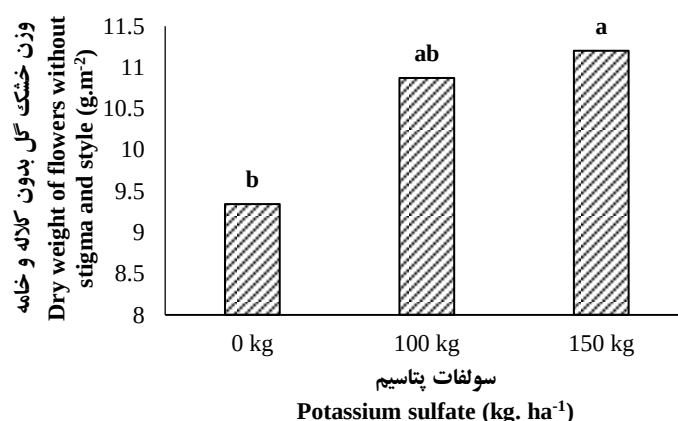
بنابراین با توجه به اهمیت ماده آلی خاک بهتر است افزایش آن به عنوان اولویت نخست بهبود حاصلخیزی خاک در مدیریت تغذیه گیاهی مزارع قرار گیرد (Zabihi and Pishbin, 2019). افزایش میزان مواد آلی خاک با تحت تأثیر قرار دادن خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مانند تعدیل درجه حرارتی، فراهمی بیشتر آب و رطوبت، کاهش سختی خاک در تسریع و افزایش گلدی و وزن تر گل زعفران را می تواند به همراه داشته باشد. گزارش شده است که کود مرغی نسبت به کود گاوی عناصر منیزیم، فسفر، روی و مس

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات سولفات پتاسیم و کودهای دامی بر ویژگی های گل زعفران در سال سوم
Table 7- Results of analysis of variance (mean square) for the effects of potassium sulfate and animal manures on the characteristics of saffron flowers in the third year

منابع تغییر S.O. V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (Mean squares)				
		تعداد گل Number of flowers	وزن تر کل گل Total fresh flower weight	وزن خشک کلاله Stigma dry weight	وزن خشک خامه Style dry weight	وزن خشک گل بدون کلاله و خامه Dry weight of flowers without stigma and style
Block بلوک	2	744.39 ^{ns}	33.89 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.0006 ^{ns}	76.05 ^{**}
سولفات پتاسیم (A)	2	6333.46 ^{**}	1155.06 ^{**}	0.243 ^{**}	0.0184 ^{**}	20.76 [*]
Potassium sulfate						
کود دامی (B)	6	5334 ^{**}	1284.56 ^{**}	0.158 ^{**}	0.0051 [*]	14.21 [*]
Animal manure						
A × B	12	2866.07 ^{**}	701.29 ^{**}	0.14 ^{**}	0.0066 ^{**}	5.24 ^{ns}
Error خطای کل	40	808.55	99.58	0.026	0.0017	5.46
ضریب تغییرات (C.V)		15.5	14.1	14.4	18.7	22.3

ns و *، ** به ترتیب بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم تفاوت معنی دار می باشند.

ns, *, and ** significant difference at $p < 0.01$ and $p < 0.05$ and not significantly difference, respectively



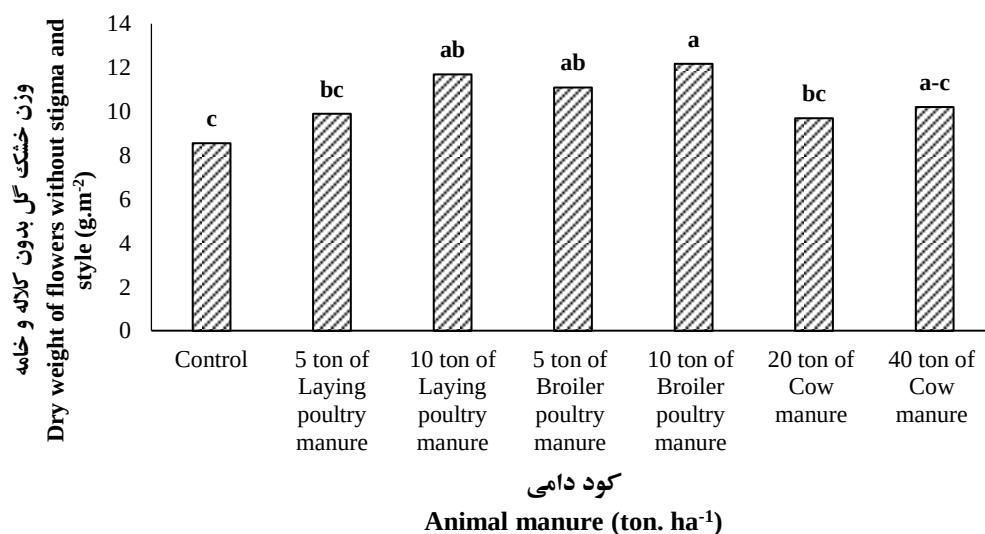
شکل ۱- میانگین های اثرات اصلی سولفات پتاسیم ویژگی های گل زعفران در سال سوم

Figure 1- Averages of the main effects of potassium sulfate on the characteristics of saffron flowers in the third year

جدول ۸- میانگین‌های اثرات متقابل سولفات پتاسیم و کودهای دامی بر ویژگی‌های گل زعفران در سال سوم
Table 8- Means comparison for the interaction effect of potassium sulfate and animal manures on saffron flower's characteristics in the third year

	کود دامی Animal manure (t. ha ⁻¹)	تعداد گل Number of flowers	وزن تر کل گل Total fresh flower weight (g.m ⁻²)	وزن خشک کلاله Stigma dry weight (g.m ⁻²)	وزن خشک خامه Style dry weight (g.m ⁻²)
سولفات پتاسیم صفر Potassium sulfate (0)	شاهد بدون کود Control	123.01 ^e	46.44 ^g	0.82 ⁱ	0.157 ^g
	۵ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار Laying poultry manure (5 ton. ha ⁻¹)	130.33 ^e	47.67 ^g	1.363 ^{a-d}	0.24 ^{c-e}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار Laying poultry manure (10 ton. ha ⁻¹)	137 ^{de}	55 ^{fg}	0.91 ^{hi}	0.197 ^{e-g}
	۵ تن در هکتار کود مرغی گوشتی Broiler poultry manure (5 ton. ha ⁻¹)	168.55 ^{c-e}	53.98 ^{fg}	1.027 ^{e-i}	0.163 ^g
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی Broiler poultry manure (10 ton. ha ⁻¹)	225.08 ^{ab}	91.57 ^{ab}	1.017 ^{e-i}	0.217 ^{c-g}
	۲۰ تن در هکتار کود گاوی Cow manure (20 ton. ha ⁻¹)	156.33 ^{de}	59.33 ^{e-g}	0.81 ⁱ	0.187 ^{d-g}
	۴۰ تن در هکتار کود گاوی Cow manure (40 ton. ha ⁻¹)	223.32 ^{ab}	94.4 ^{ab}	1.057 ^{e-i}	0.18 ^{d-g}
سولفات پتاسیم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار Potassium sulfate (100 kg. ha ⁻¹)	شاهد بدون کود Control	152.61 ^{de}	53.51 ^{fg}	0.877 ^{hi}	0.18 ^{d-g}
	۵ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار Laying poultry manure (5 ton. ha ⁻¹)	231.94 ^a	96.66 ^a	0.86 ^{hi}	0.217 ^{c-g}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار Laying poultry manure (10 ton. ha ⁻¹)	165.18 ^{c-e}	62.63 ^{e-g}	0.93 ^{g-i}	0.213 ^{c-g}
	۵ تن در هکتار کود مرغی گوشتی Broiler poultry manure (5 ton. ha ⁻¹)	180.79 ^{b-d}	61.12 ^{e-g}	0.983 ^{f-i}	0.233 ^{c-f}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی Broiler poultry manure (10 ton. ha ⁻¹)	231.79 ^a	92.67 ^{ab}	1.607 ^a	0.32 ^a
	۲۰ تن در هکتار کود گاوی Cow manure (20 ton. ha ⁻¹)	139.33 ^{de}	54 ^{fg}	1.04 ^{e-i}	0.17 ^{fg}
	۴۰ تن در هکتار کود گاوی Cow manure (40 ton. ha ⁻¹)	181.61 ^{b-d}	73.82 ^{c-e}	1.513 ^{ab}	0.193 ^{d-g}
سولفات پتاسیم ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار Potassium sulfate (150 kg. ha ⁻¹)	شاهد بدون کود Control	162.44 ^{c-e}	65.84 ^{d-f}	1.12 ^{d-h}	0.177 ^{e-g}
	۵ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار Laying poultry manure (5 t. ha ⁻¹)	209.33 ^{a-c}	68.33 ^{d-f}	1.19 ^{c-g}	0.233 ^{c-f}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی تخم‌گذار Laying poultry manure (10 ton. ha ⁻¹)	237.1 ^a	96.73 ^a	1.427 ^{a-c}	0.267 ^{a-c}
	۵ تن در هکتار کود مرغی گوشتی Broiler poultry manure (5 ton. ha ⁻¹)	180.18 ^{b-d}	64.25 ^{d-f}	1.06 ^{e-i}	0.247 ^{b-d}
	۱۰ تن در هکتار کود مرغی گوشتی Broiler poultry manure (10 ton. ha ⁻¹)	205.67 ^{a-c}	80 ^{b-d}	1.28 ^{b-e}	0.203 ^{c-g}
	۲۰ تن در هکتار کود گاوی Cow manure (20 ton. ha ⁻¹)	207.1 ^{a-c}	91.4 ^{ab}	1.213 ^{c-f}	0.31 ^{ab}
	۴۰ تن در هکتار کود گاوی Cow manure (40 ton. ha ⁻¹)	204.91 ^{a-c}	85.44 ^{a-c}	1.217 ^{c-f}	0.317 ^a

در هر ستون تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
Similar letter in each column indicate no significant difference based on Duncan multiple tests in 5% level.



شکل ۲- میانگین‌های اثرات اصلی کودهای دامی بر ویژگی‌های گل زعفران در سال سوم

Figure 2- Averages of the main effects of animal manures on the characteristics of saffron flowers in the third year

نتیجه‌گیری

دامی و سولفات پتاسیم منجر به فراهم شدن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه گردید و در نتیجه افزایش تعداد گل و عملکرد آن شد. به‌طور کلی می‌توان گفت که تأمین پتاسیم مورد نیاز زعفران منجر به افزایش قابل توجه عملکرد این گیاه خواهد شد، بنابراین نباید از اهمیت کود پتاسیم را در برنامه تغذیه زعفران چشم‌پوشی کرد. همچنین با کاربرد کود دامی و تلفیق آن با کود شیمیایی می‌توان بسیاری از خصوصیات زعفران را بهبود بخشید. بنابراین با جایگزین نمودن بخشی از کود شیمیایی با کود دامی علاوه بر بهبود عملکرد زعفران می‌توان به کاهش مصرف کود شیمیایی به‌عنوان یکی از نهاده‌های پرهزینه کمک نمود و همچنین با استفاده بهینه از کود دامی در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار گام برداشت.

نتایج این تحقیق نشان داد که در هر دو سال (سال دوم و سوم) در اکثر صفات تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم بهتر از کود ۱۰۰ کیلوگرم و عدم مصرف این کود بود هرچند در بسیاری از موارد دو سطح ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم تفاوتی با یکدیگر نداشتند. همچنین کاربرد کود ۴۰ تن کود گاوی در هکتار در سال دوم بهترین تیمار بود و در سال سوم تیمار کاربرد ۱۰ تن کود مرغی تخم‌گذار در هکتار در تولید گل به‌عنوان تیمار برتر بود. در واقع کود مرغی تخم‌گذار به دلیل داشتن عناصر بیشتری مانند نیتروژن و میکرو نسبت به کود گاوی و آزادسازی آهسته‌تر آن نسبت به کود گاوی منجر به افزایش عملکرد گل در سال سوم گردید. مصرف کودهای

References

1. Alizadeh, M. B., Makarian, H., Ebadi, A., and Shafaroodi, A. 2021. Evaluation of the effect of different fertilizer treatments on yield and some reproductive traits of Saffron (*Crocus sativus* L.) in the climatic conditions of Ardabil. Journal of Saffron Research 9 (1): 11-27. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22077/jsr.2020.3299.1130](https://doi.org/10.22077/jsr.2020.3299.1130)
2. Akbarian, M. M., Heidari Sharifabad, H., Noormohammadi, G. H., and Darvish Kojouri, F. 2012. The effect of potassium, zinc and iron foliar application on the production of saffron (*Crocus sativa*). Annals of Biological Research 3 (12): 5651-5658.
3. Akrami, M., Malakouti, M., and Keshavarz, P. 2015. Study of flower and stigma yield of saffron as affected by potassium and zinc fertilizers in Khorasan Razavi Province. Journal of Saffron Research 2 (1): 85-96. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22077/jsr.2015.332](https://doi.org/10.22077/jsr.2015.332)
4. Alipoor Miandehi, Z., Mahmoodi, S., Behdani, M. A., and Sayyari, M. H. 2015. Effects of corm weight and application of fertilizer types on some growth characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) under Mahvelat conditions. Journal of Saffron Research 2 (2): 97-112. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22077/jsr.2014.315](https://doi.org/10.22077/jsr.2014.315).
5. Aminifard, M. H., and Amiri, M. B. 2021. Growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) affected by different

- levels of fulvic acid and cow manure in the second growing season. *Journal of Horticulture and Postharvest Research* 4: 57-68. DOI: [10.22077/jhpr.2021.4039.1191](https://doi.org/10.22077/jhpr.2021.4039.1191)
6. Aminifard, M. H., and Gholizade, Z. 2018. Impact of chicken manure on vegetative criteria and photosynthetic pigments of saffron (*Crocus sativus* L.). *Horticulture Plants Nutrition* 1 (1): 1-16. (in Persian with English abstract).
 7. Amiri, M. E., 2008. Impact of animal manures and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus* L.). *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science* 4 (3): 274-279.
 8. Ansari, S., Nasiri, Y., Janmohammad, M., and Sabaghnia, N. 2019. Influence of organic and chemical fertilizers, Common and Nano Iron, Zinc and Manganese on Yield and Yield Components of Fennel (*Foeniculum vulgare* L.). *Agricultural Science and Sustainable Production* 29 (1): 101-119. (in Persian with English abstract).
 9. Babaeian, M., Basatpour, G. H., and Kheirkhah, M. 2021. Effect of different levels of sulfur and potassium fertilizer application on quantitative properties of saffron (*Crocus sativus* L.) In Kermanshah weather conditions. *Journal of Saffron Research* (In Press). DOI: [10.22077/jsr.2021.4187.1156](https://doi.org/10.22077/jsr.2021.4187.1156)
 10. Bakhtiari, M., Mozafari, H., Karimzadeh Asl, K., Sani, B., and Mirza, M. 2020. Plant growth, physiological, and biochemical responses of medic savory [*Satureja macrantha* (Makino) Kudô] to Bioorganic and Inorganic Fertilizers. *Journal of Medicinal Plants and By-Products* 9: 9-17.
 11. Befrozfar, M. R., Habibi D., Asgharzadeh, A., Sadeghi-Shoae, A., and Tookalloo M. R. 2013. Vermicompost, plant growth promoting bacteria and humic acid can affect the growth and essence of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Annals of Biological Research* 4: 8-12.
 12. Behdani, M. A., Koocheki, A., NassiriMahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2005. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). *Iranian Journal of Field Crops Research* 3 (1):1-14. (in Persian with English abstract).
 13. Daneshmandi, M. S., and Seyyedi, S. M. 2019. Nutrient availability and saffron corms growth affected by composted pistachio residues and commercial poultry manure in a calcareous soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 50 (12): 1465-1475. <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1626871>
 14. Ghosh, P. K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, K. K., Tripathi, A. K., Hati, K. M., Misra, A. K., and Acharya, C. L. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. I. Crop yields and system performance. *Bioresource Technology* 95: 77-83.
 15. Hassanzadeh Aval, F., Rezvani moghaddam, R., Bannayan aval, M., and Khorasani, R. 2013. Effects of maternal corm weight and different levels of cow manure on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology* 1 (1): 22-39. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22048/jsat.2013.4809](https://doi.org/10.22048/jsat.2013.4809)
 16. Hoover, N. L., Law, J. Y., Long, L. A. M., Kanwar, R. S., and Soupier, M. L. 2019. Long-term impact of poultry manure on crop yield, soil and water quality, and crop revenue. *J Environ Manage.* 2019 Dec 15; 252:109582. Epub 2019 Oct 12. PMID: 31614262. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109582>
 17. Jabbari, M., Khayyat, M., Fallahi, H. R., and Samadzadeh, A. R. 2017. Influence of saffron corm soaking in salicylic acid and potassium nitrate on vegetative and reproductive growth and its chlorophyll fluorescence indices. *Saffron Agronomy and Technology* 5 (1): 21-35. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22048/jsat.2017.38893](https://doi.org/10.22048/jsat.2017.38893)
 18. Jahan, M., and Jahani, M. 2007. The effects of chemical and organic fertilizers on saffron flowering. *Acta Horticulturae* 739: 81-86.
 19. Javaheri, M. A., Rashidi, N., and Baghizadeh, A. 2005. Influence of organic farm yard manure, potassium, and boron on quantity and quality of sugar beet in Bardsir region. *Sugar Beet Journal* 21 (1): 43-56. (in Persian with English abstract).
 20. Khayyat, M., Jabbari, M., Fallahi, H. R., and Samadzadeh, A. 2018. Effects of corm dipping in salicylic acid or potassium nitrate on growth, flowering, and quality of saffron. *Journal of Horticultural Research* 26 (1): 13-21. <https://doi.org/10.2478/johr-2018-0002>
 21. Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., Moallem Banhang, F., and Shabahng, J. 2019. Optimization of cow manure levels and corm weight in saffron (*Crocus sativus* L.) by central composite design. *Journal of Saffron Research* 6 (2): 233-249. (in Persian with English abstract).
 22. Kianimanesh, K., Lebaschi, M. H., Jaimand, K., Abdossi, V., and Tabaei-Aghdaei, S. R. 2021. The changes in yield, biochemical properties and essential oil compounds of saffron (*Crocus sativus* L.) plants treated with organic and inorganic fertilizers under dryland farming system. *Journal of Medicinal Plants and By-Products* 1: 37-44.
 23. Koocheki, A., Rezvani moghadam, P., Molafilabi, A. A., and Seyyedi, S. M. 2015. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) flower and coriander yield in the first year after planting in response to planting density and amount of manure. *Journal of Agroecology* 6 (4): 719-729. (in Persian with English abstract).
 24. Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Mollafilabi, A., and Seyyedi, S. M. 2013. The effects of high corm density and manure on agronomic characteristics and corms behavior of Saffron (*Crocus sativus* L.) in the second year.

- Journal of Saffron Research 1 (2): 144-155. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22077/jsr.2013.441](https://doi.org/10.22077/jsr.2013.441)
25. Lin, Y., Watts, D. B., van Santen, E., and Cao, G. 2018. Influence of poultry litter on crop productivity under different field conditions: a meta-analysis. *Agronomy Journal* 110: 807-818. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.09.0513>
26. Malakouti, M. J., Malakouti, A., Bybordi, I., and Khamesi, E. 2010. Zinc (Zn) is the neglected element in the life cycle of plant, animal, and human health (10th edition with complete revision). Tech. bulletin No. 007. Soil Science Department-Tarbiat Modares University. Sana Pub. Co., Tehran, Iran. 14 pp.
27. Moallem Banhangi, F., Rezvani Moghaddam, P., Asadi, G. A., and Khorramdel, S. 2021. Do corm seeding rate and planting depth influence growth indicators of saffron (*Crocus sativus* L.)? *Industrial Crops and Products* 174: 114145. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114145>
28. Mohammadi Aria, M., Lakzian, A., Haghnia, Gh., Besharati, H., and Fotovat, A. 2010. The effect of *Thiobacillus* and *Aspergillus* on phosphorus availability of enriched rock phosphate with sulfur and vermicompost. *Journal of Water and Soil* 24: 1-9. (in Persian with English abstract).
29. Mollafilabi, A., and Khorramdel, S. 2016. Effects of cow manure and foliar spraying on agronomic criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in a six-year-old farm. *Saffron Agronomy and Technology* 3 (4): 237-249. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22048/jsat.2016.11897](https://doi.org/10.22048/jsat.2016.11897)
30. Monamizadeh, Z., Ghasemi, M., and Sadrabadi haghghi, R. 2016. A review on the importance and effect of organic fertilizers in saffron cultivation. *Journal of Land Management* 4 (1): 55-77. (in Persian with English abstract).
31. Mondal, T., Datta, J. K., and Mondal, N. K. 2017. Chemical fertilizer in conjunction with biofertilizer and vermicompost induced changes in morpho-physiological and bio-chemical traits of mustard crop. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 16: 135-144.
32. Pandita, D. 2020. Saffron (*Crocus sativus* L.): phytochemistry, therapeutic significance, and omics-based biology. In *Medicinal and Aromatic Plants* (pp. 325-396). Academic Press.
33. Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A. A., Fallahi, H. R., and Aghhavani Shajari, M. 2014. Effects of nutrition management on flower yield and corm growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Horticultural Science* 28 (3): 427-434. (in Persian with English abstract).
34. Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A. A., Fallahi, J., and Aghhavani Shajari, M. 2010. Effects of chemical and organic fertilizers on number of corm and stigma yield of saffron (*Crocus sativus* L.). 59th International Congress and Annual Meeting of the Society for Medicinal Plant and Natural Product Research, Antalya, Turkey.
35. Tabibian, S. A., Labbafi, M., Askari, G. H., Rezaeinezhad, A. R., and Ghomi, H. 2020. Effect of gliding arc discharge plasma pretreatment on drying kinetic, energy consumption and physico-chemical properties of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Food Engineering* 270: 109766.
36. Torkamani, N., and Alikhani, H. A. 2008. Comparison of vermicompost from cattle, sheep and poultry manures at different humidity. 3rd National Congress on Recycling and Use of Renewable Organic Resources in Agriculture, Isfahan. (in Persian with English abstract).
37. Zabihi, H. R., and Feizi, H. 2014. Saffron response to the rate of two kinds of potassium fertilizers. *Saffron Agronomy and Technology* 2 (3): 191-198. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22048/jsat.2014.7809](https://doi.org/10.22048/jsat.2014.7809)
38. Zabihi, H. R., and Pishbin, M. 2019. Management of basic nutrients and organic matter in the nutrition of saffron fields. *Journal of Saffron* 1 (2): 1-9. (in Persian with English abstract).



Selection of Suitable Sugar Beet Genotypes for Winter Sowing (Pending) in Torbat-e-Jam Region

H. Hamidi¹, M. Ahmadi^{2*}, D. Taleghani³

Received: 17-01-2022
Revised: 29-03-2022
Accepted: 17-04-2022

How to cite this article:

Hamidi, H., Ahmadi, M., and Taleghani, D. 2022. Selection of Suitable Sugar Beet Genotypes for Winter Sowing (Pending) in Torbat-e-Jam Region. Iranian Journal of Field Crops Research 20 (3): 335-348. (in Persian with English abstract). DOI: [10.22067/jcsc.2022.74787.1138](https://doi.org/10.22067/jcsc.2022.74787.1138).

Introduction

Most areas under spring sugar beet cultivation face severe water restrictions and increasing the area under cultivation of this crop in most of these areas is contrary to the principle of conservation of water and soil resources. The use of new areas for winter sugar beet cultivation should be the area under cultivation of this crop in hot and dry areas. Therefore, winter sowing (pending) of sugar beet with emphasis on the limitations of the country's water resources has been proposed as a solution.

Materials and Methods

In this study, the quantitative and qualitative yield of 16 sugar beet genotypes in winter planting were studied as a randomized complete block design with four replications in the Torbat-e-Jam region in the two cropping years (2020-2021 and 2021-2022). The studied genotypes included F-20739, F-20837, F-21083, SBSI-5, SBSI-15, SVZA 2019-JD389, SVZA 2019-JD0402, SVZA 2019-JD0400, SVZA 2019-JD0401, FDIR 19 B 3021, FDIR 19 B 4028, F-20591, SBSI-6, SBSI-16, SBSI-7 and SBSI-17 are the breeding populations obtained from the gene bank of the Sugar Beet Seed Breeding Research Institute. In this research, traits such as root yield, sugar content, sugar yield, white sugar yield, Na, K, N, alkalinity, molasses sugar, white sugar content, and extraction coefficient of sugar were measured. Data were analyzed using SAS 9.1 software. The analysis of variance on test data and comparison to the middle of the Duncan test was performed at the 5% level. Factor analysis was calculated to identify the main factors using MINITAB software. Cluster analysis of the studied genotypes was obtained after standardizing the data by the Ward method and using Euclidean distance criterion with the help of SPSS software.

Results and Discussion

The results of the combined analysis of variance showed that there was a significant difference between different genotypes of sugar beet at the level of 1% probability for all studied traits except for nitrogen content. The mean comparison showed that the SBSI-15 genotype had the highest root yield (60.66 ton/ha). It should be noted that this genotype in terms of yield index traits did not show significantly different from genotypes F-20739, SBSI-15, SVZA 2019-JD389, SVZA 2019-JD0402, SVZA 2019-JD0400, SVZA 2019-JD0401, and FDIR 19 B 4028. Also, the F-20739 genotype had the highest amounts of sugar content (19.5%), white sugar content (16.3%) and extraction coefficient of sugar (83.2%) and the lowest amount of potassium (4.24 meq .100 g⁻¹ of root weight) and Molasses sugar (2.7%). In addition, the highest sugar yield (10.69 t/ha) and white sugar yield (8.68 t/ha) were in FDIR 19 B 3021 genotype. Investigating the correlation of traits showed the highest

1- Researcher, Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

2- Associate Professor, Sugar Beet Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

3- Associate Professor, Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Iran

(*- Corresponding Author Email: ahmadi50_masoud@yahoo.com)

DOI: [10.22067/jcsc.2022.74787.1138](https://doi.org/10.22067/jcsc.2022.74787.1138)

positive and significant correlation was between sugar yield and white sugar yield (0.99**) and the highest negative and significant correlation was between extraction coefficient of sugar and molasses sugar (-0.95**). Principal factor analysis based on the mean of the traits identified three factors that accounted for a total of 91% of the variability between the data. SBSI-15, SVZA 2019-JD0398, SVZA 2019-JD0402, SVZA 2019-JD0400, SVZA 2019-JD0401, FDIR 19 B 3021, and FDIR 19 B 4028 genotypes are distinguished different from other genotypes and they were as superior genotypes in terms of yield index traits. The dendrogram generated from the cluster analysis for white sugar yield classified genotypes into three main groups.

Conclusion

In general, SVZA 2019-JD0401, FDIR 19 B 3021, and FDIR 19 B 4028 genotypes were introduced as superior genotypes with the highest white sugar yield and suitable for winter sowing in Torbat-e Jam region.

Keywords: Cluster analysis, Correlation, Factor analyze, White sugar yield

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، ص ۳۳۵-۳۴۸

انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب کشت زمستانه (انتظاری) چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) در منطقه تربت جام

حسن حمیدی^۱، مسعود احمدی^{۲*}، داریوش طالقانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۸

چکیده

کشت زمستانه (انتظاری) چغندر قند در مقایسه با کشت بهاره به دلیل استفاده از نزولات جوی و کارایی بیشتر مصرف آب در مناطق نیمه‌خشک از اهمیت زیادی برخوردار است. به منظور ارزیابی عملکرد کمی و کیفی و شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب برای کشت زمستانه، ۱۶ ژنوتیپ چغندر قند در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در منطقه تربت جام در دو سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد از نظر کلیه صفات مورد بررسی به استثنای نیتروژن مضره وجود داشت. مقایسه میانگین نشان داد ژنوتیپ SBSI-15 دارای بیشترین عملکرد ریشه (۶۰/۶۶ تن در هکتار) بود. همچنین، بیشترین مقدار قند ناخالص (۱۹/۵ درصد)، قند خالص (۱۶/۳ درصد) و ضریب استحصال شکر (۸۳/۲ درصد) و کمترین میزان پتاسیم (۴/۲ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم وزن ریشه) و قند ملاس (۲/۷ درصد) در ژنوتیپ F-20739 مشاهده شد. علاوه بر این، بیشترین عملکرد قند ناخالص (۱۰/۶۹ تن در هکتار) و عملکرد قند خالص (۸/۶۸ تن در هکتار) در ژنوتیپ FDIR 19 B 3021 وجود داشت. بررسی همبستگی صفات، بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را بین عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص (۰/۹۹**) و بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار را بین ضریب استحصال شکر و درصد قند ملاس (۰/۹۵**) نشان داد. همچنین، نمودار بای‌پلات پراکنش ژنوتیپ‌ها بر روی دو عامل اول نشان داد ژنوتیپ‌های SBSI-15، FDIR 19 B 3021، SVZA 2019-JD0401، SVZA 2019-JD0400، SVZA 2019-JD0402، SVZA 2019-JD0398 و 19 B 4028 از سایر ژنوتیپ‌ها متمایز و به عنوان ژنوتیپ‌های برتر از نظر صفات شاخص عملکرد بودند. با توجه به دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای می‌توان ژنوتیپ‌ها را برای صفت عملکرد قند خالص در سه گروه عمده قرار داد. به طور کلی، ژنوتیپ‌های FDIR 19 B 3021 و FDIR 19 B 4028 به عنوان ژنوتیپ‌های برتر دارای بیشترین عملکرد قند خالص و مناسب برای کشت زمستانه در منطقه تربت جام معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای، عملکرد قند خالص، همبستگی

مقدمه

اقلیمی خشک کشور ما تولید محصولاتی چون چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) به دلیل نیاز آبی فراوان در بهار و تابستان به‌ویژه در مناطقی مانند خراسان، اصفهان و کرمان با مشکل کمبود آب روبه‌رو است. در این مناطق، برای افزایش راندمان مصرف آب راهکارهای گوناگونی مطرح شده که یکی از آنها تولید چغندر قند پاییزه و زمستانه می‌باشد. کشت زمستانه چغندر قند قبلاً در استان خوزستان انجام گرفته است، این کشت جزء زراعت‌های جوان منطقه بود که پس از مطالعات سال ۱۳۴۲ مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد و تحقیقات به عمل آمده بعدی به عنوان یکی از محصولات اقتصادی و استراتژیک منطقه معرفی گردید (Jahadakbar et al., 2013).

چغندر قند یکی از محصولات صنعتی بخش کشاورزی است که نقش مهمی در تأمین قند و شکر مورد نیاز داخل کشور ایفا می‌کند.

خشکی یکی از عمده‌ترین محدودیت‌ها برای تولید موفق محصولات زراعی در ایران و جهان است. ایران در پهنه اقلیمی خشک و نیمه‌خشک دنیا قرار گرفته و میزان تبخیر آن نسبت به میانگین بارندگی بسیار زیاد است (Ilkaee et al., 2016). در شرایط

۱ و ۲- به ترتیب محقق و دانشیار بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۳- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

(*) نویسنده مسئول: (Email: ahmadi50_masoud@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jcsc.2022.74787.1138

علوفه چغندر و ملاس چغندرقند در تغذیه دام کاربرد دارد (Ahmadian et al., 2012). در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ حدود ۱۴۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی به کشت چغندرقند اختصاص داشت. استان‌های خراسان شمالی و رضوی به واسطه حضور کارخانه‌های قند و شربايط مساعد برای رشد چغندرقند از مناطق عمده کشت و تولید چغندرقند به‌شمار می‌آیند (Bagheri Shirvan et al., 2020). چغندرقند در کنار نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) به‌عنوان یک نهاده واسطه‌ای، در تولید قند و شکر مورد استفاده قرار می‌گیرد. از نظر زراعی، دو ویژگی عملکرد ریشه و درصد قند در این محصول مورد توجه است (Hosseini et al., 2007).

استفاده بهینه از نزولات آسمانی در طول دوره رشد و کارایی بیشتر مصرف آب در کشت پاییزه چغندرقند شاخصی بارز برای اولویت و برتری کشت پاییزه چغندرقند نسبت به کشت بهاره آن در ایران است. کشت پاییزه چغندرقند و تأمین بخشی از چغندر مورد نیاز کارخانه‌های قند در مناطقی همچون استان‌های خراسان و مناطق هم‌اقلیم که با محدودیت منابع آبی مواجه هستند در پایداری تولید چغندرقند اهمیت دارد. کمبود منابع آب آبیاری باعث افت شدید عملکرد محصول چغندرقند می‌شود (Ahmadi et al., 2017). کشت پاییزه در بعضی مناطق که زمستان طولانی‌تری دارند (جنوب اسپانیا) و مناطق جدیدی از ایران (گرگان و ایلام) که پیش‌بینی می‌شود برای کشت زمستانه چغندرقند مناسب باشند، مستلزم کاشت رقم‌های مقاوم به ساقه‌روی می‌باشد.

با تنظیم دو عامل تاریخ کاشت و انتخاب رقم مقاوم و حتی تولید بذر در مناطق معتدل می‌توان تا حدودی مانع از ساقه‌روی بوته‌های چغندرقند شد (Taleghani et al., 2011). تغییر تاریخ کاشت یکی از راهکارهایی است که کشاورزان برای مقابله با مشکلات پیش روی کشت چغندرقند به‌کار می‌برند. به‌طور کلی تاریخ کاشت از عوامل زراعی مهم بر بهبود رشد و عملکرد چغندرقند به‌شمار می‌رود و مهم‌ترین عامل موثر بر انتخاب رقم چغندرقند محسوب می‌شود (Kandil et al., 2004).

عوامل مهم محدودکننده کشت چغندرقند پاییزه در منطقه شمال شرق کشور دمای پایین و طولانی در طول فصل زمستان، سرمازدگی، خسارت پرندگان و ساقه‌روی بوته‌های چغندرقند است. خطر ساقه‌روی و گلدهی تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، محیطی و فیزیولوژیکی قرار دارد و به نظر می‌رسد می‌توان کشت نشایی زمستانه و کشت زمستانه را با استفاده از ارقام زودرس برای رفع این محدودیت‌ها جایگزین نمود (Ahmadi et al., 2021).

چغندرقند گیاهی است که اگر در اولین فرصت ممکن کشت گردد می‌تواند زودتر به سطح برگ مطلوب رسیده و از تشعشع خورشیدی استفاده مؤثر کرده و در نهایت افزایش عملکرد به همراه داشته باشد (Hosseinpour, 2006). بیات و همکاران (Bayat et al., 2020)

امکان کشت زمستانه چغندرقند را در منطقه فاروج استان خراسان مورد مطالعه قرار دادند. آبیاری در تاریخ‌های کشت زمستانه (دهه آخر آذرماه)، زود هنگام (دهه اول اسفند ماه) و دیر هنگام (خرداد ماه همزمان با کشت چغندرقند بعد از آزاد شدن آب از غلات) شروع شد. نتایج نشان داد که علی‌رغم این‌که تنش سرما در کشت زمستانه درصد استقرار بوته‌ها را کاهش و میزان ساقه‌روی را افزایش می‌دهد، اما در این تاریخ کشت و کشت زود هنگام نسبت به کشت دیر هنگام (بعد از گرفتن آب از غلات)، طول دوره رشد حدود ۸۵ تا ۹۰ روز (حدود ۸۰۰ تا ۹۰۰ درجه روز) و عملکرد ریشه و عملکرد قند قابل استحصال به‌ترتیب ۶۷ و ۳۹ درصد افزایش می‌یابد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که در کشت زمستانه و کشت زود هنگام برخی از ارقام دارای تحمل به تنش سرما بوده و از عملکرد ریشه و عملکرد قند قابل استحصال بالاتری برخوردار بودند.

احمدی (Ahmadi, 2012) طی تحقیقی دو ساله به بررسی امکان کشت پاییزه چغندرقند در جنوب استان خراسان رضوی (شهرستان بردسکن) پرداخت. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که بیشترین عملکرد ریشه، معادل ۴۸ تن در هکتار، مربوط به تاریخ کاشت اول مهر و تاریخ برداشت پانزده خرداد سال بعد است. در بین ارقام مورد بررسی، بیشترین عملکرد ریشه برای رقم گیادا با ۵۱/۲ تن در هکتار و ۱/۰۳ درصد ساقه‌روی گزارش شده است. صادق زاده و همکاران (Sadeghzadeh et al., 2012) اثر تاریخ کاشت و برداشت بر عملکرد و کیفیت ارقام کشت پاییزه چغندرقند در منطقه جیرفت را بررسی و گزارش کرده‌اند که اثر تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد ریشه و عملکرد شکر سفید معنی‌دار است، به طوری که تأخیر در کشت عملکرد ریشه را کاهش داد.

صادقی‌شعاع و همکاران (Sadeghi-Shoae et al., 2017) در پژوهشی به بررسی امکان‌سنجی کاشت پاییزه رقم‌های چغندرقند در منطقه مغان در تاریخ ۱۳۹۰/۸/۱ پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که رقم HI۱۰۵۹ در کاشت زمستانه دارای ۱۸/۱۸ درصد شکر بود در حالی که میانگین شکر در کلیه ارقام مورد بررسی ۱۵/۴۵ درصد بود. یکی از اهداف اصلی پژوهش پیفیفر و همکاران (Pfeiffer et al., 2014) تجزیه و تحلیل ژنتیکی ساقه‌روی چغندرقند بعد از زمستان بود. نتایج نشان داد تأخیر در ساقه‌روی با تجمع ژن مقاومت در برابر ساقه‌روی ارتباط دارد و از این طریق می‌توان میزان ساقه‌روی را پس از زمستان کنترل کرد. در مطالعه‌ای لؤل و هافمن (Loel and Hoffmann, 2014) بر روی شرایط آب و هوایی و اهمیت مرحله رشد برای سرسختی زمستانه چغندرقند پاییزه به‌صورت کشت میدانی و گلخانه‌ای پژوهش کردند. هدف از پژوهش تعیین کمترین دما و بررسی سختی زمستانه برای توصیف مرحله بهینه رشد چغندرقند بود که می‌توانستند زنده بمانند. نتیجه‌ی این پژوهش نشان داد با اطلاع از زمان گرمای لازم برای رسیدن به حداکثر سختی زمستان می‌توان

جغرافیایی ۶۰ درجه و ۴۳ دقیقه و ۷۶ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه و ۵۸ ثانیه شمالی و ارتفاع ۹۲۸ متر از سطح دریا اجرا گردید. میانگین ماهانه برخی پارامترهای اقلیمی ایستگاه تربت‌جام در دو سال مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شامل شش ژنوتیپ داخلی (SBSI-5، SBSI-15، SBSI-6، SBSI-16، SBSI-7 و SBSI-17)، چهار ژنوتیپ خارجی (F-20591 و F-21083، F-20837، F-20739) و شش ژنوتیپ زدورس خارجی (SVZA 2019-JD389، SVZA 2019-JD0402، SVZA 2019-JD0401، FDIR 19 B 4028، FDIR 19 B 3021، JD0401) بودند که این جمعیت‌های اصلاحی از بانک ژن مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد تهیه شده بودند. ابتدا در شهریور ماه نسبت به آماده‌سازی زمین مورد نظر اقدام گردید. سپس کشت در اواسط دی ماه انجام شد و بلافاصله آبیاری برای سبز شدن مناسب بذور انجام شد. فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با توجه به این‌که منطقه تربت‌جام از مناطق گرم استان خراسان رضوی محسوب می‌شود و از طرفی حداقل درجه حرارت برای جوانه‌زدن چغندرقد ۳ درجه سانتی‌گراد است (Durr and Boiffin, 1995)، لذا به محض آماده شدن شرایط آب و هوایی، بذور چغندرقد جوانه زده و بوته‌های آن استقرار می‌یابد. پس از آماده‌سازی زمین بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲)، مقدار ۲۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۸۰ کیلوگرم اوره (یک سوم اوره توصیه شده) قبل از کاشت به‌طور یکنواخت در زمین پخش و سپس دیسک زده شد. عملیات آبیاری با روش قطره‌ای انجام شد. نوبت اول آبیاری بلافاصله پس از کشت به‌منظور ایجاد شرایط مساوی در جوانه‌زنی و درصد سبز مزرعه اجرا شد. با توجه به سردی هوا و بارش‌های زمستانی و بر اساس مقدار رطوبت خاک، نیازی به آبیاری در فصل زمستان نبود. از نیمه اسفند به بعد، آبیاری بر اساس تأمین کسری رطوبت خاک تا نقطه ظرفیت زراعی با دور آبیاری ۷ روز انجام شد. عملیات تنک در مرحله چهار تا شش برگه حقیقی توسط کارگر انجام گرفت. کنترل شیمیایی آفات و بیماری‌ها (بر اساس بازدیدهای منظم) و وجین دستی علف‌های هرز انجام شد.

هر کرت آزمایشی شامل سه خط کاشت به طول هفت متر بود که در زمان برداشت (اوایل تیرماه)، ریشه‌های چغندرقد از زمین خارج، سرزنی و پس از شمارش، شستشو و توزین، جهت تهیه خمیر ریشه، به مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی ارسال گردید. نمونه‌های خمیر پس از نگهداری در فریزر (۲۰- درجه سانتی‌گراد)، برای انجام تجزیه کیفی به آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد ارسال شد.

برای بهینه‌سازی تاریخ کاشت چغندرهای پاییزه در محیط‌های مختلف اقدام نمود. رینزدرف و همکاران (Reinsdorf et al., 2013) در مطالعه تفاوت‌های مربوط به فنوتیپ در تحمل به سرمازدگی چغندرقد در زمستان معتقدند خواص فنوتیپی گیاه مانند اندازه ریشه‌های اصلی قبل از زمستان تأثیر بسیار خوبی در موفقیت زمستانی دارد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تحمل یخبندان عمدتاً به شرایط زمستان بستگی دارد و حداقل دمای هوا و وجود پوشش برفی یا کاه محافظ در طی دوره‌های یخبندان بسیار مهم است. در مطالعه استیفان و همکاران (Stephan et al., 2020) با موضوع پتانسیل عملکرد چغندرقد زمستانه بدون ساقه‌روی در آلمان، از یک مدل پویا برای مقایسه رشد و پتانسیل عملکرد بذر چغندرهای زمستانه، در پنج مکان انتخاب شده در آلمان استفاده شد. نتایج نشان داد که چغندرهای زمستانه در حال رشد ممکن است باعث افزایش عملکرد چغندر شوند، اما افزایش تقاضای آب و خطر از بین رفتن توسط یخبندان باید در نظر گرفته شود. هدف از مطالعه کورکیک و همکاران (Curcic et al., 2018) بررسی ارتباط بین تاریخ کاشت و رقم‌های چغندرقد در تاریخ‌های مختلف برداشت برای هیبریدهای خاص به‌منظور دستیابی به بهترین عملکرد و ارزیابی تأثیر عوامل آب و هوایی بر عملکرد چغندرقد بود. نتایج مطالعه نشان داد که به تأخیر انداختن تاریخ برداشت، اختلاف بین عملکرد قند حاصل از هیبریدهای کاشته شده در تاریخ‌های مختلف کاشت را کاهش می‌دهد. عوامل عمده در این مطالعه که بر عملکرد قند مؤثر بودند درجه روز، میزان خلوص و تعداد روز از کاشت تا برداشت بود.

در سال‌های اخیر کشت پاییزه چغندرقد به دلیل استفاده از بارش‌های زمستانه و عدم برخورد دوره رشد محصول با گرمای تابستانه گسترش زیادی داشته است. ولی احتمال ساقه‌روی در ارقام مانع از موفقیت این نوع کشت در مناطق گرم و به‌ویژه منطقه تربت‌جام شده است. لذا، در این آزمایش امکان کشت زمستانه (انتظاری) ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقد مورد بررسی قرار گرفته تا از این طریق، ضمن استفاده از نزولات جوی و یا رطوبت موجود در خاک و همچنین مزایای کشت پاییزه، خطر ساقه‌روی ژنوتیپ‌ها نیز کاهش یابد. علاوه بر این، مناسب‌ترین ژنوتیپ برای منطقه تربت‌جام شناسایی و جهت کشت زمستانه در این منطقه توصیه گردد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقد به کشت انتظاری (زمستانه) در منطقه تربت‌جام طی دو سال زراعی (۱۳۹۸-۱۳۹۹) و (۱۴۰۰-۱۳۹۹) انجام شد. آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و با استفاده از ۱۶ ژنوتیپ چغندرقد در مزرعه کارخانه قند تربت‌جام با طول

جدول ۱- میانگین ماهانه برخی پارامترهای اقلیمی ایستگاه تربت جام در دو سال مورد مطالعه (۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹)

Table 1- Monthly average of some climatic parameters of Torbat-e-Jam station in the two years studied (2020-2021 and 2021-2022)

ماه Month	متوسط حداقل دما Average of minimum temperature (°C)		متوسط حداکثر دما Average of maximum temperature (°C)		بارندگی Precipitation (mm)	
	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year
January دی	-2.8	-4.2	8.6	9.6	56	11.3
February بهمن	-1	-1.1	11	17.4	10.3	1.6
March اسفند	2.3	1.6	17.2	15.2	5.2	21.8
April فروردین	6.4	8.6	16.5	24.7	100	3.5
May اردیبهشت	12.7	14.3	27	29.5	25.8	15.4
June خرداد	17.5	20.2	35.5	36.5	0	0
July تیر	21	22.1	35.6	37.2	0	0

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 2- Physical and chemical properties of experimental field

عمق خاک Soil depth	بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	pH	نیترژن کل N.tot (%)	پتاسیم قابل جذب K.ava (mg.kg ⁻¹)	فسفر قابل جذب P.ava (mg.kg ⁻¹)	کربن آلی OC (%)
0-30	Loam	1.77	8.1	0.05	201	15.5	0.55

مقایسه شد. تجزیه به عامل‌ها به منظور شناسایی عامل‌های اصلی و با استفاده از نرم‌افزار MINITAB محاسبه شد. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مورد بررسی پس از استاندارد کردن داده‌ها به روش Ward و با استفاده از معیار فاصله اقلیدسی با کمک نرم‌افزار SPSS به دست آمد.

نتایج و بحث

نتایج این آزمایش نشان داد که امکان کشت زمستانه (انتظاری) ژنوتیپ‌های مورد مطالعه چغندر قند در منطقه تربت جام وجود دارد، به طوری که، در این نوع کشت ضمن استفاده از مزایای کشت پاییزه، پدیده نامطلوب ساقه‌روی در هیچ‌یک از ژنوتیپ‌ها مشاهده نشد. بررسی تجزیه واریانس مرکب نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی چغندر قند تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد از نظر کلیه صفات به‌استثنای نیترژن مضره وجود داشت (جدول ۳). تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها نشان‌دهنده وجود تنوع بین آن‌ها می‌باشد.

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که بیشترین (۶۰/۰۶ تن در هکتار) و کمترین (۴۱/۲۳ تن در هکتار) عملکرد ریشه به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های SBSI-15 و SBSI-16 وجود داشت. ژنوتیپ‌های F-20739 و SBSI-6 به‌ترتیب دارای بیشترین (۱۹/۵۳ درصد) و کمترین (۱۵/۷۷ درصد) درصد قند ناخالص بودند. بیشترین (۱۰/۶۹

میزان عیار قند (درصد قند ناخالص) به روش پولاریمتری، ناخالصی‌ها شامل سدیم و پتاسیم ریشه به روش فلیم فتومتری و نیترژن مضره به روش رنگ‌سنجی معروف به روش عدد آبی اندازه‌گیری شدند (Abdollahian Noghabi et al., 2005). با استفاده از داده‌های به‌دست آمده صفات درصد قند ملاس (MS)، ضریب استحصال شکر (ECS)، درصد قند خالص (WSC)، عملکرد قند خالص (WSY) و ضریب قلیائیت (Alc) طبق رابطه‌های (۱) تا (۵) محاسبه شدند که در آن‌ها RY عملکرد ریشه، SC درصد قند ناخالص، K پتاسیم، Na سدیم و N- نیترژن مضره می‌باشد (Tazikeh et al., 2021).

$$MS = 0.0343(K+Na) + 0.094(\alpha\text{- amino-N}) - 0.31 \quad (1)$$

$$ECS = (WSC/SC) \times 100 \quad (2)$$

$$WSC = SC - (MS + 0.6) \quad (3)$$

$$WSY = WSC \times RY \quad (4)$$

$$ALC = (K+Na) / -N \quad (5)$$

داده‌های آزمایشی پس از تست یکنواختی واریانس (آزمون بارلت) با فرض تصادفی بودن تأثیر سال با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و نسبت به تجزیه‌ی مرکب داده‌های دو سال اقدام گردید. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. با استفاده از ضرایب همبستگی بین صفات روابط آن‌ها با یکدیگر

ملاس و کمترین ضریب استحصال شکر بود. کمترین عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص و درصد قند خالص در ژنوتیپ SBSI-16 وجود داشت که نشان‌دهنده عملکرد ضعیف و نامناسب بودن این ژنوتیپ برای کشت زمستانه در منطقه تربت جام می‌باشد (جدول ۴).

ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های چغندر قند در جدول ۵ نشان داده شده است. بالاترین میزان همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص به میزان 0.99^{**} مشاهده شد. بین ضریب استحصال شکر و درصد قند ملاس نیز بیشترین ضریب همبستگی منفی و معنی‌دار (-0.95^{**}) وجود داشت. بین عملکرد قند خالص با سایر صفات مورد مطالعه همبستگی معنی‌داری مشاهده گردید به طوری که همبستگی صفت مزبور با صفات عملکرد ریشه (0.84^{**})، درصد قند ناخالص (0.63^{**})، درصد قند خالص (0.75^{**}) و ضریب استحصال شکر (0.89^{**}) مثبت و معنی‌دار و با صفات سدیم (-0.88^{**})، پتاسیم (-0.50^{**})، نیتروژن مضره (-0.53^{**})، ضریب قلیائیت (-0.57^{**}) و درصد قند ملاس (-0.89^{**}) منفی و معنی‌دار بود. به عبارتی عملکرد قند خالص با افزایش ضریب قلیائیت، نیتروژن مضره، پتاسیم، سدیم و درصد قند ملاس کاهش پیدا کرد (جدول ۵). عملکرد قند خالص به‌عنوان یکی از صفات مهم در این پژوهش برای انتخاب ژنوتیپ‌ها می‌باشد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد قند خالص و صفات عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص توسط عبداللهیان نوقایی و همکاران (Abdollahian Noghabi et al., 2011) نیز گزارش شده است. غفاری و همکاران (Ghafari et al., 2016) در بررسی روابط بین صفات در لاین‌های چغندر قند بین عملکرد ریشه با صفت عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات میزان نیتروژن مضره و پتاسیم ریشه همبستگی منفی و معنی‌داری را گزارش کردند. عروج نیا و همکاران (Oroojnia et al., 2012) با بررسی اثر تنش خشکی بر روی ارقام مختلف چغندر قند نشان دادند که عملکرد قند خالص همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفاتی از قبیل درصد قند ناخالص، درصد قند خالص و ضریب استحصال شکر داشت، درحالی که بین عملکرد قند خالص و میزان سدیم همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده شد.

تجزیه به عامل‌های اصلی بر اساس میانگین صفات، سه عامل را مشخص کرد که مجموعاً ۹۱ درصد از تنوع موجود بین داده‌ها را توجیه نمودند (جدول ۶). عامل اول ۴۲/۶ درصد از تغییرات را توجیه کرد و دارای بزرگ‌ترین ضرایب‌های عاملی بر روی صفاتی نظیر عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص با ضریب عاملی مثبت و صفات سدیم و قند ملاس با ضریب عاملی منفی بود.

تن در هکتار) و کمترین ($6/59$ تن در هکتار) عملکرد قند ناخالص به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های FDIR 19 B 3021 و SBSI-16 مشاهده شد. ژنوتیپ‌های FDIR 19 B 3021 و SBSI-16 به‌ترتیب دارای بیشترین ($8/68$ تن در هکتار) و کمترین ($4/94$ تن در هکتار) عملکرد قند خالص بودند. بیشترین ($6/36$ میلی‌اکی‌والان در 100 گرم وزن ریشه) و کمترین ($3/39$ میلی‌اکی‌والان در 100 گرم وزن ریشه) میزان سدیم به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های SBSI-17 و FDIR 19 B 4028 مشاهده شد. بیشترین ($5/37$ میلی‌اکی‌والان در 100 گرم وزن ریشه) و کمترین ($4/24$ میلی‌اکی‌والان در 100 گرم وزن ریشه) میزان پتاسیم به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های SBSI-5 و F-20739 وجود داشت. ژنوتیپ‌های ۱۵ SBSI-7 و SVZA 2019-JD0401 به‌ترتیب دارای بیشترین ($2/11$ میلی‌اکی‌والان در 100 گرم وزن ریشه) و کمترین ($1/61$ میلی‌اکی‌والان در 100 گرم وزن ریشه) نیتروژن مضره بودند. بیشترین ($13/22$) و کمترین ($7/99$) ضریب قلیائیت به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های F-20591 و SVZA 2019-JD0400 وجود داشت. ژنوتیپ‌های F-20739 و SBSI-16 به‌ترتیب دارای بیشترین ($16/26$ درصد) و کمترین ($11/89$ درصد) درصد قند ناخالص بودند. ژنوتیپ‌های F-20739 و SBSI-17 به‌ترتیب دارای بیشترین ($83/21$ درصد) و کمترین ($72/78$ درصد) ضریب استحصال شکر بودند. بیشترین ($3/89$ درصد) و کمترین ($2/67$ درصد) درصد قند ملاس در ژنوتیپ‌های SBSI-17 و F-20739 مشاهده شد (جدول ۴).

در این پژوهش، ژنوتیپ SBSI-15 دارای بیشترین عملکرد ریشه بود، به طوری که از نظر این صفت با ژنوتیپ‌های SVZA 2019-JD0400، SVZA 2019-JD0402، JD389، FDIR 19 B 3021، SVZA 2019-JD0401 و SBSI-6 تفاوت معنی‌داری نداشت و به عبارتی ژنوتیپ‌های مزبور دارای عملکرد ریشه بیشتر از میانگین ($53/67$ تن در هکتار) بودند. ژنوتیپ F-20739 دارای بیشترین مقادیر از نظر صفات درصد قند ناخالص، درصد قند خالص و ضریب استحصال شکر و کمترین میزان پتاسیم و درصد قند ملاس بود (جدول ۴).

بیشترین عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص در ژنوتیپ FDIR 19 B 3021 مشاهده شد که حاکی از برتری این ژنوتیپ در بین کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و مناسب بودن آن برای کشت زمستانه در منطقه تربت جام می‌باشد. علاوه بر این، لازم به ذکر است که ژنوتیپ مزبور از نظر صفات شاخص عملکرد تفاوت معنی‌داری با ژنوتیپ‌های F-20739، SBSI-15، SVZA 2019-JD389، SVZA 2019-JD0400، SVZA 2019-JD0402 و FDIR 19 B 4028 نشان نداد (جدول ۴). ژنوتیپ SBSI-17 دارای بیشترین میزان سدیم و درصد قند

جدول ۳- نتایج تجزیه مرکب (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند در کشت زمستانه

Table 3- Combined analysis (mean squares) of quantitative and qualitative traits of sugar beet different genotypes in winter planting													
منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	عملکرد ریشه Root yield	درصد قند Sugar content	عملکرد قند Sugar yield	عملکرد خالص White sugar yield	سدیم Na	پتاسیم K	نیتروزن مضره N	ضریب قلیائیت Alkalinity	خالص White sugar content	درصد قند خالص White sugar content	ضریب استحصاف شکر Extraction coefficient of sugar	درصد قند مالس Molasses sugar
سال	1	727.14**	24.67**	2.86ns	6.23**	2.46ns	150.7**	188.18**	7086.75**	2.27ns	189.86**	11.98**	
تکرار Rep. (year)	3	9.49	8.36	0.97	2.27	6.46	0.76	0.86	2.77	14.19	87.62	0.89	
ژنوتیپ	15	331.80**	8.92**	13.60**	12.11**	5.67**	0.52**	0.22ns	21.74**	13.56**	78.66**	0.95**	
ژنوتیپ * سال	15	241.32**	1.33ns	6.54**	4.00**	1.04ns	0.49**	0.24ns	19.99**	1.64ns	9.28ns	0.15ns	
خطای آزمایش	90	17.73	2.11	0.89	0.91	1.22	0.20	0.28	9.16	2.83	15.73	0.20	
ضریب تغییرات C.V. (%)		7.8	8.3	10.1	12.9	25.6	8.8	28.4	29.6	12.2	5.0	14.5	

** and ns significant at 1% and no significant differences ns و ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد و عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند در کشت زمستانه

ژنوتیپ Genotypes	عملکرد ریشه Root yield (ton.ha ⁻¹)	درصد قند ناخالص Sugar content (%)	عملکرد قند ناخالص Sugar yield (ton.ha ⁻¹)	عملکرد قند خالص White sugar yield (ton.ha ⁻¹)	سدیم Na(Meq/ 100 g)	پتاسیم K (Meq.100 g ⁻¹)	نیترژن مغذی N (Meq.100 g ⁻¹)	ضرب قلیائیت Alkalinity	درصد قند خالص White sugar content (%)	ضرب استحصال شکر Extraction coefficient of sugar (%)	درصد قند ملاس Molasses Sugar (%)
F-20739	50.83 ^{de}	19.53 ^a	9.94 ^{abc}	8.28 ^{ab}	3.69 ^{def}	4.42 ^d	2.10 ^a	7.78 ^g	16.26 ^a	83.21 ^a	2.67 ^e
F-20837	49.15 ^{ef}	17.81 ^{bcd}	8.67 ^{cde}	6.83 ^{abcd}	4.89 ^{bcd}	4.75 ^{bcd}	1.90 ^a	11.44 ^{abc}	14.03 ^{bcd}	78.56 ^{abcd}	3.18 ^{bcde}
F-21083	52.38 ^{cde}	18.54 ^{ab}	9.71 ^{abc}	7.92 ^{abc}	3.62 ^{def}	5.06 ^{abc}	1.63 ^a	10.10 ^{bcdefg}	15.13 ^{ab}	81.57 ^{ab}	2.82 ^{de}
SBSI-5	55.74 ^{bcd}	16.22 ^{def}	9.05 ^{bcd}	6.77 ^{bcd}	5.18 ^{bc}	5.37 ^a	2.03 ^a	9.12 ^{cdefg}	12.12 ^{de}	74.50 ^{de}	3.50 ^{abc}
SBSI-15	60.66 ^a	17.32 ^{bcdef}	10.48 ^{ab}	8.35 ^{ab}	3.98 ^{cdef}	5.06 ^{abc}	1.74 ^a	8.74 ^{efg}	13.77 ^{bcde}	79.45 ^{abc}	2.95 ^{de}
SVZA 2019-JD389	59.67 ^{ab}	17.26 ^{bcdef}	10.30 ^{ab}	8.22 ^{ab}	3.68 ^{def}	5.13 ^{abc}	1.70 ^a	8.28 ^{fg}	13.79 ^{bcde}	79.81 ^{abc}	2.87 ^{de}
SVZA 2019-JD0402	60.06 ^{ab}	17.54 ^{bcde}	10.48 ^{ab}	8.26 ^{ab}	4.41 ^{bcdef}	4.98 ^{abc}	1.68 ^a	12.17 ^{ab}	13.87 ^{bcde}	78.70 ^{abcd}	3.07 ^{bcde}
SVZA 2019-JD0400	58.43 ^{ab}	17.43 ^{bcdef}	10.13 ^{abc}	8.09 ^{abc}	3.86 ^{def}	4.96 ^{abc}	1.89 ^a	7.99 ^{fg}	13.94 ^{bcd}	79.83 ^{abc}	2.89 ^{de}
SVZA 2019-JD0401	59.61 ^{ab}	17.73 ^{bcde}	10.58 ^a	8.61 ^a	3.59 ^{def}	4.73 ^{cd}	1.61 ^a	11.05 ^{abcde}	14.44 ^{ab}	81.26 ^{ab}	2.69 ^e
FDIR 19 B 3021	57.05 ^{abc}	18.74 ^{ab}	10.69 ^a	8.68 ^a	3.53 ^{ef}	5.24 ^{abc}	1.95 ^a	8.83 ^{efg}	15.26 ^{ab}	81.41 ^{ab}	2.88 ^{de}
FDIR 19 B 4028	58.50 ^{ab}	18.06 ^{abc}	10.57 ^a	8.65 ^a	3.39 ^f	4.94 ^{abc}	1.75 ^a	9.97 ^{bcdefg}	14.75 ^{ab}	81.57 ^{ab}	2.71 ^e
SVZA 2019-JD0401	44.50 ^{fg}	18.01 ^{abc}	8.04 ^{def}	6.35 ^{bcd}	4.67 ^{bcdef}	5.26 ^{ab}	1.75 ^a	13.22 ^{abc}	14.16 ^{bc}	78.33 ^{bcd}	3.26 ^{bcde}
SBSI-6	57.95 ^{ab}	15.77 ^f	9.10 ^{bcd}	7.03 ^{abcd}	3.95 ^{cdef}	5.27 ^{ab}	1.79 ^a	10.31 ^{bcdef}	12.15 ^{de}	76.96 ^{acde}	3.02 ^{cde}
SBSI-16	41.23 ^g	16.03 ^{ef}	6.59 ^f	4.94 ^d	5.46 ^{ab}	5.23 ^{abc}	2.03 ^a	11.66 ^{ab}	11.89 ^e	73.24 ^e	3.55 ^{ab}
SBSI-7	48.56 ^{ef}	16.12 ^{def}	7.84 ^{def}	5.97 ^{cd}	4.74 ^{bcde}	5.14 ^{abc}	2.11 ^a	11.82 ^{ab}	12.24 ^{cde}	75.82 ^{cde}	3.28 ^{bcd}
SBSI-17	44.39 ^{fg}	16.74 ^{cdef}	7.36 ^{ef}	5.37 ^d	6.36 ^a	5.33 ^a	1.99 ^a	11.23 ^{abcd}	12.25 ^{cde}	72.78 ^e	3.89 ^a
Mean میانگین	53.67	17.43	9.35	7.39	4.31	5.05	1.85	10.23	13.75	78.56	3.08

در هر ستون اعداد یا حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد دارند.

In each column, numbers with the different alphabet, according to Duncan, have significant difference at the 5% level

استفاده از دو مؤلفه اول مشخص شد ژنوتیپ‌های SBSI-15، SVZA 2019-JD0398، SVZA 2019-JD0402، SVZA 2019-JD0401، SVZA 2019-JD0400 و FDIR 19 B 3021، SVZA 2019-JD0401، SVZA 2019-JD0400 و FDIR 19 B 4028 از سایر ژنوتیپ‌ها متمایز و به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص می‌باشند.

تجزیه خوشه‌ای به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های چغندر قند بر اساس عملکرد قند خالص انجام شد. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای نشان داد که ۱۶ ژنوتیپ چغندر قند مورد مطالعه به سه گروه مجزا از هم تفکیک شدند (شکل ۲). ژنوتیپ‌های گروه اول که دارای بالاترین عملکرد قند خالص بودند شامل ژنوتیپ‌های F-20739، F-21083، FDIR 19 B 3021، SVZA 2019-JD0389، SBSI-15، SVZA 2019-JD0401، SVZA 2019-JD0400 و SVZA 2019-JD0402 می‌باشند. گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های F-20837، SBSI-5، SBSI-6، SBSI-7 و F-20591 هستند که دارای مقادیر متوسطی از نظر میزان عملکرد قند خالص می‌باشند. ژنوتیپ‌های SBSI-16 و SBSI-17 در گروه سوم قرار گرفتند و دارای کمترین میزان عملکرد قند خالص بودند که نشان‌دهنده تمایز بسیار زیاد این دو ژنوتیپ نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس عملکرد قند خالص می‌باشد (شکل ۲). به‌طور کلی ژنوتیپ‌های گروه اول را برای کشت زمستانه چغندر قند در مناطق گرم استان خراسان رضوی و به‌ویژه منطقه تربت‌جام می‌توان توصیه نمود.

در عامل دوم صفات درصد قند ناخالص، درصد قند خالص و ضریب استحصال شکر با ضریب عاملی مثبت و صفت پتاسیم با ضریب عاملی منفی بودند که این عامل ۳۸/۲ درصد از تغییرات را توجیه کرد. در عامل سوم صفت نیتروژن مضره با ضریب عاملی مثبت و صفت ضریب قلیائیت با ضریب عاملی منفی بود و ۱۰/۲ درصد تغییرات را توجیه کرد (جدول ۶).

میزان اشتراک، بخشی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می‌شود که هرچه بیشتر باشد نشان‌دهنده دقت بیشتر در برآورد واریانس متغیر مربوطه می‌باشد (Jackson, 1991). همان طوری که، در جدول ۶ ملاحظه می‌شود میزان اشتراک اکثر صفات بالاست. این امر نشان می‌دهد که تعداد عامل مورد انتخاب مناسب بوده و عامل‌های منتخب توانسته‌اند تغییرات صفات را به نحو مطلوبی توجیه نمایند. به هر صورت با توجه به عامل اشتراک، صفت ضریب استحصال شکر دارای بیشترین دقت برآورد بود. به طور کلی، روش تجزیه به عامل‌ها الگویی از ساختار داخلی ماتریس کوواریانس (همبستگی) بین صفات را ارائه می‌دهد. با استفاده از این روش می‌توان تعداد زیاد متغیرهای تحت بررسی را به تعداد محدودی عامل پنهانی تبدیل نمود (Harman, 1976). لذا عامل‌های اول، دوم و سوم به ترتیب به‌عنوان عامل عملکرد، عامل قند ریشه و عامل خصوصیات کیفی ریشه چغندر قند شناسایی شدند.

نمودار بای پلات حاصل از چرخش واریمکس نیز با استفاده از دو عامل اول ارتباط بین صفات مورد مطالعه را به وضوح نشان داد (شکل ۱). همچنین، با استفاده از نمودار بای پلات پراکنش ژنوتیپ‌ها با

جدول ۵- همبستگی بین صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند

Table 5- Correlation among studied traits in the different genotypes of sugar beet

صفات	۱- عملکرد ریشه Root yield	۲- درصد قند ناخالص Sugar content	۳- عملکرد قند ناخالص Sugar yield	۴- عملکرد قند خالص White sugar yield	۵- سدیم Na	۶- پتاسیم K	۷- نیتروژن مضره	۸- ضریب قلیائیت Alkalinity	۹- درصد قند خالص White sugar content	۱۰- ضریب استحصال شکر Extraction coefficient of sugar	۱۱- درصد قند ملاس Molasses Sugar
1	1.00										
2	0.14 ^{ns}	1.00									
3	0.90 ^{**}	0.54 [*]	1.00								
4	0.84 ^{**}	0.63 ^{**}	0.99 ^{**}	1.00							
5	-0.71 ^{**}	-0.55 [*]	-0.84 ^{**}	-0.88 ^{**}	1.00						
6	-0.19 ^{ns}	-0.63 ^{**}	-0.42 ^{ns}	-0.50 [*]	0.45 ^{ns}	1.00					
7	-0.53 [*]	-0.21 ^{ns}	-0.53 [*]	-0.53 [*]	0.49 [*]	0.07 ^{ns}	1.00				
8	-0.53 [*]	-0.29 ^{ns}	-0.57 [*]	-0.57 [*]	0.50 [*]	0.24 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	1.00			
9	0.29 ^{ns}	0.98 ^{**}	0.66 [*]	0.75 [*]	-0.71 ^{**}	-0.68 ^{**}	-0.29 ^{ns}	-0.36 ^{ns}	1.00		
10	0.54 [*]	0.84 ^{**}	0.82 ^{**}	0.89 ^{**}	-0.90 ^{**}	-0.68 ^{**}	-0.44 ^{ns}	-0.44 ^{ns}	0.93 ^{**}	1.00	
11	-0.66 ^{**}	-0.63 ^{**}	-0.84 ^{**}	-0.89 ^{**}	0.97 ^{**}	0.63 ^{**}	0.48 [*]	0.48 ^{ns}	-0.78 ^{**}	-0.95 ^{**}	1.00

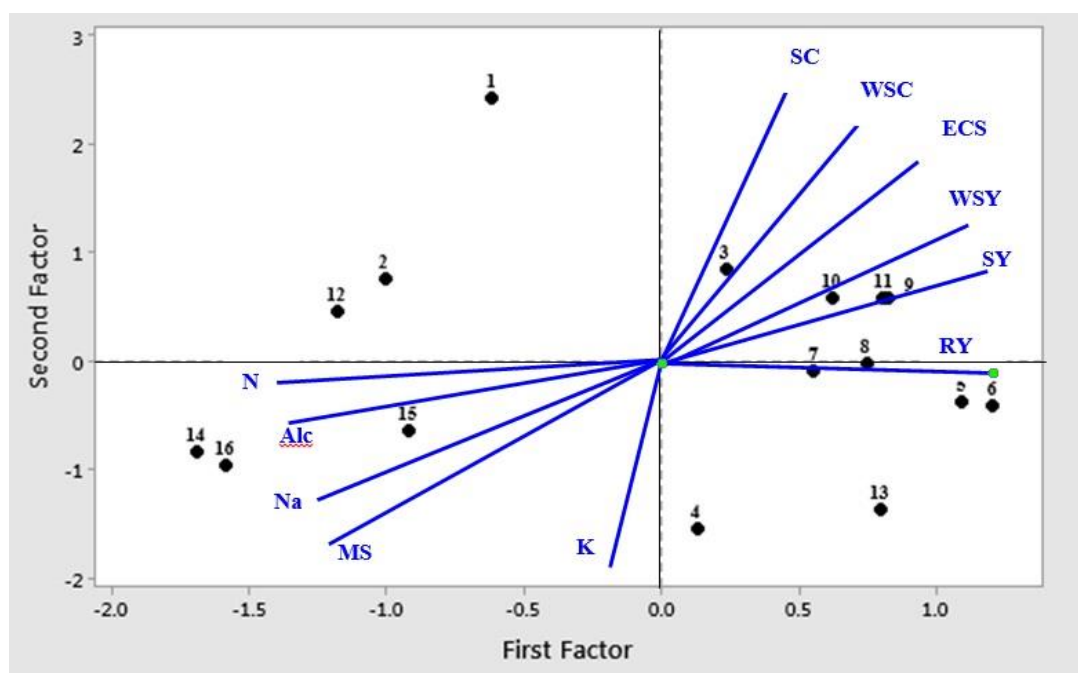
*, ** and ns significant at 5%, 1% and no significant differences

*, ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ۶- نتایج تجزیه به عامل‌های صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند در کشت زمستانه

Table 6- Results of factor analysis of studied traits for different genotypes of sugar beet in winter planting

متغیر Variable	عامل یک Factor 1	عامل دو Factor 2	عامل سه Factor 3	میزان اشتراک Communality
عملکرد ریشه Root yield	0.973	0.004	0.038	0.948
درصد قند ناخالص Sugar content	0.152	0.934	0.002	0.895
عملکرد قند ناخالص Sugar yield	0.888	0.404	0.036	0.953
عملکرد قند خالص White sugar yield	0.844	0.513	0.022	0.976
سدیم Na	-0.776	-0.521	0.021	0.874
پتاسیم K	-0.107	-0.810	-0.107	0.679
نیترژن مضره N	-0.609	-0.104	0.732	0.918
ضریب قلیائیت Alkalinity	-0.558	-0.186	-0.753	0.913
درصد قند خالص White sugar content	0.310	0.929	-0.005	0.959
ضریب استحصال شکر Extraction coefficient of sugar	0.574	0.809	-0.033	0.985
درصد قند ملاس Molasses sugar	-0.704	-0.645	0.025	0.912
مقدار ویژه Eigenvalue	7.26	1.64	1.11	
درصد واریانس Percent of variance	42.6	38.2	10.2	
درصد تجمعی Cumulative percentage	42.6	80.8	91.0	



عملکرد ریشه (RY)، درصد قند ناخالص (SC)، عملکرد قند ناخالص (SY)، عملکرد قند خالص (WSY)، سدیم (Na)، پتاسیم (K)، نیترژن مضره (N)، ضریب قلیائیت (Alc)، درصد قند خالص (WSC)، ضریب استحصال شکر (ECS)، درصد قند ملاس (MS)

Root yield (RY), Sugar content (SC), Sugar yield (SY), White sugar yield (WSY), Na⁺ (Na), K⁺ (K), α-N (N), Alkalinity (Alc), White sugar content (WSC), Extraction coefficient of sugar (ESC), Molasses sugar (MS)

F-20739 (1), F-20837 (2), F-21083(3), SBSI-5(4), SBSI-15(5), SVZA 2019-JD389 (6), SVZA 2019-JD0402(7), SVZA 2019-JD0400 (8), SVZA 2019-JD0401 (9), FDIR 19 B 3021 (10), FDIR 19 B 4028 (11), F-20591 (12), SBSI-6 (14), SBSI-16 (15), SBSI-7 (15), SBSI-17 (16)

شکل ۱- بای پلات صفات مورد مطالعه و پراکنش ژنوتیپ‌های چغندر قند با استفاده از دو عامل اصلی حاصل از چرخش واریمکس

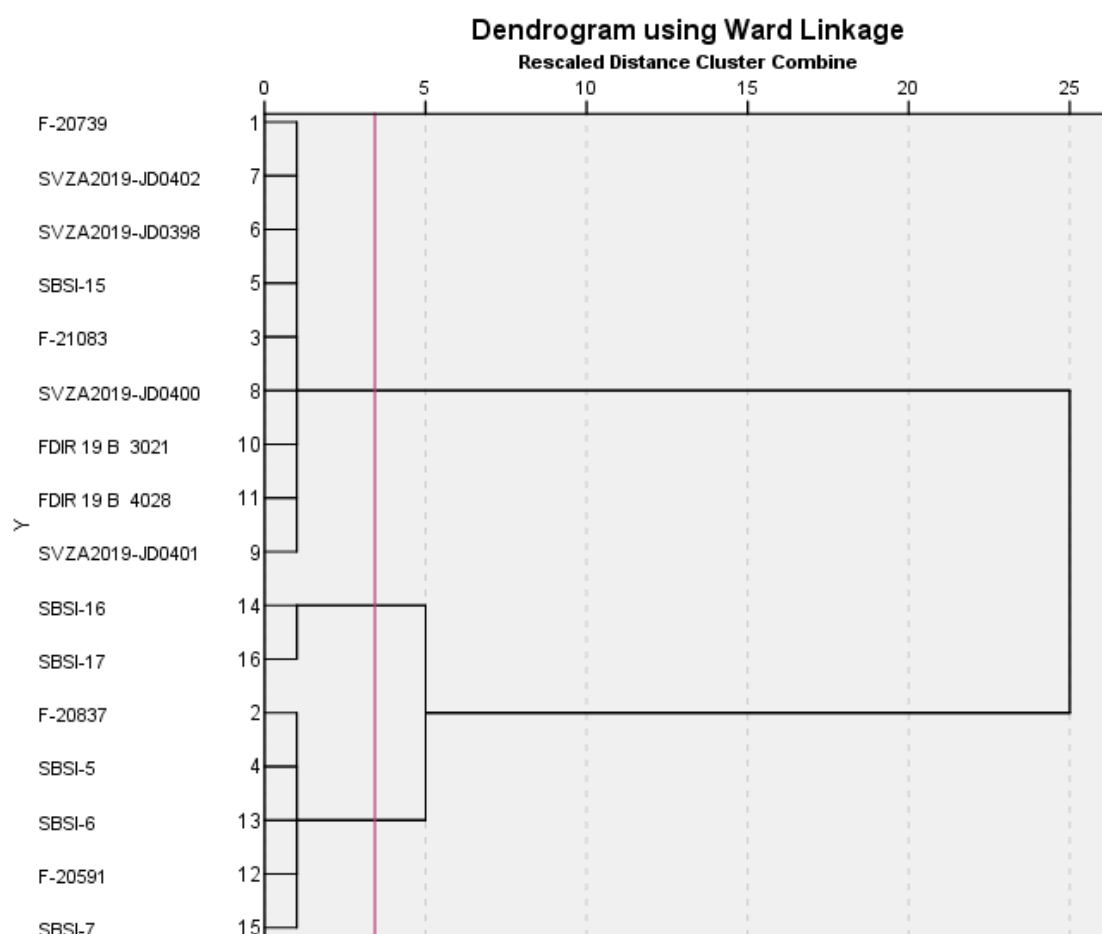
Figure 1- Biplot of studied traits and evaluated sugar beet genotypes distribution using two first component of rotated varimax

نشان دادند که با توجه به دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها برای صفت عملکرد قند ناخالص در سه گروه عمده قرار

حمیدی و همکاران (Hamidi et al., 2018) با ارزیابی هیبریدهای تست کراس چغندر قند در شرایط تنش رطوبتی مزرعه

ریشه، مقادیر بالاتری را به خود اختصاص داده‌اند و از لحاظ درصد قند ژنوتیپ‌های کلاستر چهارم از مقایر بالاتری برخوردار بودند.

گرفت. رجبی و همکاران (Rajabi et al., 2002) در تجزیه کلاستر نشان دادند که تعدادی از ژنوتیپ‌ها از حیث صفات مؤثر در عملکرد



شکل ۲- تجزیه خوشه‌ای برای ژنوتیپ‌های چغندر قند مورد بررسی با استفاده از روش Ward
Figure 2- Cluster analysis for evaluated sugar beet genotypes using Ward's method

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تفاوت معنی‌داری از نظر کلیه صفات به استثنای نیتروژن مضره در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی چغندر قند در کشت زمستانه در منطقه تربت‌جام مشاهده شد. با استفاده از روش‌های مختلف آماری از جمله تجزیه واریانس مرکب، مقایسه میانگین، تجزیه به عامل‌ها و تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های برتر چغندر قند در این مطالعه شناسایی شدند. با استفاده از مقایسه میانگین، ژنوتیپ‌های SVZA 2019-JD389، SVZA 2019-JD0402، SVZA 2019-JD0401، SVZA 2019-JD0400، F-20739، SBSI-15، FDIR 19 B 3021 و FDIR 19 B 4028 به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی شدند. در تجزیه به عامل‌ها و بای پلات با توجه به همبستگی بالای عملکرد قند خالص با عامل اول، ژنوتیپ‌های با

عملکرد قند خالص بالاتر از جمله ژنوتیپ‌های SBSI-15، SVZA 2019-JD0398، SVZA 2019-JD0402، SVZA 2019-JD0400، FDIR 19 B 3021 و FDIR 19 B 4028 در انتخاب با استفاده از این روش مشاهده شد. با استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای بر مبنای عملکرد قند خالص، ژنوتیپ‌های SVZA 2019-JD0389، SBSI-15، F-21083، F-20739، SVZA 2019-JD0400، FDIR 19 B 3021، SVZA 2019-JD0401، FDIR 19 B 4028 و SVZA 2019-JD0402 به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. بنابراین، با در نظر گرفتن نتایج حاصل از روش‌های مختلف، ژنوتیپ‌های SVZA 2019-JD0401، FDIR 19 B 3021 و FDIR 19 B 4028 به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر به‌خصوص از نظر عملکرد قند خالص شناخته شدند که دارای سازگاری بالا به کشت زمستانه در منطقه تربت‌جام می‌باشند.

References

1. Abdollahian Noghabi, M., Radaei Alamoli, Z., Akbari, G., and Sadat Nouri, S. A. 2011. Effect of sever water stress on the morphologic, quantitative and qualitative characteristics of 20 sugar beet genotype. Iranian Journal of Field Crop Science 42 (3): 453-646. (in Persian).
2. Abdollahian Noghabi, M., Sheikholeslami, R., and Babaei, B. 2005. Terms and definitions of technological quantity and quality of sugar beet. Sugar Beet Journal 21: 101-104. (in Persian)
3. Ahmadi, M., Rezaei, J., Hamidi, H., Teleghani, D., Yosefabadi, V., and Soltani J. 2021. Autumn sugar beet transplanting in February and winter cultivation in Khorasan Razavi province. Sugar Beet Seed Institute. (60181). (in Persian).
4. Ahmadi, M., Taleghani, D., and Shahbazi, H. A. 2017. Investigating the feasibility of growing autumn-sown sugar beet in southern part of khorasan razavi province. Sugar Beet Journal 33 (1):46-33. (in Persian). <https://doi.org/10.22092/jsb.2017.103535.1109>
5. Ahmadi, M. 2012. Assessing the possibility of autumn sugar beet cropping in the south of Khorasan-e-Razavi province. Final Report Project of Sugar Beet Seed Institute. No. 91.41200. Iran. (in Persian).
6. Ahmadian, M., Mohammadinejad, A., and Rahimi, R. 2012. Determining welfare effects of technological improvement policy for sugar beet. Sugar Beet Journal 27 (2): 51-7. (in Persian). <https://doi.org/10.22092/jsb.2012.1656>
7. Bagheri Shirvan, M., Asadi, G. A., and Koochecki, A. 2020. Evaluation of quantity and quality characteristics of sugar beet varieties in different sowing date of direct sowing and transplanting in Shirvan and Mashhad. Iranian Journal Field Crops Research 17 (4): 551-565. (in Persian). <https://doi.org/10.22067/gsc.v17i4.76512>
8. Bayat, A., Dastmalchi, A., Shahbazi, H. A., and Fazli, H. 2000. Investigation the possibility of winter cultivation (Entezari) of sugar beet without irrigation to get water from cereals. Final report of project. Khorsan Razavi Agricultural Research Center, No: 80.409. 26 p. (in Persian).
9. Curcic, Z., Ciric, M., Nagl, N., and Taski-Ajdukovic, K. 2018. Effect of sugar beet genotype, planting and harvesting dates and their interaction on sugar yield. Frontiers in Plant Science 9: 1041. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01041>
10. Durr, C., and Boiffin, J. 1995. Sugar beet seedling growth from germination to first leaf stage. Journal of Agricultural Science. Cambridge. 124: 427-435. <https://doi.org/10.1017/S002185960007338X>
11. Ghafari, E., Rajabi, A., Izadi, D. A., Rouzbeh, F., and Amiri, R. 2016. Evaluation of new sugar beet monogerm hybrids for drought tolerance. Crop Breeding Journal 8 (17): 8-16. (in Persian). <https://doi.org/10.18869/acadpub.jcb.8.17.16>
12. Harman, H. H. 1976. Modern factor analysis. 3nd ed. University of Chicago Press, Chicago. 376 pp.
13. Hamidi, H., Ahmadi, M., Ramezanpour, S. S., and Masomi, A. 2018. Evaluation of genetic diversity in sugar beet half-sib inbred lines under farm water stress condition. Crop Breeding Journal 10 (28):145-54. (in Persian). <http://doi.org/10.29252/jcb.10.28.145>
14. Hosseini, S., Sadeghian, S., and Hasanpour, E. 2007. Assessing the effects of sugar beet research on the shift of sugar supply in Iran. Sugar Beet Journal 23 (1): 79-92. (in Persian). <https://doi.org/10.22092/jsb.2007.1254>
15. Hosseinpour, M. 2006. Effect of nitrogen management of irrigation water and period growth during on water and light use efficiency in winter sugar beet. Ph.D dissertation. Tarbiat Modares University. (in Persian).
16. Ilkade, M. N., Forozesh, P., Habibi, D., Taleghani, D., and Rajabi, A. 2016. Response of different sugar beet genotypes to water deficit stress. Sugar Beet Journal 32 (2): 135-146. (in Persian). <https://doi.org/10.22092/jsb.2016.107054>
17. Jackson, J. E. 1991. A users guide to principal components. John Wiley and Sons Pub., New York.
18. Jahadakbar, M., Ebrahimian, H. R., and Taleghani, D. 2013. Sugar beet autumn planting in warm areas of Esfahan province and Izeh Khozestan. Scientific Journal of Promoting Research Findings in Crops and Horticulture 1 (2): 189-201. (in Persian). <https://doi.org/10.22092/rafhc.2012.100128>
19. Kandil, A., Badawi, M., El-Mursy, S., and Abdou, U. 2004. Effect of planting dates, nitrogen levels and bio-fertilization treatments on 1: Growth attributes of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Scientific Journal of King Faisal University (Basic Appl. Sci.). 5 (2): 227-36.
20. Loel, J., and Hoffmann, C. M. 2014. Importance of growth stage and weather conditions for the winter hardiness of autumn sown sugar beet. Field Crops Research 162: 70-6. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.03.007>
21. Oroojnia, S., Habibi, D., Taleghani, D., Safari Dolatabadi, S., Pazok, A., Moaveni, P., Rahmani, M., and Farshidi, M. 2012. Evaluation of yield and yield components of different sugar beet genotypes under drought stress. Iranian Journal Agronomy Plant Breeding 8 (1): 127-144. (in Persian).
22. Pfeiffer, N., Tränkner, C., Lemnian, I., Grosse, I., Müller, A. E., and Jung, C. 2014. Genetic analysis of bolting after winter in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Theoretical and Applied Genetics 127(11): 2479-89. <https://doi.org/10.1007/s00122-014-2392-x>

23. Rajabi, A., Moghaddam, M., Rahimzadeh, F., Mesbah, M., and Ranji, Z. 2002. Evaluation of genetic diversity in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) populations for agronomic traits and crop quality. Iranian Journal Agricultural Science 33 (3): 553-67. (in Persian).
24. Reinsdorf, E., Koch, H. J., and Märlander, B. 2013. Phenotype related differences in frost tolerance of winter sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Field Crops Research 151: 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.07.007>
25. Sadeghi-Shoae, M., Taleghani, D. F., and Habibi, D. 2017. Feasibility study of winter sowing of sugar beet genotypes in moghan region. Research on Crops 18 (3): 534-40. <http://doi.org/10.5958/2348-7542.2017.00092.4>
26. Sadeghzadeh, S., Shirzadi, M. H., Aghayeezadeh, M., Taleghani, D. F., Javaheri, M. A., and Aliasgari, A. 2012. Evaluation of sowing and harvesting date effects on yield and quality of five sugar beet cultivars in Jiroft region (autumn planting). Journal of Sugar Beet Research 28 (1): 25-42. (in Persian). <https://doi.org/10.22092/jsb.2012.659>
27. Stephan, H., Böttcher, U., Sieling, K., and Kage, H. 2020. Yield potential of non-bolting winter sugar beet in Germany. European Journal Agronomy 115: 126035. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126035>
28. Taleghani, D., Moharamzadeh, M., Hemayati, S., Mohammadian, R., and Farahmand, R. 2011. Effect of sowing and harvest time on yield of autumn-sown sugar beet in Moghan region in Iran. Seed and Plant Production Journal 27-2 (3): 355-371. (in Persian).
29. Tazikeh, N., Biabani, A., Saberi, A., Rahemi Karizaki, A., and Naeimi, M. 2021. Effect of leaf removal on quantitative and qualitative characteristics of autumn sugar beet cultivars in Golestan province. Iranian Journal Field Crops Research 19 (2): 141-151. (in Persian). <https://doi.org/10.22067/jcsc.2021.37178.0>



Effect of Application of Nitrogen Doses Along with Biochar and Zinc Nanoparticles on Quantitative and Qualitative Characteristics of Rice (*Oryza sativa* L.)

S. Sheikhnazari¹, Y. Niknezhad^{2*}, H. Fallah³, D. Barari Tari⁴

Received: 05-03-2022
Revised: 30-04-2022
Accepted: 05-05-2022

How to cite this article:

Sheikhnazari, S., Niknezhad, Y., Fallah, H., and Barari Tari, D. 2022. Effect of Application of Nitrogen Doses Along with Biochar and Zinc Nanoparticles on Quantitative and Qualitative Characteristics of Rice (*Oryza sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 20 (3): 349-361. (in Persian with English abstract).
DOI: [10.22067/jcsc.2022.75649.1150](https://doi.org/10.22067/jcsc.2022.75649.1150).

Introduction

Among the various nutrients, nitrogen (N) is the limiting element for crop yield, which application of the optimum doses of this fertilizer in addition to increasing the yield components and grain yield in paddy fields, enhances the profits of rice cultivation in the region. One of the sustainable soil management techniques in paddy fields is the application of rice husk biochar. Biochar improves rice yield by improving soil chemical properties, increasing nutrient storage capacity, and also reducing soil acidity. Zinc deficiency can be the most important limiting factor of rice yield after N, P, and K. Therefore, the application of zinc fertilizer in the form of nanoparticles can be an effective technique to increase the quantitative and qualitative characteristics of rice. Therefore, the present study was conducted to investigate the effects of nitrogen doses along with the application of biochar and also zinc fertilizer in the form of nanoparticles on the quantitative and qualitative characteristics of rice.

Materials and Methods

The field experiment was carried out as a split-plot based on a randomized complete block design with three replications at the farmer's field located in Amol (North of Iran) in cropping season of 2019-2020. In this study, the doses of nitrogen applied at four levels of 0, 25, 50, and 75 kg.ha⁻¹ as the main factor and application of fertilizers at four levels of control or no application of biochar and zinc nanoparticles, application of biochar, foliar application of zinc nanoparticles and combined application of biochar and zinc nanoparticles as the sub-factor were considered. The fertilizers of biochar and zinc nanoparticles at 40 ton.ha⁻¹ and 50 mg.l⁻¹ were used in this experiment, respectively. At harvest time, the yield components, yield, and N and Zn concentrations in grain were measured. Analysis of variance was performed using SAS software (ver. 9.2) and mean comparisons based on the least significant difference (LSD) test at the level of 5% probability.

Results and Discussion

The results showed that the simple effects of experimental treatments were significant on all morphological traits, yield components, and grain yield except the number of filled grains per panicle. The grain N concentration was not affected by biochar and zinc, while grain Zn concentration was significant under this treatment. Also, the impact of N application was significant on N and Zn concentrations in grain. The interaction between experimental treatments was not significant on the studied traits except for the number of fertile tillers

1- Ph.D. Student, Department of Agronomy, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

2- Assistant Professor, Medicinal Plants Research Center and Department of Agronomy, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

3- Assistant Professor, Department of Agronomy, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

4- Assistant Professor, Department of Agronomy, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

(*- Corresponding Author Email: yousofniknejad@gmail.com)

DOI: [10.22067/jcsc.2022.75649.1150](https://doi.org/10.22067/jcsc.2022.75649.1150)

per hill. The maximum fertile tillers number per hill (17.66 tillers) was obtained by using a combination of biochar + zinc nanoparticles + 50 kg N ha⁻¹, which indicates the positive impacts of simultaneous application of these fertilizers. The application of N fertilizer at the amounts of 50 and 75 kg.ha⁻¹, respectively, resulted in maximum grain yield (4340 kg.ha⁻¹) and production of the highest grain N concentration (1.30%). Although the use of each of the biochar and zinc oxide nanoparticles improved the yield components, yield, and nutrient concentrations in rice grain, the combined application of biochar and zinc nanoparticles significantly increased the quantitative and qualitative characteristics of rice, so that the highest grain yield (4062 kg.ha⁻¹) and greatest Zn concentration in grain (28.5 mg.kg⁻¹) was observed under the simultaneous application of biochar + nanoparticles.

Conclusion

According to the results of the present study, N application at the rate of 50 kg.ha⁻¹ and simultaneous application of rice husk biochar + zinc nanoparticles are introduced as the optimal dose of N and the ideal fertilizer option to increase crop yield and enrich rice grains.

Keywords: Grain yield, Nanofertilizer, Nitrogen concentration, Zinc concentration

اثر مصرف مقادیر نیتروژن همراه با بیوپچار و نانوذرات روی بر خصوصیات کمی و کیفی برنج (*Oryza sativa* L.)

سبحان شیخ نظری^۱، یوسف نیک‌نژاد^{۲*}، هرمز فلاح^۳، داوود براری تازی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۵

چکیده

به منظور بررسی اثرات مصرف مقادیر مختلف نیتروژن همراه با کاربرد بیوپچار پوسسته برنج و نانوذرات روی بر خصوصیات کمی و کیفی برنج رقم طارم هاشمی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه شخصی واقع در شهرستان آمل در سال زراعی ۱۳۹۸-۹۹ اجرا شد. مصرف مقادیر نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار) از منبع کود اوره به عنوان عامل اصلی و کاربرد کودهای بیوپچار (۴۰ تن در هکتار) و نانوذرات روی (۵۰ میلی گرم بر لیتر) در چهار سطح شامل: ۱- شاهد (عدم مصرف بیوپچار و نانواکسید روی)، ۲- کاربرد بیوپچار، ۳- کاربرد نانواکسید روی و ۴- کاربرد ترکیبی بیوپچار و نانواکسید روی به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که کاربرد کود نیتروژن در مقادیر ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب موجب حصول حداکثر عملکرد دانه (۴۳۴۰ کیلوگرم در هکتار) و تولید بالاترین غلظت نیتروژن دانه (۱/۳۰ درصد) گردید. کاربرد ترکیبی بیوپچار و نانوذرات روی سبب افزایش معنی دار خصوصیات کمی و کیفی برنج گردید، به گونه‌ای که بیشترین عملکرد دانه تولیدی (۴۰۶۲ کیلوگرم در هکتار) و حداکثر غلظت روی در دانه (۲۸/۵ میلی گرم بر کیلوگرم) در شرایط کاربرد همزمان بیوپچار + نانوذرات مشاهده شد. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، مصرف نیتروژن به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و کاربرد همزمان بیوپچار پوسسته برنج + نانوذرات روی به عنوان مقدار بهینه نیتروژن و گزینه مطلوب کودی جهت افزایش عملکرد محصول و غنی سازی دانه برنج شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، غلظت روی، غلظت نیتروژن، نانوکود

مقدمه

در برنج می‌گردد (Tayefe et al., 2014)، ولی مصرف بیش از اندازه آن نیز موجب کاهش کارایی استفاده از نیتروژن و همچنین مشکلات زیست‌محیطی می‌گردد (Xu et al., 2015). علاوه بر اثرات زیست‌محیطی، کاهش رشد و عملکرد برنج نیز به دنبال مصرف مقادیر بالای کود نیتروژن گزارش شده است (Pampolino et al., 2007). بنابراین به کارگیری روش‌های جایگزین مدیریت کود نیتروژن جهت افزایش عملکرد محصولات زراعی همراه با کاهش مخاطرات زیست‌محیطی می‌تواند گزینه‌ای مناسب برای رسیدن به تولید پایدار محصول باشد (Islam et al., 2016).

یکی از روش‌های پایدار مدیریت خاک اراضی زراعی، استفاده از اصلاح‌کننده بیوپچار پوسسته برنج است (Oladele et al., 2019). بیوپچار از تجزیه حرارتی مواد آلی در یک محیط با اکسیژن محدود حاصل می‌شود که ویژگی‌های آن موجب اصلاح خاک می‌گردد (Bouqbis et al., 2016). بیوپچار از طریق بهبود خصوصیات شیمیایی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری مواد غذایی و همچنین کاهش اسیدیته خاک (Ajayi and Horn, 2016) موجب بهبود عملکرد برنج می‌گردد (Koyama et al., 2016). گزارش شده که

در بین عناصر مختلف غذایی، نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف و محدودکننده عملکرد محصولات زراعی است (Islam et al., 2016) که کاربرد بهینه آن موجب افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه برنج (*Oryza sativa* L.) در اراضی شالیزاری و افزایش سود حاصل از زراعت برنج در منطقه می‌شود (Faraji et al., 2012). کاربرد اصولی کود نیتروژن در شالیزارهای شمال ایران جهت دستیابی به پتانسیل عملکرد برنج امری ضروری است (Jafari Kelarijani et al., 2021). اگرچه مصرف کودهای نیتروژنی موجب بهبود عملکرد دانه

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

۲- استادیار، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی و گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

۳- استادیار، گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

۴- استادیار، گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

(*) نویسنده مسئول: Email: yousofniknejad@gmail.com

DOI: 10.22067/jcesc.2022.75649.1150

مصرف بیوپچار به واسطه افزایش کارایی مصرف کود نیتروژن موجب افزایش بهره‌وری محصول برنج و هم‌چنین کاهش آلودگی زیست‌محیطی گردید (Oladele et al., 2019). سایر محققان گزارش دادند که کاربرد بیوپچار ضمن کاهش آبتویی نیتروژن از خاک (Manolikaki and Diamadopoulos, 2017) موجب افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی و بهبود عملکرد برنج شد (Lai et al., 2017). بررسی‌های به عمل آمده توسط علی و همکاران (Ali et al., 2020a) نشان داد که کاربرد ترکیبی بیوپچار و کود شیمیایی نیتروژن موجب افزایش ۶۴ درصدی عملکرد دانه برنج شد. افزایش ۷۸ درصدی عملکرد برنج با مصرف همزمان بیوپچار و نیتروژن (Oladele et al., 2019) و هم‌چنین افزایش ۷/۲ درصدی عملکرد دانه برنج با کاربرد ۴۰ تن در هکتار بیوپچار (Mahmoud Soltani and Abbasian, 2021) در نتایج سایر پژوهشگران گزارش شده است. هوآنگ و همکاران (Huang et al., 2019) با بررسی اثرات بیوپچار بر عملکرد برنج طی دو سال زراعی بیان نمودند که کاربرد بیوپچار در اراضی شالیزاری منجر به بهبود اجزای عملکرد نظیر تعداد خوشه و تعداد خوشه‌چه در متر مربع و هم‌چنین افزایش بیوماس و عملکرد دانه برنج گردید.

کمبود عنصر کم‌مصرف روی می‌تواند پس از عناصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد برنج باشد (Rehman, 2014). برنج رشد یافته تحت شرایط غرقاب به دلیل کاهش پتانسیل احیاء و عدم تحرک روی در شرایط بی‌هوازی خاک، قابلیت دسترسی کمتری به جذب روی دارد (Tuyogon et al., 2016). کاهش غلظت روی در دانه برنج ممکن است به کمبود روی در جمعیت‌های حساس انسانی منجر شود (Hussain et al., 2012) که این مساله یک نگرانی جهانی برای تغذیه انسان محسوب می‌گردد (Farooq et al., 2018). در سال‌های اخیر کاربرد کود روی به فرم نانوذرات جهت افزایش خصوصیات کمی و کیفی برنج مورد توجه قرار گرفته است (Kheyri et al., 2019a).

نانوکودها در مقایسه با کودهای متداول شیمیایی، راندمان مصرف بالاتری دارند و در نقطه مناسبی از ناحیه رشد، عناصر غذایی خود را آزاد می‌کنند که این عمل اثر معنی‌داری را در خصوصیات رشدی گیاهان ایجاد می‌کند (Mazaherinia et al., 2010). استفاده از نانوذرات می‌تواند ضمن افزایش راندمان مصرف عناصر غذایی و بهبود رشد گیاه، موجب کاهش اثرات زیست‌محیطی در مقایسه با روش‌های سنتی به کار گرفته شده گردد (Alharby et al., 2016). مطالعات انجام شده توسط خیری و عباسعلی‌پور (Kheyri and Abbasalipour, 2021) نشان داد که کاربرد نانوذرات اکسید روی در مراحل مختلف رشد برنج موجب افزایش عملکرد و بهبود غلظت روی در دانه برنج گردید. سایر محققان گزارش نمودند که مصرف همزمان بیوپچار و سولفات روی موجب بهبود اجزای عملکرد و عملکرد برنج گردید (Mahmoud Soltani and Abbasian, 2021).

بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات کاربرد بیوپچار پخته برنج و نانوذرات اکسید روی همراه با مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی برنج جهت شناسایی تیمار مناسب برای بهبود تولید برنج انجام گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این پژوهش، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه شخصی واقع در شهرستان آمل طی سال زراعی ۱۳۹۹ اجرا گردید. منطقه اجرای طرح با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی در ارتفاع ۱۷۵ متری از سطح دریای آزاد قرار گرفته است. قبل از اجرای آزمایش اقدام به نمونه‌برداری از خاک محل اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری گردید که نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری
Table 1- Physical and chemical properties of soil before planting at a depth of 0 to 30 cm

بافت خاک	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی	ماده آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	روی قابل جذب
Soil Texture	pH	EC (dS.m ⁻¹)	Organic carbon (%)	Organic matter (%)	Total N (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)
Clay	7.36	1.92	1.29	2.23	0.18	11.8	163	0.86

بیوپچار، ۳- کاربرد نانواکسید روی و ۴- کاربرد ترکیبی بیوپچار و نانواکسید روی به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. در این آزمایش از بذر رقم طارم هاشمی جهت کاشت استفاده شد. رقم طارم هاشمی جزء ارقام بومی، کیفی و از گروه ایندیکا می‌باشد که از نظر

تیمارهای آزمایش شامل مصرف مقادیر نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار) از منبع کود اوره به عنوان عامل اصلی و کاربرد کودهای بیوپچار و نانوذرات روی در چهار سطح شامل: ۱- شاهد (عدم مصرف بیوپچار و نانواکسید روی)، ۲- کاربرد

خوشه‌دهی) در کرت‌های مورد نظر مصرف شد. در این آزمایش از بیوجار پسته برنج به عنوان ماده اصلاح کننده استفاده شد که جهت تهیه آن، پسته‌های برنج در ورقه‌های آلومینیومی بسته‌بندی و به مدت ۳۰ تا ۴۵ دقیقه در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد در داخل کوره قرار داده شدند تا فرآیند آتشکافت (فرآیند سوختن کند و آرام مواد آلی در شرایط کم یا عدم وجود اکسیژن) صورت پذیرد و بیوجار تولید گردد. اسیدیته و هدایت الکتریکی در نسبت یک به ۱۰ بیوجار به آب اندازه‌گیری شد. بیوجار پسته برنج به مقدار ۴۰ تن در هکتار بر اساس تیمارهای مورد نظر با خاک مخلوط شد. نانوذرات اکسید روی مورد استفاده در این مطالعه تولید شرکت تحقیقات نانو مواد آمریکا (US Research Nanomaterials, Inc.) بود که در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر طی مراحل پنجه‌زنی، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل محلول پاشی شد. مشخصات بیوجار و نانوذرات اکسید روی مورد استفاده در این آزمایش به ترتیب در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول ۲- خصوصیات بیوجار مورد استفاده در آزمایش
Table 2- Characteristics of the biochar used in experiment

نسبت کربن/نیتروژن C:N ratio (%)	پتاسیم K (%)	فسفر P (%)	نیتروژن N (%)	کربن C (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH
70.7	1.01	0.09	0.67	47.4	0.26	8.5

جدول ۳- خصوصیات نانوذرات اکسید روی مورد استفاده در آزمایش
Table 3- Characteristics of zinc oxide nanoparticles used in experiment

رنگ Color	سطح ویژه مخصوص SSA (g m ⁻²)	تراکم واقعی True density (g cm ⁻³)	اندازه ذرات Particles size (nm)	درصد خلوص Purity percentage (%)	نانوذره Nanoparticle
Milky white	20-60	5.606	10 - 30	>99%	ZnO

اثرات حاشیه، با برداشت مساحت چهار متر مربع از وسط هر کرت آزمایش و بر اساس رطوبت ۱۴ درصد محاسبه گردید. غلظت نیتروژن دانه (شلتوک) با استفاده از روش میکروکج‌لدال (Fageria et al., 2014) و غلظت روی دانه (شلتوک) با استفاده از روش جذب اتمی شعله‌ای (Emami, 1996) تعیین گردید. در نهایت، تجزیه واریانس داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسات میانگین بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. همچنین، نمودار توسط نرم‌افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تیمارهای نیتروژن، بیوجار و روی بر صفت مورفولوژیکی ارتفاع بوته

عملکردی در گروه ارقام کم محصول قرار می‌گیرد ولی کیفیت مطلوب و طعم خوبی دارد و همچنین جزء ارقام زودرس و پابلند محسوب می‌شود که قدرت پنجه‌زنی متوسطی دارد (Nematzadeh et al., 1993). زمین محل اجرای آزمایش بعد از عملیات کامل آماده‌سازی شامل شخم بهاره، روتواتور، ماله‌کشی و تسطیح به ۴۸ کرت مساوی تقسیم گردید که ابعاد هر کرت آزمایش ۲×۵ متر مربع بود. نشاکاری به تعداد سه نشا در کپه و با فواصل ۲۰×۲۰ سانتی متر مربع انجام شد. جهت جلوگیری از تداخل کودی بین کرت‌های مختلف، مرز بین کرت‌ها به عرض و عمق ۳۰ سانتی متر با پوشش پلاستیکی عایق‌بندی شد. تمام کرت‌های آزمایشی کودهای فسفر و پتاسیم را به ترتیب از منابع سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به مقدار ۷۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از نشاکاری دریافت نمودند. کود نیتروژن از منبع اوره بر اساس تیمارهای تعریف شده طی سه بخش (یک دوم به صورت پایه، یک چهارم در مرحله پنجه‌زنی و یک چهارم در مرحله

سایر عملیات زراعی بر اساس عرف منطقه انجام شد. به همین منظور، جهت کنترل علف‌های هرز از علف‌کش بوتاکلر به میزان ۳/۵ لیتر در هکتار یک هفته پس از نشاکاری استفاده و همچنین وجین دستی طی دو مرحله در ۲۰ و ۳۸ روز بعد از نشاکاری انجام شد. برای مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج از حشره‌کش دیازینون (گرانول ۱۰٪) به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار در مراحل پنجه‌زنی و خوشه‌دهی استفاده شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، نمونه‌های گیاهی به صورت تصادفی از هر کرت آزمایش انتخاب شدند. ارتفاع بوته و طول خوشه با اندازه‌گیری از ۱۲ بوته در هر کرت و در نهایت بر اساس میانگین آن‌ها تعیین شدند. اندازه‌گیری تعداد پنجه بارور در کپه با شمارش از روی ۱۲ کپه در هر کرت و بر اساس میانگین آن‌ها به دست آمد. تعداد دانه پر در خوشه با شمارش از روی ۲۰ خوشه در هر کرت تعیین شد. وزن هزار دانه با شمارش ۱۰ نمونه صدتایی و توزین آن‌ها به دست آمد. عملکرد دانه پس از حذف

برنج موجب افزایش ارتفاع بوته برنج طی ۸ هفته پس از نشاکاری برنج شد (Kamara et al., 2015). استفاده از عناصر غذایی در فرم نانوذرات موجب کاهش تلفات عناصر غذایی و همچنین بهبود رشد محصول می‌گردد (Dimkpa et al., 2017).

طول خوشه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثرات اصلی مقدار مصرف نیتروژن و کودهای بیوچار و روی بر طول خوشه ($P \leq 0.01$) معنی‌دار شد ولی اثر متقابل عوامل آزمایش بر طول خوشه معنی‌دار نگردید (جدول ۴). نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که طول خوشه در پاسخ به مصرف کود نیتروژن افزایش یافت، به طوری که کوتاه‌ترین طول خوشه با میانگین ۲۴/۳ سانتی‌متر در شرایط عدم مصرف نیتروژن مشاهده شد ولی با کاربرد نیتروژن در مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار، طول خوشه به ترتیب حدود ۶/۲، ۷/۲ و ۶/۹ درصد افزایش یافت. بین کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن نیز اختلاف آماری معنی‌داری از نظر طول خوشه مشاهده نگردید (جدول ۵). اگرچه طول خوشه یک صفت ژنتیکی محسوب می‌شود ولی تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی نظیر میزان تشعشع و مواد غذایی نیز قرار می‌گیرد (Kheyri and Mobasser, 2016). یافته‌های ما در راستای نتایج کاووسی و یزدانی (Kavoosi and Yazdani, 2020) می‌باشد که گزارش نمودند طول خوشه برنج با افزایش مقدار مصرف نیتروژن به طور معنی‌داری افزایش یافت.

($P \leq 0.01$) معنی‌دار شد ولی ارتفاع بوته تحت تأثیر اثر متقابل دو فاکتور قرار نگرفت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین مقادیر نیتروژن مصرفی نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۴۵ سانتی‌متر) از بالاترین مقدار نیتروژن مصرفی (۷۵ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد و با عدم مصرف نیتروژن (شاهد)، ارتفاع به میزان ۲۲/۹ درصد کاهش یافت. همچنین بین مقادیر ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از نظر ارتفاع بوته اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۵). نتیجه حاصله حاکی از آن بود که کمبود نیتروژن سبب کاهش ارتفاع و افزایش مقدار مصرف نیتروژن به طور معنی‌داری منجر به افزایش ارتفاع بوته برنج گردید. بین کاربرد نیتروژن و رشد رویشی برنج همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (Tayefe et al., 2014). سایر محققان نیز گزارش دادند که افزایش مقدار مصرف کود نیتروژن موجب افزایش ارتفاع بوته و همچنین سرعت رشد گیاه می‌گردد، که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (Fageria and Santos, 2008). نتیجه نشان داد که اگرچه مصرف مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن منجر به تولید گیاهانی با ارتفاع بلندتر نمود ولی ارتفاع زیاد بوته ممکن است مشکلاتی نظیر ورس را ایجاد نماید و از طرفی به دلیل افزایش فاصله بین منبع و مخزن در گیاه سبب کاهش سرعت جذب و انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش عملکرد گردد، بنابراین ارتفاع بیش از اندازه بوته صفت مطلوبی محسوب نمی‌شود. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۵، ارتفاع بوته گیاه در تیمار کاربرد کودهای بیوچار و نانواکسید روی اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند ولی مصرف ترکیبی این کودها موجب افزایش ۷/۶ درصدی ارتفاع در مقایسه با شاهد شد (جدول ۵). گزارش شده که مصرف بیوچار بقایای

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه برنج تحت تیمارهای آزمایش
Table 4- Analysis of variance for morphological traits, yield components and grain yield of rice under experimental treatments

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	طول خوشه Panicle length	تعداد پنجه بارور در کپه No. fertile tillers hill ⁻¹	تعداد دانه پر در خوشه No. filled grains panicle ⁻¹	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
Replication	تکرار	2	33.25	0.020	0.91	38.39	0.07	96545.31
Nitrogen (N)	نیتروژن	3	2301.74**	9.46**	102.56**	126.02 ^{ns}	2.27**	3957595.83**
Main error	خطای اصلی	6	12.88	0.56	0.22	18.72	0.03	45497.40
Fertilizers (F)	کودها	3	282.85**	8.78**	14.57**	24.35 ^{ns}	1.75**	479048.61*
N×F	نیتروژن×کودها	9	43.74 ^{ns}	0.56 ^{ns}	2.49*	13.98 ^{ns}	0.28 ^{ns}	57462.04 ^{ns}
Sub error	خطای فرعی	24	32.56	1.15	0.80	61.61	0.32	125592.01
CV (%)	ضریب تغییرات	-	4.3	4.2	6.8	8.8	2.2	9.2

^{ns}، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد. (کودها: بیوچار و نانوذرات روی)

^{ns}، * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively. (Fertilizers: Biochar and Zinc nanoparticles)

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه برنج تحت تیمارهای آزمایش

Table 5- Mean comparison of morphological traits, yield components and grain yield of rice under experimental treatments

تیمارهای آزمایش Experimental treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول خوشه Panicle length (cm)	تعداد پنجه بارور در کپه No. fertile tillers hill ⁻¹	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)
مقدار نیتروژن (kg ha ⁻¹)					
0	111.8 ^c	24.3 ^b	8.9 ^d	25.3 ^b	3047 ^c
25	133.5 ^b	25.9 ^a	13.1 ^c	26.1 ^a	3865 ^b
50	133.4 ^b	26.2 ^a	15.5 ^a	26.3 ^a	4340 ^a
75	145.0 ^a	26.1 ^a	14.6 ^b	26.1 ^a	4172 ^a
کود (Fertilizer)					
شاهد Control	127.3 ^b	24.8 ^b	11.9 ^b	25.5 ^c	3657 ^c
بیوچار Biochar	130.8 ^b	25.1 ^b	12.4 ^b	25.8 ^{bc}	3715 ^{bc}
نانواکسید روی ZnO-NPs	127.7 ^b	26.0 ^a	13.8 ^a	26.1 ^{ab}	3989 ^{ab}
بیوچار + نانواکسید روی Biochar + ZnO-NPs	137.8 ^a	26.6 ^a	14.2 ^a	26.4 ^a	4062 ^a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to LSD test.

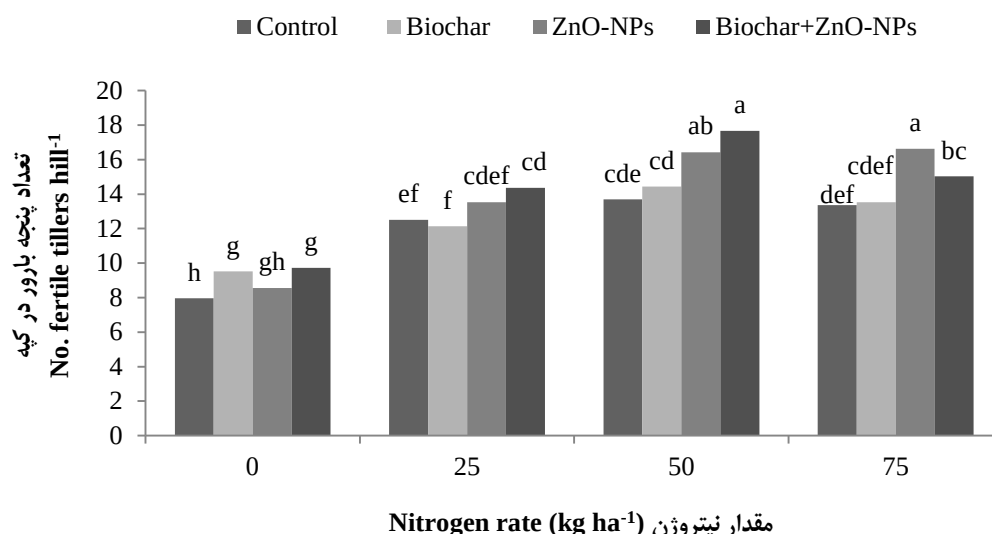
کاهش نسبت به بیشترین تعداد پنجه در شرایط شاهد یا عدم مصرف تیمارهای آزمایش مشاهده شد (شکل ۱). نتیجه نشان داد که با مصرف مقدار مناسبی از کود نیتروژن همراه با کاربرد کودهای نانواکسید روی و بیوچار، به‌خصوص استفاده از نانوذرات می‌توان تعداد پنجه بارور در کپه را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید. در واقع دلیل افزایش تعداد پنجه بارور با کاربرد ترکیبی نیتروژن + بیوچار + نانواکسید روی را می‌توان به بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه برنج نسبت داد. گزارش شده که مصرف همزمان نیتروژن و بیوچار منجر به افزایش تعداد پنجه‌های بارور در مقایسه با گیاهان شاهد شد (Lai et al., 2017). افزایش رشد و عملکرد محصولات زراعی با کاربرد همزمان بیوچار و سایر کودها در مقایسه با مصرف جداگانه این کودها در نتایج لیو و همکاران (Liu et al., 2012) گزارش شده است. به‌طور کلی در شرایط مصرف نیتروژن، به‌خصوص در تیمارهای مصرف ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار، کاربرد نانوذرات روی اثرات بهتری در مقایسه با بیوچار بر تعداد پنجه بارور در کپه داشت، که نشان‌دهنده تأثیر مثبت کود روی بر پنجه‌زنی برنج می‌باشد. عنصر روی از طریق سنتز نوکلئوتیدها، متابولیسم اکسین و افزایش فعالیت آنزیم‌ها موجب بهبود تولیدات پنجه در گیاهان می‌شود (Mahmoud-Sheikhzadeh et al., 2020). شیخ‌زاده و همکاران (Soltani et al., 2021) اثرات مثبت نانوذرات روی را در افزایش پنجه‌زنی برنج گزارش نمودند. مطالعات انجام شده توسط سایر محققان نیز نشان داد که محلول‌پاشی کود روی از طریق افزایش غلظت روی در گیاه منجر

نتایج مقایسه میانگین اثرات کودهای بیوچار و نانواکسید روی نشان داد که مصرف بیوچار به تنهایی تغییر معنی‌داری در طول خوشه ایجاد نکرد ولی مصرف جداگانه نانوذرات اکسید روی و همچنین کاربرد ترکیبی بیوچار و نانوذرات اکسید روی به‌ترتیب سبب افزایش ۴/۶ و ۶/۸ درصدی طول خوشه شدند. نتیجه حاصله نشان داد که محلول‌پاشی نانوذرات اکسید روی اثرات مثبت بیشتری بر افزایش طول خوشه در مقایسه با بیوچار داشت، ضمن این‌که افزودن بیوچار به نانوذرات اکسید روی نقش مهمی در بهبود طول خوشه نشان داد (جدول ۵). بررسی‌های به عمل آمده توسط سایر محققان نیز حاکی از اثرات مثبت معنی‌دار محلول‌پاشی نانواکسید روی بر طول خوشه می‌باشد، که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (Kheyri et al., 2019; Kheyri and Abbasalipour, 2021).

تعداد پنجه بارور در کپه

نتایج نشان داد که اثرات ساده مقادیر نیتروژن و کودهای بیوچار و نانواکسید روی ($P \leq 0.01$) و اثر متقابل فاکتورهای آزمایش ($P \leq 0.05$) بر تعداد پنجه بارور در کپه معنی‌دار گردید (جدول ۴). نتایج حاصله نشان داد که حداکثر تعداد پنجه بارور در کپه به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۶/۶۳ و ۱۷/۶۶ پنجه با کاربرد ترکیبی نانواکسید روی + ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و بیوچار + نانواکسید روی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد، اگرچه با تیمار مصرف همزمان نانواکسید روی + ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نیز اختلاف آماری معنی‌داری نشان ندادند. حداقل تعداد پنجه بارور در کپه نیز با حدود ۵۴/۹ درصد

به افزایش تعداد پنجه‌های بارور می‌گردد (Kheyri et al., 2019b; Farooq et al., 2018).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل بین مقدار نیتروژن و کودهای بیوچار و روی بر تعداد پنجه بارور در کپه. (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند).

Figure 1- Mean comparison of interaction between N rate and fertilizers of biochar and ZnO-NPs on number of fertile tillers hill⁻¹. (Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to LSD test).

بهبود وزن هزار دانه گردد ولی کاربرد ترکیبی بیوچار و نانواکسید روی منجر به تولید بالاترین وزن هزار دانه (۲۶/۴ گرم) شد، که حاکی از تأثیر مثبت مصرف همزمان این کودها بر وزن دانه می‌باشد. حداقل وزن هزار دانه (۲۵/۵ گرم) نیز در شرایط شاهد یا عدم مصرف کودهای بیوچار و روی مشاهده گردید (جدول ۵). در نتایج مشابه با تحقیق حاضر، محمود سلطانی و عباسیان (Mahmoud Soltani and Abbasian, 2021) گزارش دادند که افزودن بیوچار به خاک موجب افزایش وزن هزار دانه می‌گردد. بین کاربرد بیوچار و نانواکسید روی تفاوت معنی‌داری از نظر وزن هزار دانه وجود نداشت ولی در عین حال کاربرد نانوذرات اثرات بهتری در مقایسه با بیوچار بر وزن هزار دانه داشت. افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه برنج با مصرف نانواکسید روی در نتایج شیخ‌زاده و همکاران (Sheykhzadeh et al., 2021) گزارش شده است، که در راستای نتایج حاصل از این تحقیق می‌باشد. کود روی از طریق افزایش مواد فتوسنتزی، کاهش محدودیت منبع و انتقال بهتر مواد پرورده به دانه موجب افزایش وزن هزار دانه می‌شود (Mahmoud-Soltani et al., 2020).

عملکرد دانه

نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده مقدار مصرف نیتروژن ($P \leq 0.01$) و اثرات تیمار بیوچار و روی ($P \leq 0.05$) بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید ولی اثر متقابل فاکتورهای آزمایش بر عملکرد معنی‌دار نشد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین

تعداد دانه پر در خوشه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که تعداد دانه پر در خوشه از نظر آماری تحت تأثیر هیچ‌یک از تیمارهای آزمایش و اثر متقابل بین آن‌ها قرار نگرفت (جدول ۴). در نتایج مشابه، هیرزل و همکاران (Hirzel et al., 2011) بیان داشتند که بین مقادیر مختلف مصرف کود نیتروژن اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد دانه‌های پر شده در خوشه وجود نداشت. هم‌چنین نتایج سایر محققان حاکی از آن بود که افزودن بیوچار به خاک اثر معنی‌داری بر تعداد خوشه بارور نداشت (Cui et al., 2017).

وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که اثرات ساده تیمارهای نیتروژن و کودهای بیوچار و روی بر صفت وزن هزار دانه ($P \leq 0.01$) معنی‌دار شد ولی تحت تأثیر اثر متقابل دو عامل قرار نگرفت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین مقادیر نیتروژن مصرفی نشان داد که کاربرد نیتروژن در تمام سطوح مصرفی موجب بهبود وزن هزار دانه در مقایسه با شاهد شد، در حالی که بین مقادیر مختلف نیتروژن اختلاف معنی‌داری از نظر وزن هزار دانه مشاهده نشد (جدول ۵). گزارش شده که صفت وزن هزار دانه نسبت به مصرف مقادیر مشخصی از کود نیتروژن پاسخ مثبتی نشان می‌دهد (Pramanik and Bera, 2013)، که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت داشت. در تحقیق حاضر مشخص شد که اگرچه مصرف هر یک از کودهای بیوچار و نانوذرات روی می‌تواند موجب

کودهای شیمیایی به دلیل فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه موجب افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه می‌گردد (Schulz et al., 2013). گزارشات حاکی از آن است که استفاده از بیوچار بقایای برنج همراه با مصرف مقدار مشخصی از نیتروژن جهت افزایش بهره‌وری محصول بسیار مناسب می‌باشد (Mavi et al., 2018).

غلظت نیتروژن دانه

نتایج ارائه شده در جدول ۶، حاکی از آن بود که اثرات ساده مقدار مصرف نیتروژن بر غلظت نیتروژن دانه ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود ولی صفت فوق تحت تأثیر اثرات ساده تیمار مصرف بیوچار و روی و همچنین اثر متقابل عوامل آزمایش قرار نرفت (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد نیتروژن موجب افزایش غلظت نیتروژن در دانه برنج شد، به گونه‌ای که مصرف مقادیر مختلف نیتروژن شامل ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش غلظت نیتروژن از ۰/۷۵ درصد در تیمار شاهد به ترتیب به ۱/۰۹، ۱/۲۲ و ۱/۳۰ درصد شد، اگرچه بالاترین غلظت نیتروژن دانه در شرایط مصرف ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد (جدول ۷). جذب نیتروژن در برنج ارتباط نزدیکی با فراهمی و هدر رفت نیتروژن از خاک دارد (Huang et al., 2019). بررسی‌های به عمل آمده توسط مصلحی و همکاران (Moslehi et al., 2016) نشان داد که کاربرد نیتروژن موجب بهبود رشد گیاه و افزایش غلظت نیتروژن در دانه‌های برنج می‌شود. سایر محققان نیز بیان نمودند که میزان جذب نیتروژن در برنج همراه با افزایش مقادیر مصرف نیتروژن افزایش یافت (Sandhu and Mahal, 2014)، که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت دارد. در این تحقیق مشخص شد که تیمار مصرف بیوچار و روی اختلاف معنی‌داری در میزان غلظت نیتروژن دانه ایجاد نکردند. سایر پژوهشگران نیز گزارش دادند که مصرف جداگانه بیوچار قابلیت فراهمی کامل عناصر غذایی ضروری مانند نیتروژن را برای گیاه ندارد (Oladele et al., 2019).

اثرات نیتروژن مصرفی نشان داد که کاربرد کود نیتروژن در تمام سطوح مصرفی منجر به افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شد اگرچه بیشترین عملکرد دانه به ترتیب با میانگین‌های ۴۳۴۰ و ۴۱۷۲ کیلوگرم در هکتار با مصرف نیتروژن در مقادیر ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که حدود ۲۹/۸ و ۲۷ درصد بیشتر از تیمار شاهد یا عدم کاربرد نیتروژن بود (جدول ۵). نتیجه حاصله نشان داد که مصرف مقدار پایین کود نیتروژن (۲۵ کیلوگرم در هکتار) منجر به تولید حداکثری عملکرد دانه نشد. مصرف مقادیر پایین عنصر غذایی موجب کاهش عملکرد به دلیل کمبود عناصر غذایی در گیاه می‌شود (Paramasivam et al., 2005). نتایج حاصل از مقایسات میانگین اثرات ساده کودهای بیوچار و روی نشان داد که حداکثر عملکرد دانه (۴۰۶۲ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ترکیبی بیوچار + نانوذرات اکسید روی حاصل گردید اگرچه با مصرف نانوذرات روی (۳۹۸۹ کیلوگرم در هکتار) در یک گروه آماری قرار گرفت. استفاده از نانوذرات اکسید روی اثرات مثبت بیشتری در مقایسه با بیوچار بر عملکرد دانه داشت اگرچه این اختلاف معنی‌دار نبود. با وجود این که کاربرد بیوچار به تنهایی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد نسبت به شاهد نشد ولی افزودن این اصلاح کننده خاک به نانوذرات روی موجب تولید حداکثر عملکرد دانه برنج گردید که نشان می‌دهد این ترکیب می‌تواند مکمل مناسبی جهت بهبود عملکرد دانه برنج باشد. افزایش عملکرد دانه با کاربرد ترکیبی بیوچار و نانوذرات اکسید روی ممکن است به دلیل اثرات مثبت این ترکیب کودی بر اجزای عملکرد به خصوص تعداد پنجه بارور در کپه و همچنین غلظت عناصر غذایی در دانه باشد. نانوذرات اکسید روی از طریق آزادسازی تدریجی عناصر غذایی در طول مراحل بحرانی رشد گیاه موجب بهبود عملکرد دانه برنج می‌شوند (Yuvaraj and Subramanian, 2014). گزارش شده که نانوذرات روی به واسطه حلالیت زیاد و سطح ویژه بالا موجب تأمین عناصر غذایی ریزمغذی مورد نیاز گیاه و در نهایت بهبود عملکرد دانه محصول می‌شود (Panam et al., 2016). کاربرد بیوچار همراه با

جدول ۶- تجزیه واریانس غلظت نیتروژن و روی در دانه برنج تحت تیمارهای آزمایش

Table 6- Analysis of variance for concentrations of N and Zn in grain of rice under experimental treatments

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی d.f	غلظت نیتروژن در دانه N concentration in grain	غلظت روی در دانه Zn concentration in grain
Replication	تکرار	2	0.02	0.18
Nitrogen (N)	نیتروژن	3	0.68**	14.009*
Main error	خطای اصلی	6	0.009	1.25
Fertilizers (F)	کودها	3	0.003 ^{ns}	328.99**
N×F	نیتروژن×کودها	9	0.0009 ^{ns}	0.74 ^{ns}
Sub error	خطای فرعی	24	0.009	4.61
CV (%)	ضریب تغییرات	-	8.9	9.0

^{ns}، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد. (کودها: بیوچار و نانوذرات روی)

^{ns}، * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively. (Fertilizers: Biochar and Zinc nanoparticles)

جدول ۷- مقایسه میانگین غلظت نیتروژن و روی در دانه برنج تحت تیمارهای آزمایش

Table 7- Mean comparison of concentrations of N and Zn in grain of rice under experimental treatments

تیمارهای آزمایش Experimental treatments	غلظت نیتروژن در دانه N concentration in grain (%)	غلظت روی در دانه Zn concentration in grain (mg kg ⁻¹)
	مقدار نیتروژن (kg ha ⁻¹) Nitrogen rate	
0	0.75 ^c	22.4 ^b
25	1.09 ^b	23.6 ^{ab}
50	1.22 ^a	24.1 ^{ab}
75	1.30 ^a	25.0 ^a
(Fertilizer) کود		
شاهد Control	-	18.9 ^b
بیوچار Biochar	-	19.5 ^b
نانو اکسید روی ZnO-NPs	-	28.0 ^a
بیوچار + نانو اکسید روی Biochar + ZnO-NPs	-	28.5 ^a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to LSD test.

غلظت روی دانه

نتایج نشان داد که اثرات ساده مقادیر کاربرد نیتروژن ($P \leq 0.05$) و اثرات اصلی تیمار مصرف بیوچار و روی بر غلظت روی در دانه برنج ($P \leq 0.01$) معنی‌دار شد ولی غلظت روی دانه تحت اثر متقابل دو فاکتور معنی‌دار نگردید (جدول ۶). نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمار مقدار مصرف نیتروژن نشان داد که حداکثر غلظت روی در دانه با میانگین ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم با مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد اگرچه با مقادیر ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد، ولی در شرایط عدم مصرف نیتروژن، غلظت روی دانه حدود ۱۰/۴ درصد کاهش یافت (جدول ۷). این نتیجه حاکی از اثرات مثبت نیتروژن در بهبود وضعیت روی در دانه برنج می‌باشد. جی و همکاران (Ji et al., 2021) بیان داشتند که وجود یک رابطه سینرژیستی بین نیتروژن و روی سبب افزایش معنی‌دار توزیع روی در برنج گردیده است. سایر محققان نیز اثرات مثبت کاربرد نیتروژن بر جذب روی در دانه‌های برنج را گزارش نمودند (Shahane et al., 2018)، که در راستای نتایج حاصل از این پژوهش می‌باشد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثرات مصرف بیوچار و روی، کاربرد نانوذرات اکسید روی به تنهایی (۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی) و همچنین کاربرد ترکیبی نانوذرات روی و بیوچار (۲۸/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی) سبب تولید بیشترین مقدار غلظت روی در دانه شدند (جدول ۷). محققان گزارش دادند که قطر کمتر نانوذرات موجب جذب بهتر آن‌ها توسط گیاه می‌شود (Kheyri et al., 2018). خیری و همکاران (Kheyri et al., 2019a) دریافتند که محلول‌پاشی نانوذرات اکسید روی باعث

افزایش غلظت روی دانه در برنج به میزان ۳۳/۲ درصد در مقایسه با گیاهان شاهد شد. مطالعات انجام شده توسط سایر محققان نیز حاکی از بهبود معنی‌دار غلظت روی دانه برنج با محلول‌پاشی نانوذرات اکسید روی در مراحل مختلف رشد گیاه می‌باشد (Kheyri and Abbasalipour, 2021; Sheykhzadeh et al., 2021). اگرچه کاربرد بیوچار به تنهایی تغییر معنی‌داری در غلظت روی دانه ایجاد نکرد ولی افزودن آن به نانوذرات روی سبب بهبود غلظت روی در دانه شد. بیوچار از طریق اصلاح خاک‌های زراعی موجب افزایش میزان روی می‌گردد (Wu et al., 2018).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مصرف مقدار مشخصی از کود نیتروژن (۵۰ کیلوگرم در هکتار) می‌تواند ضمن بهبود غلظت عناصر غذایی در دانه، موجب افزایش عملکرد دانه برنج گردد. همچنین، مصرف مقادیر پایین کود نیتروژن موجب کاهش عملکرد و از طرفی کاربرد بیش از اندازه کود نیتروژن ضمن اثرات منفی بر عملکرد برنج، منجر به تحمیل هزینه‌های اضافی مصرف کود بر کشاورز می‌گردد. اگرچه کاربرد نانوذرات اکسید روی از نظر صفات مختلف کمی و کیفی تا حدودی بر مصرف بیوچار برتری داشت ولی بالاترین غلظت عناصر غذایی در دانه و حداکثر عملکرد در شرایط کاربرد ترکیبی نانوذرات اکسید روی و بیوچار حاصل گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر، مصرف نیتروژن به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و کاربرد ترکیبی نانوذرات

برنج شناخته شدند.

اکسید روی و بیوچار پسته برنج به عنوان مقدار بهینه کود نیتروژن و گزینه مطلوب کودی جهت بهبود عملکرد محصول و غنی سازی دانه

References

1. Alharby, H. F., Metwali, E. M. R., Fuller, M. P., and Aldhebiani, A. Y. 2016. Impact of application of zinc oxide nanoparticles on callus induction, plant regeneration, element content and antioxidant enzyme activity in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under salt stress. Archives of Biological Sciences 68 (4): 723-735. <https://doi.org/10.2298/ABS151105017A>
2. Ali, I., Ullah, S., He, L., Zhao, Q., Iqbal, A., Wei, S., Shah, T., Ali, N., Bo, Y., Adnan, M., Amanullah, and Jiang, L. 2020. Combined application of biochar and nitrogen fertilizer improves rice yield, microbial activity and N-metabolism in a pot experiment. PeerJ. <https://doi.org/10.7717/peerj.10311>
3. Ajayi, A. E., and Horn, R. 2016. Modification of chemical and hydrophysical properties of two texturally differentiated soils due to varying magnitudes of added biochar. Soil Tillage Research 164: 34-44. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.01.011>
4. Bouqbis, L., Daoud, S., Koyro, H. W., Kammann, C. I., and Ainhout, L. F. Z. 2016. Biochar from argan shells: production and characterization. International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture 5 (4): 361-365. <https://doi.org/10.1007/s40093-016-0146-2>
5. Cui, Y. F., Meng, J., Wang, Q. X., Zhang, W. M., Cheng, X. Y., and Chen, W. F. 2017. Effect of straw and biochar addition on soil nitrogen, carbon, and super rice yield in cold waterlogged paddy soils of north China. Journal of Integrative Agriculture 16 (5): 1064-1074. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61578-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61578-2)
6. Dimkpa, C. O., White, J. C., Elmer, W. H., and Ardea-Torresdey, J. 2017. Nanoparticle and ionic Zn promote nutrient loading of sorghum grain under low NPK fertilization. Journal of Agricultural and Food Chemistry 65 (39): 8552-8559. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02961>
7. Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. Vol 982. Soil and Water Research Institute. 130 p. (in Persian).
8. Fageria, N. K., and Santos, A. B. 2008. Yield physiology of dry Bean. Journal of Plant Nutrition 31 (6): 983-1004. <https://doi.org/10.1080/01904160802096815>
9. Fageria, N. K., Gheyi, H. R., and Carvalho, C. S. 2014. Yield, potassium uptake, and use efficiency in upland rice genotypes. II INOVAGRI International Meeting, 13-16 April, Fortaleza, Brazil. pp 4515-4520.
10. Faraji, F., Esfehiani, M., Kavooosi, M., Nahvi, M., and Rabiyyi, B. 2012. Effects of split application and levels of nitrogen fertilizer on growth indices and grain yield of rice (*Oryza sativa* Cv. Khazar). Iranian Journal of Field Crop Science 43 (2): 323-333. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2012.28492>
11. Farooq, M., Ullah, A., Rehman, A., Nawaz, A., Nadeem, A., Wakeel, A., Nadeem, F., and Siddique, K. H. M. 2018. Application of zinc improves the productivity and biofortification of fine grain aromatic rice grown in dry seeded and puddle transplanted production systems. Field Crops Research 216: 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.11.004>
12. Hirzel, J., Pedreros, A., and Cordero, K. 2011. Effect of nitrogen rates and split nitrogen fertilization on grain yield and its components in flooded rice. Chilean Journal of Agricultural Research 71 (3): 437-444. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392011000300015>
13. Huang, M., Long, F. A. N., Jiang, L. G., Yang, S. Y., Zou, Y. B., and Uphoff, N. 2019. Continuous applications of biochar to rice: Effects on grain yield and yield attributes. Journal of Integrative Agriculture 18 (3): 563-570. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61993-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61993-8)
14. Hussain, S., Maqsood, M. A., Rengel, Z., and Aziz, T. 2012. Biofortification and estimated human bioavailability of zinc in wheat grains as influenced by methods of zinc application. Plant and Soil 361 (1-2): 279-290. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1217-4>
15. Islam, S. M. M., Gaihre, Y. K., Shah, A. L., Singh, U., Sarkar, M. I. U., Satter, J., Sanabria, M. A., and Biswas, J. C. 2016. Rice yields and nitrogen use efficiency with different fertilizers and water management under intensive lowland rice cropping systems in Bangladesh. Nutrient Cycling in Agroecosystems 106: 143-156. <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9795-9>
16. Jafari.Kelarijani, S. M., Barari Tari, D., Niknejad, Y., Fallah, H., and Amiri, E. 2021. Nitrogen affects on rice growth and nitrogen efficiency indices in different geographical regions in northern Iran. Romanian Agricultural Research 38: 79-92.
17. Ji, C., Li, J., Jiang, C., Zhang, L., Shi, L., Xu, F., and Cai, H. 2021. Zinc and nitrogen synergistic act on root-to-shoot translocation and preferential distribution in rice. Journal of Advanced Research. (In Press). <https://doi.org/10.1016/j.jare.2021.04.005>
18. Kamara, A., Kamara, H. S., and Kamara, M. S. 2015. Effect of rice straw biochar on soil quality and the early growth and biomass yield of two rice varieties. Agricultural Sciences 6 (08): 798. <https://doi.org/10.4236/as.2015.68077>

19. Kavvoosi, M., and Yazdani, M. R. 2020. Effect of irrigation interval and nitrogen fertilizer rate on grain yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Hashemi. Iranian Journal of Crop Sciences 22 (2): 168-182. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.29252/abj.22.2.168>
20. Kheyri, N., and Mobasser, H. R. 2016. Effect of seedling age and seeding rate in nursery on some agronomic traits and seed yield of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Tarom Hashemi. Journal of Crop Ecophysiology 10 (2): 431-446. (in Persian with English abstract).
21. Kheyri, N., Ajam-Norouzi, H., Mobasser, H. R., and Torabi, B. 2018. Effect of different resources and methods of silicon and zinc application on agronomic traits, nutrient uptake and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.). Applied Ecology and Environmental Research 16: 5781-5798. https://doi.org/10.15666/aeer/1605_57815798
22. Kheyri, N., Ajam-Norouzi, H., Mobasser, H. R., and Torabi, B. 2019a. Effects of silicon and zinc nanoparticles on growth, yield, and biochemical characteristics of rice. Agronomy Journal 111 (6): 3084-3090. <https://doi.org/10.2134/agronj2019.04.0304>
23. Kheyri, N., Ajam Norouzi, H., Mobasser, H. R., and Torabi, B. 2019b. Comparison of NPs foliar application of silicon and zink with soil application on agronomic and physiological traits of rice (*Oryza sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 17 (3): 503-515. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/gsc.v17i3.80028>
24. Kheyri, N., and Abbasalipour, M. 2021. Effect of foliar application of ZnO nanoparticles on yield components, yield and Zn efficiency indices in rice under water stress. Environmental Stresses in Crop Sciences 13 (4): 1203-1218. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/escs.2020.2298.1591>
25. Koyama, S., Katagiri, T., Minamikawa, K., Kato, M., and Hayashi, H. 2016. Effects of rice husk charcoal application on rice yield, methane emission, and soil carbon sequestration in andosol paddy soil. Japan Agricultural Research Quarterly 50: 319-327. <https://doi.org/10.6090/jarq.50.319>
26. Lai, L., Ismail, M. R., Muharam, F. M., Yusof, M. M., Ismail, R., and Jaafar, N. M. 2017. Effect of rice straw biochar and nitrogen fertilizer on rice growth and yield. Asian Journal of Crop Science 9 (4): 159-166. <https://doi.org/10.3923/ajcs.2017.159.166>
27. Liu, J., Schulz, H., Brandl, S., Miehtke, H., Huwe, B., and Glaser, B. 2012. Shortterm effect of biochar and compost on soil fertility and water status of a Dystric Cambisol in NE Germany under field conditions. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 175 (5): 698-707. <https://doi.org/10.1002/jpln.201100172>
28. Mahmoud-Soltani, S., Allahgholipoor, M., Shakouri Katigari, M., and Poursafar-Tabalvandani, A. 2020. Effect of basal and foliar application of zinc sulphate fertilizer on zinc uptake, yield and yield components of rice (Hashemi Cultivar). Iranian Journal of Soil and Water Research 51: 1013-1026. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/ijswr.2020.291977.668383>
29. Mahmoud Soltani, S., and Abbasian, A. 2021. Simultaneous application effect of rice husk biochar and zinc sulfate fertilizer on yield, yield components of rice (*Oryza sativa* L.) Hashemi cultivar and some soil chemical properties. Iranian Journal of Soil and Water Research 52 (3): 707-719. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/ijswr.2021.315776.668843>
30. Manolikaki, I., and Diamadopoulos, E. 2017. Ryegrass yield and nutrient status after biochar application in two Mediterranean soils. Archives of Agronomy and Soil Science 63 (8): 1093-1107. <https://doi.org/10.1080/03650340.2016.1267341>
31. Mavi, M. S., Singh, G., Singh, B. P., Sekhon, B. S., Choudhary, O. P., Sagi, S., and Berry, R. 2018. Interactive effects of rice-residue biochar and N-fertilizer on soil functions and crop biomass in contrasting soils. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 18 (1): 41-59. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162018005000201>
32. Mazaherinia, S., Astaraei, A. R., Fotovat, A., and Monshi, A. 2010. Effect of nano iron oxide particles on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. Journal of World Applied Sciences 7 (1): 156-162.
33. Moslehi, N., Niknejad, Y., Fallah Amoli, H., and Kheyri, N. 2016. Effect of integrated application of chemical, organic and biological fertilizers on some of the morphophysiological traits of rice (*Oryza sativa* L.) Tarom Hashemi cultivar. Crop Physiology Journal 8 (30): 87-103. (in Persian).
34. Nematzadeh, G. A., Khush, G. S., and Brar, B. S. 1993. Classification of rice germplasm from Iran via isozyme analysis. Rice Genetic Newsletter 1: 1-10.
35. Oladele, S., Adeyemo, A., Awodun, M., Ajayi, A., and Fasina, A. 2019. Effects of biochar and nitrogen fertilizer on soil physicochemical properties, nitrogen use efficiency and upland rice (*Oryza sativa*) yield grown on an Alfisol in Southwestern Nigeria. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture 8: 295-308. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0251-0>
36. Pampolino, M. F., Manguiat, I. J., Ramanathan, S., Gines, H. C., Tan, P. S., Chi, T. T. N., Rajendran, R., and Buresh, R. J. 2007. Environmental impact and economic benefits of site-specific nutrient management (SSNM) in irrigated rice systems. Agricultural Systems 93 (1-3): 1-24. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2006.04.002>
37. Panam, Z., Astaraei, A., and Lakzian, A. 2016. Effect of zinc oxide (nano and ordinary) and *Glomus intraradices* fungi on yield components and concentration of micronutrients in green bean plant. Journal of Soil and Plant Interactions 7 (2): 71-83. (in Persian with English abstract).

38. Paramasivam, K., Saraswathi, R., Subramanian, M., Marimuthu, R., Parthasarathy, P., Ramanathan, S., Manuel, S. W., and Ranganathan, T. B. 2005. A high yielding medium duration rice variety for Tamil Nadu. *Mad Agriculture Journal* 92: 1-3.
39. Pramanik, K., and Bera, A. K. 2013. Effect of seedling age and nitrogen fertilizer on growth, chlorophyll content, yield and economics of hybrid rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agronomy and Plant Production* 4 (S): 3489-3499.
40. Rehman, H. U. 2014. N-Zn dynamics under different rice production systems (Doctoral dissertation. University of Agriculture. Faisalabad).
41. Sandhu, S. S., and Mahal, S. S. 2014. Performance of rice under different planting methods, nitrogen levels and irrigation schedules. *Indian Journal of Agronomy* 59 (3): 392-397.
42. Schulz, H., Dunst, G., and Glaser, B. 2013. Positive effects of composted biochar on plant growth and soil fertility. *Agronomy for sustainable development* 33 (4): 817-827. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0150-0>
43. Shahane, A. A., Shivay, Y. S., Kumar, D., and Prasanna, R. 2018. Interaction effect of nitrogen, phosphorus, and zinc fertilization on growth, yield, and nutrient contents of aromatic rice varieties. *Journal of Plant Nutrition* 41: 2344-2355. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1510507>
44. Sheykhzadeh, M., Mobasser, H., Rahimi Petrodi, E., and Rezvani, M. 2021. Effects of foliar application of potassium silicate and nanoparticles (silicon + zinc) in different stages of growth and development on quantitative yield and grain enrichment of rice (*Oryza sativa* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 19 (1): 73-89. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jcesc.2021.37184.0>
45. Tayefe, M., Gerayzade, A., Amiri, E., and Nasrollah Zade, A. 2014. Effect of nitrogen on rice yield, yield components and quality parameters. *African Journal of Biotechnology* 13 (1): 91-105. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2298>
46. Tuyogon, D. S. J., Impa, S. M., Castillo, O. B., Larazo, W., and Johnson-Beebout, S. E. 2016. Enriching rice grain zinc through zinc fertilization and water management. *Soil Science Society of America Journal* 80 (1): 121-134. <https://doi.org/10.2136/sssaj2015.07.0262>
47. Wu, P., Cui, P. X., Fang, G. D., Wang, Y., Wang, S. Q., Zhou, D. M., Zhang, W., and Wang, Y. J. 2018. Biochar decreased the bioavailability of Zn to rice and wheat grains: insights from microscopic to macroscopic scales. *Science of the Total Environment* 621: 160-167. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.236>
48. Xu, H., Zhong, G., Lin, J., Ding, Y., Li, G., Wang, S., Liu, Z., Tang, S., and Ding, C. 2015. Effect of nitrogen management during the panicle stage in rice on the nitrogen utilization of rice and succeeding wheat crops. *European Journal of Agronomy* 70: 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.06.008>
49. Yuvaraj, M., and Subramanian, K. S. 2014. Fabrication of zinc nano fertilizer on growth parameter of rice. *Trends in Biosciences* 7 (17): 2564-2565.

Contents

Research Articles

- Yield and Nutritive Value of Mung Bean Forage (*Vigna radiata* L.) Affected by Potassium Fertilizer in Drought Conditions** 243
M. A. Karimian, Y. Shiri, F. Bidarnamani
- Optimization of Application Levels of Irrigation Water, Superabsorbent Polymer and Cattle Manure Using Response-Surface Methodology: A Study on Sesame (*Sesamum indicum* L.) in an Ecological Cropping System** 255
M. Jahan, M. Javadi
- The Response of Different Rice Cultivars (*Oryza sativa* L.) to Different Weed Management Methods under Direct Cultivation System** 275
A. Alamian Daronkola, F. Zaefarian, H. Abadian, I. Mansouri
- Detection Yield Related Traits of Wheat under Cyclic Drought Stress Condition Using Discriminant Analysis** 291
M. Dorrani-Nejad, R. Abdolshahi, A. Kazemipour, A. Maghsoudi-Moud
- The Effect of Seed Treatment and Foliar Spray with Ellagic Acid on Physiological Traits of Plants Soybean under Accelerated Aging** 305
S. Arab, M. Baradaran Firouzabadi, A. Gholami, M. Haydari
- The Effect of Simultaneous Application of Organic Fertilizers and Potassium Sulfate on Yield and Characteristics of Saffron Flowers and Stigmas (*Crocus sativus* L.)** 319
M. Moradi, P. Rezvani Moghaddam, R. Khorassani
- Selection of Suitable Sugar Beet Genotypes for Winter Sowing (Pending) in Torbat-e-Jam Region** 335
H. Hamidi, M. Ahmadi, D. Taleghani
- Effect of Application of Nitrogen Doses Along with Biochar and Zinc Nanoparticles on Quantitative and Qualitative Characteristics of Rice (*Oryza sativa* L.)** 349
S. Sheikhnazari, Y. Niknezhad, H. Fallah, D. Barari Tari

Iranian Journal of Field Crops Research

Ferdowsi University of Mashhad
Center of Excellence for Special Crops (CESC)

Vol. 20

No. 3

2022

Publisher	Ferdowsi University of Mashhad	
Managing	P. Rezvani Moghaddam (Agroecology)	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Editor- in-chief	H.R. Khazaei (Crop Physiology)	Prof., Ferdowsi University of Mashhad

Editorial Board

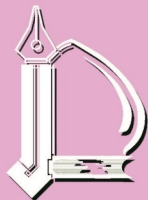
AghaAlikhani, M.	Weed-Crop Ecophysiology	Prof., Tarbiat Modares University, Tehran
Ehsanzadeh, P.	Plant Physiology	Prof., Isfahan University of Technology
Emam, Y.	Crop Physiology	Prof., Shiraz University
Bagheri, A.	Genetic and Plant Breeding	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Behdani, M.A.	Crop Ecology	Prof., University of Birjand
Banayan Awal, M.	Agro-Environment Modeling	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Jami Alahmadi, M.	Crop Physiology	Assoc. Prof., University of Birjand
Raei, Y.	Plant Eco physiology	Prof., Tabriz University
Rahimian-Mashhadi, H.	Crop Physiology	Prof., Tehran University
Zamani, Gh.R.	Crop Physiology	Assoc. Prof., University of Birjand
Zare- Feizabadi, A.	Crop Ecology	Prof., Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi Province
Shahriari-Ahmadi, F.	Genetic and Plant Breeding	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Kafi, M.	Crop Physiology	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Nezami, A.	Crop Physiology	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Khazaei, H.R.	Crop Physiology	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Eyshi Rezaei, E.	Crop modeling	Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research: Müncheberg, Brandenburg, Germany
Lashakri, A.	Environmental Plant Physiology	(CIMMYT-Henan Collaborative Innovation Centre), Henan Agricultural University, Zhengzhou, China

Address: Iranian Journal of Field Crops Research Ferdowsi University of Mashhad Faculty of Agriculture
Mashhad, Iran

P. O. Box: 91775-1163

Email: cesc@um.ac.ir

Web Site: <https://jcesc.um.ac.ir>



Ferdowsi University
of Mashhad

Iranian Journal of Field Crops Research

Vol.20

No.3

2022

ISSN:2008-1472

Contents

Research Articles

- Yield and Nutritive Value of Mung Bean Forage (*Vigna radiata* L.) Affected by Potassium Fertilizer in Drought Conditions 243**
M. A. Karimian, Y. Shiri, F. Bidarnamani

- Optimization of Application Levels of Irrigation Water, Superabsorbent Polymer and Cattle Manure Using Response-Surface Methodology: A Study on Sesame (*Sesamum indicum* L.) in an Ecological Cropping System 255**
M. Jahan, M. Javadi

- The Response of Different Rice Cultivars (*Oryza sativa* L.) to Different Weed Management Methods under Direct Cultivation System..... 275**
A. Alamian Daronkola, F. Zaefarian, H. Abadian, I. Mansouri

- Detection Yield Related Traits of Wheat under Cyclic Drought Stress Condition Using Discriminant Analysis..... 291**
M. Dorrani-Nejad, R. Abdolshahi, A. Kazemipour, A. Maghsoudi-Moud

- The Effect of Seed Treatment and Foliar Spray with Ellagic Acid on Physiological Traits of Plants Soybean under Accelerated Aging 305**
S. Arab, M. Baradaran Firouzabadi, A. Gholami, M. Haydari

- The Effect of Simultaneous Application of Organic Fertilizers and Potassium Sulfate on Yield and Characteristics of Saffron Flowers and Stigmas (*Crocus sativus* L.)..... 319**
M. Moradi, P. Rezvani Moghaddam, R. Khorassani

- Selection of Suitable Sugar Beet Genotypes for Winter Sowing (Pending) in Torbat-e-Jam Region 335**
H. Hamidi, M. Ahmadi, D. Taleghani

- Effect of Application of Nitrogen Doses Along with Biochar and Zinc Nanoparticles on Quantitative and Qualitative Characteristics of Rice (*Oryza sativa* L.)..... 349**
S. Sheikhnazari, Y. Niknezhad, H. Fallah, D. Barari Tari