

Investigate the Effect of Different Amounts of Nitrogen and Potassium Fertilizers on the Yield and Quality of Camelina (*Camelina sativa* L.)

Saman Yazdan Seta¹, Simin Mikaili Eli Balta², Ismail Nabizadeh^{3*}, Khadijah Ahmadi⁴

1- Assistant Professor Department of Agrotechnology, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Mahabad branch Islamic Azad University, Mahabad, Iran. (yazdanseta 79@Yahoo.com)

2- M.Sc. Graduate Student Department of Agrotechnology, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Mahabad branch Islamic Azad University, Mahabad, Iran. (siminmikaili@gmail.com)

3- Associate Professor, Professor Department of Agrotechnology, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Mahabad branch Islamic Azad University, Mahabad, Iran.
(*- Corresponding author's Email: Nabizadeh.esmaeil@gmail.com)

4- Ph.D. in Crop Physiology, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran. Iran.
(kh.ahmadi612@gmail.com)

Received Date: 17/04/2022

Accepted Date: 15/10/2022

Abstract

Introduction: Camelina is a known oil plant from the family Brassicaceae Burnett. In recent years, interest in the cultivation of this species has increased. This is due to the high tolerance of camelina to unfavorable environmental conditions and the possibility of versatile crop utilization. Special feature of this plant is its easy adaptation to various soil and climatic conditions. The aim of the research was to determine the reaction of the camelina to different foliar fertilization with macrolelements. The research hypothesis assumed that the applied fertilizer combinations would have a modifying effect on the size and quality of seed yield and would be economically justified.

Material and methods: To investigate the effect of different amounts of nitrogen and potassium fertilizers on the yield and quality of Camelina plant oil, an experiment was carried out in the agricultural year 2022 in Shahindej city. The experiment was factorial based on a completely randomized block design. The test factors included nitrogen fertilizer at three levels (0, 50, and 100 kg/ha), and the second factor was potassium fertilizer at three levels (0, 25, and 50 kg/ha), which Four repetitions were performed.

Results and discussion: The results of mean comparisons showed that the level of 100 kg/ha of urea fertilizer increased the number of capsules, 1000 seed weight, biological yield, harvest index, oil percentage, oil yield, protein percentage, and protein yield by 40.60, 68.00, 18.25, 158.29, 10.90, 52.00, 27.27, and 114.5% compared to the control treatment. Also, the increase of the mentioned traits in the treatment of using 50 kg/ha of potash fertilizer was 19.31, 41.75, 21.71, 31.36, 22.12, 87.69, 16.26, and 85.83% respectively. The mean comparison of the interaction treatments showed that the maximum plant height, the number of sub-branches, the number of seeds in the capsule, and the seed yield were recorded in the treatment using 100 kg/ha of urea along with the levels of 50 and 25 kg/ha of potash fertilizer. In this study, the difference between the treatment of applying 100 kg/ha of urea fertilizer with 50 and 25 kg/ha of potash with the treatment of 50 kg/ha of urea fertilizer with 50 kg/ha of potash was not significant in terms of grain yield. Therefore, considering the environmental effects of urea, it is recommended to use 50 kg/ha of urea along with 50 kg/ha of potash to achieve the maximum economic performance of Camelina. The biplot analysis showed that the first two components explained 91.5% of the data variation. Finally, the treatment of 50 kg/ha of urea along with 50 kg/ha of potash was recognized as the most appropriate treatment.

Conclusions: It can be stated that with the application of 50 kg/ha of nitrogen fertilizer and 50 kg of potassium fertilizer, the same yield can be obtained that can be obtained from the application of 100 kg/ha of nitrogen fertilizer along with 50 kg of potassium fertilizer, also the maximum yield of oil in the treatment of using 50 kg/ha of nitrogen fertilizer and 50 kg/ha of potassium fertilizer were obtained. It can be concluded that the application of the mentioned two levels, in addition to having a positive effect on the yield and yield components of seed and oil, led to the achievement of the maximum mentioned economic traits, they are also the most favorable treatment from an economic and environmental point of view.

Keywords: Seed Protein, Yield, Camelina, Chemical Fertilizer, Oil Yield.

تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر روی عملکرد و کیفیت روغن گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.)

سامان یزدان ستا^۱، سیمین میکائیلی الی بالتا^۲، اسمعیل نبی زاده^{۳*}، خدیجه احمدی^۴

۱- استادیار گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد، ایران
(yezdanseta79@Yahoo.com)

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، ایران
(siminmikaili@gmail.com)

۳- نویسنده مسئول و دانشیار گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد، ایران
(nabizadeh.esmaeil@gmail.com)

۴- دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
(kh.ahmadi612@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۸

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف کودهای نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد و کیفیت روغن دانه گیاه دارویی-روغنی کاملینا، آزمایشی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در شهرستان شاهین دژ اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی بود. فاکتورهای آزمایش شامل سه سطح کود نیتروژن (با منبع اوره) (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم) و سه سطح کود پتاسیم (با منبع سولفات پتاسیم) (صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم) در سه تکرار به اجرا درآمد. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و دانه، شاخص برداشت، شاخص برداشت، درصد و عملکرد روغن، درصد و عملکرد پروتئین بودند. نتایج مقایسات میانگین نشان داد که سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن تعداد خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد روغن، عملکرد روغن، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین را به ترتیب ۴۰/۶۰، ۶۸، ۱۸/۲۵، ۱۵۸/۲۹، ۱۰/۹۰، ۵۲، ۲۷/۲۷ و ۱۱۴/۵ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) افزایش داد. همچنین مقدار افزایش صفات مذکور در تیمار استفاده از ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم به ترتیب ۱۹/۳۱، ۴۱/۷۵، ۲۱/۷۱، ۳۱/۳۶، ۲۲/۱۲، ۸۷/۶۹، ۱۶/۲۶ و ۸۵/۸۳ درصد بود. در این بررسی حداکثر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه در تیمار استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه با سطوح ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم ثبت شد. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد دو مؤلفه اول ۹۱/۵ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین کرد. در نهایت تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه با ۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به عنوان مناسب‌ترین تیمار شناخته شد.

کلمات کلیدی: پروتئین دانه، عملکرد، کاملینا، کود شیمیایی، عملکرد روغن.

مقدمه

کاملینا با نام علمی (*Camelina sativa* L.) گیاهی کمتر شناخته شده و متعلق به خانواده *Brassicaceae* است (Righini et al., 2019). روغن کاملینا به عنوان یک جایگزین مناسب برای موم گیاه هوهوبا در صنایع آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد. این گیاه به دلیل دارا بودن ۵۰ تا ۶۰ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع مورد توجه بوده و به جهت دارا بودن اسیدهای چرب امگا ۳ در درمان سرطان مفید است (Raziei et al., 2016). کاملینا قادر است در شرایط مختلف آب و هوایی و خاک رشد نماید و در مقایسه با سایر گیاهان دانه روغنی نیاز کمتری به آب، کود و آفت کش ها و مقاومت بیشتری به سرما دارد. کاملینا مانند دیگر محصولات زراعی خانواده چلیپانیان به عناصر نیتروژن، فسفر و گوگرد نیاز دارد، اما این گیاه در مقایسه با سایر گیاهان این خانواده گیاه کم توقعی است و بسته به حاصلخیزی زمین ممکن است هیچ کودی نیاز نداشته باشد. در ایران گیاه روغنی کاملینا برای اولین بار از سال ۱۳۹۵ توسط یک گروه تحقیقاتی از دانشگاه رازی کرمانشاه اصلاح و کشت شد (Fallah et al., 2019).

کاملینا دارای خواص زراعتی ویژه ای است که به صورت پایدار احتیاجات خاک را کاهش داده یا آن ها را برطرف می کند (Dobre and Jur cone, 2011). کشت آن در خاک های سبک و شنی، خاک های دارای مواد مغذی کم و حتی در زمین های پست و حاشیه ای به خوبی امکان پذیر است (Dobre and Jur cone, 2011)، نیاز آبی کاملینا کم بوده و به صورت دیم قابل کشت است، کاملینا مانند دیگر محصولات زراعتی خانواده چلیپانیان به عناصر نیتروژن، فسفر و گوگرد نیاز دارد و در مقایسه با گیاهان دیگر این خانواده گیاه کم توقعی است و بسته به حاصلخیزی زمین ممکن است هیچ گونه کودی نیاز نداشته باشد (Schillinger et al., 2012). جیانگ و کالدول (Jiang and Caldwell, 2016) به این نتیجه رسیده اند که کاملینا معمولاً یک محصول کم نهاده در نظر گرفته می شود. آن ها در یک

آزمایش مزرعه ای ثابت کردند که به دوزهای بالای نیتروژن، حتی تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، واکنش مثبت نشان می دهد، اما این عمدتاً مربوط به گونه های جدید و بهبود یافته است. با توجه به شیوه های کشاورزی، لقاح بهینه کاملینا باید به عنوان یک ویژگی مهم در نظر گرفته شود (Stolarski et al., 2019). به طور مشابه با سایر محصولات از خانواده *Brassicaceae* Burnett، کاملینا هم به کود نیتروژن پاسخ مطلوبی می دهد. لی و همکاران (Li et al., 2019)، با این حال، نشان داد که افزایش کوددهی نیتروژن کاملینا منجر به انتشار بیشتر N_2O می شود. بنابراین، دوزهای بهینه کودهای نیتروژن باید در محصولات گیاهی انتخاب شود تا از تأثیر منفی بر محیط زیست جلوگیری شود. مقادیر توصیه شده نیتروژن برای کاملینا متفاوت است و از ۳۴ کیلوگرم در هکتار (Johnson et al., 2018) تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار (Mohammed et al., 2017) و بیشتر است (Jankowski et al., 2019). در مطالعه ملحی و همکاران (Malhi et al., 2014)، کاملینا به دوزهای بالای نیتروژن پاسخ مثبت داد. جیانگ و همکاران (Jiang et al., 2013) گزارش کردند که کوددهی کاملینا با نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه، محتوای پروتئین، عملکرد پروتئین و محتوای اسیدهای چرب غیر اشباع چندگانه شد، اما محتوای روغن و اسیدهای چرب تک غیر اشباع را کاهش داد. گرچه نیاز کاملینا به کوددهی متوسط تا کم است؛ اما مطالعات نشان داده بسته به نوع خاک، عملکرد کاملینا با استفاده از کودهای نیتروژنی به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. تحقیقات بین المللی نشان داده است که عملکرد دانه کاملینا و مقدار پاسخ به نیتروژن کاربردی می تواند با توجه به نوع خاک و شرایط آب و هوایی متفاوت باشد (Jankowski et al., 2019). عناصر معدنی نقش مهمی در مقاومت گیاه به تنش های محیطی مانند خشکی و شوری ایفا می کنند و پتاسیم به عنوان یکی از عناصر مهم مورد نیاز گیاه نقش مهمی در نگهداری فشار تورگر در هر دو شرایط خشکی و شوری ایفا می کند (Amiri Darban et al., 2021). اهمیت کود

پتاسیم برای تشکیل عملکرد و کیفیت آن به‌خوبی شناخته شده است (Wang et al., 2013). گیاهان در هنگام مواجهه شدن با تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی نیاز بیشتری به کاربرد پتاسیم دارند که می‌تواند به‌ضرورت پتاسیم برای حفظ تثبیت دی‌اکسیدکربن در فرآیند فتوسنتز نسبت داده شود (Amiri Darban et al., 2021). پتاسیم عنصر مغذی مهم دیگری است که در وزن دانه، عملکرد و مقاومت به خشکی گیاهان نقش دارد. مقدار قابل توجهی بیشتر پتاسیم درون زا در گونه‌های مقاوم به خشکی نسبت به گونه‌های حساس به خشکی گزارش شده است (Sedri et al., 2022). پتاسیم همچنین در تحمل تنش زیستی نقش دارد. بنابراین به نظر می‌رسد که تأمین برون‌زای این عنصر غذایی می‌تواند منجر به تولید گیاهان در شرایط کمبود آب می‌شود (Jeer et al., 2021). پتاسیم (K^+) اثرات قابل توجهی بر فعال‌سازی آنزیم، سنتز پروتئین، فتوسنتز، حرکت روزنه‌ها و رابطه آب (تنظیم تورگور و تنظیم

اسمزی) در گیاهان دارد (Lv et al., 2017). باتوجه به اهمیت کشت کاملینا به‌عنوان یک‌دانه روغنی با ارزش و نظر به اهمیت معرفی مقادیر جدید کودها در این محصول استراتژیک، این پژوهش با هدف بررسی مقادیر مختلف کودهای نیتروژن و پتاسیم بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی-روغنی گیاه کاملینا انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در استان آذربایجان غربی شهرستان شاهین دژ اجرا شد. محل آزمایش بین ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی در ارتفاع ۱۴۰۶ متری از سطح دریا قرار داشت. به‌منظور تعیین عناصر ریز مغذی و ماکرو از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه برداری و پس از تهیه نمونه مرکب، عناصر ماکرو و میکرو اندازه‌گیری و بافت خاک نیز تعیین گردید (جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه

Table 1. Chemical and physical characteristics of field soil

Optimal range	30 cm 0-	Chemical and physical properties of soil
Less than 2	2.14	EC
6.5-7.5	7.74	pH
40	45	SP (%)
Less than 10	23.33	TNV
20-30	20	Clay (%)
30-40	46	Silt (%)
30-40	34	Sand (%)
medium	L	TEX
medium	1.71	)(OC
medium	0.18	)(TN
medium	7.82	P
a lot	4.3	K

آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل فاکتور اول کود نیتروژن (با منبع اوره) با سه سطح

(صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم) و فاکتور دوم کود پتاسیم (با منبع سولفات پتاسیم) با سه سطح (صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم) بود. عملیات آماده سازی زمین از قبیل شخم،

تسطیح و قطعه‌بندی زمین در اواسط پاییز انجام شد. اندازه هر کرت ۱۸ متر مربع (۳×۶) بود، در داخل هر کرت ۱۵ ردیف کشت به فاصله ۰/۲ متر و به طول ۶ متر قرار داشت. بذرها در عمق یک سانتی‌متری به فاصله ۰/۱ متر از یکدیگر کاشته شدند. فاصله هر کرت از کرت مجاور ۱ و فاصله تکرارها ۲ متر مربع در نظر گرفته شدند. در این تحقیق از بذر کاملینا رقم سهیل استفاده شد که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شده بود. عملیات کشت در تاریخ ۱۴۰۰/۰۹/۱۹ توسط دستگاه بذر کار صورت گرفت. بر اساس نتایج آزمون خاک قبل از کشت ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل به همه واحدهای آزمایشی اضافه شد، کود پتاسیم نیز بر اساس نوع تیمار در نقشه آزمایشی به مقدار ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به کرت‌های مورد نظر قبل از کاشت اضافه و با خاک مخلوط شد. همچنین بر اساس نقشه کاشت کود نیتروژن در دو مرحله منطبق بر بارش‌های بهاری بعد از کاشت در کرت‌های آزمایشی مد نظر اعمال شد به‌طوری‌که یک دوم مرحله چهار برگی حقیقی (اواسط فروردین)، یک دوم دیگر در مرحله ساقه‌دهی (اوایل اردیبهشت) به کرت‌های مورد نظر اضافه شد. عملیات تنک کردن بوته‌ها در دو مرحله (مرحله تک برگی حقیقی و مرحله دوم در سه‌برگی حقیقی) جهت رسیدن به تراکم مطلوب (۵۰ بوته در متر مربع) انجام شد، در طول دوره رشد جهت مبارزه با علف‌های هرز مزرعه چند بار به صورت دستی وجین شد، جهت کنترل سفید پودری از سم کاپتان و جهت مبارزه با آفات به خصوص مورچه از سم دیازینون استفاده شد. محصول در تاریخ ۱۴۰۱/۳/۲۰ برداشت شد.

صفات مورد بررسی

در مرحله گلدهی از هر کرت آزمایشی ۲۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی (شاخه گل‌دهنده)، تعداد خورجین در بوته آن‌ها اندازه‌گیری و شمارش شد. در زمان برداشت، تعداد دانه‌ها در خورجین‌های ۲۰ بوته انتخابی شمارش و متوسط آن

به‌عنوان تعداد دانه در خورجین ثبت شد. همچنین ۲۰۰ دانه از هر واحد آزمایشی با استفاده از ترازوی دیجیتالی وزن، و بعد از گرفتن تنا سب وزن هزار دانه در هر واحد آزمایشی برآورد شد. جهت برآورد عملکرد بیولوژیک ابتدا اثرات حاشیه حذف شدند، سپس از یک کوادر ۱×۱ مترمربعی برای نمونه‌برداری استفاده شد. بوته‌های مربوطه به آزمایشگاه منتقل شد و در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و مجدد وزن شده و وزن ماده خشک (عملکرد بیولوژیک) نمونه‌های آزمایشی برآورد شدند. بعد از جدا نمودن دانه‌ها و توزین دانه‌های هر کرت عملکرد دانه در واحد مترمربع محاسبه شد. جهت محاسبه شاخص برداشت عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک تقسیم شد. برای برآورد میزان روغن دانه از هر تیمار ۵۰ گرم بذر انتخاب و با استفاده از دستگاه سوکسله بر پایه تغییرات وزنی- وزنی (Latif and Anwar, 2011) با حلال هگزان استخراج روغن انجام گرفت. همچنین عملکرد روغن از حاصلضرب درصد روغن در عملکرد دانه به دست آمد. درصد نیتروژن دانه به روش کج‌دال تعیین شد (Bremner, 1996). از حاصلضرب درصد نیتروژن در ضریب گیاهی (۶/۲۵) درصد پروتئین دانه به دست آمد. عملکرد پروتئین دانه نیز از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین به دست آمد.

تجزیه و تحلیل آماری

بعد از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد، مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

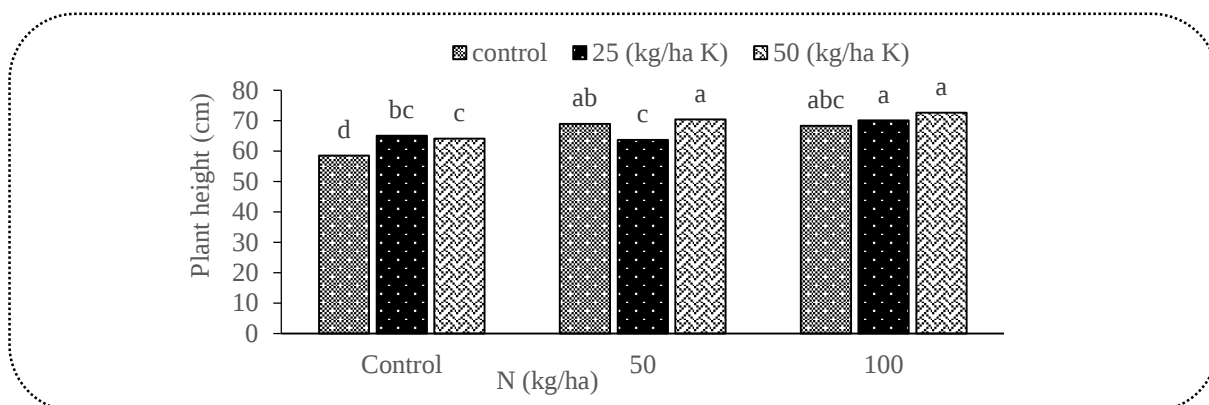
نتایج و بحث

ارتفاع بوته

در این مطالعه ارتفاع بوته کاملینا به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کود نیتروژن ($p < 0.01$)، پتاسیم

فتوستتزی به‌سوی ساقه‌ها جریان پیدا کرده و کشیدگی سلول‌های ساقه اتفاق می‌افتد که منجر به افزایش ارتفاع بوته می‌شود (Rasool et al., 2013). افزایش ارتفاع بوته کاملینا در تیمارهای کود نیتروژن در مطالعات دیگری نیز به اثبات رسیده است (Jankowski et al., 2019; Zarei et al., 2022). پتاسیم به‌عنوان یک عنصر غذایی ضروری به رشد سلولی کمک می‌کند و باعث بهبود عملکرد فتوستتزی، که در نتیجه منجر به افزایش تولید پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و مواد مغذی می‌شود. در شرایط تنش خشکی، وجود مقدار کافی پتاسیم می‌تواند بهبودی در عملکرد گیاهان را ایجاد کند تا بتوانند بهتر با محدودیت‌های آبی روبرو شوند. از این رو، تأمین نیاز به پتاسیم برای گیاهان مهم است تا بتوانند بهترین عملکرد رشدی و فتوستتزی را در شرایط تنش خشکی نشان دهند (Lv et al., 2017).

($p < 0.05$) و اثر متقابل دو تیمار ($p < 0.05$) قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین ترکیبات تیماری کود نیتروژن و پتاسیم از نظر اثر بر ارتفاع بوته حاکی از آن بود که کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه با ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم با متوسط ۷۲/۶۳ سانتی متر بالاترین ارتفاع بوته را تولید کرد. اختلاف بین تیمار مذکور و تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن همراه با تیمار صفر و ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم و کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن همراه با تیمار صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم معنی‌دار نبود، در این بررسی تیمار شاهد کودی (عدم کاربرد نیتروژن و پتاسیم) با متوسط ۵۸/۵۷ سانتی متر حداقل ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد (شکل ۱). یکی از عناصر مهم تشکیل‌دهنده کلروفیل و پروتئین عنصر نیتروژن است، با تأمین مقدار بهینه این عنصر فتوستتزی گیاه بیشتر شده، مقدار مواد



شکل ۱. مقایسه میانگین ترکیبات تیماری کود نیتروژن و کود پتاسیم بر ارتفاع بوته

Figure 1. Comparison of the average treatment combinations of N fertilizer and K fertilizer on plant height

جدول ۲. میانگین مربعات صفات مورد بررسی تحت تأثیر تیمارهای کود نیتروژن و پتاسیم در کاملینا

Table 2. Mean squares of investigated traits under the influence of N and K fertilizer treatments in Camelina

S.O.V	Df	Plant height	Number of sub-branches	Number of pods per plant	Number of seeds in a pod	Weight of a thousand grains	Biological Yield
R	2	13.66	7.98	512	2.81	0.29	949008
N	2	141.05**	59.90**	84116.1*	15.81**	2.71**	2287763*
K	2	33.91*	24.56**	10289.4*	4.29*	1.43**	3334452*
N×K	4	26.76*	17.19*	914.2 ^{ns}	3.59**	0.31 ^{ns}	638806 ^{ns}
Error	16	7.09	5.10	1778.6	0.73	0.21	603593
CV (%)		5.98	9.94	11.00	7.74	21.56	13.34

^{ns}, * و ** به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

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

ادامه جدول ۲. میانگین مربعات صفات مورد بررسی تحت تأثیر تیمارهای کود نیتروژن و پتاسیم در کاملینا

Table 2. Mean squares of investigated traits under the influence of N and K fertilizer treatments in Camelina

S.O.V	Df	Grain Yield	Harvest Index	Oil Percentage	Oil Yield	Protein Percentage	Grain Protein Yield
R	2	10118	15.95	0.46	2523	1.91	2269
N	2	3149134**	714.83**	83.06**	580443**	78.86**	313171**
K	2	706684**	94.65*	87.76**	185127**	40.75*	89612**
N×K	4	70856*	13.51 ^{ns}	2.82 ^{ns}	14157 ^{ns}	5.53 ^{ns}	9474 ^{ns}
Error	16	20209	16.54	11.34	6448	10.62	4770
CV (%)		11.53	19.54	9.05	16.84	12.65	20.69

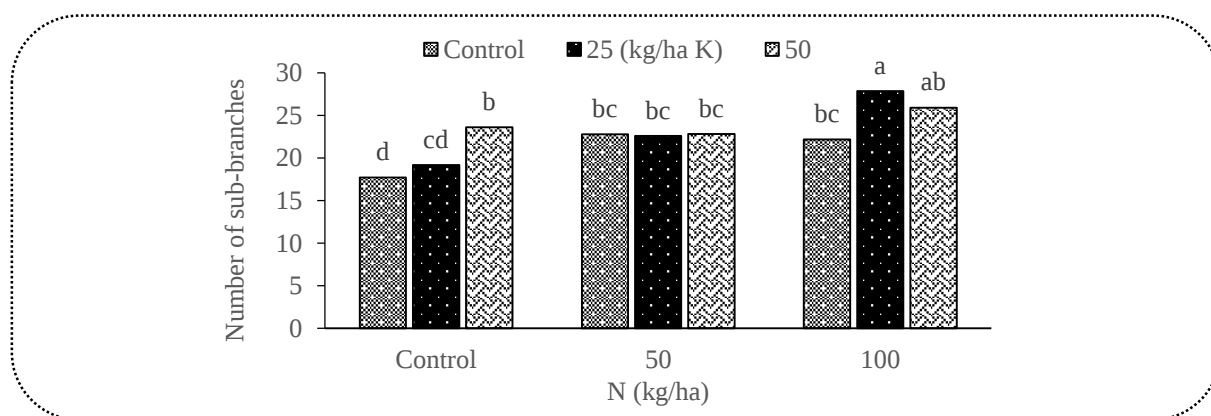
ns، * و ** به ترتیب عدم معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪،

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

تعداد شاخه فرعی

جذب و انتقال مواد فتوسنتزی و هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به مریستم‌های انتهایی و مریستم جانبی می‌شود و در نتیجه مجموعه این عوامل سبب افزایش تحریک مریستم انتهایی و مریستم جانبی و افزایش تولید شاخه‌های جانبی در سطح بالا نیتروژن می‌گردد. کنت جوشاهی (Kunt joshi et al., 2017) در مطالعه‌ای دریافت که کود نیتروژن اثر مثبتی بر افزایش تعداد شاخه جانبی در کاملینا داشت. کاربرد کود پتاسیم در گیاه کاملینا تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش کمبود آب می‌تواند به افزایش تعداد شاخه‌های فرعی منجر شود. این موضوع نشان‌دهنده اهمیت پتاسیم در بهبود رشد و توسعه گیاهان در شرایط مختلف است (Shirani Rad et al., 2023).

طبق نتایج تجزیه واریانس کود نیتروژن ($p < 0.01$)، کود پتاسیم ($p < 0.05$) و اثر متقابل دو تیمار ($p < 0.05$) بر تعداد شاخه‌های فرعی معنی‌داری بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن همراه با ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم به ترتیب با متوسط ۲۷/۸۴ و ۲۵/۹۰ بیشترین تعداد شاخه فرعی را به خود اختصاص داد، در بین تیمارهای مذکور تیمار شاهد کودهی (عدم کاربرد کود نیتروژن و پتاسیم) با متوسط ۱۷/۷۱ درصد کمترین تعداد شاخه فرعی را نشان داد (شکل ۲). به‌طور کلی افزایش کاربرد نیتروژن به دلیل افزایش سطح سبز فتوسنتزکننده موجب افزایش



شکل ۲. مقایسه میانگین ترکیبات تیماری کود نیتروژن و کود پتاسیم بر تعداد شاخه فرعی

Figure 2. Comparison of the average treatment combinations of N fertilizer and K fertilizer in terms of effect on the number of sub-branches

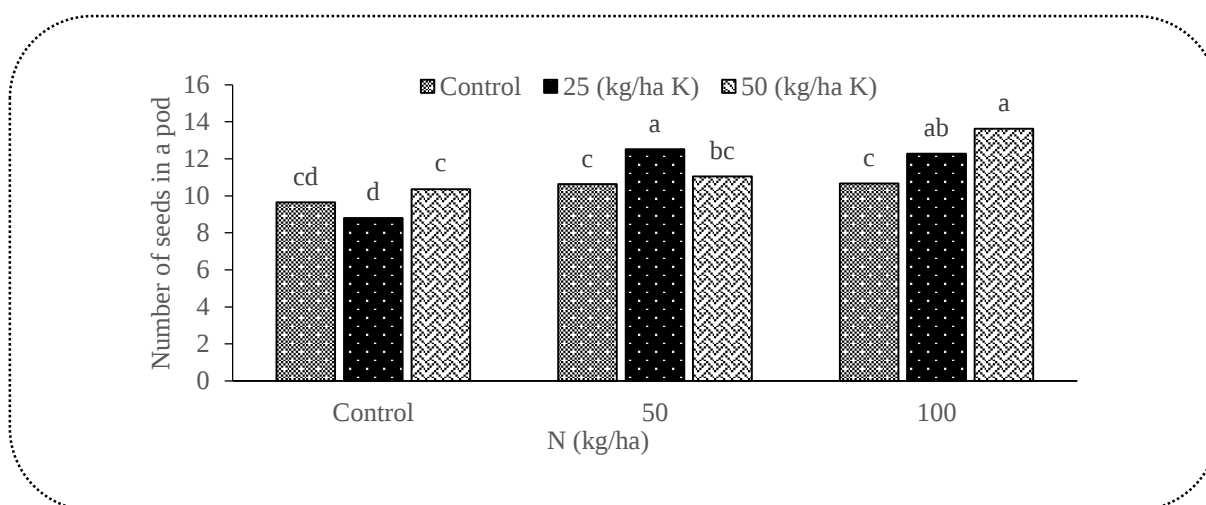
تعداد خورجین در بوته

نتایج نشان داد در این آزمایش تیمارهای کود نیتروژن ($p < 0/01$)، و کود پتاسیم ($p < 0/05$) به صورت معنی داری تعداد خورجین در بوته را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). در این بررسی تیمار بوته‌های کاملینا با ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار علاوه بر اینکه بالاترین تعداد خورجین در بوته (با متوسط $471/2$) را تولید کردند مقدار تعداد خورجین در بوته در مقایسه با سطوح ۵۰ و شاهد به ترتیب $15/29$ و $40/60$ درصد افزایش داد. کمترین تعداد خورجین در بوته برای تیمار شاهد (عدم کود دهی) با متوسط $279/76$ ثبت شد (جدول ۳). مطالعات نشان داده است که یکی از اجزای مؤثر در عملکرد دانه در گیاه کاملینا تعداد خورجینک بارور در بوته است (Jankowski et al et al., 2019). به نظر می‌رسد تأمین نیتروژن کافی برای گیاه کاملینا موجب کاهش تعداد گل‌های عقیم و کاهش ریزش آن‌ها شود، در تحقیقی بر روی کاملینا کنت جوشاهی و همکاران (Kunt joshi et al., 2017) اظهار داشتند، کاربرد کود نیتروژن تعداد خورجین در بوته کاملینا را به صورت چشمگیری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد. در مطالعه زارعی و همکاران (Zarei et al., 2022) حداکثر تعداد خورجین در بوته در تیمار کاربرد ۴۶ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به دست آمد. نتایج مقایسه سطوح کود پتاسه از نظر اثر بر تعداد خورجین در بوته نشان داد صفت مذکور واکنش مثبتی به اعمال کود پتاس نشان دادند به طوری که سطوح ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاس به ترتیب با متوسط $382/41$ و $411/62$ خورجین مقدار این صفت را در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب $37/41$ و $66/62$ واحد (معادل $10/84$ و $19/31$ ٪) افزایش دادند (جدول ۳). در این مطالعه کمترین تعداد خورجین در بوته برای تیمار شاهد (عدم کاربرد کود پتاسیم) ثبت شد. استفاده از ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم به طور قابل توجهی به افزایش تعداد خورجین‌ها در گیاه کاملینا منجر شده است. این یافته‌ها اهمیت استفاده از کودهای پتاسیمی را در بهبود عملکرد و کیفیت گیاهان دانه روغنی مانند کاملینا در

شرایط تنش خشکی را نشان می‌دهد. (Amiri Darban et al., 2021).

تعداد دانه در خورجین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر کود نیتروژن ($p < 0/01$)، کود پتاس ($p < 0/05$)، و اثر متقابل دو تیمار ($p < 0/01$)، بر تعداد دانه در خورجین معنی دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین ترکیبات تیماری نشان داد که تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن همراه با سطح ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم پتاس در هکتار به ترتیب با متوسط $12/28$ و $13/63$ دانه بالاترین تعداد دانه را تولید کردند، لازم به ذکر است که اختلاف بین تیمارهای ذکر شده با تیمار کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن همراه با ۲۵ کیلوگرم کود پتاسیم معنی دار نبود. در این آزمایش تیمار شاهد همراه با سطح ۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و همچنین تیمار عدم کوددهی به ترتیب با متوسط $8/80$ و $9/65$ دانه در خورجین حداقل تعداد دانه در بوته را تولید کردند (شکل ۳). منبع ذخیره مواد فتوسنتزی دانه‌ها هستند هر چه تعداد دانه بیشتر باشند ذخایر مواد فتوسنتزی افزایش می‌یابند. استفاده از کود نیتروژن به دلیل تأمین نیتروژن گیاه، تعداد مخازن فتوسنتزی (دانه‌ها) را افزایش می‌دهد و به نوبه خود موجب انتقال کارآمدتر این مواد به دانه‌ها در طول دوره رشد گیاه می‌شود (Yousaf et al., 2016). در آزمایشی که بر روی گیاه پنبه انجام شده است به اثبات رسیده است که در غیاب عنصر پتاسیم غلظت کربوهیدرات‌های سنتز شده در جریان فتوسنتز بالا رفته و مقدار انتقال این مواد به داخل مخازن (دانه‌ها) به شدت افت می‌کند که مجموع این فرآیندها موجب کاهش تعداد و وزن دانه در گیاه می‌شوند (Pettigrew, 2009). طی پژوهشی گزارش شده است، گیاه کاملینا بالاترین تعداد دانه در خورجینک را با اعمال کود پتاسیم به دست آورد. این موضوع نشان می‌دهد که کود پتاسیم می‌تواند به بهبود رشد و تولید گیاه کاملینا کمک کند، به خصوص در زمین‌هایی که کمبود کود پتاسیم دارند (Shirani Rad et al., 2023).



شکل ۳. مقایسه میانگین ترکیبات تیماری کود نیتروژن و کود پتاسیم بر تعداد دانه در خورجین

Figure 3. Comparison of the average treatment combinations of nitrogen fertilizer and potassium fertilizer on the number of seeds in Khurjin

وزن هزار دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف بین سطوح کود نیتروژن و پتاسیم از نظر اثر بر وزن هزار دانه معنی‌دار ($p < 0.01$) دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد کاربرد سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (به ترتیب با میانگین ۲/۳۶ و ۲/۵۲ گرم) وزن هزار دانه را در مقایسه با تیمار شاهد (با میانگین ۱/۵۰ گرم) به ترتیب ۵۷/۳۳ و ۶۸/۰۰ درصد افزایش دادند (جدول ۳). وزن هزار دانه یکی از اجزای عملکرد دانه در کاملینا است، بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه در تیمارهای کود نیتروژن می‌تواند دلیل افزایش وزن هزار دانه در این تیمارها باشد. زارعی و همکاران (Zarei et al., 2022) نشان دادند بالاترین وزن هزار دانه گیاه کاملینا در واکنش به تیمار ۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به دست آمد. در بین سطوح کود پتاسیم کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار با متوسط ۲/۵۸ گرم حداکثر وزن هزار دانه را به خود اختصاص داد، تیمار شاهد با متوسط ۱/۸۲ گرم کمترین وزن هزار دانه را تولید کرد و اختلاف بین تیمار شاهد و سطح ۲۵ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار نبود (جدول ۳). تأثیر مقدار پتاسیم بر وزن هزار دانه می‌تواند به دلیل افزایش جذب پتاسیم در گیاه و در نتیجه افزایش سطح برگ و فتوسنتز گیاه مربوط باشد. تحت

چنین شرایطی میزان تولید مواد و انتقال آن به دانه افزایش می‌یابد (Pettigrew, 2009). از طرفی، پتاسیم پیر شدن برگ‌ها را به تعویق انداخته و در نتیجه قابلیت استفاده گیاه از مواد غذایی در دوره پر شدن دانه را افزایش می‌دهد و در نتیجه آن، وزن دانه افزایش می‌یابد (Hasanuzzaman et al., 2018). تحقیقات ثابت کرده است که ساقه، یک منبع ذخیره‌ای کوچک کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی متحرک به شمار می‌رود که بعد از مرحله گلدهی این ترکیبات را به دانه انتقال می‌دهد. پتاسیم به خصوص در مرحله زایشی، مقدار ذخیره کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی متحرک را در ساقه از طریق افزایش سطح برگ و انتقال آن به دانه بهبود بخشیده و در نتیجه موجب افزایش وزن دانه می‌شود (Marschner et al., 2012). در مطالعات انجام شده توسط محققین گزارش شد که وزن هزار دانه پاسخ مثبتی به تیمار کود پتاسیم نشان داد. این یافته با نتایج تحقیقات حاضر مطابقت دارد و نشان می‌دهد که کاربرد پتاسیم می‌تواند به‌طور قابل توجهی وزن بذر را افزایش دهد که عاملی حیاتی در بهره‌وری کشاورزی است. تأثیر مثبت پتاسیم بر وزن دانه را می‌توان به نقش آن در فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف در گیاهان از جمله فتوسنتز، فعال سازی آنزیم و تنظیم اسمزی نسبت داد. این فرآیندها برای رشد و نمو

مطلوب به ویژه در شرایط تنش مانند خشکسالی ضروری هستند. افزایش وزن بذر از طریق تیمار پتاسيم نشان می دهد که ممکن است عملکرد و کیفیت کلی محصولات را نیز بهبود بخشد، که برای پایداری کشاورزی و امنیت غذایی حیاتی است (Shirani Rad et al., 2023).

عملکرد بیولوژیک

در این آزمایش عملکرد بیولوژیک کاملینا به صورت معنی داری تحت تأثیر سطوح کود نیتروژن و پتاسيم ($p < 0.05$) قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که سطوح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و تیمار شاهد به ترتیب با متوسط ۶۲۷۴/۸ و ۵۲۸۰/۲ کیلوگرم در هکتار حداکثر و حداقل عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند. اگر چه سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسيم با متوسط ۶۲۳۹ کیلوگرم در هکتار حداکثر عملکرد بیولوژیک را تولید کرد اما اختلاف بین سطح مذکور با ۲۵ کیلوگرم در هکتار معنی دار نبود. نتایج همچنین نشان داد کاربرد سطوح ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد بیولوژیک را در مقایسه با تیمار شاهد با متوسط ۵۱۲۶/۴ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۱۹/۲۰ و ۲۱/۷۰ درصد افزایش دادند (جدول ۳). محققان به این نتیجه رسیدند که در دسترس بودن عنصر نیتروژن برای گیاه موجب افزایش ماده خشک، بهبود رشد و نمو و فعالیت بیوشیمیایی گیاه می شود (Hasani Balyani et al., 2020)، همچنین از سوی

دیگر افزایش بیش از حد عناصر غذایی خاک از جمله نیتروژن، می تواند موجب کاهش بهره وری محصول شود و اغلب بازده اقتصادی به استفاده کارآمد از کود نیتروژن وابسته است. در تحقیقی سولیش و همکاران (Solis et al., 2013) نشان دادند که عملکرد بیولوژیک با افزایش سطح کود نیتروژن تا ۳۴/۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت و افزایش بیش از مقدار مذکور اثر معنی داری در افزایش عملکرد زیست توده نشان نداد. در مطالعه زراعی و همکاران (Zarei et al., 2022) حداکثر عملکرد بیولوژیک در تیمار کاربرد ۴۷ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه بدست آمد. پتاسيم با افزایش سرعت فتوسنتز برگ های گیاه، بر جذب دی اکسیدکربن و تسهیل انتقال کربن اثر مثبتی می گذارد. این عنصر با تأثیر بر متابولیسم کربن و فرآیند انتقال و ذخیره مواد فتوسنتزی و افزایش سنتز مواد حد واسط در رشد سلول ها می تواند نقش مثبتی در افزایش مقدار عملکرد بیولوژیک داشته باشد. طی پژوهشی کاربرد کود پتاسيم به طور قابل توجهی باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی در گیاه کاملینا نسبت به تیمار شاهد شد. پتاسيم برای فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف در گیاهان، از جمله فعال سازی آنزیم، فتو سنتز و تنظیم اسمزی حیاتی است. کاربرد آن می تواند با بهبود کارایی مصرف آب و کاهش نسبت سدیم به پتاسيم در بافت های گیاه، انعطاف پذیری گیاه را در برابر تنش های محیطی مانند خشکی و شوری افزایش دهد. به عنوان مثال، مطالعات نشان داده اند که افزایش

جدول ۳ مقایسه میانگین اثرات اصلی کود نیتروژن و پتاسيم بر صفات مورد بررسی در کاملینا

Table 3. Comparison of the main effects of nitrogen and potassium fertilizers on the examined traits in Camelina

N (kg/ha)	Number of pods per plant	Weight of a thousand grains (gr)	Biological Yield (kg/ha)	Harvest Index (%)	Oil Percentage (%)	Oil Yield (kg/ha)	Protein Percentage (%)	Protein Yield (%)
Control	76279c	1.5b	5280.2b	10.91b	33.97b	199.89c	22.75b	133.02c
50	398.94b	2.36a	5921.1ab	23.36a	40.02a	532.23b	25.86ab	367.54b
100	471.2a	2.52a	6274.8a	28.18a	37.63a	698.69a	28.66ab	500.9a
K (kg/ha)								
Control	345.86b	1.82b	5126.4b	17.76b	33.98b	325.65c	24.57b	233.93c
25	382.41a	1.98b	6110.7a	20.48ab	38.41a	494.24b	24.49b	340.03b
50	411.62a	2.58a	6238a	24.21a	40.20a	610.92a	28.21a	433.5a

سطح پتاسیم می‌تواند منجر به کاهش نسبت سدیم به پتاسیم در برگ و ساقه شود که در شرایط شور مفید است (Arabi et al., 2022).

عملکرد دانه

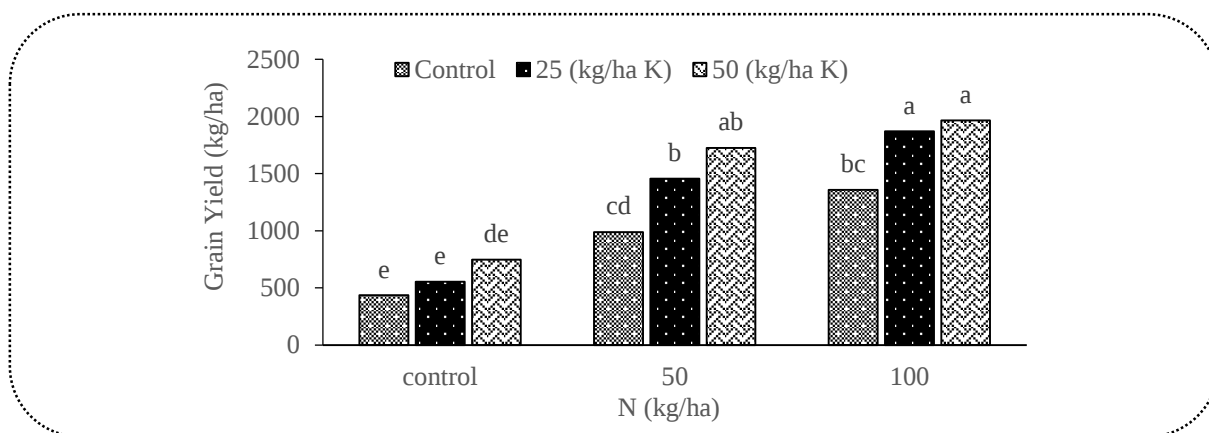
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد عملکرد دانه به صورت معنی‌داری تحت تأثیر کود نیتروژن، کود پتاسیم و اثر متقابل کود نیتروژن در پتاسیم قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین ترکیبات تیماری کود نیتروژن با پتاسیم نشان داد که ترکیب کود نیتروژن با پتاسیم اثر هم افزایی بر بهبود عملکرد دانه داشته است. در این تحقیق کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن همراه با ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار با متوسط ۱۸۷۰/۵ و ۱۹۶۵/۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را تولید کرد. اختلاف بین دو تیمار مذکور با تیمار کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار همراه با ۵۰ کیلوگرم در هکتار از نظر عملکرد دانه معنی‌دار نبود. در این مطالعه تیمار عدم مصرف نیتروژن همراه با تیمار عدم مصرف و ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم دارای اختلاف معنی‌دار نبود. در این بررسی در سطوح عدم مصرف کود نیتروژن اختلاف بین تیمارهای کاربرد کود پتاسیم معنی‌دار نبود در حالی که کاربرد ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم در سطوح ۵۰ (به ترتیب ۴۷/۱۲ و ۷۴/۱۲٪) و ۱۰۰ (به ترتیب ۳۷/۸۴ و ۴۴/۸۰٪) به صورت معنی‌داری عملکرد دانه را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دادند. در آزمایش حاضر حداکثر اجزای عملکرد دانه نظیر تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در واکنش به تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن همراه با سطوح ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن همراه با ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم حاصل شد، بنابراین افزایش عملکرد در تیمارهای مذکور را می‌توان به افزایش اجزای عملکرد دانه در این تیمارها نسبت داد (شکل ۴). افزایش عملکرد دانه با افزایش مصرف کود نیتروژن در این آزمایش را می‌توان به دلیل رشد سبزینه‌ای گیاه و افزایش

تولید ماده ذخیره‌ای، تعداد شاخه‌های فرعی، افزایش میزان باروری گل‌ها، تعداد خورجینک که در نهایت سبب افزایش عملکرد بذر می‌شود مرتبط دانست. گزارش شده است که واکنش گیاه کاملینا به سطوح مختلف نیتروژن در شرایط آب‌وهوایی مختلف، متفاوت است، برخی از شرایط محیطی محل آزمایش مانند دما می‌توانند پتانسیل عملکرد محصول را در پاسخ به نیتروژن محدود نمایند (Malhi et al., 2014). جانکوسکی و همکاران (Jankowski et al., 2019) اظهار داشتند حداکثر عملکرد کاملینا در کشور لهستان با کاربرد ۴۰/۸ کیلوگرم در هکتار قابل دستیابی است که بیشتر با تأثیر بر روی تعداد خورجینک در بوته به دست می‌آید، در حالی که افزایش سطح نیتروژن تا ۵۴/۴ کیلوگرم اثر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه در این محصول نداشته است.

گزارش شده است شرایط اقلیمی به خصوص بارندگی و ویژگی‌های خاک محل آزمایش بر مقدار نیاز کاملینا به عنصر نیتروژن تأثیرگذار است، ویسکی و همکاران (Wysocki et al., 2013)، مقدار نیاز به نیتروژن برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه در کاملینا را بسته به شرایط بارندگی و مقدار نیتروژن خاک بین ۵ تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار برآورد کردند. در تحقیقی دیگر در کانادا گزارش شد که حداکثر عملکرد دانه در کاملینا (کمتر از ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کاربرد کود نیتروژن در محدوده ۱۷۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم بدست آمد (Jiang and Caldwell et al., 2016). عنصر پتاسیم در اغلب فرایندهای مربوط به فعالیت آنزیم‌ها، فتوسنتز، انتقال قندها، سنتز پروتئین، نشاسته، استقرار بهتر گیاه در شرایط تنش کمبود آب به واسطه تنظیم سرعت و میزان باز و بسته شدن روزنه‌ها، بهبود مقاومت به تنش‌های محیطی مختلف نقش اساسی دارد (Hoeft et al., 2010)، پتاسیم از طریق فرایندهای مذکور می‌تواند عملکرد اقتصادی محصول را تحت تأثیر قرار دهد. اثر مثبت کود پتاسیم در بهبود عملکرد دانه در دیگر گیاهان روغنی مانند گلرنگ (Sawan et al et al., 2006) و کنجد

کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم گزارش شد (Amiri Darban et al., 2021).

(Sharma, 2005)، در مطالعات قبلی به اثبات رسیده است. در مطالعه‌ای حداکثر عملکرد دانه در گیاه کاملینا در واکنش به کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم + ۷۵



شکل ۴. مقایسه میانگین ترکیبات تیماری کود نیتروژن و کود پتاسیم بر عملکرد دانه

Figure 4. Comparison of the average treatment combinations of nitrogen fertilizer and potassium fertilizer on grain yield

شاخص برداشت بر توزیع نسبی محصولات فتو سنتز در بین مخزن‌های اقتصادی و سایر مخازن موجود در گیاه دلالت دارد. معنی‌دار بودن تأثیر مقادیر پتاسیم بر شاخص برداشت به مفهوم تأثیر بیشتر آن در ذخیره مواد تولید شده در فرآیند فتو سنتز تحت تأثیر پتاسیم در اندام‌های زایشی مانند دانه نسبت به اندام‌های رویشی کاملینا است. محققین اظهار می‌دارند که پتاسیم به‌طور مستقیم در تولید عملکرد بهینه دانه و کیفیت آن در محصولات زراعی نقش داشته و عملکرد دانه را بیش از عملکرد زیستی تحت تأثیر قرار می‌دهد (Cakmak, 2005).

درصد روغن

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف بین سطوح کود نیتروژن و پتاسیم از نظر درصد روغن دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین سطوح کود نیتروژن نشان داد که کاربرد سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار درصد روغن دانه را در مقایسه با سطح شاهد (عدم مصرف کود) به ترتیب ۱۷/۸۰ و ۱۰/۷۷ درصد افزایش دادند (جدول ۳). در بین تیمارهای کود

شاخص برداشت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بین سطوح کود نیتروژن ($p < 0.01$) و کود پتاسیم ($p < 0.05$) از نظر اثر بر شاخص برداشت اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). در بین سطوح تیمارهای کود نیتروژن سطوح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب با متوسط ۲۳/۳۶ و ۲۸/۱۸ درصد بالاترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند، اختلاف بین دو سطح مذکور معنی‌دار نبود، کمترین شاخص برداشت با متوسط ۱۰/۹۱ درصد برای تیمار شاهد (عدم مصرف نیتروژن) ثبت شد (جدول ۳). در تحقیق حاضر کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد کود پتاسیم به ترتیب با متوسط ۲۴/۲۱ و ۱۷/۴۶ درصد به ترتیب حداکثر و حداقل شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). گزارش شده است که استفاده مناسب از کودهای شیمیایی به خصوص تعداد مخازن فراورده‌های فتوسنتزی حاصل از رشد رویشی کاملینا را افزایش داده و باعث می‌شود فراورده‌های فتوسنتزی به موقع به دانه‌ها انتقال یافته و موجب افزایش شاخص برداشت شود (Amiri Darban et al., 2021).

پتاسیم سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار اگر چه بالاترین درصد روغن دانه را با متوسط ۴۰/۲۰ درصد به خود اختصاص داد، اما بین سطح مذکور و سطح ۲۵ کیلوگرم در هکتار از نظر درصد روغن اختلاف معنی دار دیده نشد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد استفاده از ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم درصد روغن را به ترتیب ۳/۴۳ و ۶/۲۲ واحد معادل ۴/۴۳ و ۶/۲۲ درصد افزایش دادند (جدول ۳). در مراحل رشد سریع گیاه که نیاز غذایی افزایش می یابد، به میزانی که مواد غذایی پرمصرف و کافی در اختیار گیاه قرار گیرد به دلیل اثر بر پر شدن دانه ها، درصد روغن افزایش می یابد. پژوهشگران بر این باورند که درصد روغن تحت کنترل عوامل ژنتیکی بوده، اما فراهمی عناصر ضروری در مرحله فعالیت های حیاتی و حساس گیاه نیز می تواند بر میزان فتوسنتز و تولید متابولیت های گیاه تأثیر گذاشته و در نهایت به انباشت روغن کمک نماید. اثر مثبت پتاسیم بر بهبود درصد روغن کنجد (Kathiresan, 2002) در مطالعه دیگری نیز به اثبات رسیده است. تأمین نیتروژن گیاه باعث افزایش محتوی پروتئین و کاهش محتوی روغن دانه می شود، وجود همبستگی و ارتباط منفی بین محتوی روغن دانه با محتوی پروتئین دانه در مطالعات قبلی در گیاه کاملینا (Solis et al., 2013) و کلزا (Stahl et al., 2017) به اثبات رسیده است. گزارشات متنوعی در مورد اثر کود نیتروژن بر محتوی روغن دانه کاملینا وجود دارد به طوری که اوبینگ و همکاران (Obeng et al., 2020) و محمد و همکاران (Mohammad et al., 2017) اظهار داشتند کاربرد کود نیتروژن و پتاسیم اثر معنی داری بر تغییرات درصد روغن دانه کاملینا نداشت در حالیکه در مطالعات مختلفی به اثبات رسیده است افزایش سطح نیتروژن موجب کاهش محتوی روغن دانه کاملینا می شود (Sintim et al., 2015; Johnson et al., 2019).

عملکرد روغن

نتایج نشان داد عملکرد روغن به صورت معنی داری تحت تأثیر کود نیتروژن و کود پتاسیم ($p < 0.01$) قرار

گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (به ترتیب با متوسط ۵۳۲/۲۳ و ۶۹۸/۶۹ کیلوگرم در هکتار) متوسط عملکرد روغن را در مقایسه با تیمار عدم کاربرد کود به ترتیب ۳۳۲/۳۴ و ۴۹۸/۸ کیلوگرم در هکتار افزایش دادند. در این بررسی تیمار شاهد (عدم کاربرد کود نیتروژن) با متوسط ۱۹۹/۸۹ کیلوگرم در هکتار کم ترین عملکرد روغن را به خود اختصاص داد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد کاربرد کود پتاسیم اثر مثبتی بر افزایش عملکرد روغن دانه داشت به طوری که استفاده از ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب با متوسط ۴۹۲/۲۴ و ۶۱۰/۹۲ قادر به افزایش عملکرد روغن دانه به مقدار ۱۶۸/۵۹ و ۲۵۸/۲۷ کیلوگرم در هکتار معادل ۵۱/۸۷ و ۸۷/۷۷ درصد در مقایسه با تیمار عدم کاربرد کود پتاسیم (۳۲۵/۶۵ کیلوگرم در هکتار) بودند (جدول ۳). پتاسیم نقش مهمی در فعالیت های فیزیولوژیکی و سیستم های آنزیمی گیاهان دارد و به طور قابل توجهی بر متابولیسم مواد فتوسنتزی و تبدیل آن ها به روغن تأثیر می گذارد. وجود پتاسیم فعالیت های آنزیمی متعددی را که برای فتوسنتز و فرایندهای متابولیک کلی در گیاه حیاتی هستند، تسهیل می کند. (Ghaffari Nejad et al., 2020). تحقیقات نشان می دهد که پتاسیم نه تنها به سنتز ترکیبات ضروری کمک می کند، بلکه به تنظیم پاسخ های فیزیولوژیکی گیاهان در شرایط مختلف تنش نیز کمک می کند. به پایداری غشای سلولی و فعال شدن آنزیم های دخیل در مسیرهای متابولیک کمک می کند، که برای تبدیل مؤثر محصولات فتوسنتزی به روغن حیاتی هستند. این تنظیم آنزیمی برای به حداکثر رساندن تولید روغن اساسی است، زیرا به طور مستقیم بر توانایی گیاه در استفاده مؤثر از منابع موجود تأثیر می گذارد. نقش پتاسیم در بهبود انعطاف پذیری گیاه در برابر تنش های غیرزنده مانند خشکی که می تواند بر رشد و تولید روغن تأثیر منفی بگذارد، گسترش می یابد. با افزایش تحمل گیاه به تنش، پتاسیم تضمین می کند که فرایندهای متابولیکی

کارآمد باقی می‌مانند و در نتیجه از عملکرد روغن بالاتر حمایت می‌کنند (Hopkins et al., 2022).

درصد پروتئین

بر اساس نتایج تحقیق حاضر اثر کود نیتروژن ($0/01$ و $p < 0/01$) و کود پتاسیم ($0/01$ و $p < 0/01$) بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). در این آزمایش کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با متوسط $28/66$ درصد حداکثر درصد پروتئین دانه را به خود اختصاص داد. اختلاف بین سطح مذکور و سطح 50 کیلوگرم در هکتار معنی‌دار نبود. کم‌ترین درصد پروتئین نیز با متوسط $22/75$ به تیمار شاهد کودی (عدم کاربرد کود نیتروژن)، اختصاص داشت. نتایج تحقیق حاضر نشان داد با افزایش سطح نیتروژن بر درصد پروتئین دانه افزوده شد اما به صورت همزمان عملکرد روغن دانه کاهش نشان داد. در بررسی حاضر استفاده از سطح 50 کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم (با متوسط $28/21$ درصد پروتئین دانه را در مقایسه با سطح 25 ($24/49$ درصد) و عدم مصرف کود پتاسیم ($24/57$ درصد) به ترتیب $3/64$ و $3/72$ معادل $15/18$ و $14/85$ درصد افزایش داد (جدول ۳). نتایج بیانگر آن است که محتوای پروتئین با افزایش مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد و از آنجایی که بیش‌ترین نقش پتاسیم در گیاهان خاصیت کاتالیزوری آن است و پتاسیم موجب فعالیت آنزیم‌هایی می‌شود که کاتالیزور ساخت پروتئین هستند، بنابراین با افزایش پتاسیم محتوای پروتئین افزایش پیدا می‌کند. وجود این رابطه معکوس بین پروتئین و غلظت روغن را می‌توان به رقابت این دو ترکیب برای اسکلت‌های کربن در هنگام متابولیسم کربوهیدرات‌ها مرتبط دانست. این امر به دلیل پایین بودن سطح کربوهیدرات‌ها در پروتئین نسبت به روغن است که می‌تواند به افزایش میزان نیتروژن در سنتز پروتئین‌ها با هزینه سنتز اسید چرب در بیشتر محصولات زراعی روغنی شود (Malhi et al., 2014). بنابراین افزایش پیش ماده‌های پروتئین مانند کود نیتروژن، می‌تواند موجب افزایش پروتئین دانه و کاهش درصد روغن دانه‌ها شود.

همسو با نتایج مطالعه حاضر جانکوسکی و همکاران (Jankowski et al., 2019) نشان دادند با افزایش کود نیتروژن درصد روغن کاهش و درصد نیتروژن افزایش نشان داد. تحت شرایط افزایش نیتروژن کربوهیدرات‌های موجود برای سنتز روغن افزایش یافته و یا احتمالاً انتقال انرژی و منابع بیشتر به تولید پروتئین به جای تولید روغن را می‌توان از دلایل کاهش درصد روغن و افزایش نسبت پروتئین به شمار آورد (Elhanafi et al., 2019).

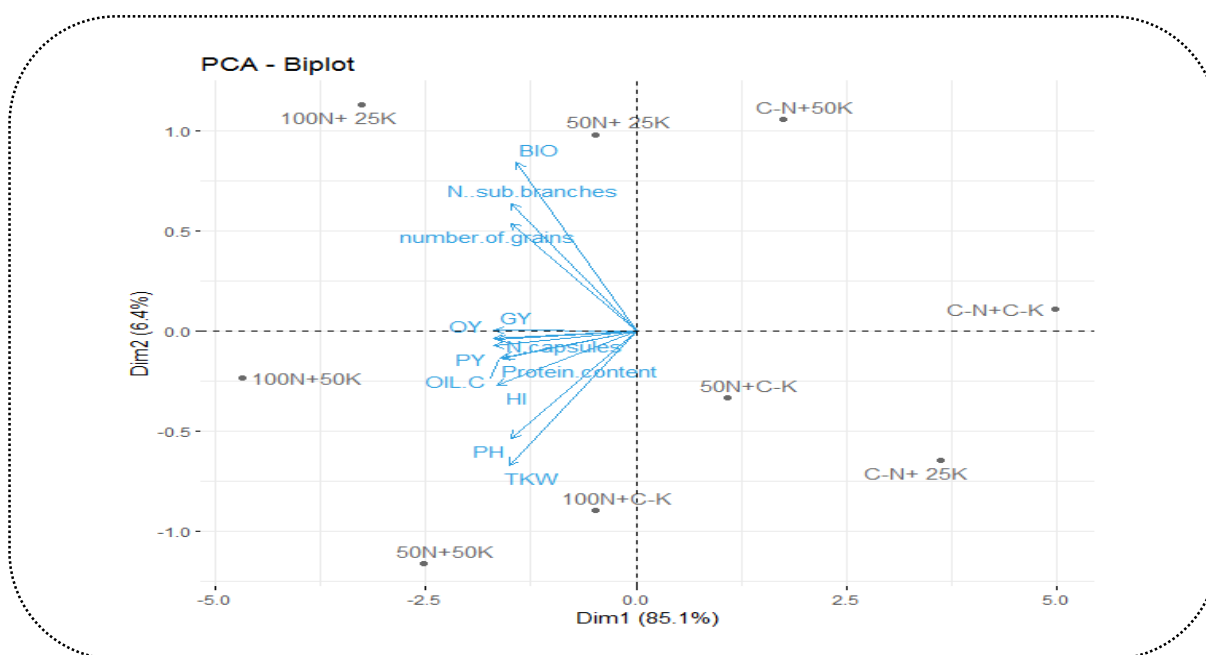
عملکرد پروتئین دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اختلاف بین سطوح کود نیتروژن و پتاسیم از نظر درصد پروتئین دانه معنی‌دار (هر دو $0/01$ و $p < 0/01$) بود (جدول ۲). نتایج نشان داد کاربرد کود نیتروژن اثر مثبتی بر بهبود عملکرد پروتئین دانه داشت به‌طوری‌که سطوح 50 و 100 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به ترتیب با متوسط $367/54$ و $500/9$ کیلوگرم در هکتار در رتبه اول و دوم قرار گرفتند تیمار شاهد با متوسط $133/02$ کیلوگرم در هکتار کم‌ترین عملکرد روغن را به خود اختصاص داد (جدول ۳). نظر به اینکه عملکرد پروتئین دانه از دو جزء عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه تشکیل شده است، بالا بودن عملکرد پروتئین در تیمار 100 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به دلیل بالا بودن این دو جزء در تیمار 100 کیلوگرم در هکتار بود. در بین سطوح کود پتاسیم سطح 50 کیلوگرم در هکتار با متوسط $433/5$ کیلوگرم در هکتار بالاترین و تیمار شاهد (عدم کاربرد کود پتاسیم) با متوسط $233/93$ کیلوگرم در هکتار کم‌ترین عملکرد پروتئین را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). در مطالعه اوبینگ و همکاران (Obeng et al., 2020) بر روی کاملینا بالاترین عملکرد دانه با متوسط 341 کیلوگرم در هکتار در تیمار کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار بدست آمد، همچنین سینتیم و همکاران (Sintim et al., 2015) اظهار داشتند با افزایش سطح کود نیتروژن به صورت همزمان بر درصد پروتئین دانه در کاملینا افزوده می‌شود.

تجزیه بای پلات

پتاسیم، تیمارهای ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + ۲۵ کیلوگرم پتاسیم بدست آمد، لازم به ذکر است که جهت بردار صفات عملکرد بیولوژیک، تعداد شاخه جانبی و تعداد دانه با دو تیمار شاهد نیتروژن + ۲۵ کیلوگرم پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن با شاهد پتاسیم مخالف بود، که بیانگر آن بود که صفات مذکور کمترین مقادیر را در واکنش به شاهد نیتروژن + ۲۵ کیلوگرم پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن کسب کردند، نکته دیگر که باید به آن اشاره داشت این است که زاویه بین بردارهای صفات عملکرد بیولوژیک، تعداد شاخه جانبی و تعداد دانه با یکدیگر کم و هم جهت بودند که بیانگر وجود همبستگی مثبت بین صفات مذکور است (شکل ۵).

بر اساس نتایج آنالیز بای پلات دو عامل اول ۹۱/۵ درصد از کل واریانس داده ها را تبیین کرد، گروه بندی داده ها بر اساس تیمارها و صفات مورد بررسی نشان داد در ناحیه اول (بالا سمت چپ) تیمارهای ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن + ۲۵ کیلوگرم پتاسیم، تیمارهای ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + ۲۵ کیلوگرم پتاسیم قرار گرفتند، تیمارهای مذکور بیشترین نزدیکی را با صفات عملکرد بیولوژیک، تعداد شاخه جانبی و تعداد دانه داشتند، قرار گرفتن این صفات در کنار تیمارهای مذکور نشان دهنده این است که بالاترین عملکرد بیولوژیک، تعداد شاخه جانبی و تعداد دانه در واکنش به تیمارهای ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن + ۲۵ کیلوگرم



شکل ۵. نمودار بای پلات گروه بندی تیمارها و صفات مورد بررسی در کاملینا

Figure 5. Biplot diagram of the grouping of treatments and studied traits in Camelina

تیمارها در کنار صفات مذکور بیانگر واکنش مثبت صفات به تیمارهای مذکور است. همانطوری که مشاهده می شود، بردارهای عملکرد دانه با بردارهای وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت، تعداد خورجی در بوته، عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین هم جهت و در مجاور یکدیگر قرار گرفته اند، که بیانگر همبستگی مثبت و تأثیرپذیری مثبت

در ناحیه چهار بای پلات صفات وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت، تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین قرار گرفتند، صفات مذکور در کنار تیمارهای ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن + شاهد پتاسیم، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + ۵۰ کیلوگرم پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن + ۵۰ کیلوگرم پتاسیم قرار گرفتند، قرار گرفتن این

منابع

Ahmadi, M. R., and A. Javidan Far. 1999. Nutrition Oil Plant Canola. Committee Oilseeds. Amidi publications. East Azarbaijan.

Amiri Darban, N., Q., Noor Mohammadi, A.H., Shirani Rad, S.M.J., Mirhadi, and A. Majidi, 2021. Investigating the physiological response and yield of camellia seed and oil (*Camelina sativa* L. Crantz) to the application of ammonium sulfate and potassium sulfate under drought stress at the end of the season. Environmental tensions in agricultural sciences. 54(4): 87-99.

Arabi, M., Parsa, S., Jami Al-Ahmadi, M., and S. Mahmoodi, 2022. Effect of superabsorbent polymer and potassium sulfate on growth, yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) under water deficit conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 15(1): 149-160.

Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. J. Plant Nutr. Soil Science. 168: 521-53.

Dobre, P., and C. Jur, 2011. Camelina sativa- an oilseed crop with unique agronomic characteristics. scientific Papers, UA SVMBU charest. Series A, VOL. LIV 425-430.

Elhanafi, L., Houhou, M., Rais, C., Mansouri, I., Elghadraoui, L., and Greche, H. 2019. Impact of excessive nitrogen fertilization on the biochemical quality, phenolic compounds, and antioxidant power of *Sesamum indicum* L seeds. Journal of Food Quality. 2: 1-6.

Esmaeili, A., A., Najaphy, and D. Kahrizi, 2022. Evaluation of drought tolerance in camelina (*Camelina Sativa*) doubled haploid lines using selection index of ideal genotype (SIIG). Journal of Crop Breeding. 14(44): 199-210.

Fallah, F., D., Kahrizi, A., Rezaeizad, A.R., Zebarjadi, and L. Zarei, 2019. Evaluation of genetic variation and parameters of fatty acid profile in doubled haploid lines of *Camelina sativa* L. Plant

صفات مذکور از یکدیگر است (شکل ۵). در ارزیابی مقدار تحمل به تنش در لاین‌های هاپلوئید مضاعف کاملینا خشکی اسماعیلی و همکاران (Esmaeili et al., 2022) از روش بای بای پلات استفاده کردند، در مطالعه آن‌ها دو مولفه اول ۹۹/۶۸ درصد از کل تغییرات داده‌ها را تبیین کرد.

نتیجه‌گیری

باتوجه به اهمیت اقتصادی عملکرد دانه و عملکرد روغن در گیاه کاملینا نتیجه‌گیری کلی بر اساس این دو صفت که برآیند کلیه صفات مورد بررسی است انجام می‌شود، در تحقیق حاضر اگر چه حداکثر عملکرد دانه در تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم بدست آمد، اما اختلاف بین تیمار مذکور با تیمار استفاده از ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (با توجه به هدر رفت سریع کود نیتروژن از طریق آب شویی) همراه با ۵۰ کیلوگرم در پتاسیم معنی‌دار نبود، همچنین در آنالیز بای پلات نیز عملکرد دانه و عملکرد روغن در مجاورت تیمارهای ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + ۵۰ کیلوگرم پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن + ۵۰ کیلوگرم پتاسیم قرار گرفتند، که بیانگر اثر مثبت این تیمارها بر صفات مذکور بود. بنابراین می‌توان اظهار داشت با کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۵۰ کود پتاسیم همان عملکردی به دست می‌آید که از کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن همراه با ۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم قابل دست‌یابی است، همچنین حداکثر عملکرد روغن در تیمار استفاده از ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم به دست آمد. می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد دو سطح مذکور علاوه بر اینکه با اثر مثبت بر روی عملکرد و اجزای عملکرد دانه و روغن موجب حصول حداکثر صفات اقتصادی مذکور شدند مطلوب‌ترین تیمار از لحاظ اقتصادی و زیست محیطی نیز هستند.

Journal. 105: 1847–1852.

Johnson, J.M., R.W., Gesch, and N.W. Barbour, 2018. Spring camelina N rate: Balancing agronomics and environmental risk in United States Corn Belt. Arch. Agron. Soil Science. 65: 640–653 .

Kathiresan, G. 2002. Response of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes to levels of nutrients and spacing under different seasons. Indian Journal of Agronomy. 47: 537-540.

Kunt joshi, S., S., Ahmad, L. C., Meher, A., Agarwal, and M. Nasim, 2017. Growth and yield response of Camelina sativa to inorganic fertilizers and farmyard manure in hot semi-arid climate of India. Advances in Plants & Agriculture Research. 7 (3): 305-309.

Latif, S., and A. Farooq, 2011. Aqueous enzymatic sesame oil and protein extraction. Food Chemistry. 125 (2): 679-684.

Li, N., P., Kumar, L., Lai, G.O., Abagandura, S., Kumar, T., Nleya, H.L., Sieverding, J.J., Stone, and W. Gibbons, 2019. Response of Soil Greenhouse Gas Fluxes and Soil Properties to Nitrogen Fertilizer Rates under Camelina and Carinata Nonfood Oilseed Crops. BioEnergy Reserch. 12: 524–535 .

Lv, X., T., Li, X., Wen, Y., Liao, and Y. Liu, 2017. Effect of potassium foliage application post-anthesis on grain filling of wheat under drought stress. Field Crop. Reserch. 206: 95–105.

Malhi, S.S., E.N., Johnson, L.M., Hall, W.E., May, S., Phelps, and B. Nybo, 2014. Effect of nitrogen fertilizer application on seed yield, N uptake, and seed quality of Camelina sativa. Canadian Journal of Soil Science. 94(1): 35-47.

Malhi, S.S., E.N., Johnson, L.M., Hall, W.E., May, S., Phelps, and B. Nybo, 2014. Effect of nitrogen fertilizer application on seed yield, N uptake, and seed quality of Camelina sativa. Can. Journal Soil Science. 94: 35–47.

Genet. Res. 6(2): 79 96.

Ghaffari Nejad, S.A., F., Nourgholipour, and M.N. Gheybi, 2020. Biostimulants and their roles in plant physiology, nutrient absorption, and tolerance to abiotic stresses. Land Management Journal. 8(1): 47-67.

Hasani Balyan, M., M.R., Tadayon, and A.A. Fadaei Tehrani, 2020. Evaluation of some growth and yield traits of Camelina sativa L. under the influence of biological and chemical fertilizers. Journal of Crop Production and Processing. 10(1): 39-51.

Hasanuzzaman, M., B., Bhuyan., K., Nahar., S., Hossain., J., Al Mahmud., S., Hossen., A.A.C., Masud, and M.M. Fujita. 2018. Potassium: A vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. Agron. 8(31): 1-29.

Hoeft, R. G., E.D., Nafziger, R.R., Johnson, and R. Aldrich, 2010. Modern Corn and Soybean Production, MCSP Publications, USA.

Jankowski, K.J., M., Sokólski, and B. Kordan, 2019. Camelina: Yield and quality response to nitrogen and sulfur fertilization in Poland. Industrial Crops and Products 141: 111776.

Jeer, M., Y., Yele, K.C., Sharma, and N.B. Prakash, 2021. Exogenous application of different silicon sources and potassium reduces pink stem borer damage and improves photosynthesis, yield and related parameters in wheat. Silicon. 13: 901–910.

Jiang, Y., C.D., Caldwell, K.C., Falk, R.R., Lada, and D. MacDonald, 2013. Camelina yield and quality response to combined nitrogen and sulfur. Agron. Journal. 105: 1847–1852.

Jiang, Y., and C.D. Caldwell, 2016. Effect of nitrogen fertilization on camelina seed yield, yield components, and downy mildew infection. Can. Journal Plant Science. 96: 17–26 .

Jiang, Y., C.D., Caldwell, K.C., Falk, R., Lada, and D. Macdonald, 2013. Camelina Yield and Quality Response to Combined Nitrogen and Sulfur. Agron.

- Sedri, M.H., E., Roohi, M., Niazian, and G. Niedbala, 2022. Interactive effects of nitrogen and potassium fertilizers on quantitative-qualitative traits and drought tolerance indices of rainfed wheat cultivar. *Agronomy*.12: 30.
- Shirani Rad, A., M., Malmir, and H. Eyni-Nargeseh, 2023. Potassium Silicate Positively Affects Oil Content, Physiologic, and Agronomic Traits of *Camelina sativa* L. Under Optimal Water Supply and Drought Stress Conditions. *Silicon*. 121(3): 117-129.
- Sintim, H.Y., V.D., Zheljazkov, A.K., Obour, A.G., Garcia, and T.K. Foulke, 2015. Influence of nitrogen and sulfur application on camelina performance under dryland conditions. *Ind. Crops Prod.* 70: 253–259.
- Solis, A., I., Vidal, L., Paulino, B. L., Johnson, and M.T. Berti, 2013. Camelina seed yield response to nitrogen, sulfur, and phosphorus fertilizer in South Central Chile. *Industrial Crops and Products*. 44: 132-138.
- Stahl, A., M., Pfeifer, M., Frisch, B., Wittkop, and R.J. Snowdon, 2017. Recent Genetic Gains in Nitrogen Use Efficiency in Oilseed Rape. *Frontiers in Plant Science*. 8: 963.
- Stolarski, M.J., M., Krzyżaniak, J., Tworkowski, D., Załuski, J., Kwiatkowski, and S. Szczukowski, 2019. Camelina and crambe production—Energy efficiency indices depending on nitrogen fertilizer application. *Ind. Crop. Prod.* 137: 386–395 .
- Wang, M., Q., Zheng, Q., Shen, and Sh. Guo, 2013. The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*. 14: 7370-7390.
- Wysocki, D.J., T.G., Chastain, W.F., Schillinger, S.O., Guy, and R.S. Karow, 2013. Camelina: seed yield response to applied nitrogen and sulfur. *Field Crops Reserch*. 145: 60–66.
- Yousaf, M., X., Li, Z., Zhang, T., Ren, R., Cong, S. T., Ata-Ul-Karim, S., Fahad, A. N., Shah, and J. Lu, 2016. Nitrogen fertilizer management for enhancing
- Mohammed, Y.A., C., Chen, and R.K. Afshar, 2017. Nutrient Requirements of Camelina for Biodiesel Feedstock in Central Montana. *Agron. Journal*. 109: 309–316 .
- Obeng, E.O., K., Augustine, N. O., Nelson, I. A., Ciampitti, and D. Wang, 2020. Nitrogen and sulfur application effects on camelina seed yield, fatty acid composition, and nutrient removal. *Canadian Journal of Plant Science*. 101(3): 365-353.
- Pettigrew, W.T. 2009. Potassium deficiency increases specific leaf weights of leaf glucose levels in field - grown cotton. *Agronomía Mesoamericana*. 91: 962-968.
- Rasool, F. U., B., Hassan, I., Aalum, and S.A. Ganie, 2013. Effect of nitrogen, sulphur and farmyard manure on growth dynamics and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under temperate conditions. *Scientific Research and Essays*. 8(43): 2144-2147.
- Raziei, Z., D., Kahrizi, H., Rostami-Ahmadvandi, F., Falah and F. Karami, 2016. Production and fatty acid characterization of DH1025 a doubled haploid Camelina sativa line. *International Conference on Researches in Science and Engineering*. 28 July 2016. Istanbul University, Turkey.
- Righini. D., F., Zanetti, E., Martínez-Force, M., Mandrioli, T., Gallina Toschi, and A. Monti, 2019. Shifting sowing of camelina from spring to autumn enhances the oil quality for bio-based applications in response to temperature and seed carbon stock. *Ind Crop Prod.* 137:66–73.
- Sawan, Z.M., S.A., Hafez, A.E., Basyony, and A.E.R. Alkassas, 2006. Cottonseed, protein, oil yields and oil properties as affected by nitrogen fertilization and foliar application of potassium and a plant growth retardant. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2 (1): 56-65.
- Schillinger, W.F., D.J., Wysocki, T.G., Chastain, S.O., Guy, and R.S. Karow, 2012 Camelina: planting date and method effects on stand establishment and seed yield. *Field Crops Research*. 130: 138-144.

Safieddin Ardebili, 2022. Effect of Nitrogen Application on Camelina (*Camelina sativa*) Oil Seed Yield and Yield Components at Different Planting Dates. Iranian Journal of Field Crops Research. 13(51): 81-96.

crop productivity and nitrogen use efficiency in a rice-iilseed rape rotation system in China. Frontiers in Plant Science. 7: 1496.

Zarei, Sh., P., Hassibi, D., Kahrizi, and S.M.