Crop Science Research in Arid Regions

homepage: https://cropscience.uoz.ac.ir/

Research Article
Volume 7, Issue 4, 2025, P. 867-886

The effect of plasticulture and nitrogen application on seed yield and morpho-physiological characteristics of camelina (*Camelina sativa* L.)

Ali Nouri [a], Hassan Heidari [*b], Farzad Mondani [b]

[a] Ph.D. Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran
[b] Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

[*]Corresponding Author: h.heidari@razi.ac.ir

Received: 26 March 2025 Accepted: 19 September 2025 **DOI: 10.22034/CSRAR.2025.513124.1477**

How to cite this article:
Nouri, A., Heidari, H. and Mondani, F., 2025. The effect of plasticulture and nitrogen application on seed yield and morpho-physiological characteristics of camelina (*Camelina sativa* L.). *Crop Science Research in Arid Regions*, *7*(4), 867-886. https://doi.org/10.22034/csrar.2025.513124.1477

Abstract

Introduction: Producing oil from plant sources such as oil crops and obtaining a high level of oil from them is influenced by many factors, among which the physical and chemical properties of the soil are of great importance. For this purpose, the recommendation to use the optimal amount of fertilizers to achieve the highest yield should be considered. *Camelina sativa* has attracted the attention of many researchers, especially in semi-arid regions, due to its adaptive characteristics such as tolerance to cold and drought stress. It has been reported that camelina can survive temperatures below -11°C and can also be grown in areas with moderate rainfall throughout the growing season. Plastic mulch (polyethylene, PE), which has been a favorite of many producers in the past decades, is among the agronomic practices through which moisture is conserved for use during the expected dry season. **Material and methods**: This study was conducted in two counties located in Kermanshah province (County 1: Kermanshah and County 2: Kangavar); a split-plot experimental design was used. The cumulative rainfall during the growing season was 476.5 mm in County 1 and 343.6 mm in County 2. The planting date in the fall was determined based on surveys so that the plants would escape the heat of the end of the growing season. Camelina seeds were planted after performing a germination test, resulting in a germination percentage of 89%. In order to find the optimal rate of nitrogen fertilizer utilization, four levels of nitrogen input (urea), including 0, 40, 80, and 120 kilograms per hectare, were applied (F_1, F_2, F_3, F_4). To find the best way of applying plastic mulch for camelina cropping, three levels of polyethylene plastic mulch (PE), including no PE, PE on the plants, and PE on the soil surface, were surveyed (M_1, M_2, M_3). Nitrogen was applied in three phenological stages, including 4 leaves appearing, the beginning of stem growth, and the beginning of the reproductive stage. In this research, transparent polyethylene plastic with a UV grade of 10 and a thickness of 40 microns was

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

used. Some morphophysiological aspects of camelina growth were evaluated, including: plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD), number of lateral shoots, yield components, and seed yield. Sampling for evaluating the morphological properties of camelina was conducted when 50% of the panicles appeared.

Results and Discussion: The results of this study indicated that using plastic mulch and applying an optimal rate of nitrogen fertilizers can be useful to achieve satisfying values of production in camelina cropping systems. The highest plant height was recorded when using PE mulch on the soil with applying 120 kilograms of nitrogen per hectare (118.2 cm), while the lowest plant height was recorded when no PE and no nitrogen was used (control treatment). Applying 80 and 120 kilograms per hectare of nitrogen enhanced the stem diameter significantly. The highest leaf area index was recorded using 120 kg/ha of nitrogen and polyethylene mulch at the soil surface (4.03). The leaf area index was significantly lower in conditions where there was no nitrogen and polyethylene mulching treatment (control treatment). Minimum seed yield was recorded under the control treatment (68 gr/m^2), and the maximum value was recorded when using PE mulch on the soil surface and applying 120 kg/ha nitrogen input.

Conclusion: The overall results of this study indicate that to achieve the highest seed yield of *C. sativa* in climatic conditions such as the two counties in this study, the use of nitrogen fertilizer at a rate of 120 kg/ha with the use of polyethylene mulch on the soil surface is recommended.

Keywords: Leaf area index, Plant height, Seed yield, Stem diameter, Transparent mulch

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد هفتم، شماره چهارم، زمستان۱۴۰۴، ص ۸۸۶-۸۶۷

مقاله پژوهشی

اثر کشت زیر پلاستیک و کاربرد نیتروژن بر عملکرد دانه و خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی کاملینا (*Camelina sativa* L.)

علی نوری[۱]، حسن حیدری*[۲]، فرزاد مندنی[۲]

۱- دانشجوی دکتری، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی،کرمانشاه، ایران
۲- گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی،کرمانشاه، ایران

* مسئول مکاتبه: h.heidari@razi.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۸ **DOI: 10.22034/CSRAR.2025.513124.1477**

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات کاربرد نیتروژن و مالچ پلاستیکی بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و نیز عملکرد دانه گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.)، آزمایشی در شرایط اقلیمی شهرستان‌های کرمانشاه و کنگاور اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل مقدار مصرف کود نیتروژنه در چهار سطح: صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره و کاربرد پلاستیک شفاف در سه سطح: بدون پلاستیک، پلاستیک روی گیاه و پلاستیک روی خاک بودند. نتایج این آزمایش نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره و مالچ پلاستیکی روی خاک (ارتفاع ۱۱۸/۲ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع بوته (۵۴/۳ سانتی‌متر) در تیمار شاهد (بدون مالچ پلاستیک، بدون مصرف نیتروژن) مشاهده شد. برهم‌کنش اثرات مصرف نیتروژن و مالچ بر قطر ساقه نشان داد که استفاده از مالچ پلاستیکی همراه با کاربرد مقادیر ۱۲۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره، قطر ساقه را به‌صورت معنی‌دار نسبت به تیمار بدون اوره افزایش داده است. بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۰۳) در تیمار پوشش پلاستیکی روی خاک و کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره ثبت شد. تیمار شاهد (عدم مصرف نیتروژن و عدم پوشش پلاستیک) در هر دو مکان آزمایش پایین‌ترین میزان شاخص سطح برگ را نشان داد که از لحاظ آماری با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بود. کمترین میزان عملکرد دانه در تیمار شاهد با میانگین ۶۸ گرم در متر مربع و بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره و کاربرد مالچ پلاستیک بر روی خاک (۲۲۱ گرم در مترمربع) ثبت شد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، قطر ساقه، مالچ شفاف

مقدمه

کاملینا گیاه مقاوم به تنش‌های محیطی ارزیابی می‌شود. کاملینا به شرایط نامطلوب خاک و اقلیمی از کلزا مقاوم‌تر است و این گیاه در خاک‌های فقیر از لحاظ حاصلخیزی، که برای بسیاری گیاهان زراعی نامناسب است، می‌تواند رشد و تولید داشته باشد (Seguin-Swartz *et al.*, 2009 Vollmann *et al.*, 2015;).

احتمالا این گیاه بیشترین سازگاری را به مناطق خنک‌تر داشته که در فصل گلدهی با گرمای خیلی زیاد هوا مواجه نگردد. در ایالت مونتانا هیچ‌گونه خسارت به گیاهچه‌های کاملینا حتی تا ۱۲ درجه فارنهایت (۱۱- درجه سانتی‌گراد) هم گزارش نشده است (Ehrensing *et al.*, 2008). گیاه کاملینا به‌خوبی به شرایط کم‌آبی و اقلیم‌های با میزان بارندگی پایین سازگار بوده و از این نظر نسبت به سایر گیاهان زراعی روغنی، سازگاری بیشتری دارد (Hunter, 2010). از میان فاکتورهای موثر در تولید محصولات زراعی به‌خصوص گیاهان روغنی، کیفیت خاک شامل ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی و بیولوژیک خاک حائز اهمیت می‌باشد. افزایش مواد آلی در خاک و در نتیجه حفظ حاصلخیزی خاک در طول زمان را می‌توان از نتایج روابط متقابل گسترده بین عوامل زیستی و غیرزیستی در خاک دانست (Gregorich, 2006).

در بسیاری موارد، اضافه نمودن کودهای شیمیایی جهت نیل به تولید محصول بالاتر از حد آستانه اقتصادی اجتناب‌پذیر می‌باشد؛ لکن آنچه در این میان حائز اهمیت است، تعیین مقادیر بهینه کودهای شیمیایی است تا هم میزان تولید افزایش یابد و هم از ورود بیش از حد این نهاده‌ها به مزرعه خودداری شود و در نتیجه ویژگی‌های کیفی خاک دستخوش تغییرات نامطلوب نگردد (Correa *et al.*, 2006).

در مطالعه‌ای روی کاملینا و اثرات کاربرد کودهای نیتروژن و سولفور بر رشد و عملکرد آن گزارش شده است که کاربرد ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کاربرد ۱۱ کیلوگرم در هکتار سولفور مقادیر بهینه کودی برای حصول حداکثر عملکرد بوده و این تیمارها نسبت به تیمار شاهد عملکرد بالاتری نشان داده‌اند (Mohammed *et al.*, 2017). در مطالعه دیگری با موضوع بررسی اثرات سطوح مختلف تیمار کود نیتروژن بر کاملینا، عنوان شده است که اثرات نیتروژن در سطوح بالاتر از ۴۵ کیلوگرم در هکتار بر افزایش عملکرد دانه کاملینا بی‌تاثیر است (Afshar *et al.*, 2016)؛ آنها دریافتند که جهت حصول بیشترین عملکرد، تعیین سطوح بهینه کودی به‌سبب آنکه مقادیر بالاتر از حد نیاز باعث بروز آلودگی‌های محیطی و نیز کاهش بهره‌وری استفاده از نهاده‌های شیمیایی می‌گردد، ضروری است. در مطالعاتی نیز گزارش شده است که بسته به زمان کشت و دسترسی به منابع آب برای آبیاری و یا زمان بارش باران، از ۲۸ تا ۵۶ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه جهت تولید کاملینا کفایت می‌کند (Sintim *et al.*, 2016).

نتایج مطالعه جامع جهت ارزیابی مقادیر بهینه کود نیتروژن و ارتباط آن با رشد گیاه کاملینا در مناطق مختلف مانند پندلتون، مسکو/ پولمن و کوروالیس در آمریکا نشان داده که مقادیر کود نیتروژنه لازم از ۱۷/۶ تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار متغیر است.

استفاده از پوشش پلاستیک در برخی محصولات به‌عنوان یک عامل کلیدی در افزایش کیفیت محصولات تولیدی در نظر گرفته می‌شود و نیز به‌عنوان یک مانع عمل کرده و گیاه را از تماس مستقیم با خاک محافظت می‌کند. این پوشش‌ها از پراکنده شدن عوامل بیماری‌زا و حتی از حرکت برخی جانوران جونده در سطح خاک مزرعه ممانعت به عمل می‌آورد و با تنظیم و بهبود تعادل رطوبتی و دمایی خاک، به تولید محصولات زراعی کمک می‌کند (Caruso *et al.*, 2015 ;Kim and An, 2019). در مطالعه‌ای در چین روی کاربرد مالچ پلاستیک و استفاده از کودهای شیمیایی و اثرات آن بر جذب عناصر غذایی غلات گزارش شده است که عملکرد دانه غلات دانه ریز تحت تاثیر کاربرد توامان کودهای شیمیایی و مالچ پلاستیک قرار گرفت (Luo *et al.*, 2022). همچنین گزارش شده است که افزایش ظرفیت رطوبتی خاک در اثر استفاده از مالچ پلاستیک، علاوه‌بر تاثیر مثبت بر جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، در افزایش عملکرد دانه ذرت نسبت به تیمار شاهد (بدون مالچ و بدون کود) به‌صورت معنی‌دار موثر بوده است (Ma *et al.*, 2021).

با توجه به مشکلات به‌وجود آمده در کیفیت خاک اراضی کشاورزی ایران، می‌توان عنوان نمود که یکی از علل بارز آن استفاده بدون قاعده و بعضاً افراطی از کودهای شیمیایی به‌ویژه کود نیتروژنه می‌باشد. از سویی با عنایت به خشکسالی‌های پی‌درپی در طول چند دهه اخیر، کاربرد روش‌های جدید و نوآورانه در تولید محصولات زراعی مقاوم به شرایط تنش خشکی و نیز استفاده بهینه از نهاده‌های شیمیایی در تولید آنها اجتناب‌ناپذیر است. یکی از اهداف این مطالعه تعیین بهترین ترکیب از کشت زیر پلاستیک و مقدار مصرف نیتروژن بود که بالاترین عملکرد دانه را داشته باشد. هدف دیگر این تحقیق تعیین خصوصیات مورفوفیزیولوژیک کاملینا تحت کشت زیرپلاستیک و مصرف نیتروژن بود.

مواد و روش‌ها

محدوده جغرافیایی، شرایط اقلیمی و خصوصیات خاک

این مطالعه در دو مکان: ۱- پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی واقع در شهرستان کرمانشاه استان کرمانشاه با مختصات طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۹ متر. ۲- روستای سلطان‌آباد شهرستان کنگاور، استان کرمانشاه با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹۸ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۴۵۶ متر اجرا شد. با توجه به اجرای آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ داده‌های اقلیمی مناطق اجرای آزمایش در جدول ۱ و ویژگی‌های خاک در جدول ۲ ارائه شده است.

طرح آزمایشی و زمان کشت

آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش ۳۶ کرت آزمایشی ایجاد گردید؛ تکرارها به فاصله دو متر و فاصله بین کرت‌ها یک‌متر در نظر گرفته شد. تاریخ کاشت در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی، نوزدهم آبان‌ماه و در

شـهرسـتان کنگاور، بیسـت‌وپنجم آبان‌ماه سـال ۱۴۰۱ تعیین گردید. گیاه زراعی مورد مطالعه گیاه کاملینا بود که به‌منظور تولید روغن خوراکی از دانه‌های آن مورد کشـت قرار می‌گیرد و بذر مورد اسـتفاده نیز بذر کاملینا رقم سـهیل بود که از شـرکت دانش‌بنیان بیستون شفا تهیه گردید. به‌منظور اطمینان از درصد جوانه‌زنی بذر در مزرعه ابتدا آزمون جوانه‌زنی بذر در آزمایشـگاه به روش کشـت بین کاغذ[1] انجام شـد. تعداد بذور جوانه‌زده شـمارش و درصـد جوانه‌زنی در نهایت ۸۹ درصـد برآورد گردید. پس از آماده‌سـازی زمین و ایجاد کرت‌های آزمایشـی عملیات کاشـت بذرهای گیاه کاملینا به روش دسـتی و به‌صـورت کاشـت در داخل جویچه‌ها انجام گرفت. در هر کرت شـش خط کاشـت به جهت شـمالی- جنوبی ایجاد شـد به‌صـورتی‌که طول هر خط کاشـت ۴ متر و فاصـله بین خطوط ۲۰ سـانتی‌متر و فاصـله روی خطوط ۵ سـانتی‌متر (۱۰۰ بوته در متر مربع) بود. روش کاشـت به‌صورت دسـتی و داخل جویچه با فاصله بین ردیف‌های کشـت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین بذور روی ردیف ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شـد. بذرها به‌صـورت سـطحی و در عمق یک سـانتی‌متری خاک در داخل جویچه‌ها کشـت شـدند. کشـت کاملینا در این آزمایش به‌صورت دیم بوده است.

جدول ۱- وضعیت باران و دمای متوسط هوا در طی فصل رشد گیاه

Table 1- Precipitation and temperature condition during the plant growth period

شهرستان County	باران Precipitation (mm)								
		۱۴۰۲				۱۴۰۱			
	مجموع Sum	خرداد June	اردیبهشت May	فروردین April	اسفند March	بهمن February	دی January	آذر December	آبان November
کرمانشاه Kermanshah	404	12.9	60.7	100.6	58.1	60.7	80.6	9.8	20.8
کنگاور Kangavar	349.6	37.9	58.8	49.2	58.2	61.7	63.7	6.1	13.8
شهرستان County	**دمای متوسط Mean temperature (centigrade)**								
	میانگین Mean	۱۴۰۲				۱۴۰۱			
		خرداد June	اردیبهشت May	فروردین April	اسفند March	بهمن February	دی January	آذر December	آبان November
کرمانشاه Kermanshah	11.05	22.9	17	12.1	10.8	2	2.6	8	13
کنگاور Kangavar	8.59	20.8	14.8	10.7	9	-2.2	-.05	5.1	11

تیمار بندی و عملیات کشاورزی

از آنجایی‌که هدف اصـلی این مطالعه تعیین بهترین میزان مصرف نیتروژن و مدیریت کشت گیاه کاملینا در زیر پلاسـتیک جهت دسـتیابی به بالاترین عملکرد روغن بود، لذا مقدار مصـرف کود نیتروژنه اوره در چهار سطح صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار (به‌ترتیب تیمارهای F_1, F_2, F_3, F_4) و کاربرد مالچ پلاسـتیکی با اسـتفاده از پلاسـتیک شـفاف در سـه سـطح: بدون پلاستیک، پلاستیک روی گیاه و پلاستیک روی خاک (به‌ترتیب M_1, M_2, M_3) اعمال شدند. کاربرد مالچ پلاستیکی در کرت‌های فرعی و مقدار مصرف نیتروژن در کرت‌های اصلی قرار گرفتند.

کود به‌صـورت دسـتی و به روش پاشـش مسـتقیم به سـطح خاک اسـتفاده شـد. کود نیتروژنه در چهار سـطح مذکور در سـه مرحله فنولوژیک چهار برگی حقیقی، ابتدای ساقه‌دهی و ابتدای ظهور خورجینک‌ها و بلافاصله بعد از بارندگی در سطح کرت‌های آزمایشـی پخش شـد. مبارزه با علف‌های هرز در چندین مرحله به‌صورت وجین دستی در طول دوره رشد انجام شد. در خصوص اعمال تیمار پوشـش پلاسـتیکی شـایان ذکر اسـت که با توجه به اهمیت کیفیت پوشـش به‌کار رفته بر روی خاک یا گیاه جهت

1 .Between paper (BP)

حصـول نتیجه مطلوب از پلاسـتیک شـفاف با عنوان نایلون مالچ بر پایه پلی‌اتیلن (PE) با ضخامت ۴۰ میکرون و با افزودنی UV در گرید ۱۰ اسـتفاده شـد. جهت اجرای مالچ روی خاک پس از جوانه‌زنی بذر و مشـخص‌شـدن خطوط کاشـت، بلافاصـله مالچ پلاســتیکی در تیمارهای مالچ روی خاک، مالچ روی کرت قرار گرفته و پس از برش مالچ در روی خطوط کاشت، مالچ به‌وسیله خاک در چهار طرف کرت مهار گردید، یعنی به نوعی مالچ در بین ردیف‌های کشـــت قرار گرفت. جهت اجرای مالچ روی گیاه پس از کاشت محصول، در چهار طرف و وسط کرت‌ها میخ‌های چوبی جهت مهار مالچ پلاســتیکی، در داخل خاک قرار گرفته و پس از کشـــیدن نایلون روی میخ‌ها، جهت تثبیت مالچ روی کرت، مالچی که در اطراف کرت قرار گرفته بود روی آن را خاک قرار گرفت.

صفات گیاهی مورد ارزیابی

ارتفاع بوته بر حسـب سـانتی‌متر در مرحله ظهور گل‌آذین و زمانی که گل‌آذین حداقل ۵۰ درصـــد بوته‌ها ظاهر شـــد، از پائین‌ترین قسـمت (سـطح خاک) تا بالاترین قسـمت رشـد گیاه (گل‌آذین) با اسـتفاده از یک خط‌کش چوبی بلند، اندازه‌گیری و یادداشت شد. در هر کرت، ارتفاع ۱۰ گیاه اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به‌عنوان ارتفاع گیاه متناظر با کاربرد هر تیمار منظور شد.

جهت ارزیابی قطر سـاقه از قطورترین بخش سـاقه بوته‌های موجود در هر کرت برای اندازه‌گیری قطر سـاقه نمونه‌گیری شـد. میانگین قطر ۱۰ سـاقه با اسـتفاده از کولیس دیجیتال فک‌بلند محاسـبه و به‌عنوان قطر سـاقه متناظر با هر تیمار در نظر گرفته شـد. این مرحله نیز در زمان ظهور حداقل ۵۰ درصـد گل‌آذین‌ها انجام شد.

جدول ۲- نتایج آزمایش ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک

Table 2- Results of testing the physical-chemical properties of the soil

ویژگی های فیزیکی Physical properties								
شهرستان County	نقطه پژمردگی Wilting point (%)	هدایت آبی Hydraulic conductivity (mm/h)	جرم مخصوص Bulk density (gr/cm^3)	ظرفیت زراعی Field capacity (%)	نوع بافت Texture	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	رس Clay (%)
کرمانشاه Kermanshah	26.30	5	1.21	40.9	سیلتی-رسی-لومی Silt-clay-loam	40.8	19.8	39.4
کنگاور Kangavar	24.5	11.9	1.2	37	سیلتی-رسی-لومی Silt-clay-loam	42.1	18.6	39.3

ویژگی‌های شیمیایی Chemical properties							
شهرستان County	نیتروژن کل Nitrogen (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	ماده آلی Organic matter (%)	کلسیم کربنات (CaCO3) %	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (ds/m)	پتاسیم Potassium (mg/kg)	اسیدیته pH
کرمانشاه Kermanshah	0.18	1.01	1.7	22.21	0.41	331	7.23
کنگاور Kangavar	0.15	1.83	2.92	19.28	0.52	368	7.15

تعداد برگ در بوته، شـاخص سـطح برگ و دوام سـطح برگ نیز از صـفات گیاهی مورد ارزیابی بودند. محاسـبه تعداد برگ در بوته نیز در مرحله ظهور حداقل ۵۰ درصـــد گل‌آذین‌ها و با انتخاب بوته‌ها در هر کرت به‌صـــورت تصـــادفی صـــورت گرفت؛

بدین منظور تعداد ۱۰ بوته در هر کرت انتخاب و میانگین تعداد برگ برداشت شده از هر بوته به‌عنوان تعداد برگ در بوته مربوط به هر تیمار، محاسبه و منظور شد. شاخص سطح برگ نیز پس از محاسبه سطح برگ به‌وسیله دستگاه سطح‌برگ‌سنج لیکور (Likour) و سطح زمین اشغال شده توسط بوته، با استفاده از فرمول ۱، محاسبه شد:

$$LAI = LA/A \quad (۱)$$

در فرمول فوق LAI: شاخص سطح برگ، LA: سطح برگ (سانتی‌مترمربع)، A: سطح زمین (سانتی‌مترمربع) می‌باشد. دوام سطح برگ (LAD)، بیان‌کننده بزرگی و دوام سطح برگ یا پر برگی در طول زمان رشد محصول است. LAD وسعت یا جمع نور دریافت شده در طول فصل را منعکس می‌کند. میانگین دوام سطح برگ، از سطح برگ حاصل از تک‌بوته‌ها محاسبه می‌شود. اگر منحنی LAI نسبت به زمان ترسیم شود تابعی به‌دست می‌آید که بیانگر ظرفیت ساخت مواد فتوسنتزی محصولات زراعی در طول مدت مورد نظر می‌باشد.

$$LAD = (LA1 + LA2)(T2 - T1)/2 \quad (۲)$$

در فرمول LA نمایانگر سطح برگ و T نمایانگر زمان می‌باشد (Fakoredet and Mock, 1980).

تعداد شاخه‌های فرعی در بوته نیز مورد بررسی قرار گرفت. پس از شمارش تعداد برگ‌ها و در همان مرحله تعداد شاخه‌های فرعی در هر بوته مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری تعداد شاخه‌های فرعی در بوته، میانگین تعداد شاخه‌های فرعی ۱۰ بوته در هر کرت به‌عنوان تعداد شاخه‌های فرعی در هر بوته، محاسبه و منظور گردید.

بعد از نمونه‌برداری در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد پنج بوته برای اندازه‌گیری تعداد خورجین در بوته از هر واحد آزمایشی انتخاب و تعداد خورجین‌ها در هر بوته به‌صورت دستی شمارش شدند، سپس میانگین مجموع داده‌ها محاسبه و به‌عنوان تعداد خورجین در بوته در نظر گرفته شد (Hosseinifard *et al*., 2022).

از بوته‌های برداشت‌شده از هر کرت آزمایشی، تعداد ده خورجین جدا گردید و تعداد دانه‌ها مورد شمارش قرار گرفت و پس از آن میانگین مجموع داده‌ها به‌عنوان تعداد دانه در خورجین تعیین شد (Hosseinifard *et al*., 2022). پس از برداشت گیاهان داخل کرت‌ها و جداکردن دانه‌ها از خورجین، تعداد ده نمونه صددانه‌ای شمارش و وزن آنها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و وزن هزاردانه با تناسب محاسبه گردید (Wittenberg *et al*., 2020).

عملکرد دانه پس از مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و تقریباً ۲۰ روز بعد از مرحله شیری و زمانی که دانه‌ها قابلیت جدا شدن از گل‌آذین را داشتند، اندازه‌گیری شد. روش کار به این صورت بود که بوته‌های دو ردیف وسط هر کرت آزمایشی (ردیف‌های ۳ و۴) به طول چهار متر، در سطح یک‌متر مربع و با در نظرگرفتن ۲۰ سانتی‌متر حاشیه از ابتدا و انتهای خطوط کشت، انتخاب و عملیات برداشت انجام شد. در مرحله بعدی بوته‌های برداشت‌شده به‌مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ گرم) اقدام به توزین گردید و به‌عنوان عملکرد دانه (بر مبنای رطوبت تقریبی ۱۱ درصد) برحسب کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد (Ahmad Waraich *et al*., 2020).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از آزمون نرمال بودن، داده‌های جمع‌آوری شده و اطمینان از عدم وجود داده‌ی پرت و نیز اجرای آزمون Levenstest جهت سنجش تجانس واریانس انجام و با عنایت به p value به‌دست آمده (۰.۲۵۲)، تجانس واریانس‌ها تایید شد و سپس تجزیه داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹.۲) انجام و اشکال مرتبط با آن به‌وسیله نرم‌افزار اکسل در محیط ویندوز استخراج گردیدند.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر مکان و مالچ (به‌جز در مورد دوام سطح برگ) و نیتروژن بر تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. برهم‌کنش کود نیتروژن در مالچ بر صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ و دوام سطح برگ تاثیر معنی‌داری داشت. برهم‌کنش سه‌گانه مکان در کود نیتروژن در مالچ تنها بر شاخص سطح برگ اثر معنی‌داری داشت ($P\leq 0.01$، جدول ۳).

در جدول ۴ مقایسه میانگین اثر مکان بر شاخص‌های ارتفاع و قطر ساقه و تعداد برگ در بوته ارائه شده است. مطابق این نتایج شاخص‌های مذکور در کاشت مربوط به شهرستان

کرمانشـــاه مقادیر بالاتری را نشـــان می‌دهد. از آنجا که داده‌های آزمایش خاک تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای نشـــان نمی‌دهد، می‌توان تفاوت در میزان شـــاخص‌های پیش گفته را در میزان بارندگی اواخر فصـــل رشـــد کاملینا تحلیل نمود؛ در این ارتباط نکته قابل‌توجه تفاوت بارندگی شـــهرســـتان کرمانشـــاه با شـــهرســـتان کنگاور اســـت به گونه‌ای که میزان کل بارش در فروردین و اردیبهشت در شـهرسـتان کرمانشـاه برابر ۱۰۰ و ۶۰ میلی‌متر در مقابل ۴۹ و ۵۸/۸ میلی‌متر در شـهرسـتان کنگاور اسـت (جدول ۱). بنابر آنچه گفته شـد افزایش شـاخص‌های رشـد رویشـی گیاه در فصـــل بهار به‌دلیل فراهمی بیشـــتر رطوبت در شـــهرســـتان کرمانشاه قابل توضیح می‌باشد.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات مورفوفیزیولوژیک کاملینا تحت تاثیر تیمارهای مختلف

Table 3- Analysis of variance of morphological traits of camelina under different treatments

منابع تغییر Variation sources	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean square				
		ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem Diameter	تعداد برگ در بوته Number of leaves	شاخص سطح برگ LAI	دوام سطح برگ LAD
مکان (P)	1	4513**	0.488*	203**	2.88*	288^{ns}
تکرار در مکان R(P)	4	42.7	0.028	6.24	0.14	142
نیتروژن (N) Nitrogen	3	8249**	0.992**	462**	2.31**	389**
P × N	3	132^{ns}	0.005^{ns}	2.2^{ns}	0.045^{ns}	9.48^{ns}
خطای a Error a	12	195	0.007	15	0.077	20.8
مالچ (M) Mulch	2	3092**	0.106*	36.1*	1.72**	25.5^{ns}
N × M	6	272*	0.07*	22.4*	0.107^{ns}	75.9**
P × M	2	30.4^{ns}	0.056^{ns}	56.8**	0.015^{ns}	30.4^{ns}
P × N × M	6	41.5^{ns}	0.023^{ns}	11.1^{ns}	0.314**	28.5^{ns}
خطای b Error b	32	110	0.024	8.94	0.065	13.8
ضریب تغییرات (٪) Variation coefficient		11.3	12.4	11.5	8.15	7.21

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, *, **: not significant, significant at the probability level of 5% and 1%, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر اصلی مکان بر صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد برگ در بوته در گیاه کاملینا

Table 4- Mean comparison of plance main effect on plant height, stem diameter and number of leaves per plant of camelina

مکان Place	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	قطر ساقه Stem diameter (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)
کرمانشاه Kermanshah	27.7^{a}	1.32^{a}	101^{a}
کنگاور Kangavar	24.4^{b}	1.15^{b}	84.8^{b}

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

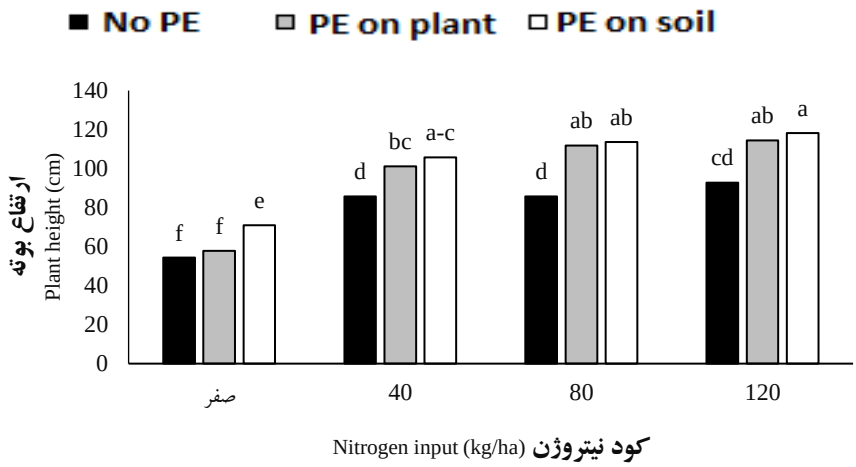
Different letters within column indicate significant difference based on LSD test (5%)

اثرات متقابل کود نیتروژن و مالچ بر ارتفاع بوته

بیشـــترین ارتفاع بوته (۱۱۸/۲ ســـانتی‌متر) در تیمار کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و مالچ روی خاک و کمترین ارتفاع بوته به‌میزان ۵۴/۳ سانتی‌متر در تیمار شاهد و تیمار عدم مصـرف نیتروژن و پوشـش پلاسـتیک روی گیاه مشـاهده شـد (شـکل ۱). در این ارتباط نتایج نشان می‌دهد که در تیمار بدون مصرف نیتروژن، کاربرد پوشش پلاستیک بر روی خاک توانسته است ارتفاع بوته را به‌صورت معنی‌دار نسبت به پوشش پلاستیک

روی گیاه و بدون پلاستیک افزایش دهد. پوشش پلاستیک روی خاک (در شرایط عدم استفاده از نیتروژن) توانسته است ارتفاع بوته را ۳۱ درصد نسبت به، بدون پلاستیک افزایش دهد که می‌توان این موضوع را به تاثیر کاربرد مالچ پلاستیک بر ایجاد تعادل رطوبتی مناسب و نیز ایجاد شرایط دمایی مطلوب خاک محل رشد ریشه گیاه، به‌خصوص در اواخر زمستان و ابتدای فصل بهار که مقارن با حداکثر رشد رویشی می‌باشد، نسبت داد.

در داخل هر سطح کودی ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، اختلاف معنی‌داری از لحاظ ارتفاع گیاه بین دو پوشش پلاستیک وجود نداشت، با این وجود، پوشش پلاستیک نسبت به تیمار بدون پوشش پلاستیک ارتفاع بوته بالاتری داشت. در سطوح کودی ذکر شده، ارتفاع بوته‌ها در تیمارهای پوشش پلاستیک بر روی خاک و پوشش بر روی گیاه اختلاف معنی‌دار نشان ندادند (شکل ۱).



شکل ۱- برهم‌کنش کود نیتروژن و مالچ پلاستیک (PE) بر ارتفاع بوته گیاه کاملینا

Figure 1- Nitrogen and polyethylene (PE) mulch interaction effect on plant height in camelina.

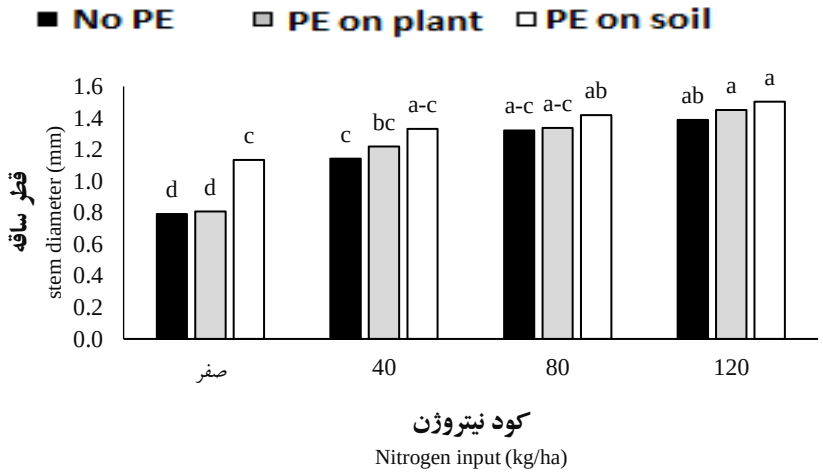
ارتفاع بیشتر در بوته‌های تیمار شده با مقادیر بالاتر کود نیتروژنه را می‌توان به اثرات عنصر نیتروژن بر رشد رویشی گیاه و به‌صورت مشخص رشد طولی ساقه نسبت داد. در واقع فراهمی نیتروژن به‌عنوان یکی از عناصر ضروری و پر مصرف در تولید گیاهان زراعی رابطه مستقیم با تقسیم سلولی و رشد طولی سلول‌های گیاه و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه دارد. در مطالعه‌ای که بر روی اثرات کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر خصوصیات رشدی گیاه کاملینا در شهرستان کازرون انجام شده است، عنوان شده که کاربرد کودهای شیمیایی به‌خصوص در حالت تلفیق با کودهای زیستی ارتفاع بوته کاملینا را تا ۵۰/۵۸ درصد افزایش داده است (HasaniBalyani *et al.*, 2019). آنها عنوان کردند که ارتفاع بوته در تیمار کود شیمیایی در سطح احتمال ۱ درصد و در تیمار کود زیستی در سطح احتمال ۵ درصد نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان داده است. در واقع فراهمی نیتروژن منجر به افزایش تعداد گره‌ها، طول میان‌گره ساقه و ارتفاع گیاه می‌گردد. در مطالعه‌ی دیگری در شهرستان اقلید استان فارس که بر روی خصوصیات رشد کاملینا در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی و تاریخ کشت‌های گوناگون انجام شد دریافتند که کود شیمیایی رابطه مستقیم و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با افزایش ارتفاع بوته داشته است (Momeni *et al.*, 2024). آن‌ها نشان دادند که بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۴۳/۲ سانتی‌متر از تیمار کاربرد ۷۵ درصد کود شیمیایی به‌علاوه کود زیستی نیتروژنه و کمترین ارتفاع بوته با میانگین ۴۱ سانتی‌متر از تیمار عدم کاربرد کود نیتروژنه حاصل شد.

برهم‌کنش کود نیتروژن و مالچ بر قطر ساقه

نتایج نشان داد که برهم‌کنش اثر کاربرد مالچ پلاستیکی و کاربرد مقادیر ۱۲۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه قطر ساقه را به شکلی معنی‌دار نسبت به تیمار بدون کود افزایش داده است (شکل ۲). این موضوع حاکی از آن است که اگرچه کاربرد کود نیتروژنه به تنهایی قطر ساقه را که یک فاکتور

رویشی حائز اهمیت در رشد و تعیین عملکرد نهایی گیاه کاملینا است را مورد تاثیر خود قرار می‌دهد، اما کاربرد توامان نیتروژن و مالچ پلاستیکی شرایط محیطی رشد را به شکل مطلوب‌تری مهیا و موجبات رشد بیشتر عرضی ساقه را فراهم ساخته است.

در مطالعاتی با موضوع بررسی اثرات کاربرد کودهای شیمیایی بر رشد کاملینا نشان داده شده است که کاربرد کود با بهبود رشد اندام هوایی گیاه به‌عنوان یک بخش فتوسنتزی و منبع تولید مواد فتوسنتزی موجب رشد بیشتر رویشی گیاه می‌شود (Rostami *et al.*, 2022). همچنین گزارش شده است کاربرد کود گوگرد با تحریک رشد و هورمون‌های رشدی که در خاک ایجاد می‌شود، رشد گیاه را افزایش می‌دهند و این امر را دلیل رشد قطری بیشتر ساقه کاملینا در تیمارهای کودی عنوان نمودند. در مطالعه‌ای بر روی واکنش گیاه کاملینا به تنش‌های محیطی من جمله تنش خشکی مشخص شده که در تیمارهای تنش خشکی صفات رشدی گیاه مانند قطر ساقه و صفات مرتبط با کیفیت محصول مانند درصد پروتئین و روغن دانه در گیاه کاملینا به شکل معنی‌دار کاهش نشان داده است (Waraich *et al.*, 2020). بنابراین فراهم نمودن شرایطی مانند کاربرد پوشش پلاستیکی به‌عنوان مالچ می‌تواند با کاهش اثرات مخرب خشکی بر رشد رویشی و عملکرد دانه کاملینا نقش مثبتی در تولید این گیاه داشته باشد. این موضوع با نتایج مطالعه حاضر از نقطه نظر ایجاد شرایط مطلوب رشد توسط پوشش پلاستیکی هم‌خوانی دارد.



شکل ۲- برهم‌کنش کود نیتروژن و مالچ پلاستیک (PE)بر قطر ساقه گیاه کاملینا

Figure 2- Nitrogen and polyethylene (PE) mulch interaction effect on stem diameter in camelina

اثرات سه‌گانه مکان، کود نیتروژن و مالچ بر روی شاخص سطح برگ

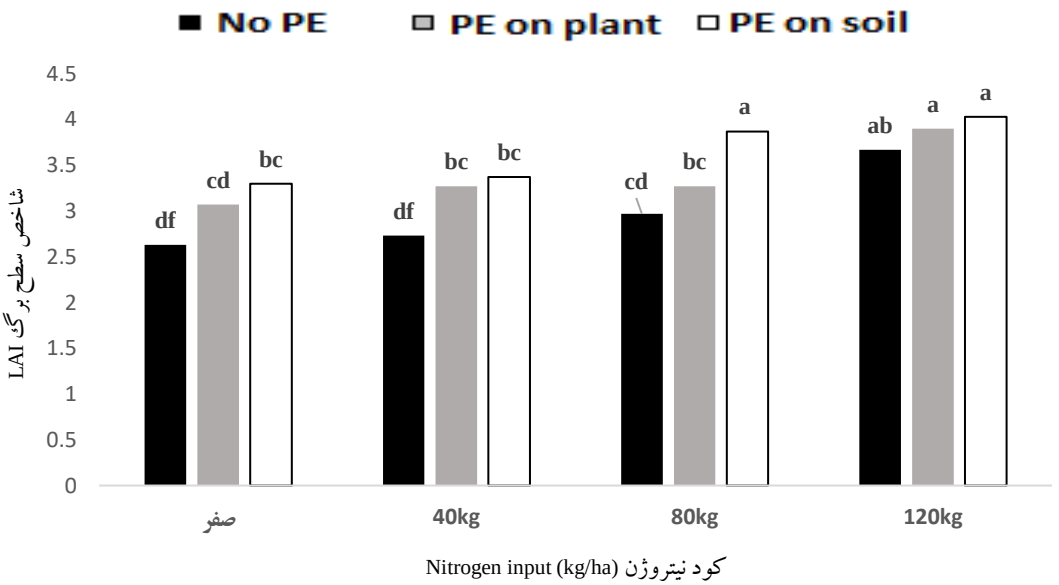
برهم‌کنش سه‌گانه مکان، کود نیتروژنه و مالچ ارزیابی شد و نتایج آن در شکل ۳ و ۴ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۰۳) در تیمار شهرستان کرمانشاه، پوشش پلاستیکی روی خاک و کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تیمار شهرستان کرمانشاه، پوشش پلاستیکی روی گیاه و کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و پایین‌ترین میزان شاخص سطح برگ در تیمار شهرستان کنگاور و بدون پوشش و بدون مصرف نیتروژن (۲/۳۳) ثبت شد. تیمار شاهد (عدم مصرف نیتروژن و عدم پوشش پلاستیک) عمدتاً در هر دو مکان آزمایش، پایین‌ترین میزان شاخص سطح برگ را نشان داد که از لحاظ آماری با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بود. در این خصوص همان‌گونه که مشاهده می‌شود پوشش پلاستیک بر روی خاک خصوصاً در زمان کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند شاخص سطح برگ را به شکل معنی‌دار ارتقا دهد. به‌عنوان مثال در تیمار ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه مشاهده می‌شود که کاربرد نایلون روی خاک نسبت به کاربرد آن بر روی گیاه باعث اختلاف معنی‌دار در سطح برگ شده است. تمامی موارد ذکر شده در سطح آماری

۵ درصد می‌باشد. نکته حائز اهمیت دیگر در خصوص نتایج این بخش آن است که همان‌گونه که در نتایج آماری شهرستان کنگاور دیده می‌شود تیمار شاهد با تیمارهای کاربرد کود و مالچ به‌صورت توامان اختلاف معنی‌دار نشان داده است که بیانگر اهمیت کاربرد کود و مالچ و اثرات متقابل مثبت آنها در افزایش میزان سطح برگ است.

شاخص سطح برگ بیشتر در گیاه کاملینا تحت شرایط رشد بهینه و استفاده از کودهای شیمیایی به‌ویژه کود نیتروژن که اثرات مثبتی در توسعه سریع برگ‌های گیاه دارد موجب افزایش نرخ تولید آسیمیلات‌ها و انتقال آنها به بخش‌های زایشی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه گیاه کاملینا می‌شود؛ از سویی گزارش شده است که عملکرد بالاتر دانه کاملینا ارتباط مستقیم با شاخص سطح برگ دارد و افزایش در کارایی مصرف نور را از نتایج افزایش شاخص سطح برگ در شرایط اعمال روش‌های به‌زراعی مانند انتخاب تاریخ کاشت بهینه و مصرف کودهای شیمیایی عنوان نمودند (Agarwal *et al.*, 2021 Waraich *et al.*, 2020;).

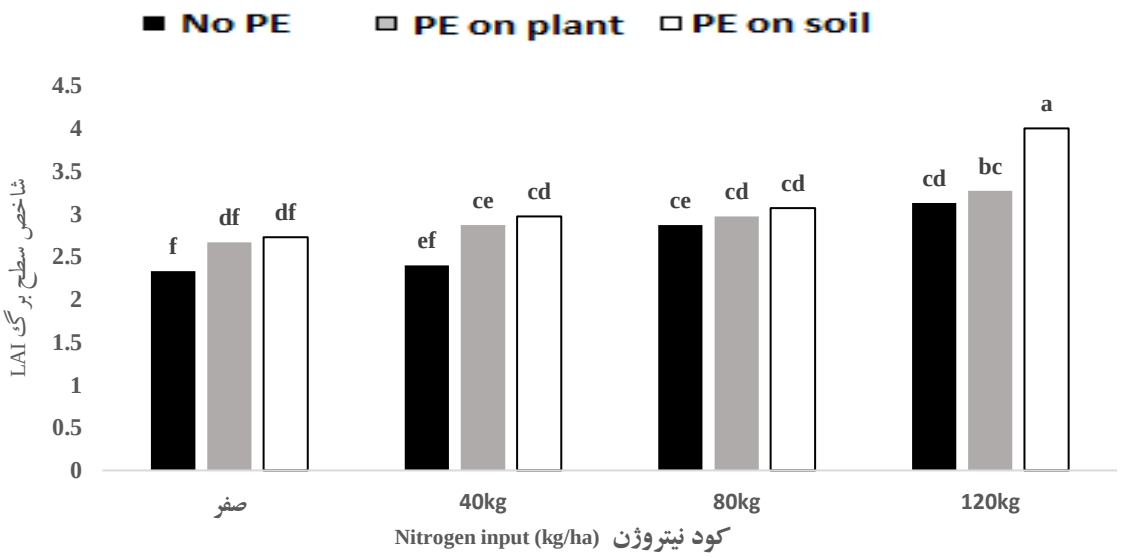
علی‌رغم گزارش‌های متعدد در خصوص ارتباط مستقیم شاخص سطح برگ با عملکرد گیاه، همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد برخی مطالعات نشان می‌دهد که بیش از آنکه شاخص سطح برگ در عملکرد نهایی تعیین‌کننده باشد این دوام سطح برگ به‌ویژه تا مرحله خورجین‌دهی است که باعث شده است که برخی ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در آزمایش عملکرد دانه بالاتری داشته باشند (Kuzmanovic *et al.*, 2021).

در برخی مطالعات ارتباط شاخص‌های مورفولوژیک و رشدی گیاه با توان تحمل استرس‌های محیطی هم در آزمایشات بررسی شده‌اند. به‌عنوان مثال در یک مطالعه موردی با اعمال تنش خشکی بر لاین‌های مختلف گیاه کاملینا نشان داده شد که آن دسته از لاین‌های کاملینا که توانسته بودند ضمن ایجاد سطح برگ بیشتر (یعنی شاخص سطح برگ بیشتر)، دوام سطح برگ را به‌مدت طولانی‌تر داشته باشند با تولید مواد فتوسنتزی بیشتر و انتقال به‌موقع و حداکثری آن به مقصدهای فیزیولوژیک ضمن حصول عملکرد مطلوب، بر عوارض شدید تنش خشکی فائق آیند (Neupane *et al.*, 2020). این موارد حاکی از آن است که پیش‌بینی روش‌های به‌زراعی مانند ایجاد تراکم مناسب و تاریخ کاشت مطلوب و کاربرد مقادیر بهینه کودی توام با اعمال مالچ پلاستیک بر روی خاک که می‌تواند به‌ویژه در اواخر فصل رشد با حفظ و نگهداشت رطوبت خاک، تنش خشکی را بر گیاه تخفیف دهد، می‌تولند نقش موثری در افزایش عملکرد دانه گیاه کاملینا داشته باشد.



شکل ۳- برهم‌کنش سه‌گانه مکان، کود نیتروژن و مالچ پلاستیک (PE) بر شاخص سطح برگ در شهرستان کرمانشاه

Figure 3- Place, nitrogen and polyethylene (PE) mulch interaction effect on leaf area index in Kermanshah



شکل۴- برهم‌کنش سه‌گانه مکان، کودنیتروژن و مالچ پلاستیک (PE) برشاخص سطح برگ در شهرستان کنگاور

Figure 4- Place, nitrogen and polyethylene (PE) mulch interaction effect on leaf area index in Kangavar

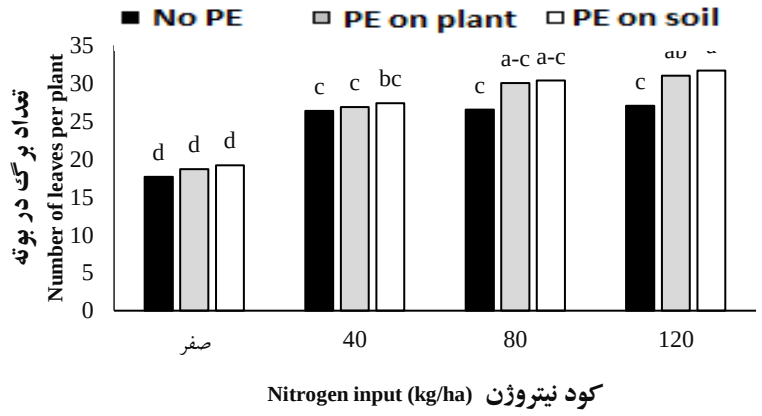
اثرات متقابل کود نیتروژن و مالچ بر تعداد برگ در بوته و دوام سطح برگ

بررسی واکنش گیاه کاملینا به تیمارهای این آزمایش (شکل ۵) نشان داد که بیشترین تعداد برگ در بوته کاملینا در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن و استفاده از مالچ بر روی خاک (۳۱/۷) و کمترین تعداد برگ در بوته مربوط به عدم مصرف نیتروژن در تمام سطوح پوشش پلاستیک بوده است. همان‌گونه که در نمودار قابل مشاهده است، می‌توان استنباط نمود که تا ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژنه در هکتار در تیمار بدون مالچ گیاه به نیتروژن پاسخ داده است ولی در مقادیر ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فقط تیمار پوشش پلاستیک قادر به افزایش تعداد برگ در بوته بوده است.

از سوی دیگر وضعیت دوام سطح برگ نیز تحت شرایط تیمارهای آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۶) که نتایج آن حاکی از این امر است که بیشترین دوام سطح برگ در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کاربرد مالچ پلاستیکی روی خاک به‌میزان ۶۲/۳ روز و کمترین آن در تیمارهای عدم مصرف کود نیتروژن در تمام سطوح پوشش پلاستیک ثبت شد. در بین تیمارهای اعمال شده در این آزمایش در داخل هر سطح کود نیتروژن به‌جز سطح کودی ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، بین انواع روش مالچ‌دهی (استفاده از پوشش پلاستیکی) از نظر دوام سطح برگ تفاوتی دیده نشد. در مطالعه‌ای جهت ارزیابی اثرات تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک کاملینا عنوان شده که دوام سطح برگ به‌عنوان یک ویژگی ظاهری رشد گیاه تحت تاثیر شرایط خشکی قرار می‌گیرد (Waraich *et al.*, 2017). آنها بیشینه شاخص دوام سطح برگ را ۶۸ روز عنوان کردند. در این مطالعه مشخص شد که در صورتی‌که رطوبت خاک در حد ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه باشد نسبت به حالتی که این میزان ۶۰ درصد باشد دوام سطح برگ به‌صورت معنی‌دار بالاتر خواهد بود که نشانگر اهمیت جلوگیری از بروز تنش خشکی بر گیاه کاملینا جهت نگهداشت سطح برگ به‌مدت طولانی‌تر و در نتیجه ارتقا ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌باشد.

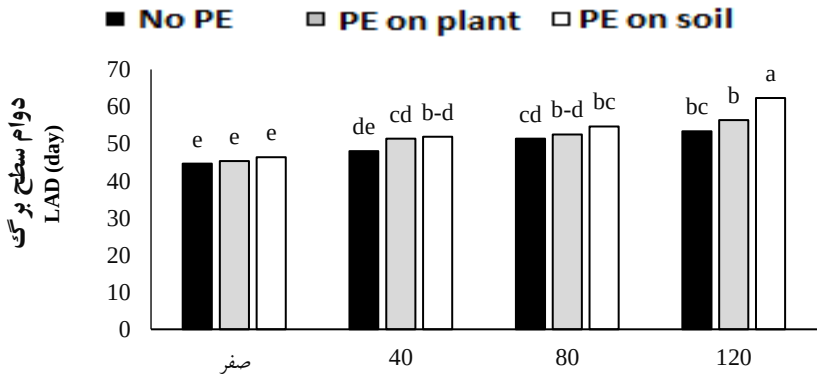
در نتایجی تقریباً مشابه اعلام‌شده که در صورت اعمال روش‌های به‌زراعی مانند تنظیم تاریخ کاشت یا استفاده از مالچ پلاستیکی که می‌تواند با افزایش دوام سطح برگ گیاه کاملینا موجبات ذخیره بیشتر مواد فتوسنتزی در طول زمان را فراهم نماید، بر میزان عملکرد نهایی گیاه نیز موثر باشد (Yadavi *et al.*, 2015). در مطالعه‌ای مشابه بر روی گیاه کاملینا گزارش شده که کاهش طول دوره رشد کاملینا دلیل کاهش دوام سطح برگ بوده و به‌همین جهت طول مدت جذب تشعشعات خورشیدی برای به حداکثر رساندن ذخایر فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد. براساس نتایج این مطالعات گیاه کاملینا در

شـرایط کمبود رطوبت پروسـه‌های فتوسـنتزی خود را کاهش می‌دهد و در عین حال باعث شـتاب بیشـتر فرایند زرد شـدن برگ‌ها و پیری برگ‌ها می‌گردد که خود دلیلی بر کاهش دوام سـطح برگ می‌باشـد (Munakamwe *et al.*, 2008). بررسـی موفولوژی کاملینا و واکنش آن به تیمارهای تغذیه‌ای و تنش آبی نشـان داده که در شـرایط بهینه رشـد و فراهمی عناصـر تغذیه‌ای در عین حفظ تعادل رطوبتی خاک منجر به افزایش برگ‌های گیاه و در نتیجه تولید ماده خشک بیشتر می‌شود. این عامل می‌تواند یک مزیت در رقابت با علف‌های هرز مزرعه کاملینا هم محسوب گردد. ذخایر ماده خشک بیشتر گیاه ضمن آن‌که یک منبع برای انتقال مواد خشـک به بخش عملکردی یعنی تولید دانه گیاه باشد، با ایجاد سایه‌اندازی بیشتر در اطراف بوته امکان رقابت با علف‌های هرز را ارتقا می‌دهد (Toyota *et al.*, 2003).



شکل ۵- برهم‌کنش کود نیتروژن و مالچ پلاستیک (PE) بر تعداد برگ در بوته گیاه کاملینا

Figure 5- Nitrogen and polyethylene (PE) mulch interaction effect on number of leaves per plant in camelina



شکل ۶- برهم‌کنش کود نیتروژن و مالچ پلاستیک (PE) بر دوام سطح برگ (LAD) کاملینا

Figure 6- Nitrogen and polyethylene (PE) mulch interaction effect on leaf area duration (LAD) in camelina

تعداد شـاخه فرعی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه گیاه کاملینا

نتایج به‌دسـت آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشـان داد که اثر مکان بر تعداد خورجین در بوته و وزن هزاردانه معنی‌دار شد. برهم‌کنش کود نیتروژن و مالچ بر صـفات تعداد شـاخه فرعی، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر کود نیتروژن و مالچ پلاستیک (PE) بر تعداد شاخه فرعی، اجزاء عملکرد و عملکرد دانه کاملینا

Table 5- Analysis of variance of effect of nitrogen fertilizer and polyethylene (PE) mulch on the number of lateral branches, yield components and seed yield of camelina

منابع تغییر Variation sources	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean square				
		تعداد شاخه فرعی Number of lateral branches	تعداد دانه در خورجین Seed number per pod	تعداد خورجین در بوته Pod number per plant	وزن هزاردانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield
مکان (P)	1	0.5^{ns}	3.13^{ns}	3403**	1.76**	0.377^{ns}
تکرار در مکان R(P)	4	0.667	1.04	83.8	0.004	0.245
نیتروژن (N) Nitrogen	3	48.3**	20.8**	24708**	2.46**	1.51**
P × N	3	0.833^{ns}	1.13^{ns}	115^{ns}	0.012^{ns}	0.007^{ns}
خطای a Error a	12	1	0.486	100	0.006	0.04
مالچ (M) Mulch	2	46.5**	0.50^{ns}	1902**	1.40**	2.95**
N × M	6	3.83**	5.17**	3018**	0.493**	0.119**
P × M	2	0.5^{ns}	0.50^{ns}	27.4^{ns}	0.005^{ns}	0.013^{ns}
P × N × M	6	0.83^{ns}	0.50^{ns}	52.2^{ns}	0.002^{ns}	0.001^{ns}
خطای b Error b	32	0.917	0.875	246	0.008	0.026
ضریب تغییرات (٪) Variation coefficient	-	10.6	10.3	11.3	3.90	14.7

^{ns}و ** به‌ترتیب عدم معنی داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

^{ns}, **: not significant and significant at the probability level of 1%, respectively

مقایسه میانگین اثر مکان بر تعداد خورجین در بوته و وزن هزاردانه کاملینا نشان داد که تعداد خورجین در بوته کاملینا در شهرستان کرمانشاه بالاتر از شهرستان کنگاور بود (جدول ۶). وزن هزاردانه کاملینا در شهرستان کرمانشاه بالاتر از شهرستان کنگاور بود (جدول ۶). تاریخ کاشت کاملینا در شهرستان کنگاور یک هفته پس از شهرستان کرمانشاه بود و لذا به نظر می‌رسد استفاده بهینه از بارش ابتدای فصل این امکان برای رشد زایشی مطلوب‌تر در کرمانشاه ایجاد شده باشد.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر مکان بر صفات تعداد خوجین در بوته و وزن هزار دانه در گیاه کاملینا

Table 6- Mean comparison of place effect on pod number per plant and 1000-seed weight of camelina

مکان Place	وزن هزاردانه 1000-seed weight (g)	تعداد خوجین در بوته Pod number per plant
کرمانشاه Kermanshah	2.49^{a}	146^{a}
کنگاور Kangavar	2.18^{b}	132^{b}

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Different letters within column indicate significant difference based on LSD test (5%)

مقایسه میانگین شاخص‌های عملکردی گیاه کاملینا تحت برهم‌کنش کود نیتروژن و مالچ پلی‌اتیلن در جدول ۷ ارائه شده است. کمترین تعداد شاخه فرعی در تیمار شاهد (بدون کود و بدون مالچ پلاستیکی) و تیمار مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدون مالچ پلاستیکی و بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و مالچ پلاستیک بر روی خاک

ثبت گردید. همان‌گونه که در نتایج جدول ذیل مشاهده می‌گردد، اعمال ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌خصوص توام با کاربرد پلاستیک بر روی خاک باعث افزایش تعداد شاخه‌های فرعی بوته کاملینا با اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد گردیده است که بیانگر اهمیت استفاده از مقادیر بهینه نیتروژن و نیز کاربرد مالچ به‌ویژه بر روی خاک است. در این رابطه لازم به ذکر است که با توجه به اینکه استفاده از ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن نسبت به ۸۰ کیلوگرم باعث ایجاد شاخه فرعی بیشتر شده است، نشان‌دهنده پاسخ مثبت گیاه کاملینا به کاربرد این مقادیر نیتروژن می‌باشد که لازم است در تدوین برنامه‌های به‌زراعی این گیاه مدنظر قرار گیرد.

تیمار عدم مصرف نیتروژن بدون پوشش پلاستیک، تیمار عدم مصرف نیتروژن با پوشش پلاستیک روی گیاه و تیمار مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدون پوشش پلاستیک کمترین تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته را داشتند. تیمارهای عدم مصرف نیتروژن در تمام سطوح پوشش پلاستیک و تیمار مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدون پوشش پلاستیک کمترین وزن هزاردانه را داشتند. تیمار مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با پوشش پلاستیک روی خاک بیشترین تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه را به‌خود اختصاص داد (جدول ۷).

با توجه به موارد گفته شده در خصوص تعداد شاخه فرعی، اجزاء عملکرد و نحوه پاسخ آن به تیمارهای موجود در آزمایش می‌توان پیش‌بینی نمود که شاخص عملکرد دانه چه روندی را در پاسخ به تیمارها نشان می‌دهد (شکل ۷).

کمترین میزان عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد (بدون کود و بدون مالچ پلاستیکی) بود و بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با کاربرد مالچ پلاستیک بر روی خاک یا گیاه و تیمار ۸۰ کیلوگرم نیتروژن با کاربرد مالچ پلاستیک بر روی خاک ثبت شد. همان‌گونه که در شکل ۷ مشاهده می‌گردد، نوعی همبستگی مثبت بین کاربرد مالچ پلاستیک با کاربرد مقادیر بالای نیتروژن قابل تشخیص است که این امر به‌ویژه در تیمارهای کاربرد مالچ پلاستیک روی خاک مشهودتر است و نشان‌دهنده اهمیت استفاده از مقادیر بالاتر کود جهت حصول عملکرد بیشتر می باشد.

در بررسی اثرات کود نیتروژن و تاریخ کاشت کاملینا در شرایط مزرعه شهرستان اقلید فارس و ارزیابی شاخص‌های رشدی و عملکردی گزارش شده است که رابطه استفاده از کود نیتروژنه و تاریخ کاشت و اثر آن بر شاخص عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (Momeni *et al.*, 2024).

آنها گزارش دادند که استفاده از کود نیتروژنه به‌دلیل ایجاد شرایط محیطی رشد به شکل مطلوب و نیز تاریخ کاشت زودهنگام که فرصت کافی برای تکمیل رشد رویشی را به گیاه می‌دهد عامل افزایش تعداد دانه در خورجین معرفی و افزایش تعداد دانه در خورجین به‌دلیل افزایش سطح نیتروژن را به‌دلیل اثرات مثبت آن در لقاح و تشکیل دانه‌ها عنوان کردند. از سویی دیگر در کشت دیرهنگام و عدم کاربرد کود نیتروژن‌دار ضمن آنکه فرصت کافی برای ساخت و انتقال شیره پرورده به دستگاه زایشی را نمی‌دهد، طول دوره رشد را تقلیل و در نتیجه عملکرد را کاهش می‌دهد. در بررسی وضعیت رشد کاملینا در پاسخ به سطوح تیماری حاوی کود نیتروژنه گزارش شده که عملکرد دانه گیاه کاملینا با افزایش سطوح کاربرد نیتروژن رابطه مثبت معنی‌دار دارد (Kumari *et al.*, 2015).

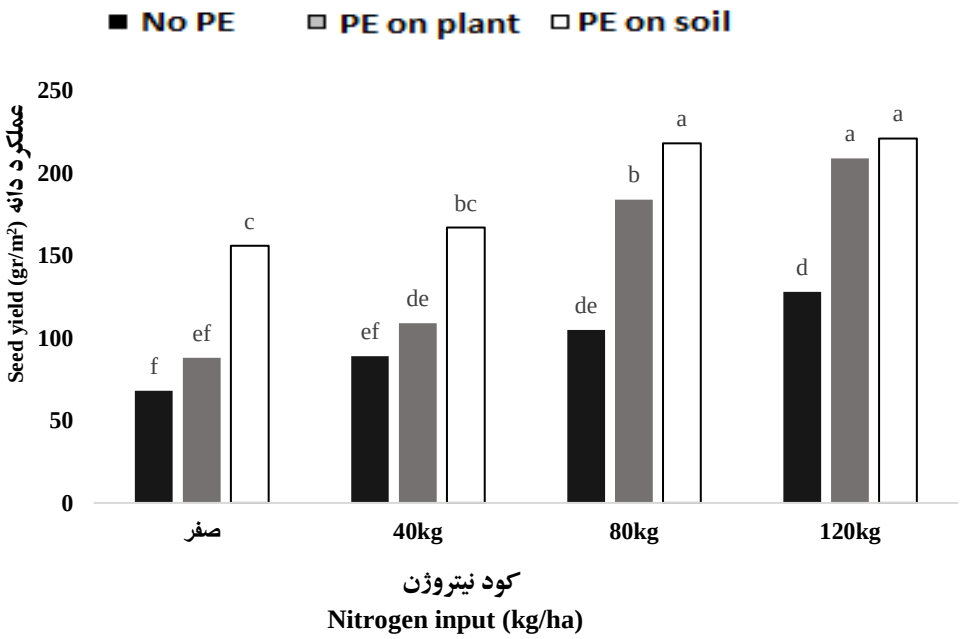
آن‌ها گزارش دادند که نیتروژن استفاده شده به‌صورت قابل‌توجهی صرف تولید غلاف و همچنین ایجاد دانه‌های بیشتر شده است.

با توجه به اهمیت فاکتور تعداد شاخه فرعی در تعیین عملکرد نهایی محصول به نظر می‌رسد آن‌چنان که نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، کاربرد کود نیتروژنه به‌همراه استفاده از مالچ توانسته است به‌صورت معنی‌داری تعداد شاخه فرعی در بوته را ارتقا دهد. در نتایج مشابهی عنوان شده است کاربرد کود نیتروژنه به شکل معنی‌داری و در سطح احتمال یک درصد تعداد خورجین در بوته را افزایش داده است (Momeni *et al.*, 2024).

آنها میانگین تعداد خورجین در بوته را در تیمار کاربرد کود زیستی نیتروژنه به‌علاوه ۷۵ درصد کود شیمیایی نیتروژن ۳۱۳ خورجین ثبت کردند. کود نیتروژنه تعداد غلاف‌ها در واحد مترمربع را به شکل قابل‌توجهی افزایش اما تاثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر وزن دانه ندارد. نیتروژن به‌کار برده شده در سطوح بهینه موجب کاهش ریزش گل‌ها می‌شود و در نتیجه تعداد غلاف افزایش می‌یابد. همچنین کود نیتروژنه با تاثیرات مثبت بر رشد

رویشـــی گیاه موجب افزایش تعداد شـــاخه‌های فرعی در گیاه می‌شود (Rabiei *et al.*, 2011).

نتایج مطالعات ذکر شـــده با یافته‌های این مطالعه هم‌خوانی دارد و موید اثرات مثبت کاربرد کود نیتروژن و نیز تاثیرات مثبت استفاده از مالچ پلاستیکی است.



شکل ۷ – برهم‌کنش کود نیتروژن و مالچ پلاستیک بر عملکرد دانه

Figure 7- Comparison of the average interaction of nitrogen fertilizer and polyethylene (PE) mulch on seed yield of camelina

گزارش‌ها نشـــان می‌دهند که غلاف‌های در حال پر شـــدن نسـبت به غلاف‌های جوان گیاه از نظر دریافت مواد فتوسـنتزی تولید شـده توسـط گیاه در اولویت بوده و لذا افزایش طول دوره پر شـدن دانه گیاه کاملینا موجب افزایش وزن هزاردانه می‌شـود (Zarei *et al.*, 2021). از سـویی بروز تنش‌های محیطی مانند کمبود رطوبت و تنش خشکی به‌دلیل ایجاد نقصان در پر شدن دانه‌ها، عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. رابطه بین عملکرد دانه و اسـتفاده از کود نیتروژنه مثبت و معنی‌دار گزارش شـده اسـت (Momeni *et al.*, 2024).

آن‌ها اعلام نمودند کاربرد ۷۵ درصـد کود نیتروژنه بالاترین وزن هزاردانه را داشته است و در صورت تاخیر در تاریخ کاشت از میانگین وزن هزاردانه کاسـته شـده اسـت. سـطوح بالای کود نیتروژنه با ارتقای قابلیت‌های فیزیولوژیک گیاه در تولید مواد فتوسـنتزی باعث افزایش ذخیره این مواد در مقاصد فیزیولوژیک یعنی دانه‌ها می‌شود.

بروز تنش‌های محیطی طول دوره پر شـدن دانه‌ها را کاهش می‌دهـد و بـاعث تقلیـل وزن هزاردانـه می‌گردد. لـذا پیش‌بینی هرگونـه عملیـات بـه‌زراعی جهت مواجهـه بـا تنش‌های محیطی مانند کاربرد پوشـــش پلاســـتیکی برای حفظ رطوبت خاک و جلوگیری از بروز تنش خشـــکی می‌تواند با جلوگیری از کوتاه شـدن دوره پر شـدن دانه‌ها، باعث حفظ عملکرد نهایی گیاه در مقـادیر قـابـل‌قبول گردد. این موضـــوع را می‌توان بـه فراهمی نیتروژن در محیط ریشـــه و در نتیجه ســـاخت میزان بیشـــتر کلروفیل جهت ســـاخت کربوهیدرات نســـبت داد؛ به گونه‌ای که عوامل مذکور با ایجاد سطح فتوسنتزی بیشتر امکان انتقال مواد فتوسـنتزی به دسـتگاه زایشـی را فراهم می‌کنند و در نهایت با ایجاد عملکرد دانه بیشـتر شـاخص برداشـت را افزایش می‌دهند. عملکرد دانه در مطالعه حاضـــر تحت تاثیر تیمار کاربرد کود نیتروژن و مالچ افزایش نشـان داد که با نتایج ذکر شـده در بالا تطابق دارد.

جدول ۷- مقایسه میانگین برهم‌کنش کود نیتروژن و مالچ پلاستیک (PE) بر تعداد شاخه فرعی واجزای عملکرد دانه کاملینا

Table7- Comparison of the average interaction of nitrogen fertilizer and polyethylene (PE) mulch on the number of lateral branches and seed yield components of camelina

کود نیتروژن Nitrogen (kg/ha)	مالچ mulch	وزن هزاردانه 1000-seed weight (g)	تعداد خورجین در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در خورجین Seed number per pod	تعداد شاخه فرعی Number of lateral branches
0	بدون نایلون No PE	1.96f	88g	8ef	7f
	نایلون روی گیاه PE on plant	1.99f	98fg	8ef	8ef
	نایلون روی خاک PE on soil	2.00f	115f	9ce	8ef
40	بدون نایلون No PE	2.00f	97fg	8ef	7f
	نایلون روی گیاه PE on plant	2.06ef	115f	9c-e	8ef
	نایلون روی خاک PE on soil	2.16de	137e	9c-e	9de
80	بدون نایلون No PE	2.22cd	135e	9c-e	8ef
	نایلون روی گیاه PE on plant	2.24cd	160cd	10bc	10cd
	نایلون روی خاک PE on soil	2.91b	187ab	10bc	12b
120	بدون نایلون No PE	2.28c	156d	9c-e	9de
	نایلون روی گیاه PE on plant	2.88b	178bc	11ab	11bc
	نایلون روی خاک PE on soil	2.31a	204a	12a	14a

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده‌ی معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Different letters within column indicate significant difference based on LSD test (5%)

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان استنباط نمود استفاده از مالچ پلاستیکی خصوصاً در شرایطی که این نوع مالچ بر روی خاک استفاده شده باشد، شرایط محیطی مخصوصاً شرایط محتوی رطوبت خاک را به‌نفع استفاده از مقادیر بالاتر نیتروژن تغییر می‌دهد. ایجاد تعادل بهینه حرارتی خاک خصوصا در اواخر زمستان و اوایل بهار امکان رشد رویشی سریع‌تر جهت استفاده از منابع آبی محدود در محیط اطراف ریشه را فراهم و به‌علاوه در رقابت این گیاه با علف‌های هرز نیز می‌تواند موثر باشد. جذب رطوبت و کاهش تنش خشکی انتهای فصل رشد عملکرد اقتصادی کاملینا را به‌صورت معنی‌دار افزایش و ضمناً زمینه را برای جذب حداکثری عناصر غذایی نسبت به شرایط بدون مالچ پلاستیکی فراهم می‌نماید. با این توصیف به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی پیشنهاد می‌گردد، در شرایطی اقلیمی مشابه مناطق اجرای این آزمایش، جهت حصول بیشترین عملکرد دانه، ۱۲۰ کیلوگرم کود نیتروژنه اوره در هکتار توام با کاربرد پوشش پلاستیکی بر روی سطح خاک استفاده گردد.

References

Afshar, R.K., Mohammed, A.Y. and Chen C., 2016. Enhanced efficiency of nitrogen fertilizer effect on camelina production under conventional and conservation tillage practices. *Industrial Crops Production, 94*, pp.783–789. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.043

Agarwal, A., Prakash, O. and Bala, M., 2021. Effect of irrigation schedule on growth and seed yield of camelina (*Camelina sativa* L.) in Tarai region of central Himalaya. *Oil Crop Science*, *6*, pp.8-11. https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2021.01.004

Ahmad-Waraich, E., Zeeshan, A., Zahoor, A. and Erman, R., 2020. Alterations in growth and yield of Camelina induced by different planting densities under water deficit stress. *International Journal of Experimental Botany*, *89*(3), pp.587-597. https://doi.org/10.32604/phyton.2020.08734

Caruso, G., 2015. Plastic degrading microorganisms as a tool for bioremediation of plastic contamination in aquatic environments. *Journal of Pollution Effects & Control*, *3*(3), 1000e112. https://doi.org/10.4172/2375-4397.1000e112

Correa, R.S., White R.E. and Weatherley A.J., 2006. Effect of compost treatment of sewage sludge on nitrogen behavior in two soils. *Waste Management*, *26*, pp.614–619. https://doi.org/10.1016/j.wasman .2005.09.008

Ehrensing, Daryl T. and Stephen O. Guy., 2008. Camelina. Oregon State University Extension Service. EM 8953-E, January 2008. https://extension.oregonstate.edu/catalog/pub/em-8953-oilseed-crops-camelina

Fakoredet, M.A.B. and Mock, J.J., 1980. Growth analysis of maize variety hybrids obtained from two recurrent selection programs for grain yield. *New Phytologist*, *85*, pp.393-408. https://www.jstor.org/stable/2431789

Gregorich, E. G., 2006. Encyclopedia of Soil Science. *Taylor and Francis*, *38*, pp.1388-1391.

HasaniBalyani, M., Tadayon, M. and Fadaei, A., 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*, pp.39-52. [In Persian]. https://doi.org/10.47176/jcpp.10.1.209111

Hosseinifard, M., Ghorbani Javid, M., Soltani, E., Allah dadi, I. and Kahrizi, D., 2022. Evaluation of seed yield and oil content of 40 camelina (*Camelina sativa* L.) doubled haploid lines. *Journal of Crops Improvement*, *24*(2), pp.497-509. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jci.2021.331945.2622

Hunter, J. and Greg R., 2010. Camelina production and potential in Pennsylvania. Agronomy Facts 72. College of Agricultural Sciences, Crop and Soil Sciences, Pennsylvania State University

Kim, S.W. and An, Y., 2019. Soil microplastics inhibit the movement of springtail species. *Environment International*, *126*, pp.699-706.

Kumari, A., Joshi, P.K., Mohsin, M., Arya M.C. and Ahmed, Z., 2015. Studies on effect of spacing and nitrogen on false flax (*Camelina sativa* cv. calena) under central western Himalayas of India. *The Bioscan*, *10*, pp.1321-1326. https://thebioscan.com/index.php/pub/article/view/1711

Kuzmanovic, B., Petrovic, S., Nag, N., Mladenov, V., Grahovac, N., Zanetti, F., Eynck, C., Vollmann, J. and Marjanovic Jeromela, A., 2021. Yield-related taits of 20 spring Camelina genotypes grown in a multi-environment study in Serbia. *Agronomy*, *11*, pp.858-869. https://doi.org/10.3390/agronomy11050858

Luo, L. C., Hui, X., He, G., Wang, S., Wang, Z. and Siddique, K.H., 2022. Benefits and limitations to plastic mulching and nitrogen fertilization on grain yield and sulfur nutrition: multi-site field trials in the semiarid area of China. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 799093. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.799093

Ma, Y., Zhang, H., Xue, Y., Gao, Y., Qian, X., Dai, H., ... and Li, Z., 2021. Effect of sulfur fertilizer on summer maize grain yield and soil water utilization under different irrigation patterns from anthesis to maturity. *Agronomy Water Management*, *250*, 106828. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106828

Mohammed, Y.A., Chen, C. and Afshar, R.K., 2017. Nutrient requirements of camelina for biodiesel feedstock in central Montana. *Agronomy Journal*, *109*, pp.309–316. https://doi.org/10.2134/agronj2016.03.0163

Momeni, A., Yadavi, A., Moradi, A., Hemmati, A., 2024. Improving the quantity and quality of camelina (*Camelina sativa* L.) yield by chemical and biological nitrogen fertilizers in different planting dates. *Journal of Crop Production and Processing*, *14*, pp.73-93. [In Persian]. https://doi.org/10.47176/jcpp.14.2.20335

Munakamwe Z., 2008. A physiological study of weed competition in peas (*Pisum sativum* L.). A thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. *Lincoln University*, 164 p.

Neupane, D., Solomon, J.K.Q. Mclennon, E., Davison, J. and Lawry, T., 2020. Camelina production parameters response to different irrigation regimes. *Industrial Crops Production*, *14*, pp.112-286. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112286

Rabiei, M. and TousiKehal, P., 2011. Effects of nitrogen and potassium fertilizer levels on nitrogen use efficiency and yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) as a second crop after rice in Gilan region. *Iranian Journal of Field Crop Sciences*, *42*, pp.605-615. [In Persian]. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20084811.1390.42.3.18.8

Rostami, H., Abbasi, N. and Hajinia, S., 2023. Evaluation of yield and yield components and quality of camelina grain oil under fertilizer application. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *53*, pp.245-*260*. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/ijfcs.2022.331029.654863

Seguin-Swartz G., Eynck, C., Gugel, R.K., Strelkov, S.E., Olivier, C.Y., Li, J.L., ... and Falk, K.C., 2009. Diseases of Camelina sativa (false flax). *Canadian Journal of Plant Pathology*, *31*(4), 375-386. https://doi.org/10.1080/07060660909507612

Sintim, H.Y., Zheljazkov, V.D., Obour, A.K., Garcia, A. and Foulke, T.K., 2016. Evaluating agronomic responses of camelina to seeding date under rain-fedconditions. *Agronomy Journal*, *108*, pp.349–357. https://doi.org/10.2134/agronj2015.0153

Toyota, M., Shiotsu, F., Bian, J., Morokuma, M. and Kusutani, A., 2003. Effects of radiation in plant height induced by chlormequat on radiation interception and radiation use efficiency in wheat in Southwest Japan. *Plant Production Science*,*13*, pp.67-73. https://doi.org/10.1626/pps.13.67

Vollmann, J. and Eynck, C., 2015. Camelina as a sustainable oilseed crop: contributions of plant breeding and genetic engineering. *Biotechnology Journal*, *10*, pp.52-35. https://doi.org/10.1002/biot.201400200

Waraich E.A., Ahmad, R, Ahma, Z., Barutcular, C., Erman, M., Cig, F., Saneoka, H. and Ozturk, F., 2020. Comparative study of growth, physiology and yield attributes of camelina (*Camelina sativa* L.) and canola (*Brassica napus* L.) under different irrigation regimes. *Pakistan Journal of Botany*, *52*(5), pp.1537-1544. https://doi.org/10.30848/pjb2020-5(2)

Waraich, E.A., Ahmad, Z., Ahmad, R. and Shabbir, R., 2017. Modulating the phenology and yield of camelina sativa L. by varying sowing dates under water deficit stress conditions. *Pakistan Journal of Botany*, *36*, pp.84-92. https://doi.org/10.25252/se/17/20937

Wittenberg, A. anderson, J. V. and Berti, M.T., 2020. Crop growth and productivity of winter camelina in response to sowing date in the northwestern Corn Belt of the USA. *Industrial Crops and Products, 158,* pp.11-36. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113036

Yadavi, A., Kiani, M., Dehnavi,M.M. and Khajeeyan, R., 2015. Sowing date and weed competition effects on growth, phenology and yield of three white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *International Journal of Biological Sciences, 6*, pp.80-89. https://worldveg.tind.io/record/53967

Zarei, Sh., Hassibi, H., Kahrizi,D. and SafieddinArdebili, S.M., 2021. Effect of nitrogen application on camelina (*Camelina sativa*) oil seed yield and yield components at different planting dates. *Field Crop Research*, *19*, pp.311-325. https://doi.org/10.22067/jcesc.2021.37179.0