Research Paper

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 12
No. 4 (48)
Summer 2023

Received:
2022-09-07

Accepted:
2023-01-20

Pages: 101-111

Investigating Irrigation Management in Different Stages of Growth on the Yield and Yield Components of Lentils under Different Levels of Iron Nano-Chelate in Deylaman Region

Seyyed Mostafa Sadeghi[1*] and Ali Abdzad Gohari[2]

1) Associate Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
2) On-Farm Water Management Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

*Corresponding author email: sadeghisafa777@yahoo.com

Abstract:

Background and Aim: The increase in water consumption in agriculture has caused irrigation management to be studied by experts and researchers in recent years. Water is one of the most important factors limiting the production of lentils. Increasing water productivity through the application of deficit irrigation methods is one of the important topics in the production of this crop. One of the important needs in agricultural planning is to identify the plant's nutritional needs. Iron is one of the essential elements of low consumption and low mobility that plants need the most among micronutrients. Therefore, the present study was conducted with the aim of investigating the irrigation management and iron nano-chelate on the yield and yield components of lentils in Guilan province.

Method: The present experiment is conducted as a split-plot in the form of a randomized complete block design in three iterations in the Deylaman region. The main factor includes four levels namely without irrigation (rainfed), irrigation in the flowering stage, irrigation in the pod formation stage, and irrigation in the flowering and pod formation stage (full) and the sub-factor includes fertilizing nano iron chelate solution during flowering, pod formation time, flowering and podding time and, pre-ripening.

Results: The findings of the research demonstrate that the effect of irrigation management and the influence of nano-chelate on grain and biological yields are significant at the level of 1 percent. As a result of irrigation management, the highest grain and biological yields are observed in the flowering and podding stages under irrigation conditions with an average of 1457 and 4380 $kg.ha^{-1}$, respectively. At different levels of iron nano-chelate fertilizer, in the flowering and podding stage and fertilization in the pre-ripening stage, the highest grain yield is with an average of 834.2 and 861.7 $kg.ha^{-1}$, respectively, and the maximum biological yield with an average of 3317.4 and 3228.6 $kg.ha^{-1}$, respectively.

Conclusion: With full irrigation, the number of main branches, the number of full pods per plant, and the biological and grain yields increases, and spraying solution of iron nano chelate fertilizer improves the number of nodes in the stem, and the number of full pods in the plant and rises the biological yield. Therefore, full irrigation and use of iron nano chelate fertilizer during the flowering and podding stages are recommended for the local lentil plant in the study area.

Keywords: production function, nano fertilizer, water productivity, water use

10.30495/wsrcj.2023.69377.11323

مقاله پژوهشی

بررسی مدیریت آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس تحت سطوح مختلف نانو کلات آهن در منطقه دیلمان

سید مصطفی صادقی[1*] و علی عبدزادگوهری[2]

۱) دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.
۲) بخش تحقیقات مدیریت آب در مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: sadeghisafa777@yahoo.com

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال دوازدهم
شماره چهار (۴۸)
تابستان ۱۴۰۲

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۶/۱۶

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۱۰/۳۰

صفحات: ۱۱۱-۱۰۱

چکیده:

زمینه و هدف: افزایش مصرف آب در کشاورزی باعث شده است که مدیریت‌های آبیاری در سال‌های اخیر مورد مطالعه کارشناسان و پژوهشگران قرار گیرد. آب یکی از مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید عدس می‌باشد. افزایش بهره‌وری مصرف آب از طریق اعمال روش‌های کم‌آبیاری یکی از موضوعات مهم در تولید این محصول است. یکی از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی شناسایی نیازهای تغذیه‌ای در گیاه است. آهن یکی از عناصر ضروری کم مصرف و کم تحرک است که گیاهان در بین ریز مغذی‌ها، بیشترین نیاز را به آن دارند. از این‌رو پژوهش حاضر با هدف بررسی مدیریت آبیاری و نانو کلات آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس در استان گیلان انجام گرفت.

روش پژوهش: آزمایش حاضر به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در منطقه دیلمان (استان گیلان) انجام شد. عامل اصلی شامل چهار سطح بدون آبیاری (دیم)، آبیاری در مرحله گلدهی، آبیاری در مرحله غلاف‌دهی و آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی (کامل) و عامل فرعی شامل کود محلول‌پاشی نانو کلات آهن در زمان گلدهی، زمان غلاف‌دهی، هنگام گلدهی و غلاف‌دهی و مرحله قبل از رسیدگی در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: یافته‌های حاصل از پژوهش نشان داد که اثر مدیریت آبیاری و اثر نانوکلات بر عملکرد دانه و بیولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در اثر مدیریت آبیاری، بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک در شرایط آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی به ترتیب با میانگین ۱۴۵۷ و ۴۳۸۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. در سطوح مختلف کود نانوکلات آهن، در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی و کوددهی در مرحله قبل از رسیدگی، بیشترین عملکرد دانه به ترتیب با میانگین ۸۳۴/۲ و ۸۶۱/۷ کیلوگرم در هکتار و حداکثر عملکرد بیولوژیک به ترتیب با میانگین ۳۳۱۷/۴ و ۳۲۲۸/۶ کیلوگرم در هکتار بود.

نتایج: با آبیاری کامل، تعداد شاخه اصلی، تعداد غلاف پُر در بوته، عملکرد بیولوژیک و دانه افزایش داشت و محلول‌پاشی کود نانو کلات آهن باعث بهبود تعداد گره در ساقه، تعداد غلاف پُر در بوته و افزایش عملکرد بیولوژیک گردید. از این‌رو، آبیاری کامل و مصرف کود نانو کلات آهن در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی برای گیاه عدس رقم محلی در منطقه مورد مطالعه توصیه می‌شود.

کلید واژه‌ها: آب مصرفی، بهره‌وری آب، تابع تولید، کود نانو

10.30495/wsrcj.2023.69377.11323

مقدمه

عدس گیاهی (*Lens culinaris* Medik) از خانواده حبوبات، یک‌ساله با ساقه‌ای کوتاه تا حدی منشعب و به رنگ سبز روشن با ارتفاع بین ۱۵ تا ۷۵ سانتی‌متر است و با توجه به نوع رقم و تا حدی محیط رویش آن، به صورت بوته‌ای کوتاه، نیمه ایستاده یا ایستاده رشد می‌کند. عدس از نظر غذایی غنی بوده و مقدار پروتئین آن بین ۲۳ تا ۲۷ درصد است، لذا بالا بودن مقدار پروتئین عدس و مقاومت آن به خشکی، امکان کشت دیم آن را فراهم نموده و آن را در ردیف گیاهان مهم زراعی قرار داده است (Kamali et al., 2016 ; Mehraban, 2018). عدس به دلیل سهولت هضم و محتوای پروتئین، در بین حبوبات دارای اهمیت خاص می‌باشد و حدود ۳ درصد کل سطح زیر کشت حبوبات را در جهان به خود اختصاص داده و قاره آسیا مهم ترین تولید کننده عدس در جهان است (Aboutalebian and Mohagheghi, 2015). انتخاب عدس جهت افزایش عملکرد در مناطق مختلف آب و هوایی به مراحل مختلف رشد گیاه بستگی دارد (Bannayan et al., 2018). آب یکی از مهم‌ترین عامل تولید در محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک است (Ghamarnia, 2016). از این‌رو، محدودیت منابع آب قابل استفاده، عمده‌ترین مانع در توسعه کشاورزی پایدار در بخش وسیعی از کشور به‌شمار می‌رود (Khoramivafa, 2011). امروزه بخش کشاورزی با این واقعیت مواجه است که در آینده بایستی ضمن مصرف آب کمتر، تولید بیشتری را عرضه نماید (Tabiei and Baradaran, 2014). مشکل کمبود آب و نزولات جوی در مناطقی که نوسانات بارندگی غالباً زیاد و در ابتدای فصل، مقدار بارندگی کم است، موجب کاهش پتانسیل آب خاک شده و در برخی نواحی علی‌رغم بارش مناسب قبل از کاشت، به‌علت تبخیر و عدم تامین رطوبت کافی در لایه سطحی خاک، جوانه‌زنی بذور با مشکل مواجه می‌گردد. در مناطق کم بارش، نیاز آبی عدس به آبیاری، مقدار رطوبت ذخیره شده در خاک، میزان بارندگی، عمق و بافت خاک منطقه بستگی دارد (Kamali et al., 2016). آبیاری کامل معمولاً در مراحل مختلف رشد گیاه عدس انجام می‌شود تا به منظور کسب حداکثر عملکرد، کل تبخیر و تعرق گیاه توسط آبیاری جبران شود (Amiri et al., 2021). پژوهش‌ها نشان داد که تولید عدس با افزایش میزان آبیاری افزایش می‌یابد، اما در مواقع کم‌آبی، آبیاری در مرحله گلدهی بسیار اهمیت دارد (Amiri et al., 2021; Zang et al., 2000). افزایش روز افزون قیمت کودهای شیمیایی در جهان، اقتصادی بودن تولید و ضرورت عدم آلودگی آب‌های زیرزمینی از جمله مشکلاتی است که باید با روش‌های مناسب تغذیه‌ای مدیریت شود. عوامل مختلفی در پایین بودن عملکرد عدس مؤثر هستند که یکی از این موارد عدم رعایت نکات به‌زراعی از جمله محدودیت یا توزیع نامناسب مصرف کود است (Bannayan et al., 2018). در حال حاضر درصد کمی از تغذیه گیاه را کودهای کم مصرف تشکیل می‌دهد، لذا مصرف این نوع کودها می‌تواند نقش مهمی‌در بهبود صفات کیفی و کمی گیاه داشته باشد. با نگرشی به روند روبه رشد جمعیت جهان و نیاز روز افزون به غذا و افزایش بازده فرآورده‌های گیاهی و بهبود کیفیت آن‌ها، گرایش برای به کارگیری کودهای عناصر کم‌مصرف در میان کشاورزان رواج یافته است (Khamadi et al., 2015). کاربرد نانو کودها برای تغذیه گیاهان یکی از مهم‌ترین کابردهای فناوری نانو در زمینه‌ها و گرایش‌های مختلف کشاورزی در بخش آب و خاک است (Sabeki et al., 2017 ; Khalaj et al., 2020). کودهایی که به‌صورت محلول‌پاشی در اندام هوایی به کار می‌روند، عموماً به منظور فراهم نمودن سریع عناصر غذایی برای گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Khalaj et al., 2020). آهن به‌عنوان یکی از عناصر مهم در تغذیه گیاه، به مقدار فراوان در خاک وجود دارد ولی به‌دلایل متعددی قابلیت جذب آن بسیار کم و محدود می‌باشد (Mehraban, 2018). کود آهن با تقویت رشد رویشی از طریق افزایش تعداد و سطح برگ و مشارکت در فتوسنتز و همچنین افزایش ارتفاع و ماده خشک، زمینه تشکیل و توسعه اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه را در گیاه فراهم می‌آورد. اگر چه آهن در ساختمان کلروفیل شرکت ندارد، اما کمبود آن موجب کاهش میزان کلروفیل و نهایتاً زردی برگ‌ها می‌شود (Salkhouri et al., 2018). رفع کمبود آهن از طریق کوددهی با کودهای معدنی دشوار بوده و کودهای آهن به کار رفته در خاک به سرعت به شکل‌های غیرمحلول تبدیل می‌شوند و اثر بخشی خیلی محدودی دارند، لذا کلات آهن در رفع کمبود آهن بسیار مؤثر است (Peyvandi et al., 2011). در پژوهشی گزارش گردید که محلول‌پاشی آهن بر صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و محتوی پروتئین و آهن دانه معنی‌دار بود (Salkhouri et al., 2018). بهره‌وری مصرف آب که در سازگاری گیاه به شرایط خشکی نقش عمده‌ای دارد، تحت تأثیر مدیریت آب، خاک و گیاه است و افزایش بهره‌وری مصرف آب به‌ویژه در بخش کشاورزی در برنامه‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ضروری به‌نظر می‌رسد (Khoramivafa, 2011). در پژوهشی اثر کم‌آبیاری بر تولید و بهره‌وری مصرف آب عدس در منطقه خرم‌آباد بررسی شد و نشان داده شد که بهره‌وری مصرف آب در تیمارهای کم‌آبیاری افزایش، ولی تفاوت

جزئی با تیمار آبیاری کامل داشت که از آن به‌عنوان راهکاری در مدیریت منابع آب در شرایط محدودیت منابع آب یاد می‌شود (Saremi et al., 2015). یکی از رایج‌ترین روش‌های اقتصادی که تاکنون جهت برآورد ارزش اقتصادی آب و سایر نهاده‌ها، مورد استفاده قرار گرفته، روش تابع تولید است. برآورد دقیق و مناسب روابط بین متغیرهای وابسته و مستقل، از جمله مسائل بسیار مهم و اساسی در برآورد توابع تولید است و انتخاب یک رابطه مناسب برای توابع تولید محصولات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بخصوص زمانی که ضرایب مورد استفاده در آن بر مبنای سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها قرار گیرد (Babazadeh et al., 2018). پژوهش حاضر با هدف بررسی مدیریت آبیاری و کود نانو کلات آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس در منطقه دیلمان در استان گیلان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۶- ۱۳۹۷ در استان گیلان شهرستان سیاهکل بخش دیلمان و پیرکوه اجرا گردید. بخش دیلمان از توابع شهرستان سیاهکل (شرق استان گیلان) با طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۴۹/۹۰۸۵۰۲۴ و ۳۶/۸۸۵۹۹۱۶ و ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد. داده‌های هواشناسی این تحقیق از ایستگاه هواشناسی بخش دیلمان دریافت شد (جدول ۱). قبل از آماده‌سازی زمین و مصرف کود شیمیایی، از خاک محل آزمایش از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر نمونه برداری گردید (جدول ۲). آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل چهار سطح بدون آبیاری یا دیم (I_1)، آبیاری تا مرحله گلدهی (I_2)، آبیاری تا مرحله غلاف‌دهی (I_3)، آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی (I_4) و عامل فرعی شامل کود محلول‌پاشی نانو کلات آهن به میزان ۴ در هزار بود (بر اساس توصیه شرکت سازنده کود) که در مرحله گلدهی (F_1)، مرحله غلاف‌دهی (F_2)، مرحله گلدهی و غلاف‌دهی (F_3) و مرحله قبل از رسیدگی (F_4) در نظر گرفته شد. بذر مورد استفاده از رقم محلی و زمان کاشت آن در نیمه دوم اسفندماه و زمان برداشت آن اواخر تیرماه بود. ابعاد پلات ۲/۵×۴ متر و فاصله بین تکرارها ۲ متر بود. در شرایط دیم (بارندگی)، گیاه تا مرحله رسیدگی کامل از رطوبت ذخیره شده در خاک استفاده کرد. در شرایط بدون تنش، آبیاری‌ها بر اساس عدد قرائت شده در تانسیومتر صورت گرفت (عدد ۵۰ سانتی‌بار). برای اجرای صحیح نمونه-برداری و حذف اثرات حاشیه‌ای، بوته‌ها در ردیف‌های کناری و نیز بوته‌های واقع شده در ابتدا و انتهای کرت‌ها در نظر گرفته نشدند و برای اندازه‌گیری تمام صفات، ۱۰ بوته انتخاب گردید. ارتفاع بوته‌ها با خط‌کش اندازه‌گیری گردید. برای تعیین گره در ساقه، تعداد گره‌های ساقه اصلی شمارش شد. تعیین تعداد شاخه اصلی و همچنین شاخه فرعی با انتخاب ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت و شمارش آن‌ها به‌دست آمد. برای به‌دست آوردن تعداد غلاف پر و خالی در بوته، به‌طور تصادفی از هر کرت نمونه انتخاب و تعداد غلاف‌های پر و خالی در هر بوته شمارش گردید. برای تعیین تعداد دانه درغلاف، به‌طور تصادفی از هر کرت بوته‌ها انتخاب و غلاف‌های آن خشک و سپس تعداد دانه‌ها در هر غلاف شمارش شد. طول غلاف‌ها با استفاده از خط‌کش به میلی‌متر اندازه‌گیری شد. تعیین قطر دانه با استفاده از کولیس انجام شد. برای تعیین وزن صددانه، ۲۰۰ گرم غلاف خشک به‌عنوان نمونه انتخاب و پس از آن، دانه‌های حاصله تا رسیدن به وزن خشک ثابت در آون و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد نگه‌داشته شدند. آن‌گاه تعداد ۱۰۰ عدد دانه به طور تصادفی انتخاب و با ترازوی دارای دقت یک‌صدم گرم وزن شد. برای تعیین عملکرد بیولوژیک و دانه، غلاف‌های رسیده انتخاب و به‌مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. سپس با استفاده از ترازو و با دقت یک صدم گرم اندازه‌گیری و به کیلوگرم بر هکتار تبدیل گردید. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به دست آمد. مقدار آب آبیاری برای مرحله گلدهی، آبیاری در مرحله غلاف‌دهی و آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی (کامل) به ترتیب برابر با ۲۸۲، ۳۱۲ و ۳۵۲ میلی‌متر بود. بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم‌برمترمکعب) از تقسیم عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) بر میزان آب مصرفی (میلی‌متر) محاسبه گردید (Saremi et al., 2015).

برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار MSTATC و SPSS16 (مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه-ای دانکن) و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد. تخمین تابع‌تولید با نرم‌افزار STATISTICA13 انجام شد.

جدول ۱. خصوصیات هواشناسی منطقه مورد آزمایش در طول دوره رشد

ماه	حداقل دما (سانتی‌گراد)	حداکثر دما (سانتی‌گراد)	ساعات آفتابی	بارندگی (میلی‌متر)
فروردین	۵/۶	۱۶/۳	۲۰۸/۶	۶۸/۳
اردیبهشت	۹/۱	۱۹/۹	۲۳۳/۴	۱۵/۲
خرداد	۱۳/۲	۲۳/۷	۲۶۳/۹	۶/۲
تیر	۱۴/۳	۲۱/۷	۱۳۶/۷	۹/۲

جدول ۲. نتایج آزمون فیزیکوشیمیایی خاک در منطقه مورد مطالعه

عمق خاک	سیلت (٪)	شن (٪)	رس (٪)	بافت خاک	درصد کربن‌آلی	درصد رطوبت	درصد اشباع	اسیدیته	هدایت الکتریکی (ds/m)	پتاسیم قابل‌جذب (ppm)	درصد ازت کل	فسفر قابل جذب (ppm)
۳۰-۰	۵۱	۲۴	۲۵	لومی‌سیلتی	۰/۷۸	۲/۵	۳۸	۶/۵۹	۰/۳۳	۱۱۶	۰/۰۵	۱۳/۲

نتایج و بحث

تعداد گره در ساقه

نتایج نشان داد که اثر مدیریت آبیاری، اثر میکرو نانوکلات در سطح یک درصد و اثر متقابل مدیریت آبیاری و نانوکلات در سطح پنج درصد بر تعداد گره در ساقه معنی‌دار بود (جدول۳). در اثر متقابل مدیریت آبیاری و نانوکلات آهن مشاهده شد که بیشترین تعداد گره در ساقه با میانگین ۱۵/۳۸ عدد در تیمار I_4F_3 و کمترین آن با میانگین ۹/۸۰ عدد در تیمار I_1F_2 به دست آمد. پژوهش‌ها نشان داد که واکنش خصوصیات فنومورفولوژیک عدس به آبیاری سبب بهبود معنی‌دار تعداد غلاف در بوته، تعداد گره در ساقه و عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌شود (Hosseini et al., 2011; Ghamarnia et al, 2016). تحقیقات نشان که تعداد گره در عدس در تیمار محلول‌پاشی چهار در هزار کود نانو در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی بیشتر از سایر تیمارها بود و در مقایسه با تیمار بدون کود، ۲۰ درصد افزایش داشت (Mehraban, 2018). با توجه به تاثیر مثبت کود آهن بر سنتز کلروفیل و افزایش ماده‌سازی در گیاه و نیز حضور این عنصر در اجزای عملکرد، میزان تعداد گره در ساقه در عدس افزایش داشت (Mehraban, 2018) که با یافته‌های این تحقیق منطبق می‌باشد.

تعداد دانه در غلاف

نتایج نشان داد که اثر مدیریت آبیاری بر تعداد دانه در غلاف در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). بیشترین تعداد دانه در غلاف با میانگین ۲/۴ عدد در تیمار I_4F_4 و کمترین آن با میانگین ۱/۲۶ عدد در تیمار I_1F_1 به دست آمد. اثر آبیاری بر صفت تعداد دانه در غلاف موثر بود و نقش مهمی در رشد گیاه داشت. تعداد دانه در غلاف ارتباط قوی و ثابتی با عملکرد دارد و عامل تعیین‌کننده در عملکرد است. محققین معتقدند که با افزایش طول دوره زایشی و مقدار آب مصرفی، تعداد دانه در غلاف نیز افزایش می‌یابد (Hosseini et al, 2011). نتایج پژوهشی نشان داد که صفت تعداد دانه در غلاف بیشتر تحت تأثیر عوامل وراثتی است و تنش‌های آبی و کمبود مواد غذایی در این صفت اهمیت دارند (Mousavi et al., 2010). با کاهش مقدار آب، میزان رطوبت در طی مراحل مختلف رشد کاهش یافته که نتیجه آن، چروکیده شدن دانه‌ها و در نتیجه کاهش تعداد دانه در غلاف است.

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات زراعی مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد گره در ساقه	تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه	تعداد شاخه اصلی	تعداد غلاف پُر در بوته	تعداد غلاف خالی در بوته	ارتفاع بوته
تکرار	۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۱/۵۴۹	۰/۰۱۰	۱/۱۳۲	۰/۰۸۴	۰/۳۳۶
مدیریت آبیاری	۳	۳۹۳/۳۶۱**	۲/۹۸۷**	۳۴۵/۱۵۵**	۲/۱۰۲**	۱۳۸۵/۰۸۰**	۶۱/۱۰۰**	۲۱۸/۲۰۲**
خطای a	۶	۰/۰۱۴	۰/۰۰۳	۰/۵۶۳	۰/۰۰۳	۰/۰۵۹	۰/۰۲۱	۰/۰۲۸
میکرو نانوکلات	۳	۳۸/۴۴۰**	۰/۱۶۷^{ns}	۹۰/۷۲۶^{ns}	۱/۱۰۳**	۸۰/۷۰۰**	۰/۰۲۲^{ns}	۷/۱۹۱**
مدیریت‌آبیاری× نانوکلات‌آهن	۹	۱/۸۶۸*	۰/۰۱۲^{ns}	۷/۹۶۲^{ns}	۰/۴۲۳**	۳۴/۲۲۲**	۰/۶۱۴**	۰/۰۰۳^{ns}
خطای b	۲۴	۰/۰۸۲	۰/۱۴۹	۸۴/۴۶۳	۰/۰۰۵	۰/۲۳۷	۰/۰۸۹	۰/۲۶۰
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۳۷	۴/۳۰	۶/۵	۳/۵۵	۵/۹	۸/۴۰	۱۶/۸

ns، * و ** به ترتیب بی معنی، معنی دار در سطح ۵ و یک درصد.

ادامه جدول ۳. تجزیه واریانس صفات زراعی مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		طول غلاف	قطر دانه	تعداد شاخه فرعی	تعداد روز تارسیدگی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	بهره‌وری مصرف آب
تکرار	۲	۰/۱۸۹	۰/۰۰۴	۰/۱۴۶	۰/۱۹۴	۹۱۴/۹۴۱	۱۷۰۳/۴۸۹	۰/۰۰۰۸۱	۰/۰۰۰۱
مدیریت آبیاری	۳	۷۶/۶۷۹**	۱۱/۰۰۰**	۳۰۵/۶۶۷**	۱۷۷/۷۸**	۳۳۴۷۲۵۳/۲**	۹۲۵۵۹۵۳/۵**	۰/۰۷۰**	۰/۰۲۵**
خطای a	۶	۰/۰۵۰	۰/۰۰۲	۰/۰۴۷	۰/۱۹۴	۱۳۳۳/۱۸	۳۵۱/۷۲۶	۰/۰۰۰۳۱	۰/۰۰۰۱
میکرو نانوکلات	۳	۷/۴۱۷^{ns}	۰/۲۸۸^{ns}	۲۱/۹۳۴**	۰/۴۴۴^{ns}	۱۰۹۶۶۰/۳۳^{ns}	۶۱۵۸۵۳/۳۸۲*	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}

ادامه جدول ۳. تجزیه واریانس صفات زراعی مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		طول غلاف	قطر دانه	تعداد شاخه فرعی	تعداد روز تارسیدگی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	بهره‌وری مصرف آب
مدیریت‌آبیاری× نانوکلات‌آهن	۹	۰/۵۵۳^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	۰/۰۶۳^{ns}	۴/۰۰۰^{ns}	۱۲۸۷/۶۱۳^{ns}	۹۲۳۹/۷^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱**
خطای b	۲۴	۴/۱۴۶	۰/۷۷۹	۰/۲۱۲	۲/۱۱۱	۱۰۴۹۹۹/۱۷۶	۱۳۷۴۳۳/۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۱۸	۲/۵	۴/۸	۳/۸	۸/۳۰	۹/۵۰	۴/۵۰	۰/۶۳

ns، * و ** به ترتیب بی معنی، معنی دار در سطح ۵ و یک درصد.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی برای مدیریت‌های مختلف آبیاری و کود نانوکلات آهن

تیمارها	تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه (گرم)	تعداد غلاف خالی در بوته (عدد)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول غلاف (سانتی متر)	قطر دانه (میلی-متر)	تعداد شاخه فرعی (عدد)	تعداد روز تارسیدگی	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
I_1	۱/۷ c	۶۰/۰ d	۴/۰۰ a	۲۲/۳ d	۱۴/۰ d	۶/۱ d	۱۳/۰ c	۹۰/۰ a	۱۰۵۸ c	۳۸۹۵ c	۰/۲۷۱ c	۰/۳۶ a
I_2	۱/۹ b	۶۴/۱ c	۲/۹۶ b	۲۳/۴ c	۱۵/۰ c	۶/۴ c	۱۳/۹ b	۸۹/۷ ab	۱۳۴۵ b	۴۲۱۸ b	۰/۳۱۸ b	۰/۲۶ b
I_3	۲/۰ b	۶۷/۵ b	۱/۴۱ c	۲۴/۹ b	۱۵/۷ b	۶/۶ b	۱۳/۰ c	۸۸/۷ b	۱۴۴۷ b	۴۲۳۸ b	۰/۳۴۱ a	۰/۲۵ b
I_4	۲/۴ a	۶۹/۵ a	۱/۳۰ c	۲۶/۷ a	۱۶/۳ a	۶/۸ a	۱۴/۵ a	۸۷/۷ c	۱۴۵۷ a	۴۳۸۰ a	۰/۳۴۲ a	۰/۲۵ b
F_1	۱/۲ a	۵۵/۰ c	۲/۶۰ a	۱۷/۹ c	۱۲/۸ a	۵/۵ a	۷/۲ c	۸۳/۸ a	۷۹۷ a	۲۹۹۸ c	۰/۲۵۰ a	۰/۲۸ a
F_2	۱/۲ a	۵۷/۶ b	۲/۹۳ a	۱۸/۳ b	۱۲/۲ a	۵/۵ a	۸/۰ b	۸۴/۰ a	۷۹۳ a	۳۱۴۸ b	۰/۲۵۱ a	۰/۲۸ a
F_3	۱/۳ a	۵۹/۹ a	۲/۹۳ a	۱۸/۴ b	۱۲/۷ a	۵/۶ a	۱۰/۱ a	۸۴/۳ a	۸۳۴ a	۳۳۱۷ a	۰/۲۵۲ ab	۰/۲۸ a
F_4	۱/۳ a	۶۰/۹ a	۲/۸۹ a	۲۰/۳ a	۱۲/۴ a	۵/۷ a	۱۰/۴ a	۸۴/۳ a	۸۴۲ a	۳۳۲۹ a	۰/۲۵۸ a	۰/۲۹ a

اعدادی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل مدیریت آبیاری×کود نانوکلات برای صفات مورد ارزیابی

اثر متقابل تیمارها		تعداد گره در ساقه (عدد)	تعداد شاخه اصلی (عدد)	تعداد غلاف پُر در بوته (عدد)	تعداد غلاف خالی در بوته (عدد)	بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
I_1	F_1	۱۰/۷۷ e	۱/۷۵ cd	۱۸/۷۸ de	۴/۸۵ a	۰/۳۷a
	F_2	۹/۸۰ f	۱/۶۰ d	۱۸/۲ f	۴/۴۶ a	۰/۳۶a
	F_3	۱۲/۵۷ c	۱/۸۵ c	۱۸/۶e	۴/۵۶ a	۰/۳۷a
	F_4	۱۰/۳۰ e	۲/۱۱ ab	۱۹/۲۲ de	۴/۰۵ ab	۰/۳۶a
I_2	F_1	۱۱/۶۵ d	۱/۸۶ c	۲۲/۱ b	۳/۸۸ b	۰/۲۵c
	F_2	۱۲/۳۸cd	۲/۰۰ b	۲۲/۱ b	۲/۵۰ c	۰/۲۶c
	F_3	۱۳/۱۰c	۱/۸۵ c	۱۹/۸ d	۴/۰۵ ab	۰/۲۶c
	F_4	۱۴/۰۰b	۲/۱۱ ab	۲۲/۲ c	۳/۸۸ b	۰/۲۶c
I_3	F_1	۱۲/۵۷ c	۱/۸۶ c	۲۳/۶ b	۲/۵۶ c	۰/۲۳d
	F_2	۱۳/۶۷bc	۲/۰۰ b	۲۴/۲ b	۴/۰۵ b	۰/۲۳d
	F_3	۱۴/۷۷b	۲/۱۱ ab	۲۴/۸ b	۲/۲۳ c	۰/۲۵c
	F_4	۱۴/۱۳ b	۱/۹۸ b	۲۴/۲ b	۲/۴۶ c	۰/۳۰b
I_4	F_1	۱۲/۵۷ c	۱/۸۵ c	۲۳/۶ b	۲/۵۶ c	۰/۲۵c
	F_2	۱۳/۳۰bc	۲/۱۱ ab	۲۴/۲ b	۴/۰۵ b	۰/۲۵c
	F_3	۱۵/۳۸ a	۲/۲۶ a	۲۴/۱ b	۳/۸۸ b	۰/۲۵c
	F_4	۱۴/۳۸b	۲/۲۶ a	۲۶/۱ a	۲/۰۵ d	۰/۲۵c

اعدادی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند اختلاف معنی‌دار ندارند.

وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که اثر مدیریت آبیاری بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). در اثر مدیریت آبیاری، بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۶۹/۵ گرم در تیمار I_4 و کمترین آن با میانگین ۶۰/۰ گرم در تیمار I_1 مشاهده شد. با کاهش رطوبت در طی مراحل زایشی، دانه‌ها چروکیده شده و در نتیجه وزن آن‌ها کاهش می‌یابد. در پژوهشی نشان داده شد که آبیاری کامل بر وزن هزار دانه عدس معنی‌دار بود و حداکثر وزن

صد دانه در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد و در مجموع آبیاری سبب بهبود وزن هزار دانه عدس نسبت به‌تیمار بدون آبیاری شد (Hosseini et al, 2011). برخی از محققین معتقدند که افزایش طول مدت پر شدن دانه سبب افزایش وزن هزار دانه می‌شود و هر عاملی از قبیل تأخیر در کاشت و یا کم‌آبی، سبب کاهش طول مدت دوره پر شدن دانه شده و وزن هزار دانه در گیاه می‌گردد (Zaferanieh et al, 2019).

تعداد شاخه اصلی

نتایج نشان داد که اثر مدیریت آبیاری و اثر نانوکلات بر تعداد شاخه اصلی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). در اثر متقابل مدیریت آبیاری و نانوکلات آهن مشاهده شد که بیشترین تعداد شاخه اصلی با میانگین ۲/۲۶ عدد به‌ترتیب در تیمار I_4F_3 و I_4F_4 و کمترین آن با میانگین ۱/۶۰ عدد در تیمار I_1F_2 مشاهده شد. کاهش میزان بیوماس تولیدی در طی افزایش‌کم‌آبی می‌تواند مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش سطح برگ و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه باشد که یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول‌ها خصوصاً در ساقه، تعداد شاخه اصلی و برگ‌ها است. با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود شده و به همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی بر روی گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچک‌تر برگ‌ها، کاهش تعداد شاخه اصلی و ارتفاع تشخیص داد. به‌علاوه در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و رشد، توسعه برگ و شاخه‌ها محدود می‌گردد (Tabiei and Baradaran, 2014).

تعداد غلاف پر در بوته

اثر مدیریت آبیاری، اثر نانوکلات و اثر متقابل مدیریت آبیاری و نانوکلات بر تعداد غلاف پر در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). در اثر متقابل مدیریت آبیاری و نانوکلات آهن مشاهده شد که بیشترین تعداد غلاف پر در بوته با میانگین ۲۶/۱ عدد در تیمار I_4F_4 و کمترین آن با میانگین ۱۸/۲ عدد در تیمار I_1F_2 به دست آمد. نتایج حاصل از پژوهشی نشان داد که اثر آبیاری کامل (در تمام مراحل رشد) بر تعداد غلاف در بوته در عدس معنی‌دار بود و تیمار آبیاری کامل در مرحله گل‌دهی پس از آبیاری آن، بیشترین تعداد غلاف در بوته را تولید کرد و تیمارهای آبیاری کامل در مراحل غلاف‌دهی، پر شدن دانه و شاخه دهی به ترتیب پس از آن قرار گرفتند و کمترین تعداد غلاف در بوته را نیز تحت شرایط بدون آبیاری گزارش نمودند (Hosseini at al., 2011). تحقیقات نشان داده است عدم دسترسی گیاه به آهن منجر به زرد شدن برگ‌های جوان شده و باعث کاهش چشم‌گیر فعالیت فتوسنتز، رشد و در نهایت سبب کاهش تعداد غلاف می‌گردد (Eleyan et al., 2014; Mehraban, 2018).

تعداد غلاف خالی در بوته

نتایج نشان داد که اثر آبیاری و اثر متقابل مدیریت آبیاری و نانوکلات بر تعداد غلاف خالی در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). در اثر متقابل آبیاری و نانوکلات آهن بر تعداد غلاف خالی، بیشترین تعداد غلاف خالی در بوته در شرایط دیم (بدون آبیاری) بود به طوری که در تیمارهای I_1F_1، I_1F_2 و I_1F_3 به ترتیب با میانگین ۴/۸۵، ۴/۴۶ و ۴/۵۶ عدد به‌دست آمد (جدول۴). در پژوهشی نشان داده شد که آبیاری تکمیلی موجب تقویت توانایی گیاه عدس در تحمل به خشکی، افزایش سرعت پر شدن دانه و در نهایت بهبود عملکرد به میزان ۷/۶۱ درصد در واحد سطح شد (Hosseini et al., 2011). از این‌رو کم‌آبی و ضعف مواد غذایی موجب افزایش تعداد غلاف خالی در بوته گردید.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری و اثر نانوکلات آهن بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). بیشترین ارتفاع بوته در شرایط آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی با میانگین ۲۶/۷ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول۴). در سطوح مختلف کود نانوکلات آهن، بیشترین ارتفاع بوته در مرحله قبل از رسیدگی با میانگین ۲۰/۳ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول۴). تحقیقات نشان داد که ارتفاع بوته با افزایش شدت کمبود آب، تقریباً روندی کاهشی داشت (Saremi et al., 2015) و شرایط کم‌آبی به‌علت کاهش فشار تورژسانس و به دنبال آن کاهش تقسیمات سلولی و بزرگ شدن سلول در مقایسه با شرایط بدون محدویت آب، موجب کاهش ارتفاع بوته می‌شود (Muscolo, 2015). تحقیقات نشان داد که محلول-پاشی نانو کلات آهن موجب افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته عدس شد (Nedri et al., 2013).

طول غلاف

نتایج نشان داد که اثر مدیریت آبیاری در سطح یک درصد بر طول غلاف معنی‌دار بود (جدول۳). بیشترین طول غلاف در شرایط آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی با میانگین ۱۶/۳ سانتی‌متر به دست آمد (جدول۴). یکی از دلایل کاهش طول و وزن غلاف در نتیجه اعمال کم‌آبی پایان دوره می‌تواند ناشی از

کاهش تعداد غلاف باشد. گزارش‌ها نیز حاکی از کاهش وزن غلاف در نتیجه اعمال کم‌آبی می‌باشند (Emam et al., 2010; Rahimi et al., 2017).

قطر دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مدیریت آبیاری در سطح یک درصد بر قطر دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین قطر دانه در شرایط آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی با میانگین ۶/۸ میلی‌متر به‌دست آمد (جدول۴). در پژوهشی، شرایط کم‌آبیاری بر گیاه عدس بررسی گردید و نشان داده شد که قطر دانه در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار داشت و افزایش قطر دانه در شرایط آبیاری نسبت به شرایط تنش بیشتر بود (Rahimi at al., 2017). در تحقیقی قطر دانه عدس در شرایط بدون محدویت آبی و تنش، ۶/۸ میلی‌متر گزارش شد (Rasekh, 2012) که با پژوهش حاضر مطابقت داشت.

تعداد شاخه فرعی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری و اثر نانوکلات آهن بر تعداد شاخه فرعی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین تعداد شاخه فرعی در شرایط آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی با میانگین ۱۴/۵ عدد به دست آمد (جدول ۴). در سطوح مختلف کود نانوکلات آهن، بیشترین تعداد شاخه فرعی در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی و همچنین قبل از رسیدگی به ترتیب با میانگین ۱۰/۱ و ۱۰/۴ عدد مشاهده شد (جدول ۴). تعداد شاخه فرعی در گیاه صفتی ژنتیکی است که تحت تأثیر عوامل محیطی نیز قرار می‌گیرد. حساسیت عدس نسبت به اعمال تنش کم‌آبی در مرحله گل‌دهی‌و رویشی دارای اهمیت ویژه می‌باشد و کوچک‌ترین نوسان محتوای آب در گیاه در مرحله رویشی، تاثیر شدیدی بر توسعه و شکل‌گیری اندام‌های دیگر از جمله تعداد شاخه فرعی دارد (Tabiei and Baradaran, 2014). در تحقیقی، بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی در عدس به‌ترتیب با میانگین ۹/۳ و ۵/۳ عدد گزارش گردید (Azizizadeh et al., 2022). در پژوهشی دیگر، ارقام عدس در شرایط آبی و دیم بر مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که کمترین تعداد شاخه فرعی با میانگین ۳ عدد و بیشترین آن در شرایط آبیاری کامل با میانگین ۱۸ عدد مشاهده شد (Shirui et al, 2020).

تعداد روز تا رسیدگی

نتایج نشان داد که اثر مدیریت آبیاری بر تعداد روز تا رسیدگی در سطح یک درصد بر تعداد روز تا رسیدگی معنی‌دار بود (جدول ۳). در اثر مدیریت آبیاری، بیشترین روز تا رسیدگی در شرایط دیم با میانگین ۹۰ روز به‌دست آمد (جدول ۴). یکی از شاخص‌های مهم در عدس که مورد توجه قرار می‌گیرد، دوره پرشدن دانه و تعداد روز تا رسیدگی است. زیرا هرچه این بازه زمانی بیشتر باشد، گیاه فرصت بیشتری برای انتقال مواد دارد که نتیجه آن افزایش فتوسنتز و بهبود شرایط کمی و نهایتاً کیفیت محصول می‌باشد (Mahmoudi, 2006). طول دوره رویشی و روز تا رسیدگی محصول، به‌طور قابل توجهی در گیاه عدس که در یک مکان کشت می‌شوند، متفاوت است و این تفاوت، عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ghahghaei et al., 2010).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مدیریت آبیاری بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در اثر مدیریت آبیاری، بیشترین عملکرد دانه در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی با میانگین ۱۴۵۷ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۴). نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که آبیاری کامل سبب بهبود و افزایش عملکرد شد ولی در صورت محدودیت آب، انجام آبیاری در هر کدام از مراحل رشدی گیاه، به ویژه آبیاری تا مرحله غلاف‌دهی، سبب بهبود عملکرد عدس می‌شود. نتایج پژوهش محققان نشان داد که سطوح آبیاری بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود و تیمار آبیاری کامل (در تمام مراحل رشد)، بالاترین عملکرد دانه را داشت و آبیاری در مراحل شاخه‌دهی، غلاف‌دهی و پر شدن دانه نسبت به تیمار بدون آبیاری، افزایش چشم‌گیری نشان داد (Hosseini et al., 2011). در تحقیقی نشان داده شد که استفاده از کودآهن در زمان مناسب و مراحل مختلف رشد باعث افزایش عملکرد در ارقام مختلف عدس می‌شود (Kumar et al., 2018). پژوهش‌ها نشان داد که در صورت اعمال آبیاری در زمان مناسب و براساس نیاز آبی گیاه، عملکرد محصول می‌تواند تا حدود دو برابر نسبت به شرایط دیم یا بدون آبیاری افزایش یابد و تاخیر در زمان آبیاری و یا آبیاری زودهنگام، به‌دلیل عدم تامین آب در زمان حساس رشد، موجب کاهش اثر آب بر میزان عملکرد خواهد شد (Kamali et al., 2016 ; Hosseini et al., 2011).

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مدیریت آبیاری در سطح یک درصد و اثر نانوکلات آهن در سطح پنج درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی با میانگین ۴۳۸۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۴). در سطوح مختلف کود نانوکلات آهن، بیشترین عملکرد بیولوژیک در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی، و همچنین کوددهی در مرحله قبل از رسیدگی به ترتیب با میانگین ۳۳۱۷ و ۳۳۲۸ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). عملکرد بیولوژیک و تعداد غلاف در بوته نقش مهمی در بهبود عملکرد دانه عدس دارد (Ghahghaei et al., 2010). در پژوهشی

تأثیر سطوح آبیاری بر عملکرد بیولوژیک عدس در سطح یک درصد معنی‌دار شد و بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب در تیمار آبیاری کامل و تیمار بدون آبیاری گزارش گردید (Hosseini et al., 2011). در تحقیقی دیگر، بیشترین و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک در عدس در تیمار محلول‌پاشی چهار در هزار نانو کودآهن در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی به‌ترتیب با میانگین ۳۰۵۷ و ۲۶۴۳ کیلوگرم در هکتار مشاهده گزارش شد (Mehraban, 2018).

شاخص برداشت

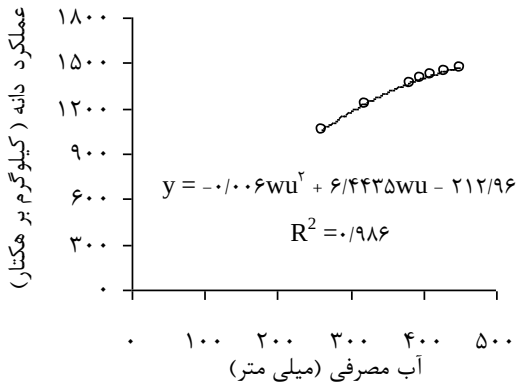
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مدیریت آبیاری و اثر نانوکلات آهن بر شاخص برداشت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در اثر مدیریت آبیاری، حداکثر شاخص برداشت در مرحله غلاف‌دهی و در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی به ترتیب با میانگین ۰/۳۴۱ و ۰/۳۴۲ درصد به‌دست آمد (جدول ۴). در سطوح مختلف کود نانوکلات آهن، بیشترین شاخص برداشت در مرحله قبل از رسیدگی با میانگین ۰/۲۵۸ درصد مشاهده شد (جدول ۴). در پژوهشی بیشترین میزان شاخص برداشت در گیاه عدس، در تیمار محلول‌پاشی چهار در هزار نانو کود در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی با ۰/۳۲۸ درصد گزارش شد (Mehraban, 2018).

بهره‌وری مصرف آب

نتایج نشان داد که اثر مدیریت آبیاری و اثر متقابل مدیریت آبیاری و نانوکلات آهن بر بهره‌وری مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در اثر متقابل مدیریت آبیاری و نانوکلات آهن، بیشترین بهره‌وری مصرف آب در شرایط دیم با میانگین ۰/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد (جدول ۵). در تحقیقی بر روی گیاه عدس نشان داده شد که اثر سطوح آبیاری و مقدار نیاز آبی بر کارایی مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود و با کاهش میزان آب آبیاری تا حد ۸۰ درصد نیاز آبی می‌توان کارایی مصرف آب را افزایش داد. در واقع تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی هرچند عملکرد آن ۵۸ کیلوگرم در هکتار کاهش داشت ولی بهره‌وری مصرف آب با میانگین ۰/۳ کیلوگرم بر هکتار، بیشتر از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی بود (Amiri et al., 2021). کمبود آب در مرحله گلدهی و گرده افشانی باعث کاهش شدید عملکرد از طریق رشد غیرطبیعی و نهایتاً کم شدن تعداد دانه‌ها می‌شود، زیرا در شرایط کم‌آبی، رشد زایشی گیاه بیشتر به ذخایر برگ و ساقه وابسته است و عدم تشکیل مناسب دانه می‌تواند به دلیل ناکافی بودن مواد فتوسنتزی در زمان گرده افشانی، پر شدن دانه و یا قبل از آن باشد. لذا کمبود آب به‌ویژه در دوره‌های فنولوژیکی حساس به کم‌آبی، باعث کاهش عملکرد محصول خواهد شد (Limouchi et al., 2016).

ارتباط آب مصرفی و عملکرد دانه

در حالت دیم به‌دلیل پراکنش نامناسب بارندگی و شرایط کم‌آبی و اتمام بارندگی قبل از رسیدن گیاه به‌مرحله زایشی و از طرف دیگر تخلیه رطوبت خاک در مراحل حساس، گیاه با کمبود رطوبت مواجه شد که نتیجه آن کاهش عملکرد و اجزای آن بود. در دوره رشد، برای آن که تنش‌آبی و عدم تأمین نیاز آبی گیاه باعث افت شدید عملکرد نگردد، استفاده از کودهای نانو و انجام آبیاری در مراحل مختلف رشد، نتایج مثبتی در پی داشت. در مطالعه حاضر اثر آبیاری با طولانی شدن طول دوره رشد و طول دوره پر شدن دانه و همچنین ازدیاد گره، توانسته اثر مثبتی بر بالا رفتن عملکرد دانه داشته باشد و بیشترین میزان عملکرد دانه با تامین مقدار آب مصرفی به میزان ۴۵۰/۵ میلی‌متر به‌دست آمد (شکل ۱).



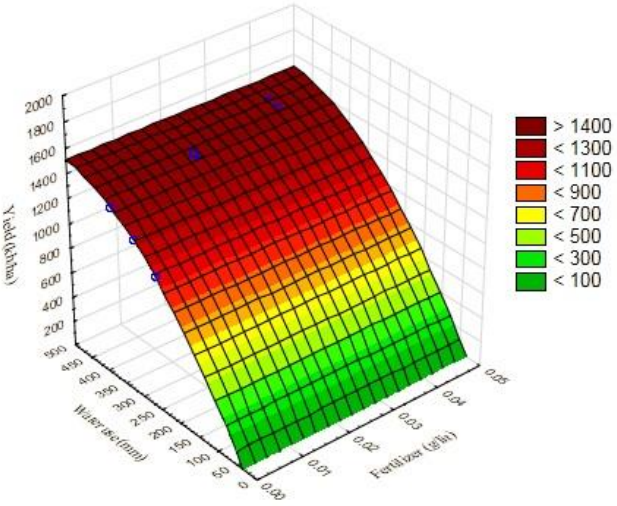
شکل ۱. ارتباط آب مصرفی (wu) و عملکرد دانه (y) در منطقه مورد مطالعه

از طرف دیگر آبیاری بیش از نیاز گیاه، اثر معنی‌داری بر عملکرد محصول نخواهد داشت. همچنین کاهش عملکرد در شرایط کم‌آبی، احتمالاً به دلیل محدود بودن مخزن در جهت پذیرش مواد فتوسنتزی ذخیره شده می‌باشد.

تخمین تابع تولید آب عملکرد

در برآورد تابع تقاضای آب بر محصولات زراعی، ابتدا تابع تولید محصول که تابعی از آب و کود است، در نظر گرفته شد و سپس با استفاده از داده‌های تجربی، ضرایب برآورد شد. سپس با استفاده از روش حداکثرسازی سود تابع تقاضا، بهترین تابع تولیدی تخمین زده شد (Babazadeh et al., 2018). بررسی شکل (۲) و معادله (۱) نشان داد که مقدار آب مصرفی در شرایط آبیاری کامل، دارای

بیشترین مقدار عملکرد دانه بود. حداکثر میزان عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری کامل و استفاده از کود نانوکلات آهن در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی بود. آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی و مصرف کود نانو کلات آهن در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی، افزایش چشم‌گیری در مقادیر سایر اجزا داشت.



شکل ۲. ارتباط آب مصرفی (WU)، مقادیر مختلف کود (F)، عملکرد (Y) در منطقه مورد مطالعه

$$Y = -212.96-0.000000028969F+6.4435WU-0.000000092581F^2+0.000000000087039F\times WU-0.006WU^2 \quad (۱)$$

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که آبیاری کامل در عدس به‌منظور تامین نیاز آبی در مراحل بحرانی رشد گیاه، تأثیر بارزی در بهبود عملکرد دارد. لذا شناخت مراحل حساس و بحرانی گیاه به کم‌آبی و تأمین رطوبت مورد نیاز در مراحل مختلف رشد می‌تواند نقش مؤثری در دستیابی به عملکرد مطلوب داشته باشد. از طرفی تیمار محلول‌پاشی چهار در هزار نانو کلات آهن در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی و همچنین قبل از رسیدگی بر عملکرد بیولوژیک و دانه بیشترین تاثیر را داشت. در اثر مدیریت آبیاری، بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک در شرایط آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی به ترتیب با ۳۷/۷ و ۱۲/۴ درصد نسبت به مرحله گلدهی مشاهده شد. در سطوح مختلف کود نانوکلات آهن، میزان عملکرد بیولوژیک در مرحله قبل از رسیدگی نسبت به مرحله گلدهی با افزایش ۱۱/۰ درصدی همراه بود. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که با مساعدشدن شرایط تغذیه‌ای به وسیله کود نانوکلات آهن و همچنین آبیاری کامل، می‌توان بر تعداد دانه و غلاف عدس افزود و در نهایت افزایش عملکرد دانه را در منطقه مورد مطالعه مشاهده نمود.

Reference:

Aboutalebian, M.A. & Mohagheghi, A. (2015). Influence of Different Seed Priming Treatments on Yield and Yield Components of Lentil under Terminal Drought Stress Condition. Ournal of Crop Production and Processing, 5 (15), 129-141. [in Persian]

Amiri, S., Salimi, K., & Ziaei, M. (2021). Environmental Stresses in Crop Sciences. The effect of deficit irrigation on yield and water use efficiency of lentil (*Lens culinaris* Medik.), 14(1), 75-83. [in Persian]

Azizizadeh, Z., Tahmasebi, Z., & Mirzaei, A. (2022). Genetic diversity of yield and yield components in few lentil (*Lens culinaris Medikus*) genotypes using multivariate statistical methods Iranian Journal of Pulses Research, 13 (1), 73-86. [in Persian]

Babazadeh, H., Abdzad Gohari, A. & Khonok, A. (2018). Effect of Different Amounts of Water and N-fertilizer on Peanut Yield and Its Components. Water Research in Agriculture, 31(4), 571-584. [in Persian]

Bannayan Aval, M., Yaghoubi, F., Rashidi, Z. & Bardehji, S. (2018). Effect of Different Nitrogen Levels on Phenology, Growth Indices and Yield of two Lentil Cultivars under Rainfed Conditions in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research, 15(4), 939-956. [in Persian]

Dhaliwal, S., Sharma, V., Kumar Shukla, A., Kaur, J., Verma, V., Singh, P., Singh, H., Abdel-Hafez, S., Sayed, S., Ahmed Gaber, A, Reham , A., & Hossain, A. (2021). Enrichment of Zinc and Iron Micronutrients in Lentil (*Lens culinaris Medik*.) through Biofortification. Molecules, 26, 2-12.

Eleyan, S.E.D., Abodahab, A.A., Abdallah, A.M. & Rabeh, H.A. (2014). Effect of foliar application of manganese and iron on growth characters, yield and fiber properties of some Egyptian cotton cultivars (*Gossypium barbadense* L.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 7(1), 1283-1292. [in Persian]

Emam, Y., Shekoofa, A., Salehi, F., & Jalali, A. (2010). Water stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science, 9(2), 495-499.

Ghahghaei, F., Galavi, M., Ramroudi, M. & Bagheri, A. (2010). The Comparison of Yield and Yield Components of Lentil Genotypes at Low Irrigation in Sistan Region. Iranian Journal of Field Crops Research, 8(3), 431-437. [in Persian]

Ghamarnia, H., Kholdi Rezaie, A., & Ghobadi, M. (2016). The effects of supplementary irrigation on yield and water use efficiency of three lentil (*Lens Culinaris* L.) cultivars, 5(2), 215-227. [in Persian]

Hosseini, F., Nezami, A., Parsa, M., & Hajmohammadnia Ghalibaf, K. (2011). Effects of Supplementary Irrigation on Yield and Yield Components of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) Cultivars in Mashhad Climate Journal of Water and Soil, 25 (3), 625-633. [in Persian]

Kamali, B., Ramezani Etedali, H., & Sotoodehnia, A. (2016). Determining Appropriate Time for Rainfed Lentil Sowing and Supplementary Irrigation in Qazvin's Plain Using AquaCrop Model .Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 5 (10), 613-621. [in Persian]

Khalaj, H., Baradarn Firouzabadi, M., & delfani, M. (2020). Effect of nano iron and Magnesium chelate fertilizers on on Growth and Grain Yield of Vigna sinensis L. Journal of Plant Process and Function, 9(35), 161-177. [in Persian]

Khamadi, F., Mesgarbashi, M., Hasibi, P., Farzaneh, M., & Enayatzamir, N. (2015). Influence of crop residue and nitrogen levels on nutrient content in grain wheat, 28(4), 158-166. [in Persian]

Khoramivafa, M., Eftekharinasab, N., Sayyadian, K., & Najaphy. A. (2011). Water use efficiency in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. var. styriac) chickpea (*Cicer arietinum* L.) lentil (*Lens esculenta* Moench.) intercropping system associated with several nitrogen levels, 3(2), 245-253. [in Persian]

Kumar, J.; Thavarajah, D.; Kumar, S.; Sarker, A.; & Singh, N.P. (2018). Analysis of genetic variability and genotype environment interactions for iron and zinc content among diverse genotypes of lentil. Journal Food Science Technology. 2018, 55, 3592–3605.

Limouchi, K., Yarnia, M., Siyadat, A., Rashidi, V., & Guilani, A. (2016). Assessing Performance of Some Aerobic Rice Genotypes for Grain Yield and Yield Components under Water Deficit Conditions in the north of Khuzestan. Applied Field Crops Research, 29(4), 60-75. [in Persian]

Mahmoudi, A.A. (2006). Effect of sowing season and seeding density on grain yield in lentil (Local var. Robat) under dryland conditions of Nothern Khorasan. Iranian Journal of Crop Sciences, 8 (3), 232-240. [in Persian]

Mehraban, A. (2018). Evaluation of Quality Properties of Lentil Cultivars (*Lens culinaris* L.) in Different Sowing Dates Under Rainfed Condition, 27(4), 107-119. [in Persian]

Mousavi, S. K . (2010). Response of Lentil (*Lens culinaris* Med.) Genotypes Growth to Planting Date, and Weed Interference. Iranian Journal of Field Crops Research, 8(4), 658-667. [in Persian]

Muscolo, A., A. Junker, C., Klukas, K., Weigelt-Fischer, Riewe, D., & Altmann, T. (2015). Phenotypic and metabolic responses to drought and salinity of four contrasting lentil accessions. Journal of experimental botany, 66(18), 5467-5480.

Nedri, Y., Daneshvar, M., & Guderzi, D. (2013). Effect of iron chelate nano-fertilizer on agricultural traits of lentil genotypes in Khorramabad environmental conditions. Master's thesis, University of Agriculture, Lorestan University. [in Persian]

Peyvandi. M., Parande, H., & Mirza, M. (2011). Comparison of Nano Fe Chelate with Fe Chelate Effect on Growth Parameters and Antioxidant Enzymes Activity of Ocimum Basilicum. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal, 1(4), 89-98. [in Persian]

Rahimi, M., Houshmand, S., Khodambashi, M., Shiran, B., & Mohammadi, S. (2017). Evaluation of Recombinant Pure Lines of Lentil under Drought Stress. Journal of Crop Breeding, 9 (22), 82-97. [in Persian]

Rasekh, M. (2012). Determination of some physical and mechanical properties of lentils. Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, Department of Agricultural Machinery Mechanics, pp150. [in Persian]

Sabeki, M., Asgharipour, M., Ghanbari, A., & Miri. K. (2017). The effect of nano-iron chelate fertilizer on ecomorphological characteristics of pearl millet-cowpea intercropping. Journal of Agroecology, 7(1), 96-108. [in Persian]

Salkhouri Ghiathund, S., Sharifi, P. & Amin Panah, H. (2018). The effect of nitrogen amount and foliar application of iron sulfate on yield and yield components of lentil under dry conditions. Applied Research of Plant Ecophysiology, 5(2), 113-133. [in Persian]

Saremi, M., Farhadi, B., Maleki, A., & Farasati, M. (2015). Determination the crop coefficient and water requirement of lentil, using water balance method (Case study: Khorram Abad). Iranian Journal of Pulses Research, 6(2), 87-98. [in Persian]

Shirui, H., Barary, M., Hatami , A., & Mehrabi, A. (2020). Effect of supplemental irrigation and plant density on Some Traits of Morphological of lentil (*Lens culinaris Medik*) genotypes. (12) 4, 1117-1128. [in Persian]

Tabiei, H. & Baradaran, R. (2014). Effect of Irrigation Intervalsand Plantingdate on Agronomic Characteristics of Degen and Drfi (*Securiger securidaca* L.) in Birjand Region. Iranian Journal of Field Crops Research, 12(1), 80-90. [in Persian]

Zaferanieh, M., Nezami, A., Parsa, M., Porsa, H., & Bagheri, A. (2009). Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms under complementary irrigation in Mashhad condition: 2- Yield and yield components. Iranian Journal of Field Crops Research, 7(2), 483-492. [in Persian]

Zang, H., Pala, M., Oweis, Y., & Harris, H. (2000). Water use and water use effieiency of chickpea and lentil in a Mediterrraneam environment. Australian Journal of Agricultural Research, 51(3), 295-304.