اثر آبیاری تکمیلی و کاربرد سلنیوم و مولیبدن بر گره‌زایی و عملکرد کمی و کیفی عدس دیم

رئوف سید شریفی[1*] و رضا سیدشریفی[2]

۱) گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲) گروه علوم دامی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

نویسنده مسئول*: raouf_ssharifi@yahoo.com

مقاله مستخرج از طرح پژوهشی است.

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۷

چکیده

عدس یکی از مهمترین حبوبات در ایران است. عملکرد عدس در کشور ما در مقایسه با دیگر کشورهای تولید کننده این محصول، بسیار پایین است. محدودیت آبی، یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر تحت شرایط دیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در این رابطه انجام آبیاری تکمیلی و کاربرد سلنیوم و مولیبدن می‌تواند اثرهای ناشی از کمبود آب را کاهش و عملکرد کمی و کیفی و گره‌زایی را افزایش دهد. از این‌رو، آزمایش فاکتوریلی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای در نزدیک اردبیل در سال ۱۴۰۳ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی محلول‌پاشی سلنیوم و مولیبدن در چهار سطح (محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم، ۱۵ میلی‌گرم در لیتر مولیبدن، محلول‌پاشی توام سلنیوم و مولیبدن، محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد) و آبیاری در دو سطح (دیم به‌عنوان شاهد و آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی) بود. نتایج نشان داد که محدودیت آبی تحت شرایط دیم در مقایسه با آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی، عملکرد و برخی صفات همچون محتوای نسبی آب، شاخص سبزینگی، دوره مؤثر پرشدن دانه، تعداد نیام در بوته و محتوای پروتئین بذر را کاهش داد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که استفاده از آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی مولیبدن و سلنیوم، سرعت پرشدن دانه (۱۷/۶ درصد)، حداکثر وزن دانه و طول دوره پرشدن دانه (به‌ترتیب ۴۳/۱ و ۱۲ درصد)، عملکرد کوانتومی (۳۷/۶ درصد) و عملکرد دانه را (۴۸ درصد) در مقایسه با عدم محلول‌پاشی مولیبدن و سلنیوم تحت شرایط دیم، افزایش داد. همچنین محلول‌پاشی سلنیوم و مولیبدن، تعداد گره فعال (۱/۸ برابر) و وزن خشک گره (۲۴/۵ درصد) را در مقایسه با سطح شاهد افزایش داد. بر اساس یافته‌های این آزمایش، می‌توان اظهار داشت که محلول‌پاشی مولیبدن و سلنیوم و آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی می‌تواند مؤلفه‌های پرشدن دانه و عملکرد کمی و کیفی دانه عدس دیم را افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: سرعت پرشدن دانه، شاخص کلروفیل و عملکرد کوانتومی.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

مقدمه

عدس یکی از مهم‌ترین حبوبات با مقادیر بالای آهن، پروتئین و فیبرهای محلول است. این گیاه علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و کمک به حاصل‌خیزی خاک، به‌دلیل امکان کشت در اراضی کم بازده و کنترل علفهای هرز، از جایگاه خاصی در تناوب با گیاهان زراعی به خصوص غلات دیم برخوردار است (Omer, 2009 ; باقری و همکاران ۱۳۷۶). یکی از محدودیت های عمده برای تولید جهانی عدس، عملکرد کم و ناپایدار این گیاه است. این موضوع در بیش از ۸۰ درصد اراضی تحت کشت عدس دیم کشور که عمدتا به مناطق خشک و نیمه‌خشک تعلق دارد مشهودتر است. در همچون مناطقی عملکرد این گیاه به دلایل مختلف از جمله کمبود مواد آلی و عناصر ریزمغذی در خاک و محدودیت آبی در طول دوره رشدی به خصوص در دوران رشد زایشی، پایین است. در این راستا کاربرد آبیاری تکمیلی () و محلول‌پاشی با سلنیوم و مولیبدن از اهمیت خاصی در گره‌زایی و بهبود عملکرد کمی و کیفی عدس دیم، برخوردار است (Zheng *et al*., 2022; Tesfaye *et al*., 2006 ; Fathi *et al*., 2016). آبیاری تکمیلی یک مداخله گذرا در افزایش عملکرد گیاهان تحت شرایط دیم به خصوص در زمانی است که میزان بارندگی جهت رشد گیاه زراعی از مقدار و پراکنش نامناسبی برخوردار است. با حداقل یک بار آبیاری تکمیلی در مراحل حساس رشدی، می‌توان صدمات ناشی از تنش آبی در مساحت قابل توجهی از اراضی دیم را، کاهش داد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۸). انجام آبیاری تکمیلی تاثیر مطلوبی در کاهش دمای خاک و کانوپی گیاه داشته و ضمن افزایش گره‌زایی و تثبیت نیتروژن، در افـزایش سرعت پرشدن دانه و عملکرد دانه در واحد سطح مؤثر است (Dahiya *et al*., 1993; باقری و همکاران ۱۳۷۶). بررسی‌های حسـینی و همکـاران (۱۳۹۰) نشان داد که انجام آبیاری تکمیلی در مرحله بحرانی نیاز گیـاه (مرحلـه گلدهی)، یکی از روش‌های مؤثر در جلوگیری از نوسان عملکرد و دستیابی به تولید پایدار عدس در مناطق خشک و نیمه خشک است. نتایج پژوهشی در مورد انجام آبیاری تکمیلی بـر روی گنـدم، لوبیـا، نخـود و عدس نشان داد که بیشترین میزان افزایش در بهره‌وری آب و عملکرد دانه در شرایط دیم، مربوط به تیمار یک مرحلـه آبیـاری تکمیلـی بـوده اسـت (Karrou and Oweis, 2012). در مطالعه‌ای با بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری در حبوباتی مانند لوبیـا و نخـود، مرحله گلدهـی و تشـکیل غـلاف را به‌عنوان حساس‌ترین مرحله نسبت به محدودیت آبی گزارش کردند (Tesfaye *et al*., 2006). عناصر کمیاب از پتانسیل بالایی در جذب کارآمد نیتروژن توسط گیاهان برخوردارند (Day *et al*., 2021; Huang *et al*., 2022). سلنیوم به‌عنوان یک عنصر کمیاب ضروری، در تحریک رشد و نمو گیاه نقش دوگانه‌ای شبیه به هورمون‌های گیاهی ایفا می‌کند و در غلظت‌های مناسب، می‌تواند وضعیت آبی گیاهان در شرایط خشک را تنظیم نموده و با تحریک رشد گیاه و افزایش عملکرد کمی و کیفی دانه، و بهبود محتوای نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم و گوگرد، مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی را، بهبود بخشد (Sun *et al*., 2025;

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

(Kuznetsov *et al*., 2003; Xia *et al*., 2020; Feng *et al*., 2020;). همچنین با تقویت فتوسنتز، متابولیسم کربن و نیتروژن و افزایش محتوای اسیدهای آمینه ضمن تنظیم بیوسنتز اتیلن و پیری گیاه، قادر است رسیدگی و کیفیت مطلوب دانه را تنظیم نموده و از جنبه تغذیه‌ای نیز برای سلامت انسان اهمیت زیادی دارد (Puccinelli *et al*., 2017; Zahedi *et al*., 2020). برخی محققان اظهار داشتند که کاربرد سلنیوم ضمن افزایش فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن نظیر ریزوبیوم در عدس قادر است رشد و عملکرد عدس را افزایش داده و تجمع نیتروژن در لگوم‌ها را تا ۵۴ درصد افزایش دهد (Zheng *et al*., 2022; Ekanayake *et al*., 2017; Ekanayake *et al*., 2015). Zheng و همکاران (۲۰۲۲) اظهار داشتند که کاربرد سلنیوم در خاک بدون نیتروژن، غلظت نیتروژن در اندام‌های هوایی را تا ۱۱ درصد و در ریشه تا ۲۳ درصد افزایش داد. مولیبدن یکی از عناصر معدنی مؤثر در باروری و گره‌زایی لگوم‌ها است و گیاه از این عنصر برای تجزیه نیترات جذب شده از خاک استفاده می‌کند (Kaiser *et al*.,2005; O'Hara, 2001). همچنین آنزیم نیتروژناز در تثبیت زیستی نیتروژن توسط باکتری‌های ریزوبیوم موجود در گره‌های ریشه‌ای لگوم‌ها به مقادیر بالایی از مولیبدن نیاز دارند و کمبود این عنصر موجب کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، کاهش اسیمیلاسیون نیتروژن و متوقف شدن تثبیت نیتروژن مولکولی توسط ریزوبیوم‌ها می‌شود که در مراحل بعدی تاخیر در گلدهی و اختلال در نمو اندام‌های زایشی و باز شدن گل‌ها را به همراه دارد (Mengel and Kirkby., 2001). در پژوهشی گزارش شد که خیساندن بذر باقلا در مولیبدات آمونیم، موجب افزایش رشد گره‌های ریشه‌ایی و عملکرد این گیاه شد (Xia and Xiong., 1991). برخی پژوهشگران اظهار داشتند که محلول‌پاشی باقلا با شش میلی‌گرم در لیتر مولیبدن، منجر به افزایش وزن نیام در بوته، وزن صد دانه و عملکرد دانه باقلا شد (El-Guibali *et al*., 2016). عملکرد عدس در مناطق خشک و نیمه خشک تحت شرایط دیم، به دلایل مختلفی از جمله کمبود مواد آلی و برخی از عناصر ریزمغذی در خاک و ناکافی بودن نزولات، پایین است. در این راستا کاربرد عناصری مانند مولیبدن و سلنیوم به منظور بهبود گره زایی و انجام آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی تحت شرایط دیم، می‌توانند از مهم‌ترین روش‌ها در بهبود عملکرد کمی و کیفی این گیاه محسوب شوند. از این‌رو به‌دلیل بررسی‌های محدود انجام شده در خصوص برهمکنش توأم تاثیر محلول‌پاشی با سلنیوم و مولیبدن و آبیاری تکمیلی بر عملکرد این گیاه، موجب شد تا اثر این عوامل بر گره‌زایی، اجزای پرشدن دانه و برخی صفات عدس تحت شرایط دیم مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای در روستای پیرالقر در نزدیکی اردبیل با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

۱۳۵۰ متر از سطح دریا در سال ۱۴۰۳ اجرا شد. قبل از کاشت، تا عمق ۴۰ سانتی‌متری برای تعیین خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک، نمونه‌برداری انجام شد. خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ و برخی ویژگی-های اقلیمی در طول دوره رشدی عدس در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱: تجزیه برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک نمونه برداری صفر تا ۴۰	کربنات کلسیم	pH	درصد اشباع	رس	لوم	شن	بافت	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم
	درصد		درصد					درصد		میلی‌گرم بر کیلوگرم	
سانتی‌متر	۱۴/۳	۷/۱	۴۴	۶/۵	۶۹/۵	۲۴	سیلتی لومی	۰/۲۴	۰/۰۴	۱۲/۲	۲۴۳

جدول ۲: شرایط اقلیمی در طول دوره رشدی عدس در مزرعه (ماخذ اداره هواشناسی اردبیل)

ماه‌های سال	میزان بارندگی	دمای کمینه	دمای بیشینه	میانگین دما
	(میلی‌متر)		سانتی‌گراد	
فروردین	۵۳/۱	۱/۱	۱۴/۱	۷/۶
اردیبهشت	۶۲/۹	۴/۹	۱۷/۴	۱۱/۱
خرداد	۳۷/۱	۹/۳	۲۱/۹	۱۵/۲
تیر	۲۹/۶	۱۲/۲	۲۳/۲	۱۷/۷
مرداد	۳/۷	۱۳	۲۳/۴	۱۸/۲
شهریور	۱۰/۸	۱۰	۲۳/۳	۱۶/۷

فاکتورهای مورد بررسی محلول‌پاشی سلنیوم و مولیبدن در چهار سطح (محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر سلنیوم، ۱۵ میلی‌گرم در لیتر مولیبدن، محلول‌پاشی توأم سلنیوم و مولیبدن، محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد) و آبیاری در دو سطح (دیم به‌عنوان شاهد و آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی) بود. بعد از تهیه زمین، کاشت بذر در فروردین ماه در عمق چهار تا پنج سانتی‌متری با دست انجام شد. از آنجایی‌که در سال قبل از اجرای آزمایش، در مزرعه عدس کشت شده بود از این‌رو در زمان کاشت، تلقیح مجدد با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم انجام نشد. برای کاشت از رقم بیله سوار که از ارقام متداول و توصیه شده در منطقه است، استفاده شد. هر واحد آزمایشی شامل پنج ردیف سه متری با فاصله بین ردیفی ۲۵ سانتی‌متر و تراکم کاشت ۸۰ کیلوگرم بذر در هکتار (معادل ۱۵۰ بذر در مترمربع) بود که تراکم توصیه شده برای این رقم در منطقه است. بین هر واحد آزمایشی حداقل سه ردیف نکاشت به‌منظور جلوگیری از اثر محلول‌پاشی و آبیاری به کرت-های مجاور در نظر گرفته شد. به‌منظور ارزیابی اثر تیمارها بر گره‌زایی (تعداد گره فعال و غیرفعال و وزن خشک گره)، سه گلدان پلاستیکی به ارتفاع ۵۰ و قطر ۵۰ سانتیمتر در خطوط اصلی هر واحد آزمایشی با همان تراکم کاشت مزرعه قرار داده شد. محلول‌پاشی با سلنیوم به میزان ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر از منبع سلنات سدیم و محلول‌پاشی با مولیبدن به میزان

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

۱۵ میلی‌گرم در لیتر از منبع مولیبدات آمونیم در دو مرحله از رشد رویشی به‌ترتیب معادل با کد GSV4(باز شدن دومین برگ دو برگچه‌ای) و GSR_1(در انتهای دوره رشد رویشی و قبل مراحل رشد زایشی) بر اساس مقیاس Erskine و همکاران (۱۹۹۰) انجام شد (Zheng *et al.*, 2022; Fathi *et al.*, 2016). در محلول‌پاشی توام سلنیوم با مولیبدن فاصله یک هفته‌ایی بین دو محلول‌پاشی در نظر گرفته شد تا ضمن جلوگیری از سمیت احتمالی عناصر غذایی، فرصت کافی برای جذب و استفاده از این عناصر غذایی توسط گیاهان فراهم شود. از آنجایی‌که مناسب‌ترین زمان برای ارزیابی گره‌ها، مرحله گلدهی است. از این‌رو در مرحله گلدهی، بوته‌های هر گلدان به همراه ریشه به‌طور کامل جدا شده و پس از شستشوی ریشه‌ها، تعداد گره‌های فعال و غیرفعال شمارش و وزن خشک گره‌ها نیز پس از قرارگیری در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای $۷۰ \pm ۵^{\circ}$ اندازه‌گیری شد (Namvar *et al.*, 2011). معیار تشخیص گره‌های مؤثر از غیرمؤثر بر این اساس بود که در برش گره‌ها، گره‌های مؤثر به رنگ صورتی یا قرمز گوشتی و به تعداد کم‌تر ولی درشت‌تر از گره‌های غیرمؤثر بوده و بر روی محور اصلی ریشه قرار می‌گیرند در حالی‌که گره‌های غیرمؤثر به رنگی غیر از رنگ صورتی یا قرمز گوشتی بوده و از اندازه کوچکتر برخوردار بوده و بر روی ریشه‌های فرعی قرار دارند (سیدشریفی و قلی‌نژاد، ۱۴۰۰). به‌منظور تعیین مولفه‌های پرشدن دانه، چهارده روز پس از گلدهی در خطوط اصلی هر واحد آزمایشی تعدادی بوته مشابه و به ظاهر یکنواخت قبلا با نخ رنگی مشخص شد و سپس در فواصل زمانی مشخصی (هر چهار روز یک بار) در هر مرحله از نمونه‌برداری دو بوته برداشت و پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا دانه‌ها جدا شده و سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد شد (Ronanini *et al.*, 2004). برای تجزیه و تحلیل پارامترهای مربوط به پرشدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی دو تکه‌ای براساس رویه DUD و دستورالعمل Proc Nlin نرم افزار SAS به صورت رابطه ۱ استفاده شد (سلطانی، ۱۳۸۶).

$$GW = \begin{cases} a + bt_0 & t < t_0 \\ a + bt & t > t_0 \end{cases}$$

رابطه ۱:

دراین رابطه GW وزن دانه، t زمان، b سرعت پرشدن دانه، t_0 پایان دوره پرشدن دانه و a عرض از مبدأ است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می‌کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پرشدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t_0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله ($t < t_0$) سرعت پرشدن دانه را نشان می‌دهد. با برازش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پرشدن دانه یعنی سرعت پرشدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به دست آمده و سپس مقدار عددی t_0 در قسمت دوم رابطه یک قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه شد. برای تعیین دوره موثر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

پرشدن دانه از رابطه EFP=MGW/GFR استفاده شد (Ellis and Pieta-Filho., 1992). در این رابطه EFP[1] دوره موثر پرشدن دانه (روز)، MGW[2] حداکثر وزن دانه (میلی‌گرم) و GFR[3] سرعت پرشدن دانه (میلی‌گرم در روز) است.

دو هفته بعد از مرحله گلدهی از خطوط اصلی هر واحد آزمایشی چهار برگ توسعه یافته انتخاب شد. شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (مدلSPAD-502، شرکت Konica Minolta، ژاپن)، عملکرد کوانتومی توسط دستگاه فلورسانس کلروفیل (OS-30p) و محتوای نسبی آب برگ با روش پیشنهادی Kostopoulou و همکاران (۲۰۱۰) بر اساس رابطه ۲ محاسبه شد (Kheirizadeh Arough *et al*., 2016).

رابطه ۲: $RWC = (F_W - D_W)/(T_W - D_W) \times 100$

در این رابطه RWC محتوای نسبی آب، F_W وزن تر، T_W وزن آماس یافته و D_W وزن خشک است.

در زمان برداشت به‌منظور اندازه‌گیری تعداد دانه در نیام و تعداد نیام در بوته، هشت بوته از هر واحد آزمایشی از بین بوته‌های رقابت کننده و با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای انتخاب و میانگین آنها در تجزیه داده‌ها استفاده شد. عملکرد دانه از ردیف‌های اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای از سطحی معادل نیم مترمربع براورد شد. محتوای نیتروژن دانه به‌روش کجلدال (سیدشریفی و قلی‌نژاد، ۱۴۰۰) تعیین و با ضرب در عدد ۶/۲۵، درصد پروتئین دانه محاسبه شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها به‌ترتیب از نرم افزارهای $SAS_{9.1}$ و EXCEL استفاده شد و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی سطوح محلول‌پاشی با مولیبدن و سلنیوم بر تعداد گره فعال و غیر فعال و وزن خشک گره در سطح احتمال پنج درصد، و اثرات اصلی سطوح آبیاری و محلول‌پاشی بر شاخص سبزینگی، تعداد نیام در بوته، محتوای پروتئین دانه و دوره مؤثر پرشدن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). فقط اثرات اصلی محلول‌پاشی با سلنیوم و مولیبدن بر محتوای نسبی آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر ترکیب تیماری سطوح آبیاری در محلول‌پاشی بر سرعت و طول دوره پرشدن دانه، عملکرد کوانتومی و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

گره‌زایی (تعداد گره فعال و غیرفعال و وزن خشک گره)

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد گره فعال (۱۴/۲ گره در بوته) و وزن خشک گره (۵/۴۸ میلی‌گرم در

[1] - Effective Grain Filling Period
[2] - Maximum of Grain Weight
[3] - Grain Filling Rate

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

بوته) در محلول‌پاشی توأم سلنیوم با مولیبدن بدست آمد که از افزایش به‌ترتیب ۱/۸ برابری و ۲۴ درصدی در مقایسه با سطح شاهد برخوردار بود (جدول ۴). بیشترین تعداد گره غیرفعال (۸/۳۳ گره در بوته) نیز در سطح شاهد بدست آمد که از افزایش ۱/۲ برابری در مقایسه با محلول‌پاشی توأم مولیبدن و سلنیوم برخوردار بود (جدول ۴).

جدول ۳: تجزیه واریانس تاثیر آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی سلنیوم و مولیبدن بر گره‌زایی، مؤلفه‌های پرشدن دانه و برخی صفات عدس دیم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		تعداد گره فعال	تعداد گره غیرفعال	وزن خشک گره	شاخص سبزینگی	دوره مؤثر پرشدن دانه	سرعت پرشدن دانه	طول پرشدن دانه	حداکثر وزن دانه
تکرار	۲	۰/۶۹ ns	۲/۳۶ ns	۱/۵۶ ns	۴۷۰/۴۸ **	۳۶۸/۰۲ **	۰/۰۰۰۱۴ **	۹۹۶/ **	۰/۰۵۹ **
Iسطوح آبیاری	۱	۰/۰۴۱ ns	۰/۰۰۱۱۶ ns	۰/۱ ns	۳۸۵/۹۲ **	۲۹/۱۱ **	۰/۰۰۰۰۰۶ **	۲۰/۸ **	۰/۰۱۱ **
Mمحلول‌پاشی	۳	۸۶/۸ *	۲۵/۱۹ *	۱/۰۶ *	۱۶۹/۳۱ **	۵/۵۸ **	۰/۰۰۰۰۰۰۷ *	۳/۸ **	۰/۰۰۲ **
I×M	۳	۰/۲۲۵ ns	۰/۶۳۹ ns	۰/۰۲۷ ns	۱/۲۹	۰/۲۴۲ ns	۰/۰۰۰۰۰۱ *	۰/۵۶ *	۰ /۰۰۰۴۶ *
اشتباه آزمایشی	۱۴	۲/۵۶	۱/۱۹۴	۰/۳۴	۳/۳	۰/۲۵۶	۰/۰۰۰۰۰۰۱۸	۰/۱۸۷	۰/۰۰۰۱۰
ضریب تغییرات ٪	-	۱۶	۱۹/۲	۱۱/۷	۴/۲	۲/۵	۳/۶	۱۳/۱	۴/۲

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

ادامه جدول ۳: تجزیه واریانس تاثیر آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی سلنیوم و مولیبدن بر گره‌زایی، مؤلفه‌های پرشدن دانه و برخی صفات عدس دیم

منابع تغییر	درجه آزادی	مربعات میانگین					
		محتوای نسبی آب	عملکرد کوانتومی	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در نیام	عملکرد دانه	پروتئین دانه
تکرار	۲	۹۷۲/۶ **	۰/۱۰۶ **	۱۰/۶۳ **	۰/۰۰۱۷ ns	۱۲۸۳۴/۶ **	۱۲۸/۶۹ **
Iسطوح آبیاری	۱	۶۱۸/۵ **	۰/۰۶۴ **	۵/۹۸ **	۰/۰۰۰۰۳۷ ns	۶۴۲۶۱/۱ **	۶۵/۴۲ **
Mمحلول‌پاشی	۳	۷۸/۴	۰/۰۰۸۷ *	۱۰/۸۹ **	۰/۰۱۰۵ ns	۲۵۶۰۷/۸ **	۱۲/۸ **
I×M	۳	۳۳/۰۵	۰/۰۰۴۹ *	۰/۳۵۶	۰/۰۰۴۴ ns	۲۶۴۱/۶ **	۳/۴۳
اشتباه آزمایشی	۱۴	۳۸/۲۳	۰/۰۰۱۵	۰/۳۶۵	۰/۰۰۴۷	۲۷۳/۱۳	۱/۶۳
ضریب تغییرات ٪	-	۸	۵/۵	۸/۲	۵/۹	۳/۶	۶/۵

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

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات اصلی آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی سلنیوم و مولیبدن بر برخی صفات عدس دیم

تیمارهای مورد بررسی		نعداد گره غیرفعال	تعداد گره فعال	وزن خشک گره (میلی گرم در بوته)	شاخص سبزینگی	محتوای نسبی آب (درصد)	دوره مؤثر پرشدن دانه (روز)	تعداد نیام در بوته	پروتئین دانه (درصد)
سطوح آبیاری	دیم	-	-	-	۳۸/۷۶b	۷۱/۳۱b	۱۸/۸۴b	۶/۸b	۱۷/۹۲b
	آبیاری تکمیلی	-	-	-	۴۶/۷۸a	۸۱/۴۶a	۲۱/۰۴a	۷/۸a	۲۱/۲۳a
LSD		-	-	-	۱/۵۹	۵/۴۱	۱/۰۲	۰/۵۲۹	۱/۱۲
سطوح محلول-پاشی	شاهد	۸/۳۳a	۵/۰۵c	۴/۴b	۳۵/۴۷c	-	۱۸/۹۵c	۵/۷۴d	۱۷/۶۱b
	سلنیوم	۶/۱۶b	۹/۴۳b	۵ab	۴۲/۴۲b	-	۱۹/۶۳b	۶/۷۶c	۱۹/۶۱a
	مولیبدن	۴/۴۷c	۱۰/۹۸b	۵/۱۲ab	۴۵/۵۹a	-	۱۹/۹۵b	۷/۸۱b	۱۹/۹۷a
	سلنیوم+ مولیبدن	۳/۷۱c	۱۴/۲a	۵/۴۸a	۴۷/۶a	-	۲۱/۲۵a	۸/۸۷a	۲۱/۱۱a
LSD		۱/۳۵	۱/۹۸	۰/۷۲	۲/۲۵	-	۰/۶۲۷	۰/۷۴	۱/۵۸

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

علت عدم تاثیر پذیری صفات مرتبط با گره‌زایی (اعم از تعداد و وزن خشک گره) بواسطه انجام آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی شاید به این دلیل بوده باشد که اوج تشکیل گره در لگوم‌ها در مرحله گلدهی است () و چون نمونه‌برداری برای بررسی صفات مرتبط با گره‌زایی در مرحله گلدهی بوده است از این‌رو انجام آبیاری تکمیلی در این مرحله رشدی که قبل از آن گره‌ها به مرحله حداکثری تکامل و تشکیل خود رسیده‌اند، نتوانسته است اثر معنی‌داری بر این صفات داشته باشد(Namvar *et al*., 2011) . بخشی از افزایش تعداد گره فعال و وزن خشک گره و کاهش تعداد گره غیرفعال به‌واسطه محلول‌پاشی مولیبدن می‌تواند ناشی از مشارکت مثبت مولکول‌های مولیبدن در کمک به فعال‌سازی آنزیم‌های تثبیت کننده نیتروژن (نیتروژناز) باشد ضمن انکه گیاه از مولیبدن برای تجزیه نیترات جذب شده از خاک استفاده نموده و این عنصر نقش کلیدی در تثبیت نیتروژن اتمسفری به‌وسیله باکتریهای ریزوبیومی دارد (Kaiser *et al*., 2005). به بیانی دیگر لگوم‌ها برای بهبود رشد رویشی، گره‌زایی و افزایش دسترسی به ترکیبات ناشی از اسیمیلاسیون، تمایل به حفظ غلظت مولیبدن در گره‌ها دارند (Togay *et al*., 2015). از این‌رو محلول‌پاشی مولیبدن توانست در افزایش وزن گره‌ها و به تبع از آن در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن مؤثر واقع شود. نتایج مشابهی نیز توسط دیگر پژوهشگران گزارش شده است (Vieiraa *et al*. 1998). بخش دیگری از افزایش تعداد و وزن گره در محلول‌پاشی سلنیوم می‌تواند ناشی از اثرات سلنیوم در افزایش فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن همچون ریزوبیوم باشد (Ekanayake *et al*., 2017). در این راستا برخی پژوهشگران اظهار داشتند که کاربرد سلنیوم تا ۲۳ درصد محتوای نیتروژن در گره‌ها را افزایش داد. از این‌رو به نظر می‌رسد که کاربرد مولیبدن و سلنیوم با کمک به افزایش محتوای نسبی آب موجب شده است که اثرات ناشی از تنش آبی تحت شرایط دیم تا حدودی تعدیل شده و با افزایش شاخص کلروفیل و عملکرد کوانتومی میزان فتوسنتز را افزایش داده و به تبع از آن منجر به افزایش تعداد و وزن گره شده است (جدول‌های ۴ و ۵).

شاخص سبزینگی

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین سطوح آبیاری، بیشترین شاخص کلروفیل در آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی (۴۶/۷۸) بدست آمد که در مقایسه با شرایط دیم، از افزایش ۲۰/۶ درصدی برخوردار بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد بالابودن دمای هوا و محدودیت آبی ناشی از شرایط دیم با افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز و تشدید سرعت تجزیه آن، مانع از بیوسنتز کلروفیل شده و می‌تواند میزان کلروفیل را به میزان چشمگیری کاهش دهد (Jiao *et al*., 2010). نتایج مشابهی نیز مبنی بر کاهش شاخص کلروفیل در شرایط دیم در مقایسه با انجام آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی توسط دیگر پژوهشگران گزارش شده است (نریمانی و همکاران ۱۳۹۷). در بین سطوح مختلف محلول‌پاشی، کاربرد توام مولیبدن و سلنیوم از افزایش ۳۴ درصدی شاخص کلروفیل در مقایسه با سطح شاهد برخوردار بود (جدول ۴). لازم به یادآوری است

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

که محلول‌پاشی مولیبدن به تنهایی اختلاف آماری معنی‌داری با محلول‌پاشی مولیبدن با سلنیوم در سطح احتمال یک درصد نداشت (جدول ۴). سنتز کلروفیل یک فرآیند پیچیده بوده و به عناصر معدنی مختلف مانند آهن، منگنز، مس و روی وابسته است و به‌نظر می‌رسد افزایش شاخص کلروفیل با کاربرد سلنیوم می‌تواند ناشی از تأثیر این ماده در تقویت جذب عناصر مورد نیاز برای سنتز کلروفیل باشد که منجر به افزایش شاخص کلروفیل شده است (Luo *et al*., 2019; Wang and Grimm., 2015). گرچه افزایش دمای هوا و کمی نزولات تحت شرایط دیم می‌تواند منجر به تنش اکسیداتیو شود ولی، سلنیوم قادر به حذف رادیکال‌های آزاد بوده و ضمن جلوگیری از پراکسیداسیون چربی‌های غشائی، در افزایش پایداری پروتئین‌های تیلاکوئیدی، جلوگیری از تجزیه کلروفیل، بهبود عملکرد کوانتومی و حفظ کارایی فتوسنتزی گیاهان مؤثر است (جدول‌های ۲ و ۵) (Wang *et al*., 2024). به نظر می‌رسد بخش دیگری از افزایش تعداد و وزن گره با کاربرد مولیبدن می‌تواند ناشی از اثر این ماده در افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، افزایش مراحل اولیه اسیمیلاسیون نیتروژن و بهبود فرایند تثبیت زیستی نیتروژن توسط باکتری‌های ریزوبیوم باشد (طهماسبی و همکاران، ۱۳۹۹). به بیانی دیگر کمبود مولیبدن یکی از دلایل اصلی کاهش ورود نیترات به مسیرهای متابولیکی اسیمیلاسیون نیتروژن و در نتیجه تجمع نیترات در بافت‌های گیاهی می‌باشد و تحت چنین شرایطی تجمع نیترات می‌تواند به دلایل مختلفی از جمله تجزیه ایندول استیک اسید، کاهش تولید لکتین به وسیله گیاه میزبان، محدود کردن اتصال ریزوبیوم‌ها به ریشه‌های مویین و توقف تولید آنزیم نیتروژناز ، منجر به کاهش تعداد و وزن خشک گره شود (Werner and Newton, 2005; Anbuselvi *et al*., 2011).

محتوای نسبی آب

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین محتوای نسبی آب برگ در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی (۸۱/۴۶ درصد) بدست آمد که از افزایش ۱۴/۲ درصدی در مقایسه با شرایط دیم برخوردار بود (جدول ۴). افزایش دمای هوا و کمی نزولات در طول دوره رشدی گیاه به‌خصوص در مرحله نمونه‌برداری برای محتوای نسبی آب تحت شرایط دیم، از جمله مواردی هستند که گیاه در شرایط دیم نه تنها با اثر ناشی از محدودیت آبی بلکه با اثر ناشی از دمای بالا نیز مواجه شده و موجب می‌شود اثرات ناشی از تنش مضاعف شود (جدول ۲). بدیهی است که در چنین شرایطی انجام آبیاری تکمیلی به‌ویژه در مرحله حساس رشدی گیاه موجب می‌شود تا اثر ناشی از افزایش دمای هوا و کم آبی تا حد زیادی تعدیل شده و به تبع از آن، محتوای نسبی آب برگ افزایش یابد. نتایج مشابهی نیز توسط دیگر محققان مبنی بر بهبود محتوای نسبی آب برگ با انجام آبیاری تکمیلی توسط دیگر محققان گزارش شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Karrou and Oweis, 2012).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

عملکرد کوانتومی

معنی‌دار شدن این صفت تحت اثر ترکیب تیماری سطوح آبیاری و محلول‌پاشی با مولیبدن و سلنیوم در سطح احتمال یک درصد و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد کوانتومی (۰/۷۷۹) در ترکیب تیماری آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی با کاربرد توام سلنیوم و مولیبدن بدست آمد که در مقایسه با شرایط دیم با کاربرد مولیبدن و سلنیوم و عدم کاربرد مولیبدن و سلنیوم از افزایش به ترتیب ۱۰/۴ و ۳۷/۶ درصدی برخوردار بود (جدول‌های ۳ و ۵).

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی سلنیوم و مولیبدن بر برخی صفات عدس دیم

ترکیبات تیماری	عملکرد کوانتومی	حداکثر وزن دانه (میلی‌گرم)	طول دوره پرشدن دانه (روز)	سرعت پرشدن دانه (میلی‌گرم در روز)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
I_1M_1	۰/۵۶۶ d	۰/۲۰۴ d	۳۰/۹۵ d	۰/۰۱۱۳ c	۵۲۵ e
I_1M_2	۰/۶۸۵ c	۰/۲۱۵ d	۳۱/۱۶ d	۰/۰۱۲ bc	۵۴۴/۸۸e
I_1M_3	۰/۷۰۴ bc	۰/۲۴۳ c	۳۲/۳۶c	۰/۰۱۲۶ ab	۵۸۲/۹ d
I_1M_4	۰/۷۰۵ bc	۰/۲۶۱ b	۳۳/۰۷ bc	۰/۰۱۳۰a	۶۲۶/۷ c
I_2M_1	۰/۷۵۵ ab	۰/۲۶۲b	۳۳/۰۷ bc	۰/۰۱۳۳ a	۵۷۷/۷۷ d
I_2M_2	۰/۷۶۴ ab	۰/۲۷۵ab	۳۳/۷۶ b	۰/۰۱۳۳ a	۶۴۱/۶۴c
I_2M_3	۰/۷۷۵ a	۰/۲۶۹b	۳۳/۵۲b	۰/۰۱۳ a	۶۹۲/۶۷b
I_2M_4	۰/۷۷۹a	۰/۲۹۲a	۳۴/۶۸ a	۰/۰۱۳۳a	۷۸۱/۴۸ a
LSD 5%	۰/۰۶۹۶	۰/۰۱۷۸	۰/۷۵۷	۰/۰۰۰۸	۳۸/۹۴

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

M_1، M_2, M_3 و M_4 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی با سلنیوم، مولیبدن، محلول‌پاشی توام سلنیوم و مولیبدن.

I_1، I_2 به‌ترتیب شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی.

به نظر می‌رسد انجام آبیاری تکمیلی با افزایش ۱۴/۲ درصدی محتوای نسبی آب در مقایسه با شرایط دیم موجب می‌شود اثرات ناشی از تنش اکسیداتیو بواسطه دمای بالا و کمی نزولات تحت شرایط دیم تا حدودی کاهش یابد در حالی‌که تحت شرایط دیم، اختلال در انتقال الکترون در واکنش مربوط به تجزیه آب (واکنش هیل) به کاهش عملکرد کوانتومی کمک کرده و کارایی کوانتومی فتوسنتز خالص را کاهش می‌دهد (Kheirizadeh Arough and Seyed Sharifi,, 2018) (جدول‌های ۲ و ۴). از طرفی سلنیوم می‌تواند از طریق حفظ ساختار کلروپلاست و تنظیم پروتئین‌های آهن-گوگرد، موجب افزایش کارایی انتقال انرژی در فتوسیستم II و در نهایت به بهبود عملکرد کوانتومی منجر شود. نتایج مشابهی نیز مبنی بر اینکه سلنیوم از طریق تنظیم کاهش تولید گونه‌های فعال اکسیژن به حفظ ساختار PSII و افزایش Fv/Fm کمک می‌کند توسط دیگر محققان گزارش شده است (Jóźwiak and Politycka, 2019; Shah *et al.*, 2022). محلول‌پاشی مولیبدن نیز می‌تواند با افزایش مراحل اولیه اسیمیلاسیون نیتروژن و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، ضمن کمک به افزایش تعداد و وزن خشک گره‌ها و فرایند تثبیت زیستی نیتروژن، منجر به افزایش شاخص سبزینگی گیاه و بهبود عملکرد کوانتومی شود (جدول ۴).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

اجزای پرشدن دانه (سرعت، طول دوره و دوره مؤثر پرشدن دانه)

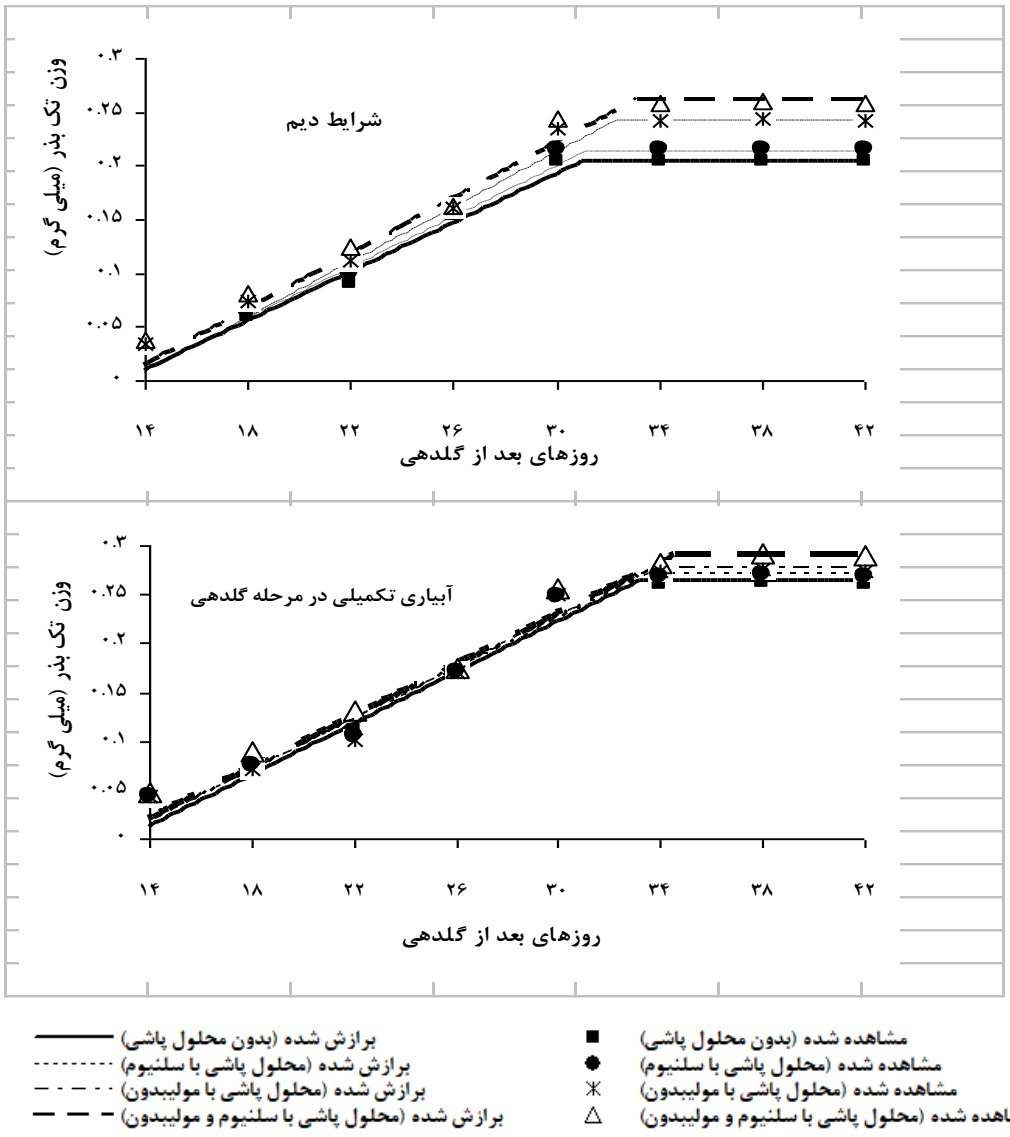
نتایج نشان داد که روند پرشدن دانه در تمامی ترکیبات تیماری از تغییرات نسبتا مشابه و یکسانی برخوردار بود. طوری‌که وزن دانه در مراحل اولیه نمونه‌برداری (۱۴ روز بعد از گلدهی) کم بوده و با گذشت زمان در تمامی ترکیبات تیماری به‌صورت خطی افزایش یافته و به حداکثر خود رسید، سپس از تغییرات چندانی برخوردار نبوده و به صورت یک خط افقی در آمد (شکل ۱). البته میزان افزایش وزن دانه در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی با مولیبدن و سلنیوم، بیشتر از شرایط دیم و بدون کاربرد مولیبدن و سلنیوم بود (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر وزن دانه، سرعت و طول دوره پرشدن دانه در شرایط آبیاری تکمیلی با کاربرد مولیبدن و سلنیوم به‌ترتیب از افزایش ۴۳، ۱۷/۶ و ۱۲ درصدی در مقایسه با شرایط دیم بدون کاربرد مولیبدن و سلنیوم برخوردار بود (جدول ۵). بخشی از کاهش وزن دانه در شرایط دیم می‌تواند از کاهش نزولات و افزایش دمای هوا در طول دوره رشدی به خصوص دوره پرشدن دانه ناشی شود که موجب می‌شود اثر ناشی از محدودیت آبی بواسطه افزایش دمای محیط تحت چنین شرایطی مضاعف شده و به دلیل کاهش طول دوره پرشدن دانه و دوره مؤثر پرشدن دانه وزن نهایی دانه کاهش یابد (جدول‌های ۲، ۴ و ۵). نتایج مشابهی توسط دیگر محققان مبنی بر اینکه محدودیت آبی در شرایط دیم منجر به کاهش مؤلفه‌های پرشدن دانه و انجام آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی منجر به افزایش اجزای پرشدن دانه نخود می‌شود، توسط دیگر محققان گزارش شده است (سیدشریفی و سیدشریفی، ۱۴۰۳). به نظر می‌رسد محلول‌پاشی با مولیبدن و سلنیوم با کمک به فرایند گره‌زایی و افزایش شاخص سبزینگی و عملکرد کوانتومی منجر به بهبود فرایند فتوسنتزی و به تبع از آن منجر به افزایش مؤلفه‌های پر شدن دانه شده است (جدول‌های ۴ و ۵).

تعداد دانه در نیام و نیام در بوته

نتایج نشان داد که تعداد دانه در نیام تحت تاثیر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی مولیبدن و سلنیوم قرار نگرفت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که تعداد دانه در نیام از جمله صفاتی است که بیشتر تحت کنترل عوامل ژنتیکی و کمتر تحت اثر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. ولی تعداد نیام در بوته تحت تاثیر فاکتورهای آزمایشی قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد نیام در بوته (۷/۸) در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و کمترین آن (۶/۸) تحت شرایط دیم بدست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد افزایش دمای محیط در طول دوره رشدی گیاه و کمی نزولات تحت شرایط دیم با ایجاد محدودیت در فرایند فتوسنتزی از جمله کاهش شاخص سبزینگی و محتوای نسبی آب برگ و عملکرد کوانتومی، ضمن کمک به ریزش گل‌ها و دانه‌های تازه تشکیل شده، موجب کاهش تعداد نیام در بوته شده است. نتایج مشابهی نیز توسط دیگر محققان مبنی بر کاهش تعداد نیام در بوته ژنوتیپ‌های نخود تحت تنش آبی گزارش شده است

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

(Rahman and Uddin, 2000) (جدول‌های۲، ۴ و ۵). در حالی‌که کاربرد مولیبدن و سلنیوم با کمک به فرایند گره‌زایی و شاخص سبزینگی و عملکرد کوانتومی منجر به افزایش ۵۴ درصدی تعداد نیام در بوته در مقایسه با عدم محلول‌پاشی با این عناصر شد(جدول‌های ۴ و ۵).



شکل ۱: تاثیر آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی سلنیوم و مولیبدن بر روند پرشدن دانه عدس دیم

عملکرد کمی و کیفی دانه

مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری سطوح آبیاری در محلول‌پاشی با مولیبدن و سلنیوم نشان داد که انجام آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی به همراه محلول‌پاشی با مولیبدن و سلنیوم توانست عملکرد دانه را ۴۸ درصد در مقایسه با شرایط دیم بدون کاربرد مولیبدن و سلنیوم افزایش دهد. حتی تحت شرایط دیم، کاربرد مولیبدن و سلنیوم عملکرد دانه را

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

۱۹ درصد در مقایسه با عدم کاربرد این عناصر افزایش داد. بخشی از کاهش عملکرد در شرایط دیم می‌تواند ناشی از بالا بودن دما و کمی نزولات باشد که ضمن کاهش طول دوره و دوره مؤثر پرشدن دانه موجب می‌شود وزن دانه به نحو چشم-گیری کاهش یافته و به تبع از آن عملکرد دانه کاهش یابد (جدول‌های ۲ و ۵).

جدول ۶: مقایسه میانگین تاثیر آبیاری تکمیلی و محلول‌پاشی سلنیوم و مولیبدن بر وزن دانه در مراحل نمونه برداری عدس دیم

ترکیبات تیماری	مراحل نمونه‌برداری (روز بعد از گلدهی)							
	۱۴	۱۸	۲۲	۲۶	۳۰	۳۴	۳۸	۴۲
I_1M_1	۰/۰۲۸۵f	۰/۰۴۹۸d	۰/۰۷۱۱bc	.۰/۱۵۳ f	۰/۲۰۵c	۰/۲۰۴ c	۰/۲۰۴c	۰/۲۰۳d
I_1M_2	۰/۰۳۰۴ef	۰/۰۵۲۶cd	۰/۰۷۴۸abc	۰/۱۵۵ef	۰/۲۱۵c	۰/۲۱۵ c	۰/۲۱۴d	۰/۲۱۴d
I_1M_3	۰/۰۳۳۸de	۰/۰۵۰۹cd	۰/۰۶۸c	۰/۱۶ de	۰/۲۳۴b	۰/۲۴۳ b	۰/۲۴۲c	۰/۲۴۱ c
I_1M_4	۰/۰۳۸۲ cd	۰/۰۵۹۱b	۰/ ۰۸۳ab	۰/۱۶۲ dc	۰/۲۴۴ab	۰/۲۵۹ ab	./۲۵۸ bc	۰/۲۵۸bc
I_2M_1	۰/۰۳۹۳bc	۰/۰۵۶۷ bc	۰/۰۷۴۱abc	۰/۱۶۶ bc	۰/۲۴۵ab	۰/۲۶۱ ab	۰/۲۶ bc	۰/۲۶ bc
I_2M_2	۰/۰۴۳۳ abc	۰/۰۶۱۶ab	۰/۰۷۹ab	۰/۱۷ ab	۰/۲۵ a	۰/۲۷۵ a	۰/۲۷۵ab	۰/۲۷۴ab
I_2M_3	۰/۰۴۴ab	۰/۰۶۲ab	۰/۰۸۰۱ab	۰/۱۷ ab	۰/۲۴۷a	۰/۲۶۸ a	۰/۲۶۹ab	۰/۲۶۸ab
I_2M_4	۰/۰۴۶۸a	۰/۰۶۵۲a	۰/۰۸۳۶ a	۰/۱۷۵ a	۰/ ۲۵۵a	۰/۲۸۱ a	۰/۲۹۱a	۰/۲۹۱ a
LSD 5%	۰/۰۰۵۲	۰/۰۰۵۹	۰/۰۱۰۹	۰/۰۰۵۱	۰/۰۱۱۴	۰/۰۲۲۹	۰/۰۲۲۷	۰/۰۲۲۶

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD با هم ندارند.

M_1، M_2، M_3 و M_4 به‌ترتیب عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی با سلنیوم، مولیبدن، محلول‌پاشی توام سلنیوم و مولیبدن.

I_1، I_2 به‌ترتیب شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی.

در حالی‌که انجام آبیاری تکمیلی با بهبود محتوای نسبی آب موجب می‌شد اثر ناشی از کمبود آب و افزایش دمای محیطی تا حدودی تعدیل شده و عملکرد دانه افزایش یابد. بخش دیگری از بهبود عملکرد دانه در محلول‌پاشی انفرادی و توأم مولیبدن و سلنیوم می‌تواند از اثر این عناصر در افزایش گره‌زایی (اعم از افزایش تعداد گره فعال و وزن خشک گره) و افزایش شاخص سبزینگی و عملکرد کوانتومی ناشی شود که ضمن کمک به افزایش تعداد نیام در بوته، منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود (جدول ۴). محققان دیگر نیز اظهار داشتند که کمبـود رطوبت با کاهش طول دوره رشد و دوره پرشدن دانه، ضمن کمک به عدم پرشدن کامل دانه، موجب می‌شود که وزن دانه در چنین شرایطی کاهش یابد (سیدشریفی و سیدشریفی، ۱۴۰۳). ولی کاربرد مولیبدن منجر به افزایش عملکرد دانه شد. نتایج مشابهی نیز مبنی براینکه خیساندن بذور عدس در محلول‌های ۲ و ۵ میلی‌گرم در لیتر مولیبدن قبل از کاشت، موجب افزایش عملکرد دانه عدس شد، توسط دیگر محققان گزارش شده است (El-Hersh *et al*., 2011). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که انجام آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی، محتوای پروتئین را ۲۰ درصد در مقایسه با شرایط دیم افزایش داد. روند مشابهی نیز مبنی بر افزایش ۱۹ درصدی محتوای پروتئین دانه در محلول‌پاشی توام مولیبدن و سلنیوم در مقایسه با عدم محلول‌پاشی با این عناصر بدست آمد. البته اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد در میان سطوح مختلف محلول‌پاشی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

انفرادی و توأم با مولیبدن و سلنیوم وجود نداشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد مولیبدن سبب افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در گیاهان می‌شود و افزایش فعالیت این آنزیم ضمن افزایش تامین نیتروژن گیاه و دسترسی بیشتر گیاه به نیتروژن، منجر به افزایش محتوای پروتئین بذر می‌شود (Ozturk and Aydin, 2004). سلنیوم می‌تواند بیان آنزیم‌های کلیدی مرتبط با متابولیسم نیتروژن را افزایش داده و کارایی استفاده از نیتروژن در گیاهان را بهبود بخشد. این اثر ممکن است از طریق چرخه گلوتامین سنتتاز و گلوتامات سینتتاز باشد که فرآیند تثبیت نیتروژن و تبدیل نیتروژن معدنی به ترکیبات آلی قابل استفاده را، تسریع کند. محصولات این فرآیند می‌توانند به‌عنوان سیگنال‌ها یا پیش‌سازهایی عمل کنند که متابولیسم اولیه و ثانویه گیاهان را تنظیم نموده و در نتیجه غلظت نیتروژن در بذر را افزایش داده و منجر به افزایش محتوای پروتئینی بذر می‌شود.

بخش دیگری از افزایش محتوای پروتئین بذر را در شرایط کاربرد مولیبدن و سلنیوم، می‌توان به اثر این عوامل بر بهبود فرایند گره‌زایی و به تبع از آن در کمک به فرایند تثبیت زیستی نیتروژن و سهولت دسترسی گیاه به نیتروژن نسبت داد که در نهایت منجر به افزایش محتوای پروتئین بذر شده است(جدول ۴) (Liu *et al*., 2019; Fortunato *et al*., 2023).

نتیجه گیری

نتایج این بررسی نشان داد که انجام آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی توأم مولیبدن و سلنیوم توانست عملکرد دانه را ۴۸ درصد در مقایسه با عدم محلول‌پاشی تحت شرایط دیم افزایش دهد. از این‌رو به استناد نتایج این آزمایش، محلول‌پاشی مولیبدن و سلنیوم و آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی برای بهبود عملکرد کمی و کیفی دانه عدس دیم توصیه می‌گردد و پیشنهاد می‌شود برای ادامه کار در تحقیقات آتی از انجام آبیاری تکمیلی در دیگر مراحل رشدی عدس به همراه دیگر تعدیل کننده‌های تنش نظیر ورمی‌کمپوست، میکوریز و باکتری‌های محرک رشد استفاده شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله نگارندگان وظیفه خود می‌دانند مراتب سپاس و قدردانی خود را از مساعدت صمیمانه یکایک همکاران ارجمند در بخش‌های مختلف دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اعلام دارند.

منابع

باقری، ع.، گلدانی، م. و حسن‌زاده، م. ۱۳۷۶. زراعت و اصلاح عدس. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۴۸ صفحه.

حسینی، ف.س.، نظامی، ا.، پارسا، م. و حاج محمدنیا قالیباف،ک. ۱۳۹۰. اثرات آبیاری تکمیلی بر عملکرد و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

اجزای عملکـرد ارقـام عـدس در شرایط آب وهوایی مشـهد. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). دوره ۲۵، شماره ۳، صفحه ۶۳-۲۵.

سادات حسینی، ف.، نظامی، ا.، پارسا، م.، و حاج محمدنیا قالی‌باف، ک. ۱۳۹۵. تأثیر آبیاری تکمیلی در مراحل فنولوژی بر برخی شاخص‌های رشدی ارقام عدس در منطقه مشهد. نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران. دوره ۷، شماره ۱، صفحه۱۲۰-۱۰۵.

سلطانی ا. ۱۳۸۶. کاربرد نرم افزار SAS در تجزیه‌های آماری کشاورزی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۸ صفحه.

سیدشریفی، ر و سیدشریفی، ر. ۱۴۰۳. تاثیر آبیاری تکمیلی و برخی تعدیل کننده‌های تنش (ورمی‌کمپوست، هیومیک اسید و نانواکسید آهن) بر اجزای پرشدن دانه، گره‌زایی و عملکرد نخود دیم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. دوره ۲۳، شماره۱، صفحه ۱۰۶-۹۱.

سیدشریفی، ر و قلی‌نژاد، ا. ۱۴۰۰. ارزیابی صفات زراعی و مورفوفیزیولوژیکی گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی. ۴۰۰ صفحه.

طهماسبی، ن.، افتخاری، ع و حیدری، م .۱۳۹۹. اثر مولیبدن بر برخی شاخص‌های بیوشیمیایی گیاه باقلا رقم سرازیری. مجله فرایند و کارکرد گیاهی. جلد ۹، شماره ۳۶، صفحه ۲۷۷-۲۶۵.

نریمانی، ح.، سیدشریفی، ر.، خلیل‌زاده، ر. و امین‌زاده،غ ر.۱۳۹۷. تأثیر نانواکسیدآهن در عملکرد، شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و برخی صفات فیزیولوژیک گندم در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. نشریه زیست شناسی گیاهی ایران. شماره ۴۰، صفحه

۳۷-۲۱.

کریمی، م.، و م، جلینی. ۱۳۹۸. کاربرد آبیاری تکمیلی در زراعت گندم. نشریه آب و توسعه پایدار. جلد ۶، شماره۱، صفحه ۳۴-۲۹.

Anbuselvi, S., Sathishkumar, M., Vikram, M. and Debi Parsad, P. 2011. Effect of molybdenum on nitrogen fixing enzymes of blackgram using Anabean Azollae Sp. treated coir waste manur under drought stress. Australian Journal of Basic and Applied Science. 5: 252 -256.

Dahiya S., Singh M. and Raj, B. 1993. Economics and water use efficiency of chickpea as affected by genotypes, irrigation and fertilizer application. Crop Reasearch Hisar, 6: 532-534.

Day, D.A. and Smith, P.M.C. 2021. Iron transport across symbiotic membranes of nitrogen-

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

fixing legumes. International Journal of Molcular Science. 22(1), 432.

Ekanayake, L.J., Thavarajah, D., McGee, R. and Thavarajah, P. 2017. Will selenium fertilization improve biological nitrogen fixation in lentils? Journal of Plant Nutrition. 40 (17): 2392-2401.

Ekanayake, L.J., Thavarajah, D., Vial, E., Schatz, B., McGee, R., Thavarajah, P. 2015. Selenium fertilization on lentil (*Lens culinaris* Medikus) grain yield, seed selenium concentration, and antioxidant activity. Field Crop Research. 177: 9-14.

El-Guibali, A., Attia, M. A. and Omran, E.H. 2016. Potassium fertilization in conjuctin with foliar applied molybdenum and humic substance for faba bean. Journal of Soil Science and Agriculture Engineering. Mansoura University 7: 501 -507.

El-Hersh, M.S., K.M. Abd, El-Hai. and Ghanem, K.M. 2011. Efficiency of molybdenum and cobalt elements on the lentil pathogens and nitrogen fixation. Asian Journal of Plant Pathology. 5: 102-114.

Ellis, R.H. and Pieta-Filho, C. 1992. The development of seed quality spring and winter cultivars of barley and wheat. Seed Science Research. 2:19-25.

Erskine, W., Muehlbauer, F.J. and Short, R.W. 1990. Stages of Development in Lentil. Experimental Agriculture, 26(3): 297-302.

Fathi, A., Omer, D.N., Abbas., Ahmed, S. and Khalaf, A. 2016. Effect of molibenum and potassium application on nodulation, growth and yield of lentil (*Lens culinaris*). Pakistan Journal of Botany. 48(6): 2255-2259,

Feng, R., Wei, C. and Tu, S.2013. The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. Environmental and Experimental Botany. 87: 58-68.

Fortunato, S., Nigro, D., Lasorella, C., Marcotuli, I., Gadaleta, A., de Pinto, M.C. 2023. The role of glutamine synthetase (GS) and glutamate synthase (GOGAT) in the improvement of nitrogen use efficiency in cereals. Biomolecules. 13(12): 1771.

Huang, Y.D., Chen, Y.J., Wen, D., Zhao, P.H., Li, F.R., Li, L., Du, R.Y., Shi, H.Z., Deng, T.H.B., Du, T.Q., 2022. Biochar-based molybdenum slow-release fertilizer enhances nitrogen assimilation in Chinese flowering cabbage (*Brassica parachinensis*). Chemosphere. 303(Pt 589 2), 134663.

Jóźwiak, W. and Politycka, B. 2019. Effect of selenium on alleviating oxidative stress caused by a water deficit in cucumber roots. Plants, 8(7): 217.

Kaiser, N.B., Gridler, K.L., Ngaire, B.J., Phillips, T. and Tyerman, S.D. 2005. The Role of Molybdenum in Agricultural Plant Production. Annal of Botany. 96: 745-754

Karrou, M. and Oweis,T. 2012. Water and land productivities of wheat and food legumes with deficit supplemental irrigation in a Mediterranean environment. Agricutural Water Management. 107: 94-103

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

Kheirizadeh Arough, Y., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M. and Barmaki, M. 2016. Effect of zinc and bio fertilizers on antioxidant enzymes activity, chlorophyll content, soluble sugars and proline in *Triticale* under salinity condition. Notula Botanica Horticulture Agrobot. Cluj-Napoca. 44(1): 116-124.

Kostopoulou, P., Barbayiannis, N. and Basile, N. 2010. Water relations of yellow sweet clover under the synergy of drought and selenium addition. Plant and Soil. 330. 65-71.

Kuznetsov,V., Kholodova,V.P., Kuznetsov,V.L.V. and Yagodin, B.A. 2003. Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. Doklady Biological Sciences. 390: 266-268.

Luo, H.W., He, L.X., Du, B., Wang, Z.M., Zheng, A.X., Lai, R.F., Tang, X.R. 2019. Foliar application of selenium (Se) at heading stage induces regulation of photosynthesis, yield formation, and quality characteristics in fragrant rice. Photosynthetica. 57(4).

Mengel, K. and Kirkby, E.A. 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Namvar, A., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., Asghari Zakaria, R., Khandan, T. and Eskandarpour, B. 2011. Study on the effects of organic and inorganic nitrogen fertilizer on yield, yield components, and nodulation state of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Communications in Soil Science and Plant Analysis. 42(9):1097-1109.

O'Hara, G.W. 2001. Nutritional constraints on root nodule bacteria affecting symbiotic nitrogen fixation: a review, Australian Journal of Experimental Agriculture. 41: 417-433.

Omer, F.A. 2009. Efficiency of nitrogen-fixing nodules developed on roots of broadbean, chickpea and lentil plants grow in pots. Journal of Duhok University. (Agri. and Vet. Sciences), 12(2): 169-174

Ozturk, A. and Aydin, F. 2004. Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. Journal of Agronomy and Crop Science. 19: 93-102.

Panda, S.K. and Khan, M.H. 2003. Antioxidant efficiency in rice (Oryza sativa L.) leaves under heavy metal toxicity. Society for Plant Physiology and Biochemistry, 0972-3862.

Puccinelli, M., Malorgio, F. and Pezzarossa, B.2017. Selenium enrichment of horticultural crops. Molecules. 22(6): 933.

Rahman, S.M. and Uddin, A.S.M. 2000. Ecological adaptation of chickpea to water stress. Legume Research. 23:1-8.

Ronanini, D., Savin, R. and Hal, A.J. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. Field Crop Research, 83:79-90.

Shah, A.A., Yasin, N.A., Mudassir, M., Ramzan, M., Hussain, I., Siddiqui, M.H., Ali, H.M., Sheikhalipour, M., Esmaielpour, B., Behnamian, M., Gohari, G., Giglou, M.T.,

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

Vachova, P., Rastogi, A., Brestic, M. and Skalicky, M. 2021. Chitosan–selenium nanoparticle (Cs–Se NP) foliar spray alleviates salt stress in bitter melon. Nanomaterials. 11(3): 684.

Sun, P., Ge, G., Sun, L., Bao, J., Zhao, M., Hao, J., Zhang, Y., Liy, G., Wang, Z. and Jia, Y. 2025. Metabolomics combined with physiology and transcriptomics reveal the regulation of key nitrogen metabolic pathways in alfalfa by foliar spraying with nano-selenium. Journal of Nanobiotechnology. 23: 7.

Tesfaye, K., Walker, S. and Tsubo, M. 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. European Journal of Agronomy. 25: 60-70.

Togay, N., Togay, Y., Erman, M. and Çig, F. 2015. Effect of Fe (iron) and Mo (molybdenum) application on the yield and yield parameters of lentil (*Lens culinaris* Medic.). Legume Research. 38(3): 358-362.

Vieiraa, R.F., Cardosob, E.J.B.N., Vieirac, C. and Cassini, S.T.A. 1998. Foliar application of molybdenum in common bean. III. Effect on nodulation. Journal of Plant Nutrition. 21(10): 2153-2161.

Wang, P. and Grimm, B. 2015. Organization of chlorophyll biosynthesis and insertion of chlorophyll into the chlorophyll-binding proteins in chloroplasts. Photosynthesis Research. 126: 189-202.

Wang, Y., Zhu, Q., Wang, Z., Wang, J., Wang, Z., Yu, F. and Zhang, L. 2024. Effects of foliar application of amino acid-chelated selenite on photosynthetic characteristics of peanut (Arachis hypogaea L.) leaves at the podding stage. Plant, Soil and Environment. 70(1): 17-25.

Werner, D. and Newton, W.E. 2005. Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and environment. Published by Springer. pp: 347

Xia, Q., Yang, Z., Shui, Y., Liu, X., Chen, J., Khan, S., Wang, J. and Gao, Z. 2020. Methods of selenium application differentially modulate plant growth, selenium accumulation and speciation, protein, anthocyanins and concentrations of mineral elements in purple-grained wheat. Frontiers in Plant Science. 11: 1114.

Zahedi, S.M., Moharrami, F., Sarikhani, S. and Padervand, M. 2020. Selenium and silica nanostructure-based recovery of strawberry plants subjected to drought stress. Scientific Reports. 10:17672.

Zheng, L., Qinquan. Li., Yanni, T, Huan, Z., Chuang Han, Xu., Wang, X. and Guangyu, S. 2022. Selenium enhanced nitrogen accumulation in legumes in soil with rhizobia bacteria. Journal of Cleaner Production. 380(1):450-458.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]

Effects of supplementary irrigation and selenium and molybdenum on nodulation and quantitative and qualitative yield of rainfed lentil

R. Seyed Sharifi[1*] and R. Seyed Sharifi [2]

1) Department of Plant Production and Genetics, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2) Department of Animal Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

***Corresponding author: raouf_ssharifi@yahoo.com**

This article is taken from a research project.

Received date: 2025.02.16 **Accepted date: 2025.05.17**

Abstract

Lentil (*Lens culinaris* L.) is one of the important pulse crops in Iran. The yield of lentil in our country is very low as compared to other lentil producing countries. One of the most important effective factors is water limitation under rain fed conditions in arid and semi arid. In this regard, supplementary irrigation and selenium and molybdenum application can decrease the effects of water deficit and increase nodulation and quantitative and qualitative yield. So, a factorial experiment was performed in a farm near Ardabil city in 2024 using randomized complete block design with three replications. Experimental treatments were irrigation in two levels (rainfed as control and supplementary irrigation at the flowering stage) and selenium and molybdenum foliar application at four levels (foliar application with water as control, foliar application of 0.5 mg.L^{-1} selenium, 15 mg.L^{-1} molybdenum, both foliar application selenium and molybdenum). The result indicated that water limitation under rain fed conditions compared to supplementary irrigation at flowering stage decreased yield and some traits such as relative water content, cholorophyll index, effective grain filling period, the number of pod per plant and protein content of seed. Mean comparisions showed that the use of supplementary irrigation and selenium and molybdenum foliar application increased grain filling rate (17.6%), and grain yield (48%) in compared to the no foliar application of selenium and molybdenum under rainfed codition. Also, selenium and molybdenum foliar application increased the number of active noude (1.8 fold) and noude dry weight (24.5%) in compared to the control level. Therefore, with considering of the results of this study, it can be stated that, applying supplementary irrigation at flowering and selenium and molybdenum foliar application can increase grain filling components and quantitative and qualitative yield of rainfed lentil.

Key Words: Grain filling rate, Cholorophyll index and Quantum yield.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-31]