

## اثر نیتروپروساید سدیم بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیای قرمز تحت تنش کم آبی

فرخ امید<sup>۱</sup> و علی سپهری<sup>۲\*</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، دانشکده بوعلی سینای همدان  
(تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۲۸ - تاریخ تصویب: ۹۲/۸/۲)

### چکیده

به منظور بررسی کاربرد نیتروپروساید سدیم بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا تحت تنش کمبود آب، آزمایش مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۱ در همدان به صورت اسپلیت فاکتوریل، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تنش کم آبی شامل قطع یک بار آبیاری در مراحل رویشی، زایشی، رویشی+ زایشی و بدون تنش (آبیاری کامل) در کرت‌های اصلی؛ و ارقام (اختر و درخشان) و محلول‌پاشی نیتروپروساید سدیم در سه غلظت ۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میکرومول به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد برهمکنش تیمار کم آبی و محلول‌پاشی اثر معناداری بر تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در هر دو رقم داشت. تنش رویشی+ زایشی در رقم‌های اختر و درخشان به ترتیب حدود ۳۴ و ۳۵/۵ درصد عملکرد دانه را کاهش داد. تنش زایشی در مقایسه با تنش رویشی در رقم‌های اختر و درخشان به ترتیب حدود ۶ و ۶/۵ درصد سبب کاهش بیشتر عملکرد دانه شد. غلظت ۳۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم به ترتیب ۱۷ و ۱۶ درصد عملکرد دانه را در رقم‌های اختر و درخشان در وضعیت تنش زایشی افزایش داد. محلول‌پاشی با غلظت ۳۰۰ میکرومول نیتروپروساید سدیم بیشترین تأثیر را در بهبود آثار تنش کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد هر دو رقم داشت. از این رو مصرف ۳۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم برای محلول‌پاشی لوبیا تحت وضعیت تنش کم آبی مطلوب به نظر می‌رسد.

**واژه‌های کلیدی:** تنش کم آبی، خشکی، عملکرد دانه، لوبیای قرمز، نیتروپروساید سدیم.

### مقدمه

حبوبات پس از غلات، دومین منبع غذایی بشر محسوب می‌شوند. در بین حبوبات، لوبیا اهمیت خاصی دارد و در ایران با تولیدی حدود ۱۸۱ هزار تن، رتبه دوم را پس از نخود به خود اختصاص داده است (FAO, 2009). در بین حبوبات، لوبیای قرمز از لحاظ ارزش غذایی و مقدار مصرف، مقام اول را دارد.

از سوی دیگر حدود ۶۰ درصد تولید لوبیا در کشورهای در حال توسعه تحت تنش خشکی، انجام می‌گیرد (Costa et al., 2000; Turkan et al., 2005).

در میان متغیرهای محیطی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان، تنش کم آبی مهم‌ترین عامل است. از این رو، به کارگیری روش‌های مناسب بهره‌برداری از آب با استفاده از راهکارهای زراعی مانند کشت گیاهان

متحمل، شناخت روابط آب خاک و رشد محصول، شناخت ارقام با عملکرد پذیرفتنی در آبیاری محدود، بررسی واکنش‌های فیزیولوژیکی و روابط داخلی گیاه در مقابله با تنش کمبود آب و سایر مواردی که امکان توسعه هرچه بیشتر کشت گیاهان را در مناطق خشک فراهم می‌کند، در این زمینه مفید خواهد بود (VaeziRad et al., 2008). گیاهان در مقابله با تنش خشکی سازوکارهای حفاظتی متفاوتی دارند که از آن جمله می‌توان به تجمع اسمولیت‌ها مانند پرولین (Delauney & Verma., 1993; Nayyar, 2003)، قندهای محلول (Jones & Turner, 1980; Hanson & Morgan, 1992; Hitz, 1982) و سازوکارهای آنزیمی و غیرآنزیمی در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی (Yamasaki et al., 1997; Chang et al., 2002; Tian

است که نشان‌دهنده نقش اکسید نیتریک در دریافت تنش خشکی و انتقال پیام است. برخی شواهد حاکی از آن است که اکسید نیتریک سبب افزایش سنتز اسید آبسیزیک (ABA)<sup>۲</sup> تحت تنش خشکی می‌شود (Zhao *et al.*, 2001).

کاربرد اکسید نیتریک در کاهش خسارت‌های ناشی از فلزات سنگین (Kopyra & Gwozdz, 2003; Laspina *et al.*, 2005)، شوری (Shi *et al.*, 2007)، گرما و سرما (Neill *et al.*, 2002) و پرتو فرابنفش (Mackerness *et al.*, 2001) نیز گزارش شده است. نیتروپروساید سدیم (SNP)<sup>۳</sup> نوعی ترکیب غیرآلی، پودری قرمز رنگ و محلول در آب و اتانول است که اولین بار در سال ۱۹۲۸ به‌عنوان داروی انسانی به‌منظور کاهش فشار خون استفاده شد (Butler & Megson, 2002; Friederich & Butterworth, 1995). نیتروپروساید سدیم به‌عنوان ترکیب تولیدکننده اکسید نیتریک (NO)<sup>۴</sup> شناخته شد (Mata & Lamattina, 2001). نیتروپروساید سدیم از طریق کاهش تنش کم‌آبی، نشت یونی، سرعت تنفس و افزایش مقاومت روزنه‌ای، سبب افزایش تحمل به خشکی در گیاهان می‌شود (Mata & Lamattina, 2001).

به‌طوری‌که مصرف ترکیب مذکور از طرفی موجب بسته شدن روزنه‌ها در اپیدرم تک‌لپه‌ای‌ها و دولپه‌ای‌ها می‌شود و از طرف دیگر وظایف میتوکندری را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تنفس کل سلول را با اثر بازدارندگی بر فعالیت سیتوکروم کاهش می‌دهد (Mata & Lamattina, 2001). همچنین نیتروپروساید سدیم سبب کاهش آسیب اکسیداتیو، شتاب دادن به سنتز پروتئین، افزایش سرعت فتوسنتز و آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز، حفظ محتوای رطوبت نسبی و کاهش اتلاف آب از برگ‌ها در گندم تحت تنش خشکی شد (Tian *et al.*, 2008). Hao *et al.* (2008)، گزارش کردند کاربرد نیتروپروساید سدیم سبب کاهش تلفات آب در ذرت تحت تنش خشکی می‌شود. همچنین محلول‌پاشی نیتروپروساید سدیم روی گیاهچه‌های برنج با بهبود روابط آبی گیاه سبب افزایش تحمل گیاه به

(Lei, 2006) اشاره کرد. شدت تنش رطوبتی در گیاهان، تابعی از حد حساسیت آنها در مراحل مختلف رشد است. تجمع ماده خشک در لوبیا با افزایش شدت تنش رطوبتی، کاهش می‌یابد و بین ماده خشک تولیدی در گیاه و تبخیر و تعرق رابطه خطی وجود دارد (Singh, 2007; Zaferani, 2011)، گزارش کرد میانگین کاهش عملکرد لوبیا در تنش خشکی ۶۰ درصد و کاهش وزن دانه ۱۴ درصد بوده و دوره رسیدگی بر حسب تعداد روز تا رسیدگی در وضعیت خشکی کاهش نشان داده است. Boutraa & Sanders (2001) گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا در مراحل گلدهی و پر شدن دانه شد. بیشترین کاهش عملکرد لوبیا مربوط به تنش در مرحله گلدهی، و پس از آن تنش در مرحله غلاف‌بندی بوده و کاهش عملکرد در مرحله گلدهی به دلیل ریزش گل‌ها و سقط جنین و در مرحله غلاف‌بندی به سبب کاهش وزن دانه است (VaeziRad *et al.*, 2008). عملکرد لوبیا در تنش گلدهی به سرعت کاهش می‌یابد که علت آن تشکیل غلاف‌های کمتر و تعداد دانه کمتر در غلاف است (Korte *et al.*, 1983; Nielson & Nelson, 1998).

اکسید نیتریک مولکول گازی کوچک و قابل انتشاری است که به‌صورت درون‌زا در بسیاری از سیستم‌های بیولوژیکی مثل جانوران، گیاهان و باکتری‌ها تولید می‌شود و نقش‌های فیزیولوژیک متعدد دارد (Delrio *et al.*, 2004). اکسید نیتریک وظایف تنظیمی، سیگنالی، حفاظتی و سمی در سلول‌های گیاهی و جانوری اعمال می‌کند (Wang *et al.*, 2006; Mata & Lamattina, 2001). Delrio *et al.* (2004) بیان کردند اکسید نیتریک می‌تواند به‌عنوان واسطه در عمل تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)<sup>۱</sup> شرکت کند؛ در بسیاری از مطالعات نیز نشان داده شده است که در انتقال پیام و همچنین پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی دخالت دارد (Delrio *et al.*, 2004). Kolbert *et al.* مشاهده کردند که تنش اسمزی موجب سنتز اکسید نیتریک در ریشه گیاه نخودفرنگی می‌شود و محل سنتز آن در منطقه مریستمی و طویل شدن ریشه

2. Abscisic acid  
3. Sodium nitroprusside  
4. Nitric Oxide

1. Reactive Oxygen Species

برای اندازه‌گیری صفات مرتبط با عملکرد، ۲۰ بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه تعیین شد. عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه از سطحی معادل ۴ متر مربع به‌دست آمد. محاسبات آماری با نرم‌افزار SAS<sup>۱</sup> و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال  $P < 0.05$  و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

## نتایج و بحث

### شاخه فرعی در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که تنش کم‌آبی تأثیر معناداری بر تعداد شاخه فرعی در بوته در سطح ۱ درصد داشت. همچنین اثر محلول‌پاشی و برهمکنش محلول‌پاشی، تنش کم‌آبی و رقم بر صفت مورد نظر در سطح ۱ درصد معنادار بود، به استثنای رقم که تفاوت آماری معناداری روی تعداد شاخه فرعی در بوته نداشت.

با توجه به مقایسه میانگین تأثیرات متقابل رقم و محلول‌پاشی (جدول ۳)، بیشترین تعداد شاخه فرعی در رقم اختر با محلول‌پاشی ۳۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم حاصل شد. کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته در رقم درخشان و بدون محلول‌پاشی حاصل شد که تفاوت معناداری با رقم اختر در همین وضعیت نداشت. میانگین تأثیرات متقابل تنش کم‌آبی و رقم (جدول ۴) نشان داد که ارقام در هر یک از سطوح تنش کم‌آبی، از لحاظ تعداد شاخه فرعی در بوته تفاوت معناداری نداشتند. درحالی‌که بین سطوح مختلف تنش کم‌آبی تفاوت معنا-دار مشاهده شد. بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته متعلق به رقم اختر در آبیاری کامل بود. در هر دو رقم بررسی‌شده، تنش زایشی نسبت به تنش رویشی تعداد شاخه فرعی در بوته را بیشتر کاهش داد.

مقایسه میانگین برهمکنش تنش کم‌آبی و محلول-پاشی (جدول ۵) نشان داد که کم‌آبی سبب کاهش معنادار تعداد شاخه فرعی در بوته شد و محلول‌پاشی نیتروپروساید سدیم، اثر منفی کم‌آبی را تا حدودی

خشکی شد (Farooq *et al.*, 2009). در این آزمایش اثر محلول‌پاشی نیتروپروساید سدیم بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم لوبیای قرمز تحت تنش خشکی در وضعیت آب‌وهوایی زراعی همدان بررسی شده است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینای همدان با ارتفاع ۱۷۴۱/۵ متر از سطح دریا، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی در خاک شنی لومی با اسیدیته ۷/۵ اجرا شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. عوامل بررسی‌شده شامل تنش کم‌آبی، محلول‌پاشی نیتروپروساید سدیم (به‌عنوان تولیدکننده اکسید نیتریک) و دو رقم لوبیای قرمز بود. کرت‌های اصلی شامل فاکتور تنش کم‌آبی به‌صورت قطع آبیاری بعد از ظهور سومین سه‌برگچه‌ای (V4) تا قبل از گلدهی به‌عنوان تنش رویشی، بعد از گلدهی تا قبل از ظهور غلاف (R6) به‌عنوان تنش زایشی، قبل و بعد از گلدهی (تنش رویشی + زایشی) و آبیاری کامل (بدون تنش)؛ و کرت-های فرعی شامل دو فاکتور محلول‌پاشی با نیتروپروساید سدیم در سه سطح (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ میکرومول نیتروپروساید سدیم) و ارقام لوبیای قرمز (اختر و درخشان) بودند. آبیاری به‌صورت نشتی انجام گرفت. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول شش متر بود. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته-ها روی ردیف ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کاشت به‌صورت جوی و پشته‌ای انجام گرفت.

محلول‌پاشی نیتروپروساید سدیم هنگام اعمال تنش کم‌آبی در هر مرحله صورت پذیرفت. تعیین مرحله گلدهی براساس ۵۰ درصد گلدهی بوته‌ها بود. قبل از کاشت، براساس آزمون خاک کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌ترتیب به مقدار ۱۰۰، ۱۵۰ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه شد. مبارزه با علف‌های هرز در چند نوبت و به‌صورت دستی انجام گرفت. برداشت نهایی در اواسط شهریور و براساس خشک و قهوه‌ای شدن ۷۵ درصد غلاف‌ها، انجام گرفت.

۳۰۰ میکرومولار، موجب افزایش معنادار شاخه فرعی در بوته نسبت به عدم محلول پاشی شد. محلول پاشی نیتروپروپوساید سدیم در تیمار تنش رویشی + زایشی نتوانست تأثیر منفی تنش در هر دو مرحله را در کاهش تعداد شاخه‌های فرعی جبران کند. از این رو کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته در وضعیت مذکور به وجود آمد.

جبران کرد. در تنش رویشی، با محلول پاشی ۱۵۰ و ۳۰۰ میکرومولار نیتروپروپوساید سدیم، کاهش صفت مورد نظر نسبت به وضعیت آبیاری کامل به ترتیب برابر با ۵ و ۲ درصد بود، در حالی که این کاهش در تیمار بدون محلول پاشی حدود ۸ درصد بود. در تنش زایشی، محلول پاشی ۱۵۰ میکرومولار نیتروپروپوساید سدیم تأثیر معناداری بر صفت مورد نظر نداشت، ولی محلول پاشی

جدول ۱. تجزیه واریانس تنش کم آبی و نیتروپروپوساید سدیم در دو رقم لوبیا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		شاخه فرعی در بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صدانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۲۶/۶۶**	۸۳/۰۷۷**	۷۲/۴۳۰**	۸۷/۸۴۵**	۷۰۰/۸۰۳۷**	۳۶۷۶/۵۰۶**
تنش (D)	۳	۱۲/۸۹۷**	۹/۱۳**	۲/۱۱۷**	۶۷/۷۲۶**	۸۶۶۰/۸۰۰۲**	۶۱۰۳۹۳/۴۱۲**
خطای اصلی	۶	۰/۳۱۵	۰/۱۱۳	۰/۱۴۱	۰/۵۵	۸/۰۱۳	۶/۰۰۱
رقم (V)	۱	۰/۰۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۸۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۹۳۳ <sup>ns</sup>	۱۰۶۱/۰۶۸ <sup>ns</sup>	۱۷۴۱/۴۸ <sup>ns</sup>
محلول پاشی (S)	۲	۱/۹۰۳**	۱/۴۲۹**	۱/۳۵۰**	۰/۶۰۶**	۵۳۸۶/۴۳۴**	۵۰۸۰۸/۶۹**
S×V	۲	۲/۰۸۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۹۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۹۷ <sup>ns</sup>	۰/۲۲*	۵۹/۲۸**	۱۵/۱۷۹**
V×D	۳	۰/۹۰۷**	۰/۳۳۱*	۰/۳۷۴ <sup>ns</sup>	۱/۱۳۱**	۱۷/۹۰۹**	۱۶۵/۲۷۲**
S×D	۶	۱/۰۳۰**	۲/۰۴۷**	۱/۰۴۵**	۱/۰۶۶**	۶۳۸/۳۷۸**	۶۴۷۱/۶۳**
S×V×D	۶	۰/۶۹**	۱/۳۸**	۰/۲۲۶ <sup>ns</sup>	۰/۶۲۹**	۴۹/۸۶۶**	۱۰۵/۰۸۵**
خطای فرعی	۴۰	۰/۰۹۳	۰/۰۷۱	۰/۱۰۵	۰/۰۶۶	۴/۰۹	۲/۰۱۵
ضریب تغییرات		۱۰/۳۴	۹/۹۶	۱۲/۹۳	۷/۲۰	۱۶/۴۲	۱۵/۳۹

\*\* و \* به ترتیب معنادار در سطح ۱ و ۵ درصد. ns غیر معنادار.

جدول ۲. مقایسه میانگین تأثیرات اصلی صفات بررسی شده

شاخص برداشت (درصد)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	وزن صدانه (گرم)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	شاخه فرعی در بوته	
۳۳/۸۵a	۱۰۱۵/۵۶a	۳۴۲/۸۶a	۲۷/۹۲a	۳/۷۳a	۹/۰۷a	۸/۲۹a	تنش کم آبی
۳۲/۵۸b	۹۴۸/۴۳b	۲۹۶/۶۸b	۲۶/۷۲b	۳/۴۶b	۸/۵۵b	۷/۹۰b	آبیاری کامل
۳۱/۲۳c	۸۷۷/۸۷c	۲۶۷/۸۱c	۲۴/۸۱c	۳/۳۳c	۸/۱۰c	۷/۰۵c	تنش رویشی
۲۹/۹۹d	۷۴۱/۶۱d	۲۳۱/۷۰d	۲۳/۵۷d	۲/۹۱d	۷/۳۹d	۶/۴۱d	تنش زایشی
							رویشی+زایشی
۳۲/۷۱a	۹۱۳/۷۹a	۳۱۹/۳۵a	۲۷/۱۱a	۳/۳۸a	۸/۳۰a	۷/۴۴a	رقم
۳۲/۳۲a	۸۷۰/۹۵b	۲۷۱/۶۸b	۲۵/۷۱b	۳/۳۲a	۸/۲۵a	۷/۳۸a	اختر
							درخشان
۳۱/۸۴a	۷۸۱/۳۹c	۲۵۰/۱۰c	۲۵/۱۹c	۳/۲۳c	۸/۱۴c	۷/۲۲c	محلول پاشی
۳۱/۹۰a	۸۲۲/۹۵b	۲۶۶/۴۲b	۲۵/۷۷b	۳/۳۹b	۸/۲۹b	۷/۴۰b	بدون محلول پاشی
۳۲/۰a	۸۷۳/۲۷a	۲۸۰/۰۲a	۲۶/۳۱a	۳/۵۲a	۸/۴۰a	۷/۶۱a	SNP ۱۵۰
							SNP ۳۰۰

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترکند، فاقد اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد در آزمون دانکن هستند.

جدول ۳. مقایسه میانگین برهمکنش رقم و محلول پاشی بر صفات بررسی شده

شاخص برداشت (%)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	وزن صدانه (گرم)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	شاخه فرعی در بوته	
۳۲/۳۶a	۷۸۶/۳۶e	۲۵۰/۲۸e	۲۴/۶۳e	۳/۲۶bc	۸/۱۶ab	۷/۲۷e	اختر
۳۲/۴۹a	۸۲۷/۰۵c	۲۸۱/۶۴c	۲۵/۶۱c	۳/۴۴ab	۸/۳۸a	۷/۴۳c	بدون محلول پاشی
۳۲/۶۰a	۸۷۸/۹۵a	۳۲۴/۱۵a	۲۶/۵۶a	۳/۵۰a	۸/۴۳a	۷/۶۲a	SNP ۱۵۰
							SNP ۳۰۰
۳۲/۳۲a	۷۷۶/۴۱f	۲۳۵/۹۲f	۲۴/۰۵f	۳/۲۰bc	۸/۱۱ab	۷/۱۷e	درخشان
۳۲/۴۱a	۸۱۸/۸۵d	۲۶۱/۲۱d	۲۵/۰۴d	۳/۳۹ab	۸/۳۵a	۷/۳۷d	بدون محلول پاشی
۳۲/۵۵a	۸۶۷/۵۹b	۳۰۵/۹۰b	۲۶/۰۵b	۳/۴۸a	۸/۳۸a	۷/۵۱b	SNP ۱۵۰
							SNP ۳۰۰

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترکند، فاقد اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد در آزمون دانکن هستند.

جدول ۴. مقایسه میانگین برهمکنش تنش کم آبی و رقم بر صفات بررسی شده

شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	وزن صدانه (گرم)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	شاخه فرعی در بوته	آبیاری کامل
۳۴/۰۱a	۱۰۱۸/۸۶a	۳۴۶/۵۴a	۲۷/۹۵a	۳/۷۵a	۹/۰۹a	۸/۳۵a	آبیاری کامل
۳۳/۹۸a	۱۰۰۱/۴۶b	۳۳۱/۱۸b	۲۷/۵۰b	۳/۷۱a	۹/۰۶a	۸/۲۲ab	اختر
۳۱/۵۴b	۹۷۰/۳۷c	۳۰۹/۱۲c	۲۶/۹۷c	۳/۴۸b	۸/۵۹b	۷/۹۳c	درخشان
۳۱/۴۲b	۹۴۶/۵۰d	۲۸۷/۲۵d	۲۶/۵۲d	۳/۴۴b	۸/۵۱b	۷/۸۶c	تنش رویشی
۳۰/۸۷c	۸۸۶/۵۷e	۲۶۸/۷۸e	۲۴/۹۰e	۳/۳۲c	۸/۱۲c	۷/۰۶d	تنش زایشی
۳۰/۳۰c	۸۵۹/۱۶f	۲۵۰/۸۴f	۲۴/۴۳f	۳/۳۰c	۸/۰۸c	۷/۰۲d	اختر
۲۹/۸۵d	۷۸۷/۵۴g	۲۲۷/۹۷g	۲۳/۸۱g	۲/۹۴d	۷/۴۲d	۶/۴۲e	درخشان
۲۹/۶۷d	۷۶۵/۶۸h	۲۰۱/۴۳h	۲۳/۴۴h	۲/۸۷d	۷/۳۷d	۶/۴۰e	رویشی + زایشی

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترکند، فاقد اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد در آزمون دانکن هستند.

جدول ۵. مقایسه میانگین برهمکنش تنش کم آبی و محلول پاشی بر صفات بررسی شده

شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	وزن صدانه (گرم)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	شاخه فرعی در بوته	آبیاری کامل
۳۳/۸۳a	۱۰۰۱/۷۳c	۳۳۸/۶۳c	۲۷/۸۵c	۳/۶۸ab	۹/۰۵b	۸/۳۲b	آبیاری کامل
۳۳/۹۵a	۱۰۱۱/۸۳b	۳۴۵/۵۳b	۲۷/۹۵b	۳/۷۵a	۹/۰۷b	۸/۳۵b	بدون محلول پاشی
۳۳/۹۰a	۱۰۲۴/۱۳a	۳۴۷/۴۳a	۲۷/۹۸a	۳/۷۶a	۹/۲۳a	۸/۴۰ab	SNP ۱۵۰
۳۲/۰۸b	۹۵۶/۱۶f	۲۷۹/۴۵f	۲۶/۵۵f	۳/۳۵e	۸/۳۰e	۷/۶۵e	SNP ۳۰۰
۳۲/۱۵b	۹۷۴/۱۰e	۲۹۰/۶۵e	۲۶/۷۸e	۳/۴۹d	۸/۵۱d	۷/۹۰d	تنش رویشی
۳۲/۲۶b	۹۹۱/۰۵cd	۳۰۱/۹۶d	۲۶/۸۵d	۳/۵۷c	۸/۷۶c	۸/۱۵c	بدون محلول پاشی
۳۱/۱۸c	۸۶۷/۱۳i	۲۵۹/۷۱h	۲۴/۵۳i	۳/۱۰f	۷/۹۲g	۶/۹۵g	تنش زایشی
۳۱/۲۰c	۸۹۱/۵۱h	۲۷۵/۲۳fg	۲۴/۷۸h	۳/۳۱e	۸/۱۳f	۷/۰۰g	بدون محلول پاشی
۳۱/۲۵c	۹۱۵/۹۶g	۲۸۲/۵۰f	۲۵/۱۳g	۳/۵۸c	۸/۲۷e	۷/۳۰f	SNP ۱۵۰
۲۹/۳۲d	۷۵۰/۵۳jk	۲۲۴/۶۱ij	۲۳/۴۵l	۲/۸۱g	۷/۱۱hi	۶/۲۰hi	SNP ۳۰۰
۲۹/۴۰d	۷۶۳/۳۶jk	۲۳۱/۳۰i	۲۳/۶۰k	۲/۹۰g	۷/۳۱h	۶/۳۲hi	بدون محلول پاشی
۲۹/۴۵d	۷۷۱/۹۵j	۲۳۴/۵۲i	۲۳/۶۸j	۲/۹۵g	۷/۳۷h	۶/۴۱h	SNP ۱۵۰

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترکند، فاقد اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد در آزمون دانکن هستند.

غلظت ۱۵۰ میکرومولار تأثیر بیشتری در کاهش اثر تنش کم آبی در هر دو رقم داشت. (1989) Shahsavari گزارش کرد تعداد شاخه‌های فرعی عامل تعیین کننده عملکرد در لوبیا است. (1993) Santalla و Salehi *et al.* (2008)، همبستگی مثبت و معناداری را بین تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد غلاف گزارش کردند. از آنجا که محلول پاشی نیتروپروساید سدیم علاوه بر وضعیت نرمال آبیاری، تحت تنش کم آبی نیز تعداد شاخه‌های فرعی را در هر دو رقم افزایش داد، به نظر می‌رسد نقش مؤثری در حفظ عملکرد در وضعیت تنش داشته باشد.

بررسی عوامل سه‌گانه (جدول ۶)، نشان داد که بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته در دو رقم بررسی شده با آبیاری کامل و محلول پاشی ۳۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم حاصل شد. تنش زایشی اثر منفی بیشتری نسبت به تنش رویشی بر تعداد شاخه فرعی در بوته گذاشت. به طوری که کاهش صفت مذکور در هر دو رقم طی تنش رویشی نسبت به آبیاری کامل به طور متوسط ۷ درصد و در تنش زایشی حدود ۱۷ درصد بود. تنش در مرحله رویشی + زایشی موجب ۲۵ درصد کاهش در تعداد شاخه فرعی در ارقام بررسی شده شد. غلظت ۳۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم نسبت به

جدول ۶. مقایسه میانگین تأثیرات متقابل تنش کم‌آبی، رقم و محلول‌پاشی

شاخص برداشت (درصد)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	وزن صددانه (گرم)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	شاخه فرعی در بوته	آبیاری کامل
۳۳/۹۳a	۱۰۰۹/۶۰b	۳۲۹/۷۶bc	۲۷/۷۱ab	۳/۷۳a	۹/۰۷ab	۸/۳۰bc	اختار بدون محلول‌پاشی
۳۳/۹۷a	۱۰۱۶/۹۰ab	۳۳۹/۳۶ab	۲۷/۸۶ab	۳/۷۵a	۹/۰۸ab	۸/۳۶ab	اختار + SNP ۱۵۰
۳۴/۰۰a	۱۰۲۴/۵۰a	۳۴۸/۵۱a	۲۸/۰۳a	۳/۷۶a	۹/۱۱a	۸/۴۲a	اختار + SNP ۳۰۰
۳۳/۸۶a	۹۹۹/۸۶c	۳۲۶/۵۰bc	۲۷/۰۳c	۳/۶۳ab	۹/۰۲c	۸/۱۰de	درخشان بدون محلول‌پاشی
۳۳/۹۱a	۱۰۱۳/۷۶ab	۳۳۳/۷۰b	۲۷/۵۴b	۳/۷۳a	۹/۰۵bc	۸/۲۱cd	درخشان + SNP ۱۵۰
۳۳/۹۸a	۱۰۲۳/۷۶a	۳۳۵/۳۶b	۲۷/۶۳b	۳/۷۴a	۹/۰۹ab	۸/۴۰a	درخشان + SNP ۳۰۰
							تنش رویشی
۳۱/۴۶b	۹۲۳/۲۶f	۲۷۱/۵۳h	۲۶/۵۶f	۳/۳۶f	۸/۳۲h	۷/۷۰g	اختار بدون محلول‌پاشی
۳۱/۵۱b	۹۷۹/۳۶d	۲۹۸/۸۶f	۲۶/۸۳d	۳/۵۳d	۸/۶۴e	۷/۹۰f	اختار + SNP ۱۵۰
۳۱/۵۶b	۹۹۵/۶۰c	۳۱۶/۹۶d	۲۶/۸۶d	۳/۵۶cd	۸/۷۸d	۸/۲۰d	اختار + SNP ۳۰۰
۳۱/۴۱b	۹۰۱/۰۶g	۲۶۶/۳۶i	۲۶/۵۳f	۳/۳۳f	۸/۲۸h	۷/۶۰h	درخشان بدون محلول‌پاشی
۳۱/۴۸b	۹۵۹/۹۳e	۲۸۲/۴۳g	۲۶/۷۳e	۳/۴۶e	۸/۵۸e	۷/۹۰f	درخشان + SNP ۱۵۰
۳۱/۵۰b	۹۸۱/۵۰d	۳۰۹/۹۶e	۲۶/۸۳d	۳/۵۳d	۸/۷۴d	۸/۱۰e	درخشان + SNP ۳۰۰
							تنش زایشی
۳۰/۳۷c	۸۵۷/۱۰i	۲۵۲/۲۶j	۲۴/۶۳k	۳/۱۲h	۷/۹۳k	۶/۹۰k	اختار بدون محلول‌پاشی
۳۰/۵۱c	۸۸۲/۹۶h	۲۷۱/۸۰h	۲۴/۸۳i	۳/۳۶f	۸/۱۴j	۷/۰۲j	اختار + SNP ۱۵۰
۳۰/۵۴c	۹۰۲/۶۶g	۲۹۴/۳۰f	۲۵/۲۳g	۳/۶۰bc	۸/۲۲i	۷/۳۱i	اختار + SNP ۳۰۰
۳۰/۳۲c	۸۲۱/۱۶j	۲۴۵/۱۶k	۲۴/۴۳l	۳/۰۶i	۷/۸۹k	۶/۸۰l	درخشان بدون محلول‌پاشی
۳۰/۴۰c	۸۶۱/۰۶i	۲۶۵/۶۶i	۲۴/۷۳j	۳/۲۶g	۸/۱۲j	۷/۰۰j	درخشان + SNP ۱۵۰
۳۰/۴۱c	۸۸۵/۲۶h	۲۸۳/۷۰g	۲۵/۰۳h	۳/۵۶cd	۸/۲۱i	۷/۳۰i	درخشان + SNP ۳۰۰
							رویشی زایشی
۲۹/۳۳d	۷۲۶/۵۰k	۲۱۵/۵۶m	۲۳/۴۶p	۲/۸۳kl	۷/۳۰lm	۶/۲۱mn	اختار بدون محلول‌پاشی
۲۹/۳۸d	۷۲۹/۳۱k	۲۳۰/۵۳l	۲۳/۶۳n	۲/۹۳j	۷/۴۰l	۶/۲۶m	اختار + SNP ۱۵۰
۲۹/۴۴d	۷۳۳/۰۶k	۲۳۳/۸۳l	۲۳/۷۳m	۳/۰۶i	۷/۵۱l	۶/۳۳m	اختار + SNP ۳۰۰
۲۹/۱۶d	۷۰۱/۵۶l	۲۱۰/۶۶mo	۲۳/۴۳p	۲/۸۰l	۷/۲۷lm	۶/۲۰mn	درخشان بدون محلول‌پاشی
۲۹/۳۳d	۷۱۵/۶۶kl	۲۲۹/۰۶l	۲۳/۵۶o	۲/۸۶k	۷/۳۹l	۶/۲۵m	درخشان + SNP ۱۵۰
۲۹/۳۹d	۷۲۱/۸۳kl	۲۳۱/۵۳l	۲۳/۶۳n	۲/۹۶j	۷/۴۷l	۶/۳۱m	درخشان + SNP ۳۰۰

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترکند، فاقد اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد در آزمون دانکن هستند.

### غلاف در بوته

منفی کم‌آبی بر تعداد غلاف در بوته در ارقام مورد بررسی شد. ولی در تنش رویشی + زایشی محلول‌پاشی در هیچ‌کدام از سطوح مصرف نیتروپروپوسایدسیدیم، به افزایش تعداد غلاف در بوته منجر نشد. درحالی‌که، در سطوح دیگر تنش کم‌آبی، محلول‌پاشی نیتروپروپوسایدسیدیم سبب افزایش معناداری در تعداد غلاف در بوته شد. نتایج نشان داد که تنش زایشی اثر کاهشی بیشتری نسبت به تنش رویشی روی تعداد غلاف در بوته داشته است. در این زمینه تنش رویشی در هر دو رقم بررسی‌شده به‌طور متوسط موجب ۸ درصد کاهش شد، درحالی‌که تنش زایشی موجب ۱۲ درصد کاهش در تعداد غلاف در بوته در هر دو رقم شد. کمترین تعداد غلاف در بوته در تنش روشی + زایشی و در رقم درخشان ملاحظه شد که تفاوت معناداری با رقم اختار در همین وضعیت نداشت. تنش کم‌آبی در مرحله گلدی با ریزش گل‌ها تعداد غلاف در بوته را کاهش می‌دهد. (1999) Jajermi اظهار داشت همبستگی مثبتی بین تعداد غلاف و عملکرد دانه وجود دارد. همچنین Yakhkeshi (1998)، گزارش کرد که تعداد غلاف در بوته جزء اصلی و مؤثر

اثر عوامل مورد بررسی و برهمکنش آنها در خصوص تعداد غلاف در بوته در سطح ۱ درصد و برهمکنش تنش کم‌آبی و رقم، در سطح ۵ درصد معنادار بود (جدول ۱)، ولی اثر رقم و برهمکنش رقم و محلول‌پاشی تفاوت معناداری در این صفت نداشتند. با توجه به تأثیرات متقابل تنش کم‌آبی و رقم (جدول ۴)، بیشترین تعداد غلاف در بوته، در دو رقم در وضعیت آبیاری کامل مشاهده شد. تنش کم‌آبی موجب کاهش تعداد غلاف در بوته در هر دو رقم شد. بیشترین کاهش مربوط به تنش رویشی + زایشی بود که به حدود ۱۸ درصد کاهش تعداد غلاف در بوته نسبت به آبیاری کامل منجر شد. نه تنها در وضعیت تنش رویشی و زایشی، بلکه در وضعیت بدون تنش، محلول‌پاشی نیتروپروپوسایدسیدیم سبب افزایش در تعداد غلاف در بوته شد (جدول ۵). در تنش رویشی و زایشی، محلول‌پاشی ۳۰۰ میکرومولار نیتروپروپوسایدسیدیم تأثیر بیشتری نسبت به ۱۵۰ میکرومولار داشت. در بررسی تأثیرات سه‌گانه (جدول ۶) نیز مشاهده شد که محلول‌پاشی نیتروپروپوسایدسیدیم موجب بهبود اثر

وضعیت آبیاری کامل و تنش رویشی + زایشی اثر معنا-داری بر تعداد دانه در غلاف در هیچ کدام از سطوح مصرف نداشت. کاهش تعداد دانه در غلاف در بوته‌های تحت تنش، می‌تواند به دلیل کاهش تعداد گل‌ها، عدم تلقیح یا از دست رفتن جنین‌های تشکیل شده باشد. Shekari (2001) و Jongclee *et al.* (2002) اظهار داشتند که بیشترین کاهش عملکرد دانه‌ای لوبیا در مرحله تنش گلدهی بوده و این کاهش به دلیل ریزش گل‌های تازه تشکیل شده است. محلول پاشی نیتروپروساید سدیم در وضعیت تنش کم‌آبی تأثیر مثبتی بر تعداد دانه در غلاف داشت. به عبارت دیگر مصرف این ماده با کمک به حفظ گل‌ها و جنین‌های تازه تشکیل شده سبب افزایش تعداد دانه در غلاف شد (Laspina *et al.*, 2005).

#### وزن صدانه

تنش کم‌آبی اثر معناداری بر وزن صدانه در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۱). همچنین، ارقام بررسی شده و سطوح مختلف محلول پاشی، تفاوت معناداری از لحاظ صفت مذکور داشتند. برهمکنش سه‌گانه عوامل نیز در این خصوص معنادار بود. مقایسه میانگین برهمکنش رقم و محلول پاشی (جدول ۳) نشان داد بیشترین وزن صدانه در رقم اختر و با محلول پاشی ۳۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم حاصل شد که با رقم درخشان تحت محلول پاشی مشابه تفاوت معناداری داشت. کمترین وزن صدانه در هر دو رقم، در وضعیت بدون محلول پاشی مشاهده شد. در دو رقم، محلول پاشی ۳۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم بیشترین اثر افزایشی را بر وزن صدانه نشان داد. برهمکنش تنش کم‌آبی و رقم (جدول ۴) نشان داد که تنش کم‌آبی موجب کاهش معنادار وزن صدانه شد. در این راستا، بیشترین کاهش در تنش رویشی + زایشی ملاحظه شد که در ارقام اختر و درخشان، به ترتیب سبب ۱۷ و ۱۸ درصد کاهش در صفت مذکور شد. تنش زایشی تأثیر منفی بیشتری در مقایسه با تنش رویشی بر وزن صدانه داشت. ارقام بررسی شده تفاوت معناداری در سطوح مختلف تنش کم‌آبی نشان دادند. در تمام سطوح تنش کم‌آبی، رقم اختر وزن صدانه بیشتری را نشان داد. بررسی توأم عوامل سه‌گانه (جدول ۶) نشان داد که در وضعیت

افزایش عملکرد لوبیا است، زیرا همبستگی بیشتری با عملکرد نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد نیتروپروساید سدیم با افزایش تحمل گیاه به تنش کم‌آبی، سبب حفظ تعداد شاخه‌های فرعی تولیدی و در نتیجه افزایش تعداد غلاف در بوته نسبت به وضعیت تنش شده است. (2004) Sadeghipour *et al.* اظهار داشتند در لوبیا تعداد غلاف در بوته حساس‌ترین جزء عملکرد نسبت به وضعیت محیطی به‌ویژه تنش رطوبتی بوده و مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد دانه است. از این رو حفظ تعداد غلاف در بوته در چنین وضعیتی به بهبود عملکرد کمک می‌کند.

#### دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که تنش کم‌آبی اثر معناداری در سطح ۱ درصد بر تعداد دانه در غلاف داشت، در حالی که بین ارقام تفاوت معنا-داری وجود نداشت. محلول پاشی نیتروپروساید سدیم نیز اثر معناداری در سطح احتمال ۱ درصد بر صفت مذکور داشت. برهمکنش تنش کم‌آبی و محلول پاشی معنادار شد، ولی برهمکنش رقم و محلول پاشی، تنش کم‌آبی و رقم، و همچنین برهمکنش عوامل سه‌گانه معنادار نشدند. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) حاکی از اثر تنش کم‌آبی بر کاهش تعداد دانه در غلاف است. کمترین تعداد دانه در غلاف در تنش رویشی + زایشی حاصل شد. تنش زایشی نسبت به تنش رویشی به مقدار بیشتری موجب کاهش دانه در غلاف شد. به طور متوسط تنش رویشی ۷ درصد و تنش زایشی ۱۰ درصد موجب کاهش تعداد دانه در غلاف نسبت به آبیاری کامل شدند. همچنین تنش رویشی + زایشی، صفت مورد نظر را حدود ۲۱ درصد کاهش داد. در برهمکنش تنش کم‌آبی و محلول پاشی (جدول ۵)، محلول پاشی اثر معناداری بر تعداد دانه در غلاف در وضعیت تنش کم‌آبی داشت. در تنش رویشی غلظت‌های ۱۵۰ و ۳۰۰ محلول پاشی نیتروپروساید سدیم به ترتیب سبب افزایش ۲/۵ و ۵/۵ درصدی تعداد دانه در غلاف شد. در تنش زایشی غلظت ۱۵۰ و ۳۰۰ میکرومولار محلول پاشی نیتروپروساید سدیم به ترتیب سبب حدود ۷ و ۱۵ درصد افزایش در صفت مذکور شد. محلول پاشی نیتروپروساید سدیم در

رقم اختر را ۱۱ و ۲۳ درصد کاهش دادند. کاهش عملکرد رقم درخشان به ترتیب برابر با ۱۳ و ۲۴ درصد بود. Sadeghipour *et al.* (2004) اظهار کرد عملکرد دانه دارای همبستگی منفی با وزن دانه است. (2002) Jongclee *et al.* اعلام داشتند کاهش عملکرد در تنش زایشی (غلافبندی) به دلیل کاهش در وزن دانه است. برهمکنش تنش کم آبی و محلول پاشی (جدول ۵) حاکی از آن است که تنش توأم رویشی + زایشی عملکرد دانه را به مقدار زیادی کاهش داد و محلول پاشی در این وضعیت تأثیری بر عملکرد دانه نداشت، ولی در تنش مجزای رویشی یا زایشی، محلول پاشی به طور معناداری عملکرد دانه را بهبود بخشید. غلظت ۳۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم تأثیر افزایش بیشتری در مقایسه با غلظت ۱۵۰ میکرومولار بر عملکرد دانه داشت. در تنش رویشی غلظت ۱۵۰ و ۳۰۰ محلول پاشی نیتروپروساید سدیم عملکرد لوبیا را به ترتیب ۴ و ۸ درصد افزایش داد. افزایش عملکرد لوبیا در تنش زایشی به ترتیب مذکور برابر ۶ و ۹ درصد بود.

بررسی برهمکنش عوامل سه گانه (جدول ۶) نشان داد بیشترین عملکرد دانه در رقم اختر و در وضعیت آبیاری کامل و بیشترین غلظت محلول پاشی نیتروپروساید سدیم حاصل شده است. کمترین عملکرد دانه در رقم درخشان در وضعیت تنش رویشی + زایشی و بدون محلول پاشی نیتروپروساید سدیم مشاهده شد که حدود ۳۵ درصد کاهش عملکرد دانه را نشان داد. تنش زایشی به مقدار بیشتری در مقایسه با تنش رویشی در کاهش عملکرد دانه در هر دو رقم بررسی شده مؤثر بود. تنش رویشی در ارقام اختر و درخشان به ترتیب سبب ۱۷/۵ و ۱۸/۵ درصد افت عملکرد دانه نسبت به آبیاری کامل شد، در حالی که تنش زایشی در ارقام مذکور به ترتیب ۲۳ و ۲۵ درصد عملکرد دانه را نسبت به آبیاری کامل کاهش داد. در تنش زایشی، محلول پاشی با غلظت ۳۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم عملکرد دانه در ارقام اختر و درخشان به ترتیب به مقدار ۱۷ و ۱۶ درصد نسبت به وضعیت بدون محلول پاشی افزایش داد. تفاوت عملکرد ارقام به دلیل تفاوت در پتانسیل ژنتیکی، طبیعی است. Acosta *et al.* (1997) اظهار داشتند که تنش خشکی سبب کاهش طول دوره رشد زایشی لوبیا -

آبیاری کامل تفاوت معناداری بین سطوح مختلف محلول پاشی در رقم اختر وجود ندارد. در حالی که در رقم درخشان محلول پاشی نیتروپروساید سدیم اثر معنادار و مثبتی بر وزن صددانه داشت. کمترین مقدار صفت مذکور در دو رقم طی تنش رویشی + زایشی و در وضعیت بدون محلول پاشی نیتروپروساید سدیم مشاهده شد. کاهش وزن دانه در تنش کم آبی به دلیل کوتاهی دوره مؤثر پر شدن دانه و اختلال در ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها اتفاق می افتد. تفاوت در وزن دانه ارقام مختلف به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی است (VaeziRad *et al.*, 2008). محلول پاشی نیتروپروساید سدیم سبب بهبود اثر تنش کم آبی و در نتیجه افزایش وزن دانه در وضعیت تنش کم آبی در هر دو رقم شد. Tu *et al.* (2003) گزارش کردند نیتروپروساید سدیم با جلوگیری از تخریب کلروفیل، پیری برگ‌ها را به تأخیر می اندازد. از این رو نیتروپروساید سدیم ممکن است با طولانی کردن دوره مؤثر پر شدن دانه سبب افزایش وزن دانه در وضعیت تنش شده باشد.

#### عملکرد دانه

در خصوص عملکرد دانه، همه تأثیرات اصلی و برهمکنش دوگانه و سه گانه عوامل بررسی شده در سطح ۱ درصد معنادار بود (جدول ۱). در مورد برهمکنش رقم و محلول پاشی (جدول ۳)، بین سطوح مختلف محلول پاشی در هر رقم تفاوت معناداری از لحاظ عملکرد دانه وجود داشت. بیشترین عملکرد دانه در رقم اختر و با محلول پاشی ۳۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم و کمترین مقدار در رقم درخشان در وضعیت بدون محلول پاشی مشاهده شد. در رقم اختر کاربرد نیتروپروساید سدیم با غلظت‌های ۱۵۰ و ۳۰۰ به ترتیب سبب ۱۲/۵ و ۳۰ درصد افزایش عملکرد شد. افزایش عملکرد در رقم درخشان در این وضعیت به ترتیب برابر با ۱۱ و ۲۹ درصد بود. تنش کم آبی اثر معناداری بر عملکرد دانه در هر دو رقم داشت (جدول ۴). کمترین عملکرد دانه در وضعیت تنش رویشی + زایشی، در رقم درخشان مشاهده شد. نتایج نشان داد تنش زایشی اثر کاهشی بیشتری در مقایسه با تنش رویشی، بر عملکرد دانه داشت. تنش رویشی و تنش زایشی به ترتیب عملکرد



سدیم در هر دو رقم به ترتیب سبب افزایش ۵ و ۱۲ درصد عملکرد بیولوژیک شد. برهمکنش تنش کم آبی و رقم (جدول ۴) نشان داد که ارقام بررسی شده در تمام سطوح تنش کم آبی تفاوت معناداری از لحاظ عملکرد بیولوژیک داشتند. در تمام سطوح تنش کم آبی رقم اختر نسبت به رقم درخشان عملکرد بیولوژیک بیشتری از خود نشان داد. تنش رویشی + زایشی بیشترین اثر منفی را بر عملکرد بیولوژیک داشت. همچنین تنش زایشی نسبت به تنش رویشی عملکرد بیولوژیک را به مقدار بیشتری کاهش داد. تنش رویشی و تنش زایشی در رقم اختر به ترتیب سبب ۵ و ۱۳ درصد و در رقم درخشان به ترتیب برابر ۵ و ۱۴ درصد کاهش شد. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش کم آبی و محلول پاشی (جدول ۵) نشان داد که نیتروپروساید سدیم اثر معناداری بر بهبود عملکرد بیولوژیک در وضعیت تنش کم آبی دارد. اگرچه در تنش رویشی + زایشی، محلول پاشی ماده مذکور به افزایش معنادار عملکرد بیولوژیک منجر نشد، در تنش رویشی یا تنش زایشی، محلول پاشی به مقدار زیادی عملکرد بیولوژیک را بهبود بخشید. در تمام سطوح تنش کم آبی، بیشترین غلظت نیتروپروساید سدیم بیشترین تأثیر را در عملکرد بیولوژیک داشت. در تنش رویشی محلول پاشی سدیم نیتروپروساید با غلظت های ۱۵۰ و ۳۰۰ سبب افزایش عملکرد بیولوژیک به ترتیب به مقدار ۲ و ۴ درصد شد. در تنش زایشی افزایش عملکرد نسبت به وضعیت بدون محلول پاشی به ترتیب برابر ۳ و ۶ درصد بود.

بررسی توأم عوامل سه گانه مورد آزمایش (جدول ۶) نشان داد تنش رویشی + زایشی بیشترین تأثیر را در کاهش عملکرد بیولوژیک ارقام بررسی شده داشته است. در این سطح از تنش کم آبی، محلول پاشی تأثیری در بهبود عملکرد بیولوژیک نداشت. تنش رویشی به مقدار کمتری نسبت به تنش زایشی، عملکرد بیولوژیک را کاهش داد. محلول پاشی در تنش رویشی یا تنش زایشی موجب افزایش معنادار عملکرد بیولوژیک شد. غلظت ۳۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم تأثیر بیشتری نسبت به غلظت ۱۵۰ میکرومولار در بهبود اثر منفی تنش کم آبی داشت. کاهش تعداد شاخه های فرعی در اثر تنش کم آبی در نهایت سبب کاهش عملکرد بیولوژیک

شد و تنش زایشی تأثیر منفی بیشتری بر عملکرد دارد. تنش در مرحله زایشی با کاهش تعداد غلاف ها، تعداد دانه ها در غلاف و همچنین اختلال در توزیع ماده خشک سبب تولید دانه های کوچک و کم وزن شد و در نهایت به کاهش عملکرد دانه انجامید.

در حالی که تنش رویشی تأثیر کمتری بر اجزای عملکرد داشت که با گزارش های *Creelman et al.* (1990) و *Serraj et al.* (2004) مطابقت دارد.

کاربرد نیتروپروساید سدیم به صورت محلول پاشی سبب افزایش عملکرد دانه در هر دو رقم در وضعیت های تنش و بدون تنش شد. با توجه به نتایج به دست آمده، مصرف ماده مذکور در وضعیت تنش با بهبود اثر تنش کم آبی و تأثیر مثبت بر اجزای عملکرد، در نهایت سبب حفظ عملکرد دانه شد. در بین اجزای عملکرد، تعداد غلاف در بوته و وزن دانه بیشتر تحت تأثیر قرار گرفته و در افزایش عملکرد دانه مؤثر بوده اند. تأثیر مثبت ترکیب مذکور بر رشد گیاهان مختلف در وضعیت تنش های مختلف مؤید این مطلب است. *Lei et al.* (2007) در گندم تحت تنش اسمزی، *Tian & Lei* (2007) در نخود تحت تنش خشکی، *Sheokand* (2010) در نخود تحت تنش شوری، *Kumary et al.* (2010) در برنج تحت تنش کادمیوم و *Farooq et al.* (2009) در تنش خشکی، تأثیرات بهبود بخشی کاربرد نیتروپروساید سدیم را گزارش کردند.

بهبود در رشد و عملکرد می تواند ناشی از حفظ محتوای رطوبت نسبی برگ و کاهش محتوای پراکسید هیدروژن تولید شده (*Tian & Lei*, 2007) و بهبود سیستم آنزیمی گیاه (*Sheokand*, 2010) در اثر کاربرد نیتروپروساید سدیم باشد.

### عملکرد بیولوژیک

تمامی عوامل آزمایش شده و برهمکنش آنها بر عملکرد بیولوژیک ارقام معنادار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین برهمکنش رقم و محلول پاشی (جدول ۳) نشان داد که نیتروپروساید سدیم موجب افزایش معنادار عملکرد بیولوژیک در هر دو رقم شد و بیشترین عملکرد بیولوژیک با بیشترین غلظت محلول پاشی مشاهده شد. غلظت های ۱۵۰ و ۳۰۰ محلول پاشی نیتروپروساید

### نتیجه‌گیری کلی

تنش کم‌آبی در هر دو مرحله رشد رویشی و زایشی موجب کاهش رشد و عملکرد لوبیا شد. در مرحله زایشی هر دو رقم به تنش کم‌آبی حساس‌تر بودند، ولی رقم اختر نسبت به رقم درخشان حساسیت کمتری داشت. این برتری در تمامی سطوح تنش کم‌آبی مشاهده شد. همچنین دو غلظت نیتروپروساید سدیم به‌کاررفته سبب بهبود رشد و عملکرد دانۀ بوته‌ها تحت وضعیت تنش کم‌آبی شد، ولی اثربخشی غلظت ۳۰۰ میکرومولار مادۀ مذکور بیشتر از غلظت ۱۵۰ میکرومولار بود. با توجه به تأثیرات بهبودبخشی نیتروپروساید سدیم در غلظت کم و افزایش تحمل ارقام به‌کاررفته لوبیای قرمز در برابر تنش خشکی و همچنین با توجه به گزارش‌های دیگر محققان در مورد کاهش سرعت تنفس و افزایش مقاومت روزنه‌ای، مصرف ۳۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم برای محلول‌پاشی لوبیا در وضعیت تنش رطوبتی توصیه می‌شود.

### سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی و مزرعه آموزشی - تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینای همدان به‌سبب کمک‌های بی‌دریغشان و از مرکز تحقیقات ملی لوبیای خمین به‌دلیل تأمین بذر قدرانی می‌شود.

شد. شاخه‌های فرعی در لوبیا اهمیت ویژه‌ای داشته و همبستگی زیادی با عملکرد دانه و بیولوژیک دارند. کاهش تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه با کاهش تعداد برگ‌ها و غلاف‌ها همراه است که این امر به کاهش عملکرد بیولوژی-منجر می‌شود. محلول‌پاشی نیتروپروساید سدیم سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در تنش کم‌آبی در دو رقم شد. این ماده با حفظ توانایی تولید و نگهداری شاخه فرعی در گیاهان تحت تنش، سبب بهبود عملکرد بیولوژیک شد.

### شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد تأثیر تمام عوامل بررسی‌شده و برهمکنش آنها به‌غیر از اثر تنش کم‌آبی، بر شاخص برداشت معنادار نبود. با توجه به نتایج (جدول ۱)، تنش کم‌آبی سبب کاهش معنادار شاخص برداشت لوبیا شد.

بیشترین شاخص برداشت در وضعیت آبیاری کامل و کمترین شاخص برداشت با اعمال دو بار تنش در مراحل رویشی و زایشی مشاهده شد. تنش زایشی نسبت به تنش رویشی تأثیر بیشتری بر شاخص برداشت داشت. شاخص برداشت در تنش رویشی ۴ درصد و در تنش زایشی حدود ۸ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش نشان داد.

## REFERENCES

1. Acosta, D., Shibata, K., Acosta-Gallegos, J. & Alberto, J. (1997). Yield and its components in bean under drought conditions. *Agricultural Technica en Mexico*, 23 (2), 139-150.
2. Boutraa, T. & Sanders, FE. (2001). Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agronomy Crop Science*, 187, 251-257.
3. Butler, A. R. & Megson, I. L. (2002). Non-Heme Iron Nitrosyls in Biology. *Chemical Reviews*, 102, 1155-1165
4. Chang, W. C., Kim, S. C., Hwang, S. S., Choi, B. K. & Kim, S. K. (2002). Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. *Journal of Plant Science*, 163, 1161-1168.
5. Costa-Franca, M. G., Thi, A. T., Pimentel, C., Pereyra, R. O., Zuily-Fodil, Y. & Laffray, D. (2000). Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. *Journal of Environmental and Experimental Botany*, 43, 227-237.
6. Creelman, R. A., Msaon, H. S., Bensen, R. J. & J. E. Mullet. (1990). Water deficit and abscisic acid cause differential inhibition of shoot various root growth in soybean seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 92, 205-214.
7. Delauney, A. J. & Verma, D. P. S. (1993). Proline biosynthesis and degradation in plants. *The Plant Journal*, 4, 215-223.
8. Delrio, L. A., Corpas, F. J. & Barroso, J. B. (2004). Nitric oxide and nitric oxide synthase activity in plants. *Physochemistry*, 65, 783-792.

9. Farooq, M., Basra, S. M. A., Wahid, A. & Rahman, H. (2009). Exogenously applied nitric oxide enhance the drought tolerance in fine grain aromatic Rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agronomy & Crop Science*, 195, 254-261.
10. Food and Agriculture Organization. (2009). *Crops production report from*. <http://faostat.fao.org>
11. Friederich, JA; Butterworth, JF 4th (July 1995). Sodium Nitroprusside: Twenty Years and Counting. *Anesthesia and Analgesia*, 81, 152-162.
12. García-Mata, C. & Lamattina, L. (2001). Nitric oxide induces stomatal closure and enhances the adaptive plant responses against drought stress. *Journal of Plant Physiology*, 126, 1196-1204.
13. Hanson, A. D. & Hitz, W. D. (1982). Metabolic responses of plant water deficit. Annu. Review. *Journal of Plant Physiology*, 23, 163-203.
14. Hao, G. P., Xing, Y. & Zhang, J. H. (2008). Role of nitric oxide dependence on nitric oxide synthase-like activity in the water stress signaling of maize seedling. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50, 435-442.
15. Iturbe-ormaeche, I., Escuredo, P. R., Arrese-Igor, C. & Becana, M. (1998). Oxidative damage in pea plant exposed to water deficit or paraquat. *Journal of Plant Physiology*, 116, 173-181.
16. Jajermi, V. (1999). *Evaluation of phenotypic and genotypic quantitative traits of green beans by using multivariate statistical*. Master's thesis. Islamic Azad University of Karaj. (In Farsi)
17. Jones, M. M. & Turner, N. C. (1980). Osmotic adjustment in expanding and fully expanded leaves of sunflower in response to water deficits. *Australian Journal of Plant Physiology*, 7, 181-192.
18. Jongclee, B., Fukai, S. & Cooper, M. (2002). Leaf water potential and osmotic adjustment as physiological traits to improve drought tolerance in rice. *Field Crops Research*, 76, 153- 163.
19. Kolbert, Z., Bartha, B. & Erdel, L. (2005). Generation of nitric oxide in roots of *Pisum sativum*, *Triticum aestivum* and *Petroselinum crispum* plants under osmotic and drought stress. *Journal of Acta Biologica Szegediensis*, 46, 13-16.
20. Kopyra, M. & Gwozdz, E. A. (2003). Nitric oxide stimulates seed germination and counteracts the inhibitory effect of heavy metals and salinity on root growth of *Lupinus luteus*. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 41, 1011-1017.
21. Korte, L. L., Williams, J. H., Specht, J. E. & Sorenson, R. C. (1983). Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny. II. Yield component responses. *Journal of Crop Science*, 23, 523-533.
22. Kumari, A., Sheokand, A. & Kumari, S. (2010). Nitric oxide induced alleviation of toxic effects of short term and long term Cd stress on growth, oxidative metabolism and Cd accumulation in Chickpea. *Brazilian society of Plant physiology*, 22, 271-284.
23. Laspina, N. V., Groppa, M. D., Tomaro, M. L. & Benavides, M. P. (2005). Nitric oxide protects sunflower leaves against Cd-induced oxidative stress. *Journal of Plant Science*, 169, 323-330.
24. Lei, Y., Yin, C., Ren, J. & Li, C. (2007). Effect of osmotic stress and sodium nitroprusside pretreatment on proline metabolism of wheat seedlings. *Biologia Plantarum Journal*, 51, 386-390.
25. Morgan, J. M. (1992). Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 19, 67-76.
26. Mackerness, S., John, C. F., Jordan, B. & Thomas, B. (2001). Early signaling components in ultraviolet-B responses: distinct roles for different reactive oxygen species and nitric oxide. *The Journal of Rapid Publication of Short Reports in Molecular Bioscience*, 489, 237-242.
27. Nayyar, H. (2003). Acclimation of osmolytes and osmotic adjustmant in water-stressed wheat and maiz as affected by calcium and its antagonists. *Journal of Environmental and Experimental Botany*, 50, 253-264.
28. Neill, S. J., Desikan, R., Clarke, A., Hurst, R. D. & Hancock, J. T. (2002). Hydrogen peroxide and nitric oxide as signalling molecules in plants. *Journal of Experimental Botany*, 53, 1237-1242.
29. Sadeghipur, O., Ghafari Khaligh, H. & Monem, R. (2004). Effect of plant density on yield and yield components of determinate and indeterminate red bean. *Journal of Agricultural Sciences*, (In Farsi).
30. Salehi, M., Akbari, R. & KHorshidiBenam, M. B. (2008). Study Response of yield and yield components of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to delay planting in the Mianeh. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12, (43). (In Farsi).
31. Santalla, M., Escribano, M. R. & Deron, A. M. (1993). Correlation between agronomic and immature pod characters in populations of French bean. *Journal of Plant Breeding*, 63, 4.
32. Serraj, R., Krishna amurthy, L., Kashiwagi, J., Kumar, J., Chandra, S. & Crouch, J. H. (2004). Variation in root traits of chickpea (*Citer arietinum* L.) grown under terminal drought. *Field Crops Research*, 88, 115-127.
33. Shahsavari, M. R. (1989). *Study Proportion of phenotypic and genotypic parameters of growth and yield characteristics of the ideal type of common bean*. Breeding Master's thesis. Isfahan University. Page 55. (In Farsi).

34. Shekari, F. (2001). *Evaluation of traits related to drought tolerance in beans*. Physiology and Biotechnology Institute of Zanjan University Agricultural Research report. (In Farsi).
35. Sheokand, S., Bhankar, V. & Sawhney, V. (2010). Ameliorative effect of exogenous nitric oxide on oxidative metabolism in NaCl treated chickpea plants. *Brazilian society of plant Physiology*, 22, 81-90. (In Farsi)
36. Shi, Q., Ding, F., Wang, X. & Wei, M. (2007). Exogenous nitric oxide protect cucumber roots against oxidative stress induced by salt stress. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 45, 542-550.
37. Singh, S. H. (2007). Drought Resistance in the race durango dry bean landraces and cultivars. *Agronomy Journal*, 99, 1919-1225.
38. Tian, X. & Li, Y. (2006). Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings, *Journal of Plant Biology*, 50, 775-778.
39. Tian, X. R. & Lei, Y. B. (2007). Physiological Responses of wheat Seedling to Drought and UV-B Radiation. Effect of exogenous Sodium Nitroprusside Application. *Russian Journal of Plant Physiology*, 54, 763-769.
40. Tu, J., Shen, W. B. & Xu, L. L. (2003). Regulation of nitric oxide on the aging process of wheat leaves. *Acta Botanica Sinica Journal*, 45, 1055-1062.
41. Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F. & Koca, H. (2005). Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought- tolerant *P. acutifolius* Gray and drought- sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Journal of Plant Science*, 168, 223-231.
42. VaeziRad, S., Shekari, F., ShiraniRad, A. H. & Zangani, E. (2008). Effect of water stress at different growth stages on yield and yield component of kidney bean cultivars. *Journal of New Agriculture Science*, 4, 85-94. (In Farsi).
43. Wang, J. W., Zheng, L. P., Wu, J. Y. & Tan, R. X. (2006). Involvement of nitric oxide in oxidative burst, phenylalanine ammonia-lyase activation and Taxol production induced by low-energy ultrasound in *Taxus yunnanensis* cell suspension cultures. *Nitric Oxide*, 15, 351- 358.
44. Yakhkeshi, S. (1998). *Study and determination Correlation between yield and its components and some important agronomic traits of beans (Phaseolus vulgaris L.) by using Causality analysis*. Master's thesis. College of Agricultural Sciences of Sari. Mazandaran University. (In Farsi).
45. Yamasaki, H., Sakihama, Y. & Ikehara, N. (1997). Flavonoid-peroxidase reaction as a detoxification mechanism of plant cells against H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Journal of Plant Physiology*, 115, 1405-1412.
46. Zaferani, P. (2011). Effect of water deficit on growth and yield of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Journal of Agriculture and Sustainable Production Science*, 21, 3. (In Farsi)
47. Zhao, Z., Chen, G. & Zhang, C. (2001). Interaction between reactive oxygen species and nitric oxide in drought-induced abscisic acid synthesis in root tips of wheat seedlings. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28, 1055-1061.