نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال سیزدهم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۲/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۴۹ تا ۶۲

تأثیر سطوح مختلف آبیاری و مواد محرک رشد بر اجزاء عملکرد و پروتئین دانه لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

محمد کاظم علیلو[۱]، محسن رشدی[۲*]، ساسان رضادوست[۲]، علی نصراله زاده[۲] و جواد خلیلی محله[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۶)

چکیده

به‌منظور بررسی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز به کاربرد محرک‌های رشد تحت سطوح مختلف آبیاری، آزمایشی به‌صورت طرح اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در روستای پیرموسی شهرستان خوی طی سال ۱۴۰۰ اجرا شد. آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح آبیاری هر ۸، ۱۱ و ۱۴ روز یکبار و ترکیبات محرک رشد به‌عنوان فاکتور فرعی در ۵ سطح شامل مصرف اسید هیومیک همراه آب آبیاری، محلول پاشی آمینواسید، محرک ریشه‌زایی، پتاسیم و عدم کاربرد محرک‌های رشد (شاهد) بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی در سطح آبیاری ۱۴ روز یکبار، باعث کاهش جذب عناصر ضروری گیاه همچون نیتروژن، پتاسیم و فسفر شد، همچنین باعث کاهش تعداد شاخه جانبی، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، شاخص برداشت و سطح برگ، عملکرد پروتئین و نهایتاً عملکرد دانه لوبیا قرمز شد. کاربرد محرک‌های رشد هم در شرایط آبیاری نرمال و هم در شرایط تنش کم آبی در مقایسه با تیمار شاهد موجب افزایش صفات مورد بررسی شد. نتایج آزمایش بیانگر این موضوع بود که اثر تنش کم‌آبی در مرحله غلاف‌بندی و پر شدن دانه بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز بیشتر است و کاربرد محرک‌های رشد به‌خصوص اسید هیومیک در این مراحل با تعدیل اثر منفی تنش، عملکرد دانه بالایی نسبت به سایر محرک‌های رشد تولید نمود. بیشترین عملکرد دانه و عملکرد پروتئین دانه، در تیمار آبیاری هر ۸ روز یکبار و کاربرد اسید هیومیک به‌ترتیب به میزان ۳۰۷۶ و ۷۴۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد در بهبود خصوصیات زراعی، کیفی و فیزیولوژیک لوبیا قرمز کاربرد اسید هیومیک ۹۵ درصد هم در شرایط آبیاری نرمال و هم در شرایط تنش می‌تواند مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، تنش خشکی، درصد نیتروژن، شاخص برداشت، عناصر برگ

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار، گروه زراعت، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران.

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: roshdi1349@yahoo.com

مقدمه

لوبیا گیاهی یک‌ساله، علفی و خودگشن از تیره Fabaceae است که به‌عنوان یکی از منابع تأمین غذای انسان دارای پروتئینی در حد بالا، فسفر، آهن، ویتامین‌های B_1، C و فیبر بوده و فاقد کلسترول است (۳۲). لوبیا یک منبع پروتئینی مهم در رژیم غذایی مردم است و به‌طور گسترده در سراسر جهان کشت می‌شود (۱۵). ایران دارای آب و هوای مدیترانه‌ای است و با متوسط نزولات ۲۴۰ میلی‌متر در سال در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد (۳۷). بهبود کارایی مصرف و استفاده بهینه از منابع آب به‌عنوان یکی از محورهای اصلی کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک مطرح است. سطح زیر کشت لوبیا در ایران در حدود ۶۸ هزار هکتار است (۱۱). همچنین طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی، دراستان آذربایجان غربی سطح کشت لوبیا حدود ۳۲۰۰ هکتار در سال ۱۴۰۱ برآورد شد (۲۳). گیاه لوبیا به تنش خشکی حساس بوده و عملکرد آن حتی در دوره‌های کوتاه مدت تنش، صدمه می‌بیند. تنش خشکی باعث کاهش محتوای رطوبتی، منفی‌تر شدن پتانسیل آب برگ و نزول فشار آماس، انسداد روزنه و کاهش بزرگ شدن سلول و رشد آن می‌شود (۱). نواحی رشد لوبیا در مناطق مختلف دنیا به‌وسیله تنش‌های متوالی یا متناوب قرار می‌گیرند، بنابراین اتخاذ روش‌هایی برای استفاده بهینه از منابع آب موجود از جمله استفاده از روش‌های کم‌آبیاری می‌تواند بسیار موثر باشد (۶). با این وجود تأثیر رطوبت کم بر رشد و عملکرد دانه لوبیا بسته به طول مدت، شدت تنش و نیز نوع ژنوتیپ در معرض تنش می‌تواند متفاوت باشد (۱۳). تنش رطوبتی بر فرآیندهای بیوشیمیایی فتوسنتز اثر مستقیم دارد و به‌طوری غیرمستقیم از ورود دی‌اکسیدکربن به داخل روزنه جلوگیری می‌کند و با اخلال در فتوسنتز عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (۲۰). در پژوهشی، بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ، تعداد دانه در غلاف و عملکرد لوبیا قرمز به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری کامل و تیمار تنش شدید خشکی در مرحله گل‌دهی تا نیام‌دهی به‌دست آمد (۳۸). تنش خشکی در لوبیا سبب کاهش کلروفیل، عملکرد دانه و وزن دانه شد، ولی درصد پروتئین دانه و پرولین برگ افزایش یافت (۸). استفاده از کودهای طبیعی از جمله اسید هیومیک بدون اثرات زیست محیطی جهت بالا بردن عملکرد و میزان زیست توده گیاهان به‌خصوص در شرایط متغیر محیطی می‌تواند مؤثر باشد (۳). محققین نشان دادند که اسیدهای آمینه به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک، رشد و نمو گیاه مؤثر واقع می‌شود (۱۲). کاربرد اسید هیومیک با جذب عناصر پر مصرف مانند فسفر و پتاسیم مقدار عملکرد دانه در گیاه را افزایش داد (۱۹). آیمن و همکاران (۵) با بررسی اثر متقابل تنش خشکی با کاربرد اسید هیومیک در گیاه لوبیا نشان دادند که کاربرد اسید هیومیک در شرایط وجود و عدم وجود تنش خشکی باعث افزایش وزن صد دانه می‌شود، اما این افزایش در شرایط تنش خشکی بیشتر بود. کایا و همکاران (۱۷) با بررسی تاثیر کاربرد اسید هیومیک بر عملکرد لوبیا گزارش نمودند که کاربرد اسید هیومیک در مرحله ۶-۳ برگی به‌میزان قابل‌توجهی باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد، شاخص برداشت و میزان پروتئین دانه لوبیا شد. پتاسیم نقش مهمی در کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه ایفا می‌کند. بایستی در مصرف نهاده‌های پتاسیمی توجهی ویژه شود (۲۵). کاربرد عصاره جلبک دریایی باعث افزایش رشد ریشه، تعداد برگ، تحریک گل‌دهی و افزایش تشکیل میوه، تأخیر در پیری برگ و بهبود مقاومت به تنش‌های محیطی می‌شود (۳۷). محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در گیاه لوبیا سبز، وزن و تعداد دانه و پروتئین دانه را افزایش داد (۲۰).

هدف اصلی این پژوهش بررسی عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز تحت تنش کم آبی و مصرف محرک‌های رشد و اثر متقابل این دو عامل است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر محرک‌های رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز تحت سطوح مختلف آبیاری در مزرعه‌ای

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

گروه بافت	شوری (دسی- زیمنس بر متر)	اسیدیته	اشباع	شن	سیلت	رس	آهک	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
			درصد						درصد	میلی‌گرم بر کیلوگرم	
سیلت رسی	۰/۸۳	۸/۱	۶۲	۱۵	۴۳	۴۲	۱۴/۱	۰/۸۴	۰/۱	۵۶	۶۰۱

واقع در منطقه پیرموسی شهرستان خوی با عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۵۷ متر در سال ۱۴۰۰ به اجرا درآمد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

این پژوهش به‌صورت طرح اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ۴۵ کرت اجرا شد. فاکتور اصلی شامل آبیاری در سه سطح ۸، ۱۱ و ۱۴ روز یکبار و فاکتور فرعی شامل پنج سطح اسید هیومیک ۹۵ درصد (ترکیبات سازنده: اسید فولویک ۱۵ درصد، اسید هیومیک ۳۵ درصد، جلبک دریایی ۳۰ درصد و پتاسیم ۱۵ درصد. واردات شرکت پرنیان اطلس)، آمینو اسید ۲۵ درصد (ترکیبات سازنده: آمینو اسید ۲۵ درصد، اسید اسکوربیک ۱ درصد، ویتامین ب۱، ۱۰۰ پی‌پی‌ام ، اسید فولویک ۳ درصد. تولید شرکت پایا تجارت)، محرک ریشه‌زایی (ترکیبات سازنده: فسفر ۱۸ درصد ، نیتروژن کل ۵ درصد ، اسید فولویک ۲۵ درصد و ماده آلی ۲۵ درصد. تولید شرکت پایا تجارت)، پتاسیم ۳۰ درصد (ترکیبات سازنده: پتاسیم ۳۰ درصد و آمینو اسید ۲۵ درصد. تولید شرکت سوین شیمی) و عدم کاربرد محرک‌های رشد (شاهد) در نظر گرفته شد. در این آزمایش برای کشت، از بذر اصلاح شده لوبیا قرمز رقم سان‌رای تلقیح شده با باکتری‌های ریزوبیوم لگومینوزاروم فازوئولی سویه R177 استفاده شد، که از بخش خاک و آب موسسه تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی تهیه شد. رقم سان‌رای لوبیا قرمز رقمی پرمحصول، با طول دوره رسیدگی ۹۰ تا ۱۱۰ روز و مقاوم به بیماری‌های ویروسی است. ارتفاع بوته این رقم بین ۳۰ تا ۴۰ سانتی متر، با غلاف‌های صاف با طولی بین ۱۰ تا ۱۴ سانتی‌متر بوده و رنگ بذر قرمز مایل به قهوه‌ای و وزن هزار دانه ۲۸۰ گرم با متوسط عملکرد ۲ تا ۳ تن در هکتار است. به‌منظور آماده سازی زمین در فصل بهار عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، ایجاد جوی و پشته و کرت‌بندی انجام گرفت. هرکرت آزمایشی دارای ۵ ردیف کاشت به طول ۴ متر و فاصله بین ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر بوده و فاصله بوته‌ها در روی ردیف نیز ۸ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بین هر کرت با کرت بعدی دو خط نکاشت و بین بلوک‌ها ۱/۵ متر فاصله برای جلوگیری از انتقال آب در زمان اعمال تیمارهای آبی در نظر گرفته شد. کاشت بذور به‌صورت دستی در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه و در عمق ۵-۴ سانتی‌متر روی ردیف‌ها انجام شد. بعد از کاشت جهت سبز شدن بذور، اولین آبیاری دو روز قبل از کاشت با استفاده از لوله به صورت نشتی انجام و آبیاری تمام کرت‌ها بر اساس سطوح فاکتور اصلی به‌ترتیب در ۸، ۱۱ و ۱۴ روز یکبار انجام گرفت. با توجه به اینکه تعداد دفعات آبیاری در طول فصل برای هر یک از تیمارها به‌ترتیب ۷، ۹ و ۱۳ روز بوده است، حجم آب مصرفی هم در هر نوبت ۲۵۰ متر مکعب در هکتار که کل آب مصرفی برای تیمارهای آبیاری به‌ترتیب ۳۲۵۰ (آبیاری ۸ روز یکبار)، ۲۲۵۰ (آبیاری ۱۱ روز یکبار) و ۱۷۵۰ (آبیاری ۱۴ روز یکبار) مترمکعب در هکتار برآورد شد. تیمارهای محلول‌پاشی شامل آمینو اسید ۲۵ درصد، محرک ریشه‌زایی و پتاسیم ۳۰ درصد بوده ولی تیمار اسید هیومیک ۹۵ درصد همراه با آب آبیاری در مرحله قبل از

گل‌دهی و شروع غلاف‌بندی در دو نوبت به‌طور جداگانه اعمال شدند. در طول دوره رشد و نمو لوبیا قرمز کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی با کج بیل و طی چند مرحله انجام شد. همچنین برای تعیین شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی از سطح سنج برگی مدل LI-3100c بر حسب سانتی متر مربع استفاده شد. در این آزمایش صفات تعداد شاخه جانبی، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، شاخص سطح برگ و برداشت، غلظت پتاسیم، فسفر و نیتروژن برگ، عملکرد پروتئین و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد.

برای برآورد صفات آزمایشی، ۱۰ بوته لوبیا از خطوط میانی هر کرت بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای انتخاب شد. پس از برداشت نهایی در ۱۵ شهریورماه، دانه‌ها به تفکیک تیمارها خشک شدند. عملکرد دانه پس از خشک کردن و رسیدن رطوبت دانه‌ها به ۱۴-۱۳ درصد، محاسبه شد. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک در عدد ۱۰۰ به‌دست آمد. پس از برداشت در ۱۵ شهریورماه، دانه‌های تمیز شده از هر تیمار با آسیاب خرد شدند. سپس پروتئین دانه از طریق حاصل‌ضرب غلظت نیتروژن دانه در عدد ۶/۲۵ به عنوان ضریب تبدیل به‌دست آمد. غلظت نیتروژن دانه در هر تیمار با دستگاه کجلدال تعیین شد. برای تعیین عملکرد پروتئین هم از حاصل‌ضرب درصد پروتئین و عملکرد دانه هر تیمار استفاده شد. میزان درصد نیتروژن برگ با استفاده از روش تیتراسیون بعد از تقطیر و کمک دستگاه کجلدال تک اتو آنالیز، مقدار فسفر با استفاده از روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدات- وانادات) و به کمک دستگاه اسیکتروفتومتر و میزان پتاسیم با استفاده از روش نشر شعله‌ای و به کمک دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شدند (۳۹). پس از جمع‌آوری داده‌ها، نرمال بودن آن‌ها با استفاده از نرم افزار Minitab 14 انجام شد، تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری MSTSTC (Ver 2.1) مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نیز در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون LSD انجام و شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزارExcel رسم شدند.

نتایج و بحث

تعداد شاخه جانبی

اثر سطوح آبیاری و محرک‌های رشد و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد شاخه جانبی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در این بررسی بیشترین تعداد شاخه جانبی به میزان ۴/۰۳ عدد در تیمار آبیاری ۸ روز و اسید هیومیک و کمترین تعداد شاخه جانبی به میزان ۲/۳۱ عدد در تیمار آبیاری ۱۴ روز یکبار و شاهد (عدم مصرف) مشاهده شد (شکل۱- الف). به‌نظر می‌رسد تأمین نیاز کامل آبی گیاه همراه با کاربرد اسید هیومیک فضای کافی جهت توسعه شاخه‌های جانبی را ایجاد نموده و باعث تولید حداکثر شاخه جانبی در تیمار مذکور شده است. شهبازی و همکاران (۳۶) گزارش کردند با افزایش تنش خشکی، تعداد شاخه‌های جانبی در گیاه کاهش می‌یابد، ولی مصرف محرک-های رشد باعث افزایش تعداد شاخه‌های فرعی می‌شود. کمبود آب باعث کاهش فتوسنتز، عدم گسترش سطح برگ و تشکیل شاخه‌های جدید شد. به‌نظر می‌رسد افزایش رقابت بین گونه‌ای، کاهش جذب مواد غذایی و آب از جمله عوامل مؤثر بر کاهش تعداد شاخه‌های جانبی بوده‌است، که با یافته‌های امیدی و سپهری (۲۷) مطابقت داشت. تأثیر مثبت کاربرد اسید هیومیک بر تعداد شاخه‌های جانبی در زمان گل‌دهی را می‌توان به تحریک جوانه‌های جانبی و رشد شاخه‌های فرعی نسبت داد (۱۸). در ضمن کاربرد اسید هیومیک می‌تواند منجر به جذب بهتر آب و انتقال مواد غذایی شده و از این طریق سبب افزایش رشد ریشه و درنتیجه افزایش تعداد شاخه‌های جانبی شود (۲۲).

تعداد غلاف در بوته

افزایش فاصله آبیاری باعث کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته شد، در تیمار تنش شدید (آبیاری هر ۱۴ روز) این کاهش (حدود ۲۷ درصد) در مقایسه با آبیاری نرمال (آبیاری در ۸ روز) مشهود بود و کاربرد محرک‌های رشد نتوانست کاهش تعداد غلاف در بوته را جبران کند (جدول ۳). با کاهش رطوبت

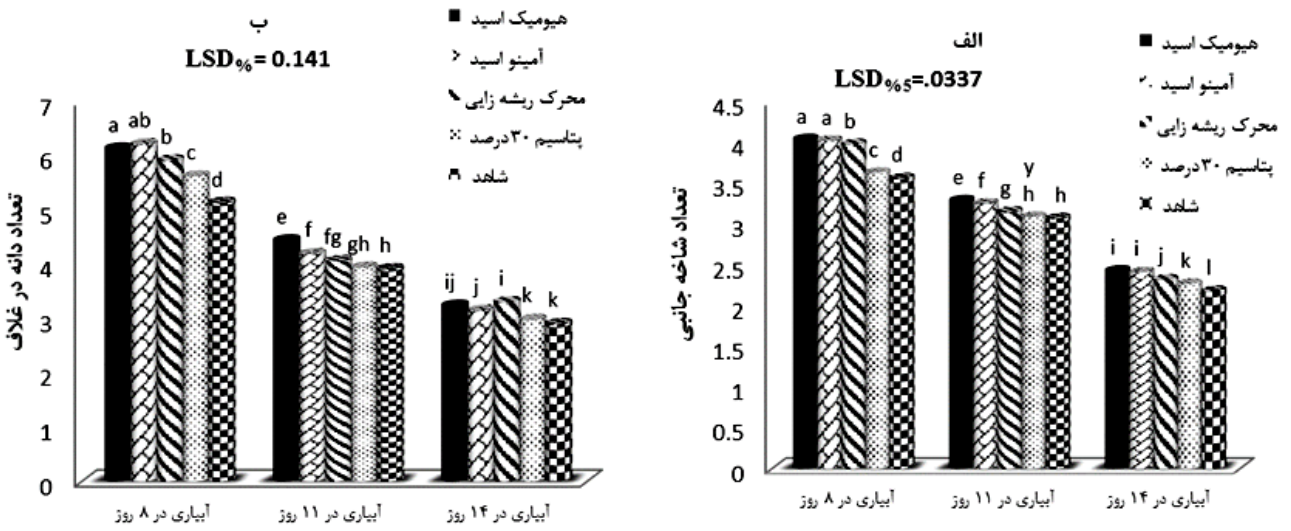
جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی لوبیا قرمز تحت سطوح مختلف آبیاری و کاربرد محرک های رشد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد شاخه جانبی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	شاخص سطح برگ
بلوک	۲	۰/۰۰۰۱	۰/۳۱	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۰۲
آبیاری	۲	۸/۷۵**	۱۴۳**	۳۲/۸**	۱۲۴۰**	۸/۰۹**
خطا	۴	۰/۰۰۰۲	۸/۵	۵/۱	۰/۱	۰/۱
محرک های رشد	۴	۰/۱۸**	۰/۰۴ns	۰/۸۴**	۶/۴۸**	۰/۲۳ns
آبیاری*محرک‌های رشد	۸	۰/۰۲**	۰/۰۸ns	۰/۰۶**	۰/۷۴**	۰/۹۱ns
خطا	۲۴	۰/۰۰۰۴	۱/۵	۰/۰۰۷	۰/۱	۰/۰۶
ضریب تغییرات		۶/۵	۱۲	۷/۹	۸	۹/۸

ادامه جدول ۲.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		غلظت پتاسیم	غلظت فسفر	درصد نیتروژن	عملکرد پروتئین	عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۲۴	۱۸۸	۴۹/۹
آبیاری	۲	۷/۴**	۳۹/۳**	۱۱۲**	۲۵۴۰۶۶**	۸۷۷۴۳۲*
خطا	۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۶	۵/۴۱	۵۳/۵
محرک های رشد	۴	۰/۸۲**	۲/۲۲**	۰/۸۴**	۲۴۶۷۳**	۲۸۶۸۱۶**
آبیاری*محرک‌های رشد	۸	۰/۰۵**	۰/۳۹**	۰/۷۶**	۲۱۰۱**	۱۴۵۰۵**
خطا	۲۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۱۸/۵	۴۹/۵۴۱
ضریب تغییرات		۶/۳	۲/۲۴	۶/۵	۱۷/۳	۸/۱

* و ** و **ns** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد وغیر معنی دار بودن اختلاف



شکل ۱. اثر برهم‌کنش سطوح مختلف آبیاری و کاربرد محرک‌های رشد بر تعداد شاخه جانبی (الف) و تعداد دانه در غلاف (ب)

(حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.)

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات آزمایشی لوبیا قرمز تحت سطوح مختلف آبیاری و کاربرد محرک های رشد

تیمارهای آزمایشی	سطوح آبیاری			محرک های رشد				
	۸روز	۱۱روز	۱۴روز	هیومیک اسید	آمینو اسید	محرک ریشه زایی	پتاسیم ۳۰٪	شاهد
تعداد غلاف در بوته LSD ۵٪=۰/۵۱۲۰	۲۰/۱۰^{a}	۱۹/۴۳^{b}	۱۴/۷۹^{c}	۱۸/۹۹	۱۸/۴۵	۱۸/۱۶	۱۷/۶۴	۱۷/۳
شاخص سطح برگ LSD ۵٪=۰/۵۵	۴/۴^{a}	۳/۹۸^{a}	۳/۰۶^{b}	۱۴/۰۶	۳/۹۲	۳/۸۴	۳/۶۸	۳/۵۷

میانگین‌ها دارای حروف مشابه در هر ردیف فاقد تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون LSD هستند

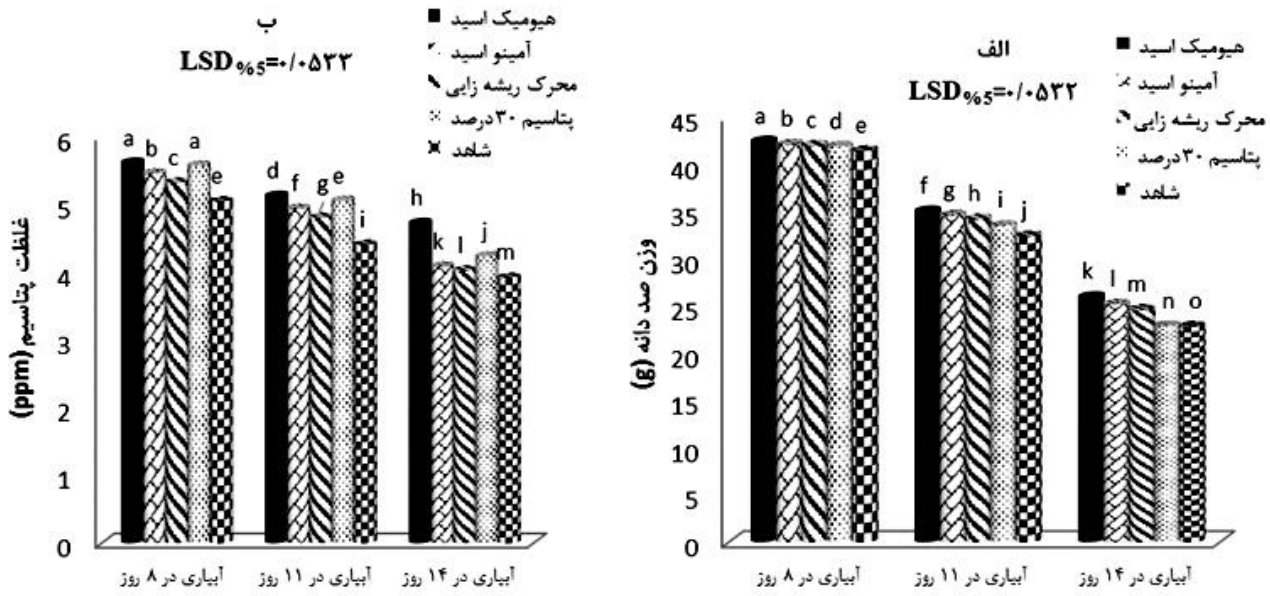
و تنش خشکی طی مرحله زایشی، جوانه‌های مولد گل تحت تأثیر خشکی قرار گرفته و ریزش گل‌ها باعث کاهش تولید غلاف شد (۳۲). به‌نظر می‌رسد افزایش فاصله آبیاری و بروز تنش خشکی، میزان ارسال مواد فتوسنتزی به سمت اندام‌های زایشی از جمله گل‌ها را کاهش داده و همین مسئله منجر به سقط جوانه‌های گل و عدم گرده افشانی آن‌ها شد. عوامل مذکور در نهایت باعث افت شدید تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه لوبیا قرمز شد. هنگام اعمال تنش خشکی در مرحله گل‌دهی، تعداد زیادی از گل‌ها که توانایی بالقوه تبدیل شدن به غلاف را دارند از بین رفته و تعداد غلاف در بوته کاهش می‌یابند. سایر محققین نیز کاهش تعداد غلاف در بوته تحت تنش خشکی را ناشی از ریزش اندام‌های زایشی مثل گل‌ها و غلاف‌ها دانستند (۳۵). صادقی پور و آقایی (۳۴) نیز نتیجه مشابهی را در لوبیا گزارش دادند. آن‌ها کاهش تعداد غلاف در بوته بر اثر تنش خشکی را با بستن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش جذب Co_2 و فتوسنتز مرتبط دانستند.

تعداد دانه در غلاف

نتایج حاصل از جدول ۲ حاکی از تاثیر معنی‌دار آبیاری و محرک‌های رشد و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال یک درصد است. بیشترین تعداد دانه در غلاف به میزان ۶/۱۲ عدد در تیمار آبیاری ۸ روز یکبار و تیمار هیومیک اسید و کمترین تعداد دانه در غلاف به میزان ۲/۸۹ عدد در تیمار آبیاری ۱۴ روز یکبار و عدم کاربرد محرک‌های رشد مشاهده شد (شکل ۱- ب) . با توجه به داده‌های مقایسه میانگین‌ها، اختلاف بین دو تیمار مذکور حدود ۱/۲ برابر بود. با توجه به اینکه در مرحله گل‌دهی تا غلاف دهی در واقع گرده افشانی گل‌ها و هسته اولیه دانه شکل می‌گیرد، می‌توان اظهار نمود که تنش خشکی ناشی از کم آبیاری (۱۴ روز یکبار) در این مرحله، از طریق کاهش باروری گل‌ها و سقط آن‌ها، کاهش تعداد تخمک‌ها و افت شدید دانه در غلاف را باعث شده است. افزایش تعداد دانه در غلاف در شرایط آبیاری مطلوب را می‌توان به تعداد غلاف بیشتر و رشد بهتر بوته‌ها نسبت داد. لذا هر چه قدر تعداد دانه در غلاف بیشتر باشد گیاه دارای مخزن بیشتری برای دریافت مواد فتوسنتزی بوده و این مسئله باعث افزایش عملکرد دانه خواهد شد (۳۱). ویجاردانا و همکاران (۴۰) گزارش دادند که ریزش گل‌ها و غلاف‌ها در اثر تنش خشکی سبب کاهش ۱۲/۷ درصدی تعداد دانه در غلاف شده است. محققان نشان دادند که اعمال تنش کم آبی باعث کاهش تعداد دانه در غلاف در گیاه لوبیا قرمز شده است درحالی‌که با کاربرد اسید هیومیک این صفت، افزایش معنی‌داری پیدا کرد (۲۷). بر اساس یک فرضیه کاربرد اسید هیومیک، نفوذپذیری غشاهای سلولی را افزایش داده و بدین طریق ورود پتاسیم و نیتروژن را تسهیل می‌کند (۲۶).

وزن صد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح آبیاری و محرک‌های رشد و اثر متقابل آن‌ها بر وزن صد دانه در



شکل ۲. اثر برهم کنش سطوح مختلف آبیاری و کاربرد محرک‌های رشد بر وزن صد دانه (الف) و غلظت پتاسیم (ب)
(حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.)

سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. افزایش فاصله آبیاری‌ها وزن صد دانه را کاهش داد (جدول ۳). در این بررسی بیشترین وزن صد دانه (۴۴/۵ گرم) در سطوح آبیاری ۸ روز یکبار و تیمار اسید هیومیک و کمترین آن نیز (۲۵ گرم) در سطوح آبیاری ۱۴ روز یکبار و تیمار عدم مصرف (شاهد) مشاهده شد. تیمار اول از لحاظ صد دانه حدود ۴۴ درصد نسبت به آخرین تیمار از لحاظ آماری برتر بوده است (شکل ۲- الف). کاهش وزن صد دانه در اثر تنش خشکی احتمالاً به دلیل کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و به‌دنبال آن کاهش سنتز و انتقال مواد فتوسنتزی و آسیمیلات‌ها به دانه‌ها بوده است که در این شرایط گیاه با انتقال مجدد ذخایر اندوخته شده خود، نتوانسته کاهش آسیمیلات انتقالی ناشی از تنش را جبران نماید و این وضعیت منجر به کاهش وزن صد دانه شده است. به نظر می‌رسد افزایش وزن صد دانه با کاربرد اسید هیومیک به‌علت افزایش تعداد سلول‌های آندوسپرمی و آمیلوپلاست و مواد فتوسنتزی در شرایط تنش آبی است (۴۲). کاهش وزن صد دانه انواع لوبیاهای سفید، قرمز، سبز و چیتی در اثر تنش خشکی توسط داودی و همکاران (۸) نیز گزارش شده است. گیاه برای فرار از خشکی مجبور است رشد خود را سریع‌تر به پایان رسانده در نتیجه طول دوره پر شدن دانه کاهش یافته و وزن دانه کم می‌شود (۲۴). کاربرد اسید هیومیک منجر به کاهش تاثیر سطوح مختلف تنش کمبود آب بر عملکرد و وزن دانه شد. بهشتی و همکاران (۷) گزارش نمودند که اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار وزن صد دانه در لوبیا شد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. به‌طورکلی می‌توان گفت که مصرف خارجی سیتوکنین موجود در بسته اسید هیومیک احتمالاً با افزایش طول مدت پر شدن دانه و همچنین افزایش سرعت پر شدن دانه که ناشی از افزایش فعالیت مخزن است، باعث ذخیره بیشتر مواد فتوسنتزی در دانه شده و وزن صد دانه را افزایش داده است (۲۱).

شاخص سطح برگ

در بین عوامل آزمایشی، آبیاری تاثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ لوبیا قرمز در مرحله گل‌دهی داشت، ولی مواد محرک رشد و اثر متقابل دو عامل آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر

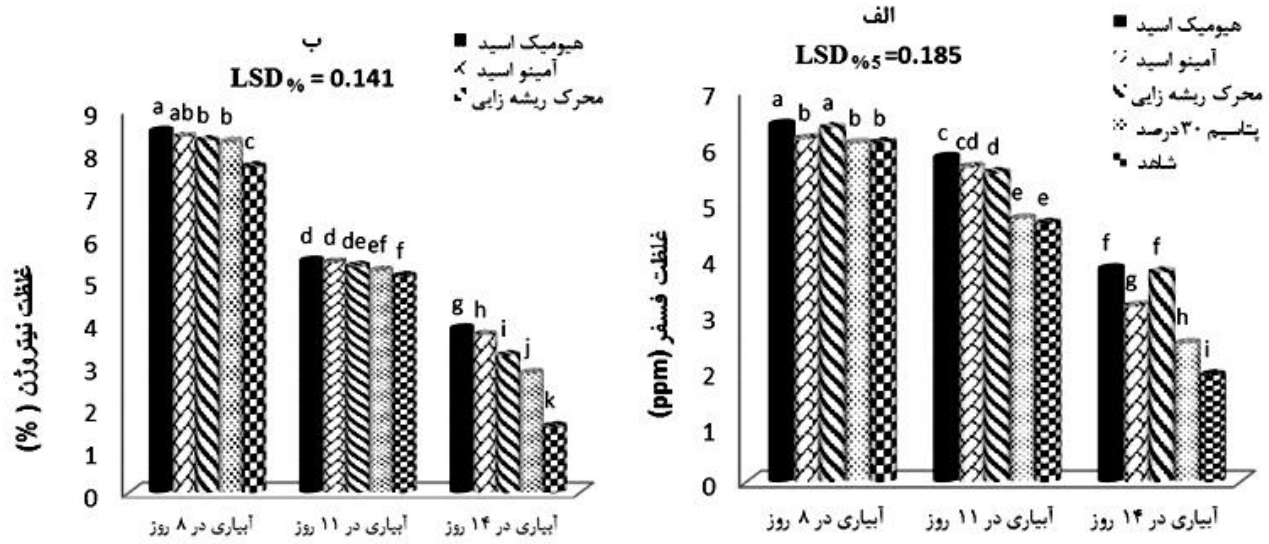
شاخص سطح برگ لوبیا قرمز نداشته است (جدول ۲). بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۴) در تیمار آبیاری هر ۸ روز یکبار با ۳۱ درصد افزایش نسبت به کمترین شاخص سطح برگ (۳/۰۶) در تیمار آبیاری هر ۱۴ روز یکبار مشاهده شد (جدول ۳). کاهش سطح برگ در تیمارهای با آبیاری کم و فواصل زیاد باعث کاهش آب قابل در دسترس گیاه شده و مانع از رشد سلول‌ها شده و در نهایت منجر به کاهش سطح برگ لوبیا قرمز می‌شود (۱۰). به‌نظر می‌رسد کمبود آب منجر به کاهش پتانسیل آب برگ و درنتیجه کاهش سطح برگ می‌شود. کاهش سطح برگ‌ها به‌عنوان اندام‌های اصلی فتوسنتزکننده و منابع مهم گیاهی منجر به افت فعالیت سایر اندام‌ها خواهد شد (۲۱). به‌نظر می‌رسد در این پژوهش با کم آبیاری و ایجاد تنش در مراحلی که گیاه می‌توانست حداکثر شاخص سطح برگ خود را داشته باشد، کمبود آب به‌عنوان عامل محدود کننده عمل کرده و باعث کاهش شاخص‌های مورفولوژیکی گیاه از جمله شاخص سطح برگ شده است.

غلظت پتاسیم

طبق نتایج جدول ۲ سطوح مختلف آبیاری و کاربرد محرک‌های رشد و اثر متقابل آن‌ها تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر غلظت پتاسیم برگ داشته است. در این بررسی بیشترین غلظت پتاسیم برگ در سطوح آبیاری ۸ روز یکبار و کاربرد اسید هیومیک و کمترین غلظت پتاسیم نیز در سطوح آبیاری ۱۴ روز یکبار و عدم کاربرد مواد محرک رشد مشاهده شد (شکل ۲- ب). تنش خشکی میزان پتاسیم برگ گیاه را کاهش داد. علت این کاهش در ارتباط با کاهش آب خاک و درنتیجه کاهش جریان عناصر از خاک به گیاه است. اسید هیومیک نیز با اسیدی کردن خاک سبب تسهیل در انحلال فسفر و پتاسیم شده و میزان دسترسی به عناصر غذایی را در شرایط مطلوب و همچنین تنش کم آبی افزایش داده و باعث بالا رفتن غلظت پتاسیم برگ می‌شود (۲). مصرف اسید هیومیک رشد گیاه و بهره‌وری آب را افزایش داده و در شرایط تنش خشکی با حفظ رطوبت خاک به آزاد سازی و جذب بهتر عناصر تثبیت شده، به‌خصوص پتاسیم، نیز کمک می‌کند (۳). نتایج محمدی و همکاران (۲۴) نشان داد که کاربرد کودهای آلی در گیاه، میزان پتاسیم در برگ را نسبت به تیمار شاهد افزایش می‌دهد. به‌نظر می‌رسد اسید هیومیک با افزایش سطح ریشه، جذب پتاسیم محلول در خاک را افزایش می‌دهد. به‌طور کلی پتاسیم از طریق تنظیم تعادل کاتیونی و آنیونی درون سلول می‌تواند جذب عناصر را تحت شرایط مختلف، تنظیم کند. گزارش شده است که کاربرد پتاسیم سبب افزایش میزان پتاسیم در برگ‌ها و سایر اندام‌های گیاه نسبت به شاهد می‌شود (۴۳). به‌نظر می رسد میزان مناسب پتاسیم قابل‌دسترس در خاک می‌تواند توانایی گیاه را برای مقابله با خشکی و سایر تنش‌های محیطی از طریق تعدیل فشار اسمزی برگ، افزایش دهد.

غلظت فسفر

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری و محرک‌های رشد و نیز اثر متقابل آن‌ها بر غلظت فسفر برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین غلظت فسفر برگ مربوط به سطوح آبیاری ۸ روز و کاربرد اسید هیومیک به مقدار ۶/۳۸ (ppm) به‌دست آمد که از برتری حدود ۳/۳ برابری نسبت به تیمار آبیاری هر ۱۴ روز یکبار و عدم کاربرد محرک‌های رشد (با ۱/۹ ppm) برخوردار بود (شکل۳- الف). بیشترین غلظت فسفر برگ در تیمار آبیاری نرمال به‌دست آمد که با کاهش میزان آب آبیاری و شدیدتر شدن تنش خشکی از میزان فسفر برگ کاسته شد. فسفر عنصری است که عمدتا از طریق فرآیند انتشار به سطح ریشه گیاه منتقل و جذب می‌شود. نتایج پژوهشی نشان داد که بیشترین میزان فسفر در برگ، به تیمار آبیاری نرمال تعلق داشت که با کاهش میزان آبیاری و تشدید سطح تنش رطوبتی از میزان فسفر برگ کاسته شد (۲۹). افزایش عناصر پرمصرف از قبیل فسفر در لوبیا را می‌توان به حضور اسید هیومیک نسبت داد. در مناطق خشک و نیمه خشک، آبیاری و شرایط عدم قطع آبیاری



شکل ۳. اثر برهم کنش سطوح مختلف آبیاری و کاربرد محرک‌های رشد بر غلظت فسفر (الف) و غلظت نیتروژن (ب)
(حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.)

باعث افزایش انحلال مواد معدنی و افزایش جابه‌جایی و حرکت عناصر مغذی به سمت ریشه‌ها و به دنبال آن افزایش قابلیت دسترسی عناصر برای گیاه و در نتیجه باعث افزایش جذب عناصر توسط گیاهان می‌شود (۳۱). در تحقیقی پیمانی و همکاران (۲۸) گزارش کردند که میزان فسفر خاک در تیمار کاربرد کود آلی نسبت به شاهد بالاترین نسبت را در خاک به جای گذاشت. طی این فرآیند حلالیت فسفر نامحلول بیشتر می‌شود و با آزاد شدن فسفر و نیتروژن خاک و به تبع آن افزایش فسفر و نیتروژن برگ و گیاه، رشد گیاه بهبود می‌یابد.

غلظت نیتروژن

داده‌های جدول ۳ حاکی از تاثیر معنی‌دار آبیاری و کاربرد محرک‌های رشد و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر غلظت نیتروژن برگ در سطح احتمال یک درصد است. در این بررسی بیشترین نیتروژن برگ در سطوح آبیاری ۸ روز یکبار و تیمار اسیدهیومیک و آمینو اسید به‌ترتیب به‌میزان ۸/۴۹ و ۸/۳۵ درصد و کمترین نیتروژن برگ در سطوح آبیاری ۱۴ روز یکبار و تیمار شاهد (عدم مصرف) به میزان ۱/۵۵ درصد مشاهده شد (شکل۳- ب). اسید هیومیک در شرایط تنش کم آبیاری و آبیاری نرمال، نفوذپذیری غشاهای سلولی را افزایش داده و بدین طریق ورود پتاسیم و نیتروژن را تسهیل می‌کند که نتیجه آن افزایش فشار داخل سلول و تقسیم سلول است و در نهایت این اثرات منجر به افزایش نیتروژن برگ‌ها و افزایش عملکرد می‌شود (۲۶). در شرایط کم آبی کاهش جذب نیتروژن و سایر عناصر غذایی را می‌توان به کاهش جذب ریشه نسبت داد. با توجه به اینکه جابه‌جایی نیتروژن در خاک تابعی از رطوبت خاک است و در محیط مرطوب جذب توده‌ای و جذب انتشاری افزایش می‌یابد. اسید هیومیک به‌عنوان ترکیبات درشت مولکول آلی، می‌تواند نیتروژن را به‌طور مستقیم از طریق واکنش‌های شیمیایی یا غیرمستقیم از طریق فعالیت میکروبی و پس از تجزیه زیست توده میکروبی در داخل ساختارش ترکیب کند (۲۸). به‌نظر می‌رسد اسید هیومیک با اثر مطلوبی که بر رشد ریشه می‌گذارد، جذب بیشتر را نیز برای گیاه فراهم نموده و باعث افزایش جذب نیتروژن شود. گیاهی که این عنصر را در اندازه کافی داشته باشد میزان رشد و عملکرد آن بهبود می‌یابد.

عملکرد پروتئین

بر اساس داده‌های جدول ۲ عملکرد پروتئین حت تاثیر معنی‌دار

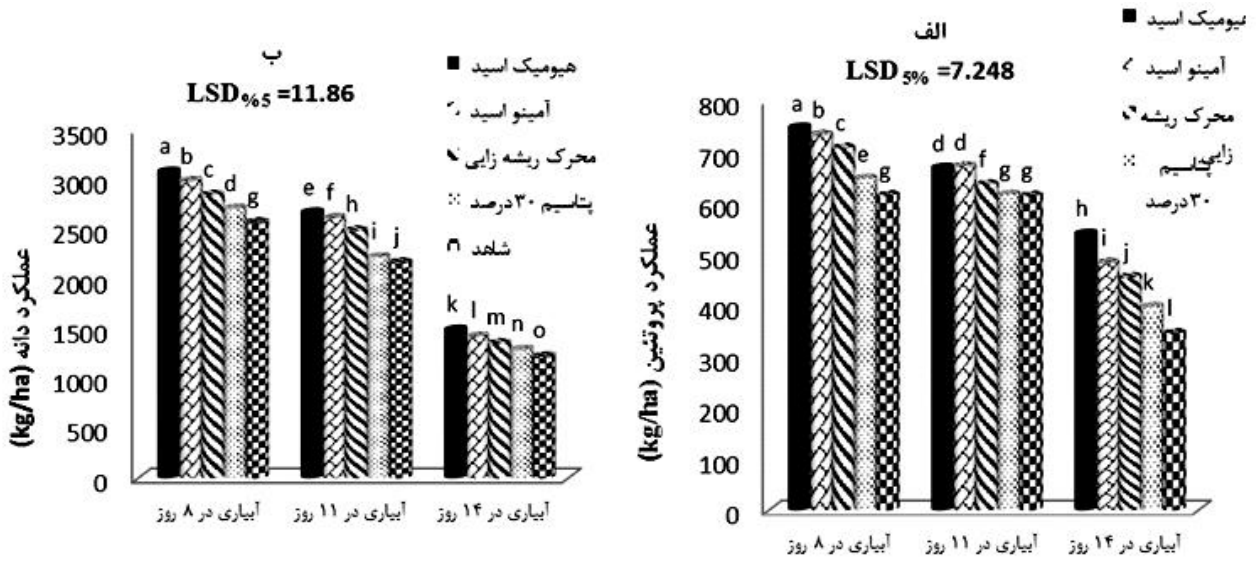
تیمارهای آزمایشی و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت. با وقوع تنش، از عملکرد پروتئین دانه کاسته شد، به‌طوری‌که کمترین عملکرد پروتئین دانه به میزان ۳۴۵ کیلوگرم در هکتار در سطح آبیاری ۱۴ روز و تیمار عدم کاربرد محرک‌های رشد و بیشترین مقدار آن در سطح آبیاری ۸ روز و تیمار اسید هیومیک و اسید آمینه به‌ترتیب به‌میزان ۷۴۶ و ۷۳۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۴- الف). با افزایش دفعات آبیاری میزان عملکرد پروتئین و دانه افزایش یافت. بنابراین با جایگزینی منابع آلی تغذیه‌ای به جای منابع شیمیایی می‌توان محتوی پروتئین دانه و عملکرد را افزایش داد که نتایج یافته‌های شهبازی و همکاران (۳۶) نتیجه این تحقیق را تایید نمود. تنش کم آبی به‌طور معنی‌داری عملکرد پروتئین دانه را کاهش داد. همانطور که نتایج نشان داد عملکرد دانه تحت تاثیر تنش کم آبی به مقدار زیادی افت کرده و درنتیجه میزان عملکرد پروتئین دانه نیز در شرایط تنش خشکی به‌طور محسوس کاهش نشان داد. حسن‌وند و همکاران (۱۴) اعلام کردند که آبیاری در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه گیاه باعث افزایش عملکرد پروتئین شد. عملکرد پروتئین لوبیا با شدت تنش، کاهش یافت. الب‌سیونی و همکاران (۹) افزایش تجمع مواد غذایی در دانه را عامل افزایش پروتئین در اثر کاربرد اسید هیومیک در لوبیا گزارش کردند. جهان و همکاران (۱۶) گزارش نمودند عملکرد پروتئین دانه در اثر کاربرد اسید هیومیک افزایش می‌یابد.

عملکرد دانه

نتایج حاصل از جدول ۳ نشان داد که بین سطوح آبیاری و کاربرد محرک‌های رشد و اثر متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. بدین ترتیب که با افزایش فاصله آبیاری‌ها عملکرد دانه کاهش قابل ملاحضه‌ای یافت، ولی حضور اسید هیومیک باعث کاهش اثرات تنش حاصله از اعمال تنش شد. بیشترین عملکرد دانه در سطح آبیاری نرمال به‌میزان ۳۰۷۶/۱۲ و ۲۹۸۲/۸۱ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب با کاربرد اسید هیومیک و اسید آمینه و کمترین مقدار این متغیر نیز در آبیاری ۱۴ روز یکبار و عدم کاربرد محرک‌های رشد (شاهد) به میزان ۱۲۲۰/۹۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۴- ب). در مطالعه جهان و همکاران (۱۶) با بررسی اثرات تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک به این نتیجه رسیدند که سرعت آسیمیلاسیون خالص به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل اسید هیومیک و تنش خشکی قرار گرفت. کاهش عملکرد دانه لوبیا در اثر کمبود آب در بسیاری از پژوهش‌های دیگر گزارش شده است. نتایج به‌دست آمده در این آزمایش با تحقیق سادات راستی ثانی و همکاران (۳۳) همخوانی داشت. تنش رطوبتی طی مراحل زایشی، باعث ایجاد اختلال در گل‌دهی و پر شدن دانه شده و عملکرد دانه را از طریق کاهش زیست توده، تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف پایین می‌آورد (۴۱). در این ارتباط اسدی و همکاران (۴) با بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی در لوبیا چیتی نشان دادند که بیشترین تأثیر خشکی بر تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه بود. دلیل کاهش عملکرد دانه لوبیا در تنش خشکی به اثرات نامطلوب تنش بر روی اجزای عملکرد دانه نسبت داده شده است. طی تحقیقی دیگر مشاهده شد که اسید هیومیک از طریق افزایش رشد گیاه به‌خصوص ریشه‌ها، میزان فتوسنتز، جذب عناصر غذایی، سطح برگ، بیوماس گیاهی و نفوذپذیری بافت‌ها را افزایش داد و در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه شد (۳۰). طی تحقیقی دیگر مشاهده شد که اسید هیومیک از طریق افزایش رشد گیاه به‌خصوص ریشه‌ها، میزان فتوسنتز، جذب عناصر غذایی، سطح برگ، بیوماس گیاهی و نفوذپذیری بافت‌ها را افزایش داد و در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه شد (۱۰).

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی حاضر نشان داد که افزایش فاصله آبیاری، موجب کاهش عملکرد دانه لوبیا قرمز و اجزای عملکرد مانند تعداد شاخه جانبی، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه شد. اما بیشترین خسارت عملکرد دانه لوبیا قرمز و اجزای عملکرد در



شکل ۴. اثر برهم کنش سطوح مختلف آبیاری و کاربرد محرک‌های رشد بر عملکرد پروتئین (الف) و عملکرد دانه (ب)
(حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد است.)

تنش شدید (آبیاری هر ۱۴ روز یکبار) رخ داد که حکایت از عدم انتقال مواد فتوسنتزی به مخزن‌ها (دانه‌ها) داشت. تنش خشکی عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن برگ را کاهش داد. به‌طورکلی می‌توان گفت که لوبیا قرمز به تنش کم آبی، زمانی که رطوبت خاک به کمتر از نیاز آبی کاهش یابد، حساس بوده و درنتیجه کاهش تعداد دانه در غلاف منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شود. کاربرد اسید هیومیک در همه سطوح آبیاری دارای تأثیر مثبت بر صفات مورد بررسی بود. اسید هیومیک نه تنها تحمل گیاه به کم آبی را افزایش داد، بلکه در این شرایط ویژگی‌های کمی گیاه مانند عملکرد دانه و وزن صد دانه را نیز بهبود بخشید. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد اسید هیومیک ضمن کاهش آسیب‌ها و صدمات ناشی از کمبود آب، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را بالا برده و در شرایط سخت می‌تواند موجب افزایش عملکرد دانه شود.

تشکر و قدردانی

از همکاری حوزه معاونت پژوهشی، به ویژه مسئول محترم آزمایشگاه گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، به جهت همکاری صمیمیانه، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Abdul Jaleel, C., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farooq, R. Somasundaram and R. Panneerselvam. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology* 11: 100-105.
2. Antoun, L., W. Sahar, M. Zakaria and H. Rafla. 2010. Influence of compost N-mineral and Humic Acid on yield and chemical composition of Wheat plant. *Journal Soil Science And Agriculture* 1(11): 1131-1143.
3. Arumend, T., M. K. Abbasi and E. Rafiqe. 2015. Effect of lignite-derived humic acid on some selected soil propertis, growth and nuntrient uptake of wheat grown under greenhouse conditions. *Pakistan Journal of Botany* 47: 2231-2238.
4. Asadi, B., A. Ghadiri and H. Asteraki. 2013. Evaluation of drought stress tolerance indices in Chitti bean genotypes. In: Proceeding of 5th Iranian Pulse Crops Symposium, Karaj, Iran. pp. 334-337. (In Farsi).
5. Ayman, M., M. Kamar, A. El-Hai and M. Khalid. 2013. Amino and humic acids promote growth, yield and disease

resistance of cowpea cultivated in clayey soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3(2): 731-739.
6. Beheshti, S., A. Tadayyon, and S. Falah. 2016. Effect of Humic acid on the yield and yield components of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 7 (2): 175-187. (In Farsi).
7. Burd, G. I., D. G. Dixon and B. R. Glick. 2010. A plant growth-promoting bacterium that decreases nickel toxicity in seedlings. *Applied and Environmental Microbiology* 64: 3663-3668.
8. Davoodi, S. H., A. Rahemi-Karizaki, A. Nakhzari Moghadam and E. Gholamalipour Alamdari. 2018. The effect of deficit irrigation on yield and physiological traits of bean cultivars. *Plant Production Technology* 18: 83-95.
9. El-bassiony, A. M., Z. F. Fawzy, M. M. H. Abd El-Baky and A. R. Mahmoud. 2010. Response of snap bean plants to mineral fertilizers and humic acid application. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 6(2): 169-175.
10. Emam, Y., A. Shekoofa, F. Salehi and A. H. Jalali. 2010. Water stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. *Agronomy and Soil Science* 9(5): 495-499.
11. FAO. 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online at: https://www.fao.org. Accessed 22 June 2019.
12. Faten, S. A., A. M. Shaheen, A. A. Ahmed and A. R. Mahmoud. 2010. Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of Squash. *Research Journal of Agriculture and Biological Science* 6: 583-588.
13. Frahm, M. A., J. C. Rosas, N. Mayek-Perez, E. Lopez-Salinas, J. A. Acosta-Gallegos and J. D. Kelly. 2004. Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. *Euphytica* 1362: 223-232.
14. Hasanvand, M., A. Aynehband, M. Rafiee, M. Mojadam and A. Rasekh. 2014. Effects of supplemental irriAgation and super absorbent polymer on yield and seed quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under dry-farming conditions. *Bulletin of Enviroment, Pharmacology and Life Sciences* 3(12): 174-185.
15. Huatuszko konka, K.M.S., and H. Marschner. 2014. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press, Cambridge, Massachusetts.
16. Jahan, M., R. Sohrabi, F. Doaei and M.B. Amiri. 2012. Effect of super absorbent water application in soil and humic acid foliar application on some agroecological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mashhad (Iran). *Journal of Agroecology* 3 (2): 71-90.
17. Kaya, M., M. Atak, K. Khawar, C. Ciftei and S. Ozcan. 2014. Effect of pre-sowing seed treatment with zinc and foliar spray of humic acids on yield of cowpea. *International journal of agriculture & biology* 7(6): 875-878.
18. Khan, M. and F. Hussain. 2012. Palatability and animal preferences of plants in Tehsil Takht-e-Nasrati, District Karak, Pakistan. *African Journal Agriculture Research* 7(44): 5858-5872.
19. Kheiri, D., B. Amraei, M. R. Ardakani, M. Rafiae, F. Paknejad and F. Rajae. 2018. Evaluation of the effects of biofertilizers (Mycorrhizal and Azotobacter) on yield and some agronomical characteristics in different wheat cultivars. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding* 12(2): 1-17. (In Farsi).
20. Kocira, S., A. Kocira, R. Kornas, M. Koszel, M. Szmigielski, M. Krajewska, A. Szparaga and Z. Krzysiak. 2018. Effects of seaweed extract on yield and protein content of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Legume Research* 41(4): 589-593.
21. Lotfi, R., P. Gharavi Kouchebagh and H. Khoshvaghti. 2015. Biochemical and physiological responses of *Brassica napus* plants to humic acid under water stress. *Russion Journal of Plant Physiology* 64(2): 480-486. (In Farsi).
22. Mahmood, F., I. Khan, U. Ashraf, T. Shahzad, S. Hussain, M. Shahid, M. Abid and S. Ullah. 2017. Effects of organic and inorganic manures on maize and their residual impact on soil physio-chemical properties. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 17(1): 22-32.
23. Ministry of Agriculture Jahad (2022). Available online at: https://www.maj.ir/page-amar/FA/65/form/pld3353. Accessed 26 May 2022.
24. Mohammadi, Z., H. R. Rusta, A. Taj Abadipour and H. Hokam Abadi. 2018. Effect of nitrogen, organic fertilizer, potassium and iron on crop, fruit quality, and nutrient element concentration in Pistachio noodle fungi on almond rocks. *Iranian Journal of Horticulture* 27(2): 117-129. (In Farsi).
25. Molodi, S. H. 2015. Water and manure optimization. *Journal of Engineering Information and Culture* 2: 41-48.
26. Nasiri Dehsorkhi, A., A. Ghanbari and V. Varnaseri Ghandali. 2018. Effect of foliar application of chelate iron in common and nanoparticles forms on yield and yield components of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research* 16(1): 229-241. (In Farsi).
27. Omidi, F. and A. Sepehri. 2014. Effect of sodium nitroprusside on growth, yield and components of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crop Science* 45(2): 243-254. (In Farsi).
28. Peymani Foroshani, A., N. Pourjavand, M. Haghighi and J. Khajeh Ali. 2017. Effect of vermicompost solids and aqueous extracts on growth characteristics of tomato and White Plate (*Trialeurodes vaporariorum*)." *Journal of Greenhouse Crop Science and Technology* 7(26): 35-45. (In Farsi).

29. Pirzad, A. and F. Shokrani 2015. Effects of iron application on growth characters and flower yield of *Calendula officinalis* L. under water stress. *World Applied Sciences Journal* 18(9): 1203-1208.
30. Rafiiolhossaini, M., F. Salehi and M. Mazhari. 2016. The effect of drought stress intensity and stage on agronomic characteristics of two common bean cultivars. *Desert Ecosystem Engineering Journal* 5(11): 45-56. (In Farsi).
31. Rezaei Chiyaneh, E. and A. Pirzad. 2014. The effect of salicylic acid on yield, yield components and essence of (*Nigella sativa* L.) in condition of water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12(3): 427-437. (In Farsi).
32. Rezvani Moghaddam, P. and R. Sadeghi Samarjan. 2008. Effect of different planting dates and different irrigation regimes on morphological characteristics and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) ILC3279 cultivars in the climatic conditions Neyshabur. *Iranian Journal of Agricultural Research* 2: 315-325. (In Farsi).
33. Sadat Rasti Sani, M. M. Lahouti and A. Ganjeali, 2014. Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluorescence of red bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research* 5: 103-116. (In Farsi).
34. Sadeghipour, O. and P. Aghaei. 2012. Response of common bean to exogenous application of salicylic asid under water stress conditions. *Environmental Biology* 6: 1160-1168.
35. Sepehri, A., R. Abasi and A. Karami. 2015. Effect of drought stress and salicylic acid on yield and yield component of bean genotypes. *Agricultural Crop Management* 17(2): 503-516. (In Farsi).
36. Shahbazi, Sh., A. Fateh and A. Aynband. 2015. Study of the effect of humic acid and vermicompost on yield and yield components of three wheat cultivars in tropical regions. *Plant Products (Scientific Journal of Agriculture)* 38(2): 24-33.
37. Shokouhi Far, Y. 2016. Application of algae in agriculture. In: Proceeding of 2th International Conference on Sustainable Development, Solutions and Challenges Focusing on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism. Tabriz, Iran. Volume 2325, PP. 3-4
38. Tanhaei, R., A. Yadavi, M. Mvahhedi Dehnavi and A. Salehi. 2018. Effects of mycorrhizal fungi and biofertilizer on yield and yield components of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought stress conditions. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 28(3): 277-291. (In Farsi).
39. Waling, I., W. Van Vark, V. Houba and J. Van der Lee. 1989. Soil and Plant Analysis, a Series of Syllabi. Plant Analysis Procedures. Wageningen Agriculture University. Wageningen, Netherlands.
40. Wijewardana, C., F. A. Alsajri, T. Irby, J. Krutz and B. Golden. 2018. Quantifying soil moisture deficit effects on soybean yield and yield component distribution patterns. *Irrigation Sciences* 36: 241-255.
41. Zadehbagheri, M. 2015. Effect of drought on grain yield and some physiological characteristics of red bean genotypes. *Iranian Journal of Plant Ecophysiology* 6: 1-11. (In Farsi).
42. Zhou, L., C. Monreal, Sh. Xu, N. McLaughlin, H. Zhang, G. Hao and J. Liu. 2019. Effect of bentonite-humic acid application on the improvement of soil structure and maize yield in a sandy soil of a semi-arid region. *Geoderma Science Direct* 338: 269-280.
43. Zivdar, S., K. Arzani, M. K. Souri, N. Moallemi and S. M. Seyyednejad. 2016. Physiological and biochemical response of olive (*Olea europaea* L.) cultivars to foliar potassium application. *Journal of Agricultural Science and Technology* 18: 1897-1908.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 13, No. 4, Winter 2024, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Influence of Different Irrigation Levels and Growth Stimulants on Yield Components and Grain Protein in Red Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris* L.)

M. K. Alilu[1], M. Roshdi[2*], S. Rezadust[2], A. nasrolahzadeh[2] and J. khalili mahaleh[2]

(Received: June 14-2023; Accepted: October 28-2023)

Abstract

The study aimed to investigate the response of bean yield and yield components to the application of growth stimulants under different irrigation levels. A field experiment was conducted in the Khoy, Northwest of Iran. The experiment was conducted as a split-plot design using a randomized complete block design (RCBD) in three replications. Irrigation was the main factor in three levels, including once every 8, 11, and 14 days and growth stimulating compounds as subfactors in 5 levels, including the use of humic acid with irrigation water, amino acid foliar spraying, rooting stimulant, potassium, and no growth stimulants (control). Drought stress (irrigating once every 14 days) led to the reduction of the absorption of essential plant elements such as nitrogen, potassium, and phosphorus, as well as decrease in the lateral branches/plant, grains/pod, hundred-seed weight (HSW), harvest index (HI), leaf area index (LAI), protein yield, and grain yield. Application of growth stimulants both under normal irrigation conditions and under drought stress increased the examined traits, compared to the control treatment. The results indicated that the impact of mild drought stress during the pod development and grain filling stages has a more pronounced effect on the yield and yield components of red kidney beans. Application of growth stimulants, particularly humic acid, during these stages mitigates the adverse effects of stress and leads to a notably higher grain yield compared to other growth stimulants. The highest grain yield (3076 kg/ha) and protein yield (746 kg/ha) were achieved at the presence of irrigating every 8 days and the application of humic acid. It appears that the use of humic acid can be highly effective in enhancing the agronomic, qualitative, and physiological attributes of red kidney beans, contributing up to 95% improvement under both normal irrigation and stress conditions.

Keywords: Drought stress, Harvest index, Humic acid, Nitrogen percentage, Leaf elements

1 and 2. PhD Student and Assistant Professor, Respectively, Department of Agronomy, Khoy Branch, Islamic Azad University, Iran.

*: Corresponding Author, Email: roshdi1349@yahoo.com