

اجزای عملکرد، کیفیت نیام و دانه لوبیا سبز در شرایط تنش کم آبی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک و مگافول

سیده زینب حسینی^۱، طاهر برزگر^{۲*}، جعفر نیکبخت^۳، زهرا قهرمانی^۲

تاریخ دریافت: ۹۷/۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۳۱

۱-دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.

۲-دانشیار، استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۳-دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

*مسئول مکاتبه: Email: tbarzegar@znu.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و مگافول بر شاخص‌های کیفی و کمی نیام و دانه لوبیا سبز رقم سانری تحت تنش کم آبی، آزمایشی بصورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۴ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمار محلول پاشی برگی اسید سالیسیلیک (۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار) و مگافول (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) بود. نتایج نشان داد که تنش کم آبی بطور معنی داری طول نیام، وزن تر نیام، تعداد دانه در نیام و عملکرد نیام و دانه، محتوای نسبی آب برگ و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را کاهش داد. اعمال تنش کم آبی ۷۵ و ۵۰ درصد آبی گیاه به ترتیب باعث کاهش ۶۷/۶ و ۹۴ درصد عملکرد نیام شدند. محلول پاشی اسید سالیسیلیک و مگافول، عملکرد و کیفیت نیام و دانه، غلظت عناصر و محتوای نسبی آب برگ را بهبود بخشید. به طوری که بیشترین مقدار عملکرد نیام (۱۳۶۲۵/۳ کیلوگرم در هکتار)، تعداد نیام در بوته (۷/۶۹)، عملکرد دانه (۴۳۰۲/۸۷ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد پروتئین (۶۷۱/۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد کربوهیدرات (۳۳۵۶/۷ کیلوگرم در هکتار) با محلول پاشی مگافول ۰/۲ درصد در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد حاصل شد. بیشترین درصد کربوهیدرات (۵۵/۹ و ۵۵/۲۵) با محلول پاشی مگافول ۰/۲ درصد به ترتیب در شرایط آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده شد. با توجه به نتایج، محلول پاشی اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی مولار و مگافول ۰/۲ درصد در شرایط آبیاری نرمال و تنش کم آبی جهت بهبود عملکرد و کیفیت نیام و دانه پیشنهاد می شود.

واژه های کلیدی: آبیاری، پروتئین، کربوهیدرات، محتوای نسبی آب برگ، وزن صد دانه

Pod and Seed Yield and Quality of Common Bean under Water Deficit Stress and Foliar Application of Salicylic Acid and Megafol

Zeinab Hoseini¹, Taher Barzegar^{2*}, Jaefar Nikbakht³, Zahra Ghahremani²

Received: December 8, 2018 Accepted: July 6, 2019

1- Graduated MSc Student, Dept. of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran.

2- Assoc. Prof., and Assist. Prof., Dept. of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran.

3- Assoc. Prof., Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran.

Corresponding Author: E-mail: tbarzegar@znu.ac.ir

Abstract

In order to study the effects of salicylic acid (SA) and megafol (MF), on pod and seed yield and quality of common bean cv. Sanry under water deficit stress, the field experiment was conducted in split plot based on randomized complete block design with three replications. Three different irrigation regimes (33, 66 and 100% ETc) and foliar application of SA (0.5, 1 and 1.5 mM) and megafol (0, 0.1, 0.2 and 0.3 percent) were conducted. The results showed that water deficit stress significantly reduced pod length, pod fresh weight, seed number per pod, pod and seed yield, leaf relative water content and nitrogen, phosphorus and potassium contents. Water deficit stress reduced pod yield of 67.6% in 75% ETc and 94% in 50% ETc. Foliar application of SA and MF improved yield and quality of seed and pod, leaf relative water content and nutrient contents. The highest pod yield (13625.3 kg.ha⁻¹), number of pods per plant (7.69), seed yield (4303.87 kg.ha⁻¹), protein yield (671.8 kg.ha⁻¹), carbohydrate yield (3356.7 kg.ha⁻¹) was obtained with application of MF 0.2% under irrigation 100% ETc. The maximum value of carbohydrates (55.9 and 55.25%) was observed with application of MF 0.2% under irrigation 75 and 50% ETc, respectively. According to the results, the application of SA 1.5 mM and MF 0.2% can be proposed to improve yield and quality of pod under normal irrigation and water deficit stress.

Keywords: Carbohydrate, Irrigation, Protein, Relative Water Content, Seed Weight

مقدمه

زیرکشت و ارزش اقتصادی، مقام اول را در جهان داراست. لوبیا سبز در بین انواع گیاهان تجارتي حاوی بیشترین مقدار پروتئین می باشد (اشنی دیر ۱۹۹۷). تنش خشکی از مهمترین فاکتورهای محدودکننده

لوبیا سبز با نام علمی (*Phaseolus vulgaris* L.)، یکی از مهمترین سبزی های دانه ای است که بخش خوراکی آن، نیام های نارس می باشد که در بین حبوبات از نظر سطح

(تارانتینو و همکاران ۲۰۱۵). مگافول یک ترکیب زیست-محرک متشکل از جلبک دریایی به نام *Ascophyllum nodosum* است که علاوه بر آن دارای اسیدآمینه (پرولین و تریپتوفان)، قند (گلیکوزیدها و پلی ساکاریدها)، ویتامین‌ها، بتائین و نیتروژن آلی و کانی می‌باشد (پتروزا و همکاران ۲۰۱۴). در مطالعه‌ای بر روی گوجه‌فرنگی، کاربرد مگافول باعث افزایش تنظیم تعدادی از مسیرهای پاسخ به تنش گردید و تحمل به کم آبی گیاهان گوجه-فرنگی را بهبود بخشید (پتروزا و همکاران ۲۰۱۴). همچنین در گیاه نرت، محلول پاشی برگ مگافول به میزان دو لیتر در هکتار موجب افزایش عملکرد نرت گردید (گورگه و همکاران ۲۰۱۴). محلول پاشی ماده زیست محرک عصاره جلبک دریایی با غلظت ۲/۰ درصد در گیاه لوبیا سبز، وزن و تعداد دانه و مقدار پروتئین دانه را افزایش داد (کوسیرا و همکاران ۲۰۱۸). ابوسیف و همکاران (۲۰۱۶) گزارش نمودند که کاربرد عصاره جلبک دریایی در مقایسه با گیاهان شاهد، رشد رویشی، عملکرد دانه، پروتئین دانه و مقدار عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ را بهبود بخشید. کاربرد مواد زیست-محرک در لفل، وزن میوه و محتوای مواد جامد محلول را افزایش داد (تارانتینو و همکاران ۲۰۱۵). بنابراین با توجه به حساسیت لوبیا سبز به کم آبی هدف از انجام این پژوهش، مطالعه تاثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و ترکیب زیست‌محرک مگافول بر عملکرد و برخی خصوصیات کمی و کیفی لوبیا سبز تحت شرایط کم آبی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. تیمار آبیاری در سه سطح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه در کرت اصلی و محلول پاشی سالیسیلیک اسید (۰/۵، ۱ و ۱/۵

رشد و تولید گیاهان محسوب می‌شود و منجر به کاهش بیش از ۵۰ درصدی در میانگین تولید اکثر محصولات در سرتاسر جهان می‌شود (لاتا و همکاران ۲۰۱۱). مقاومت گیاهان به تنش خشکی به علت پیچیده بودن اثرات متقابل بین فاکتورهای تنش و نیز تنوع پدیده‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی مؤثر بر رشد و نمو گیاه بسیار پیچیده است و بنابراین شناخت آثار تنش خشکی در گیاهان ضروری به نظر می‌رسد (هوپینگ و همکاران ۲۰۱۲). در حین کمبود آب، حفظ پتانسیل آب گیاه برای ادامه رشد ضروری است و می‌تواند از طریق مکانیسم‌های تنظیم اسمزی ناشی از تجمع محلول‌های سازگار نظیر پرولین و هیدرات‌های کربن در سیتوپلاسم به دست آید (آجیکوماراند و پانرسلاوم ۲۰۱۳)

هورمون‌ها در سازگاری به تنش‌های محیطی به صورت هم‌افزایی یا هم‌ستیزانه نقش کلیدی خود را ایفا می‌نمایند. اسید سالیسیلیک ترکیب فنلی است که به عنوان مولکول پیام رسان در ایجاد تحمل به تنش و حفظ پایداری گیاه نقش دارد (زمانی و همکاران ۲۰۱۸) این ترکیب امروزه به‌عنوان ماده‌ای شبه هورمونی به شمار می‌آید که نقش مهمی را در رشد و نمو گیاهان بر عهده دارد (کانگ ۲۰۰۳). و گزارش‌هایی از اثر اسید سالیسیلیک بر افزایش عملکرد در برخی گیاهان مانند، سویا، لوبیا چشم بلبلی و نخود فرنگی ارائه شده است (مجد و همکاران ۲۰۰۶). کاربرد برگ اسید سالیسیلیک در گیاه لوبیا سبز رشد و عملکرد دانه را در شرایط تنش کم آبی بهبود بخشید (سپهری و همکاران ۲۰۱۵).

در سال‌های اخیر استفاده از ترکیبات زیست‌محرک در گیاهان مورد توجه قرار گرفته است (خالد و فاوی ۲۰۱۱). این ترکیبات به طور معمول به‌منظور تغذیه و تحریک فرآیندهای سوخت و ساز گیاه و بهبود راندمان مصرف مواد مغذی، عملکرد، کیفیت محصول و برای کاهش اثرات زیان‌آور بر محیط زیست مورد استفاده قرار می‌گیرند

آبی گیاه برای تیمار شاهد با استفاده از میانگین بلند مدت داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی زنجان و از رابطه یک برآورد گردید.

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (1)$$

ET_c: نیاز آبی لوبیا سبز (میلی‌متر در روز)، ET₀: تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (میلی‌متر در روز) و K_c: ضریب گیاهی لوبیا سبز. لازم به توضیح است مقادیر ET₀ بر اساس روش استاندارد فائو-پنمن-مانتیث برآورد شد (وزیری و همکاران ۱۳۸۷). پس از محاسبه مقادیر ET_c مقادیر نیاز خالص و نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه لوبیا سبز بر اساس فواصل کشت، نوع سیستم آبیاری (قطره‌ای-نواری) و دور آبیاری برآورد شده و سپس در هر نوبت آبیاری به گیاه داده می‌شد. نیاز آبی سایر تیمارها (تیمارهای تنش آبی) بر اساس نیاز آبی تیمار شاهد و درصد تنش آبی، برآورد و توزیع شد.

میلی‌مولار)، مگافول (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) و آب مقطر بعنوان شاهد به کرت فرعی اختصاص یافتند. جدول یک خصوصیات خاک محل آزمایش را نشان می‌دهد. بذرهای لوبیا سبز رقم 'سانری' (*Phaseolus vulgaris* cv. Sanry) با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ۱۰ سانتی-متر روی ردیف در ۱۵ اردیبهشت ماه کشت شد. پس از سبز شدن و استقرار گیاهان در مرحله دو تا سه برگی، تیمار ترکیب مگافول (کود مکمل تولیدی شرکت Valagro ایتالیا حاوی ۳ درصد نیتروژن کل شامل یک درصد نیتروژن آلی و دو درصد نیتروژن بصورت اوریک، ۸ درصد اکسید پتاسیم، ۹ درصد کربن آلی، pH ۶/۵ و EC ۰/۳ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر) و اسید سالیسیلیک بصورت محلول‌پاشی اعمال شد و با فاصله ۱۰ روز یکبار چهار بار محلول‌پاشی تکرار شد. یک هفته پس از محلول‌پاشی اول، تیمارهای آبیاری اعمال گردید. نیاز

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

بافت خاک	ماده آلی (%)	پتاسیم (mg.kg ⁻¹)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	سدیم (mg.kg ⁻¹)	کلسیم (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن (%)	EC (dS.m ⁻¹)	pH
لوم رسی	۰/۹۴	۲۰۰	۴/۶	۱۳۰	۱۲۰	۰/۰۷	۱/۴۹	۷/۴

صفات مورد ارزیابی

صفات تعداد دانه در نیام، تعداد نیام در بوته، وزن تر نیام (g)، وزن صد دانه، عملکرد دانه، درصد پروتئین، درصد کربوهیدرات، عملکرد پروتئین، عملکرد کربوهیدرات، عملکرد نیام، غلظت عناصر نیتروژن (درصد)، فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و پتاسیم (درصد) نیام، و محتوای نسبی آب برگ (درصد) ارزیابی شد. برای اندازه‌گیری پروتئین از دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۱۱۰۰ - ۱۹۰۰ نانومتر و از محلول برد فورد برای سنجش پروتئین استفاده گردید (بردفورد ۱۹۷۶). برای اندازه‌گیری کربوهیدرات کل از روش ایریگون و همکاران (۱۹۹۲) انجام گرفت. عملکرد کربوهیدرات و

پروتئین نیز با ضرب درصد کربوهیدرات و پروتئین در عملکرد دانه محاسبه شد.

درصد نیتروژن در نیام طبق روش کج‌لال (کاکار ۱۹۷۲)، درصد پتاسیم توسط روش فلیم‌فتومتر (کالرا ۱۹۹۸) و میزان فسفر طبق روش اولسن (۱۹۵۴) پس از آخرین مرحله محلول‌پاشی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ از هر واحد آزمایشی سه برگ از قسمت میانی تهیه گردید و در نهایت محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید (ریتچی و همکاران ۱۹۹۰). در این معادله FW وزن تر، DW وزن خشک و TW وزن اشباع می باشد.

$$RWC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100 \quad (2)$$

سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار و مگافول ۰/۳ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱). افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در مقایسه با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار باعث کاهش عملکرد نیام گردید.

اثر نهایی خشکی، محدود کردن رشد و عملکرد است که کاهش در میزان فتوسنتز با کاهش سطح برگ و فعالیت آنزیم ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز، به علت کاهش تبادل CO_2 در اثر بسته شدن روزنه‌ها تفسیر می‌شود (سارکر و همکاران ۲۰۰۴). در طول دوره تنش کاهش سطح برگ در اثر تنش کم‌آبی، دلیل اصلی کاهش عملکرد است (شاو و همکاران ۲۰۰۸). همچنین کاهش عملکرد و اجزای آن در تنش خشکی را می‌توان به علت کاهش تعداد نیام و دانه دانست (ردی و همکاران ۲۰۰۴). رامیرز و کلی (۱۹۹۸) بیان داشتند که در بین اجزای عملکرد لوبیا، تعداد دانه در نیام و تعداد نیام در بوته بیشترین کاهش را در اثر تنش خشکی دارند.

کاربرد اسید سالیسیلیک عملکرد نیام را افزایش داد که نتایج این پژوهش با نتایج کومارپاتل و همانتارانجانا (۲۰۱۲) در گیاه نخود تطابق دارد که بیان داشتند افزایش عملکرد در پاسخ به کاربرد اسید سالیسیلیک با تهییج پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه مرتبط است که گیاه را در برابر آسیب‌های ناشی از تنش خشکی محافظت می‌کند. مگافول به دلیل داشتن آمینواسید و بتائین موجب افزایش سرعت فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد می‌شود (سلوانووا و همکاران ۲۰۱۵). همچنین مگافول با ایجاد یک لایه شبه فیلم بر روی سطح گیاه، میزان تعرق را کاهش می‌دهد زیرا مگافول حاوی سورفکتانت می‌باشد و هنگامی که به تنهایی برای گیاهان استفاده می‌شود به‌عنوان یک عامل محافظ، میزان تعرق کاهش می‌یابد (سلوانووا و همکاران ۲۰۱۵).

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS V9 آنالیز و مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد نیام

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تنش کم‌آبی بطور معنی‌داری تعداد نیام در بوته، طول نیام، وزن تر نیام و عملکرد نیام را کاهش داد، به طوری که با کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، طول نیام از ۱۱/۵۹ به ۷/۹۳ سانتی‌متر و وزن تر نیام از ۵/۰۸ به ۲/۵۷ گرم کاهش یافت (جدول ۲ و ۳). تیمار محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری بر تعداد نیام، وزن تر نیام و عملکرد نیام نشان داد، اما بر طول نیام اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و مگافول ۰/۲ درصد در مقایسه با شاهد تاثیر معنی‌داری بر وزن تر نیام داشتند (جدول ۴). از نظر صفت تعداد دانه در نیام فقط تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در مقایسه با شاهد تاثیر معنی‌داری نشان داد. با توجه به نتایج اثر متقابل آبیاری در تیمار محلول‌پاشی، کاربرد اسید سالیسیلیک و مگافول در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد بطور معنی‌داری عملکرد نیام و تعداد نیام در بوته را افزایش دادند ولی در شرایط تنش کم‌آبی بخصوص تنش شدید (۵۰ درصد) نتوانستند اثرات تنش را تعدیل کنند و عملکرد نیام به شدت کاهش یافت. بیشترین تعداد نیام (۷/۶۹) و عملکرد نیام (۱۳۶۲۵/۳۱ کیلوگرم در هکتار) با محلول‌پاشی مگافول ۰/۲ درصد در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد حاصل شد که با تیمارهای اسید

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری و محلول پاشی سالیسیلیک اسید و مکافول بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا سبز

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					تعداد نیام در بوته	طول نیام	وزن تر نیام	تعداد دانه در نیام	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد نیام
		تعداد نیام در بوته	طول نیام	وزن تر نیام	تعداد دانه در نیام	وزن صد دانه							
بلوک	۲	۰/۲۶	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۱۳۹	۰/۵۴	۴۷۰/۶۶۷	۲۰۰/۶۰					
آبیاری	۲	۱۷۳/۰۲**	۷۰/۴۷**	۳۳/۶۳**	۸۹/۲۷**	۵/۲۵**	۵۷۱۸۴۴۷۹/۴**	۵۸۱۲۷۰۲۳۷**					
خطای کرت اصلی	۴	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۲۹	۰/۳۶۹	۰/۶۴	۱۴۶۳۷/۴	۸۹۸۷۳					
محلول پاشی	۶	۱/۵۹**	۰/۷ ^{ns}	۰/۴۷**	۲/۵۳*	۰/۰۳ ^{ns}	۳۲۸۷۴۴/۰**	۵۵۹۹۵۳۴**					
محلول پاشی × آبیاری	۱۲	۱/۰۵**	۰/۴۷ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۲۷۴۸۵۰/۹**	۲۹۰۴۸۶۵**					
خطای کرت فرعی	۳۶	۰/۱	۰/۱۴	۰/۱	۰/۲۸۴	۰/۰۶	۱۴۹۶۵/۷	۸۲۴۵۰					
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۷۳	۶/۲۲	۸/۶۳	۱۳/۷۴	۲/۹۳	۸/۳۵	۵/۷۳					

***، ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی دار میباشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اجزای عملکرد لوبیا سبز در سطوح مختلف آبیاری

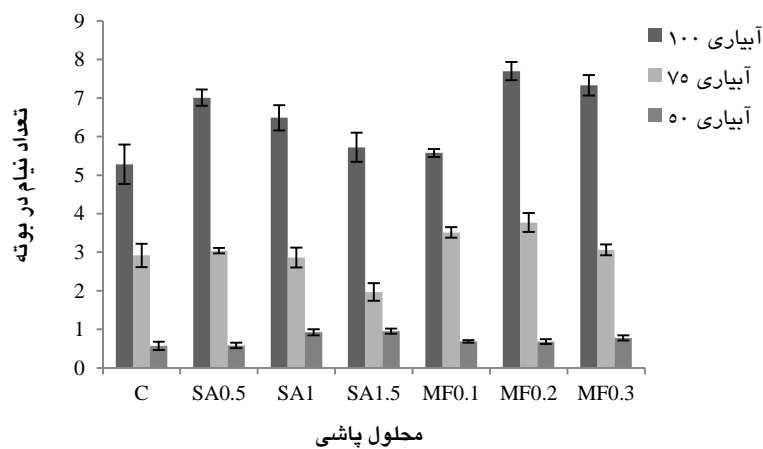
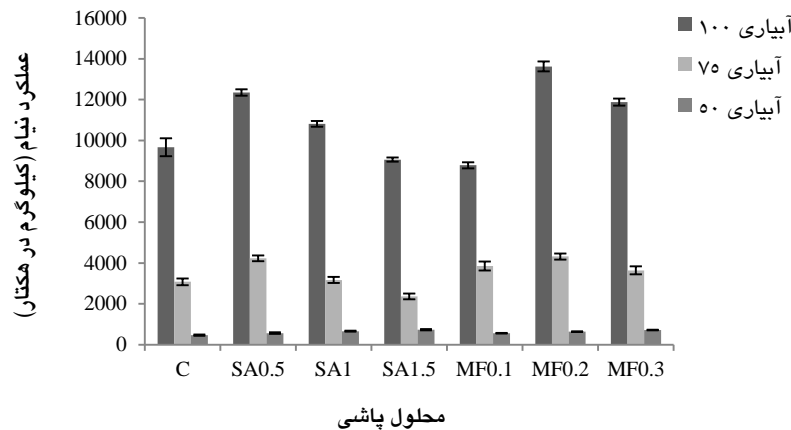
آبیاری (درصد نیاز آبی گیاه)	طول نیام (cm)	وزن تر نیام (g)	تعداد دانه در نیام	وزن صد دانه (g)
۱۰۰	۱۱/۵۹ ^a	۵/۰۸ ^a	۵/۹ ^a	۲۸/۲۱ ^a
۷۵	۹/۵۸ ^b	۳/۵۲ ^b	۳/۹ ^b	۲۷/۷ ^b
۵۰	۷/۹۳ ^c	۲/۵۷ ^c	۱/۷ ^c	۲۷/۲۱ ^c

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اجزای عملکرد لوبیا سبز در محلول پاشی سالیسیلیک اسید و مکافول

محلول پاشی	طول نیام (cm)	وزن تر نیام (g)	تعداد دانه در نیام
شاهد	۹/۴۲ ^{ab}	۳/۴۹ ^c	۲/۹ ^c
اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی مولار	۹/۹۷ ^{ab}	۴/۱۴ ^a	۳/۴ ^{bc}
اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار	۹/۳۵ ^b	۳/۷۵ ^{bc}	۳/۹ ^{ab}
اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی مولار	۹/۵۴ ^{ab}	۳/۵۸ ^{bc}	۴/۳ ^a
مکافول ۰/۱ درصد	۹/۸۹ ^{ab}	۳/۵ ^c	۴/۳۳ ^a
مکافول ۰/۲ درصد	۱۰/۰۶ ^a	۳/۸۷ ^{ab}	۴/۳۵ ^a
مکافول ۰/۳ درصد	۹/۶۷ ^{ab}	۳/۷۴ ^{bc}	۳/۸ ^{ab}

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن می‌باشند.



شکل ۱- تاثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک (SA میلی مولار) و مگافول (MF درصد) بر عملکرد نیام و تعداد نیام در بوته لوبیا سبز تحت شرایط سطوح مختلف آبیاری (۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪). مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده خطای استاندارد ($\pm SE$) می باشد. ($n=21$ و $p \leq 0.05$)

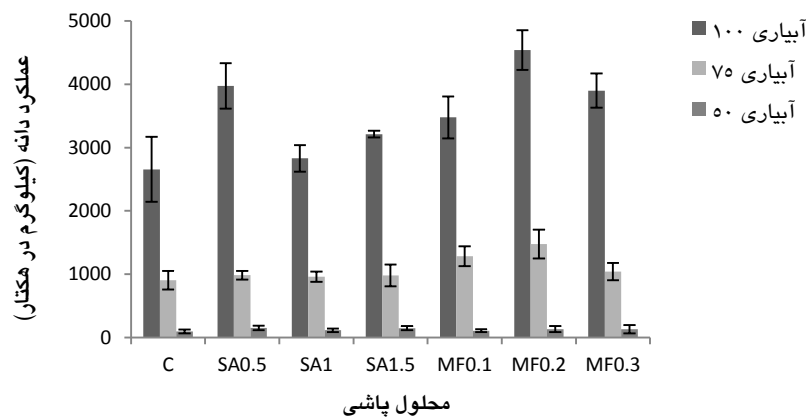
نداشت. باتوجه به نتایج اثر متقابل آبیاری در محلول-پاشی، بیشترین عملکرد دانه (۴۳۰۳/۸۷ کیلوگرم در هکتار) با محلول پاشی مگافول ۰/۲ درصد در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد و کمترین عملکرد دانه در آبیاری ۵۰ درصد به دست آمد و بین سطوح مختلف محلول پاشی تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۲).

وزن دانه بیشترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه دارد و به عنوان یک صفت مهم در انتخاب برای مقاومت به خشکی مورد توجه قرار دارد بطوریکه وزن دانه و عملکرد آن با افزایش میزان آبیاری به طور معنی داری افزایش می یابد. دلیل کاهش تعداد دانه ممکن است مربوط به کاهش سلول های آندوسپرمی تولید شده در مرحله پر شدن دانه باشد و بیشترین اثر تنش رطوبتی روی وزن دانه در مدت پر شدن دانه می باشد. همچنین

تعداد دانه در نیام، وزن صد دانه و عملکرد دانه تنش کم آبی بطور معنی داری تعداد دانه در نیام، وزن صد دانه و عملکرد دانه را کاهش داد، بطوریکه با کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد، تعداد دانه در هر نیام از ۵/۹ به ۱/۷، وزن صد دانه از ۲۸/۲۱ به ۲۷/۲۱ گرم و عملکرد دانه از ۳۳۰۴/۹۴ به ۱۱۷/۲۱ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (جدول ۲ و ۳). تیمار محلول پاشی بر صفات تعداد دانه در نیام و عملکرد دانه اثر معنی داری نشان داد اما در صفت وزن صد دانه اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۲). با توجه به نتایج (جدول ۴) بیشترین تعداد دانه در نیام (۴/۳۵) در تیمار محلول پاشی مگافول ۰/۲ درصد حاصل شد که با دو سطح دیگر مگافول و سطح ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک تفاوت معنی داری

عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در بوته و تعداد نیام در بوته لوبیا سفید (ابراهیمی و همکاران ۲۰۱۲) شد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج اژدرافشاری و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد که بیان داشتند که کاربرد هورمون اسید سالیسیلیک باعث افزایش تعداد دانه در نیام لوبیا گردید. محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر روی سویا و لوبیا قرمز موجب افزایش تعداد دانه در نیام شد (سپهری و همکاران ۲۰۱۵) که با نتیجه این مطالعه مطابقت داشت.

دلیل این امر را می‌توان عدم نمو دانه پس از گرده‌افشانی و باروری دانست. وقتی گیاه با کمبود آب روبرو می‌شود، تعداد دانه‌های کمتری تولید کرده ولی در رساندن مواد غذایی و کربوهیدرات به همان دانه‌های تولید شده تلاش بیشتری کرده و انرژی خود را برای پر کردن آن دانه‌ها می‌گذارد به همین دلیل تفاوت زیادی بین وزن صد دانه در تنش آبی وجود ندارد. تنش خشکی موجب کاهش تعداد دانه در نیام لوبیا قرمز (سپهری و همکاران ۲۰۱۵) و وارد آمدن صدمات زیادی بر عملکرد دانه، وزن نیام،



شکل ۲- تاثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک (SA میلی مولار) و مگافول (MF درصد) بر عملکرد دانه لوبیا سبز در شرایط سطوح مختلف آبیاری ($n=21$ و $p \leq 0.05$). مقادیر مثبت و منفی نشان‌دهنده خطای استاندارد ($\pm SE$) می‌باشد.

باجی و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که غلظت پروتئین‌های محلول در اثر تنش خشکی به علت افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین‌ها، کاهش سنتز پروتئین و نیز تجمع اسید آمینه آزاد از جمله پرولین، کاهش می‌یابد. اسید سالیسیلیک در تنظیم پاسخ به خشکی در گیاهان نقش دارد و بنظر می‌رسد که تنظیم‌کننده رشد بالقوه‌ای برای بهبود رشد گیاه تحت تنش کم-آبی باشد. تأثیر اسید سالیسیلیک بر افزایش مقدار نیترات و افزایش فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز و محافظت از این آنزیم در برابر غیرفعال شدن نیز از دلایل افزایش مقدار پروتئین در گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک ذکر شده است (شارما و کائور ۲۰۰۳). تیمار اسید سالیسیلیک در گیاه رازیانه سبب افزایش میزان پروتئین برگ شد (سالارپورغریبا و فرحبخش ۲۰۱۴).

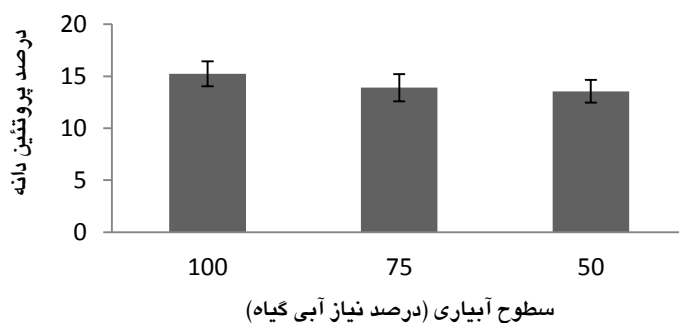
درصد پروتئین دانه

تنش کم‌آبی بطور معنی‌داری درصد پروتئین را کاهش داد اما تفاوت معنی‌داری بین دو سطح کم‌آبی ۷۵ و ۵۰ درصد مشاهده نشد (جدول ۵)، بطوریکه درصد پروتئین از ۱۵/۲۳ در آبیاری ۱۰۰ درصد به ۱۳/۵۵ در آبیاری ۵۰ درصد کاهش یافت (شکل ۳). تیمار محلول-پاشی تأثیر معنی‌داری بر درصد پروتئین نشان داد و فقط کاربرد تیمار ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک، درصد پروتئین دانه را در مقایسه با گیاهان شاهد بطور معنی-داری افزایش داد (جدول ۵ و شکل ۴). اثر متقابل آبیاری در محلول پاشی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نشان نداد (جدول ۵).

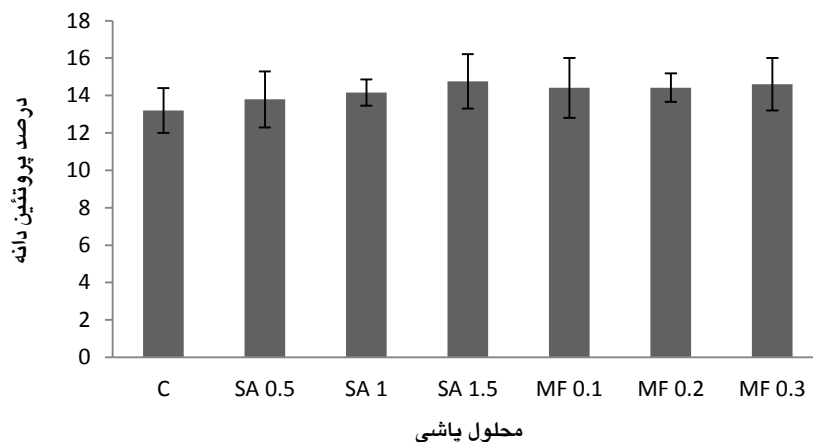
جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری و محلول پاشی اسید سالیسیلیک و مکافول بر عملکرد پروتئین و کربوهیدرات دانه گیاه لوبیا سبز

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد پروتئین	درصد کربوهیدرات	عملکرد پروتئین	عملکرد کربوهیدرات
تکرار	۲	۱/۰۷ ^{ns}	۴/۷۴ ^{ns}	۱۷۲۸۸۸۳۳ ^{ns}	۱۴۵۱۷۹۷۴/۲۸ ^{ns}
آبیاری	۲	۱۷/۳ ^{**}	۱۸۱/۳۷ ^{**}	۱۳۴۸۳۰۸۸۰۳۹ ^{**}	۹۲۹۵۴۱۰۶۷۷۳ ^{**}
خطای کرت اصلی	۴	۱/۰۴	۷/۴۳	۴۸۷۱۰۷۳	۷۲۰۰۳۳۰/۴۱
محلول پاشی	۶	۲/۵۸ [*]	۲۰۵/۵۷ ^{**}	۷۹۷۱۸۱۶۲۴ ^{**}	۱۱۳۲۲۵۸۱۱۹/۶ ^{**}
محلول پاشی × آبیاری	۱۲	۲/۱ ^{ns}	۰/۵۷ [*]	۶۴۹۷۵۵۵۰ ^{**}	۷۳۲۵۰۰۰۲۴/۹۵ ^{**}
خطای کرت فرعی	۳۶	۰/۸۵۱	۶/۳۸	۱۵۵۷۰۸۱	۱۲۶۵۴۳۸/۷
ضریب تغییرات (%)		۹/۵۹	۶/۶۶	۱۸/۱۶	۱۰/۱۷

ns، *، ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی دار می باشد.



شکل ۳- اثر سطوح مختلف آبیاری بر درصد پروتئین دانه گیاه لوبیا سبز مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده خطای استاندارد (±SE) می باشد.



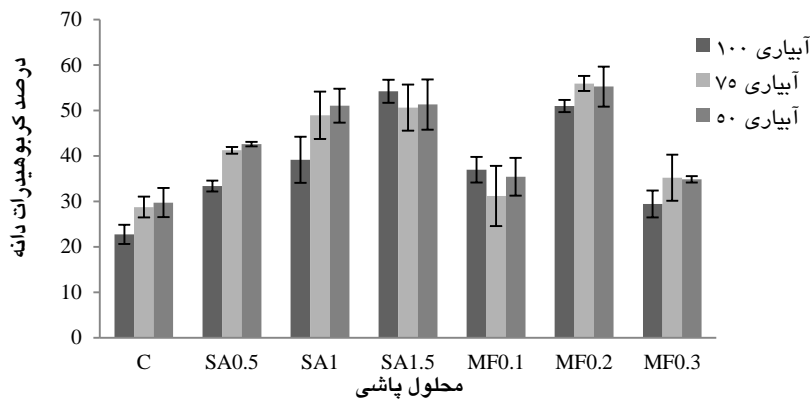
شکل ۴- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و مکافول بر درصد پروتئین دانه گیاه لوبیا سبز مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده خطای استاندارد (±SE) می باشد.

درصد کربوهیدرات دانه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) تیمار آبیاری، محلول‌پاشی و اثر متقابل آنها بر درصد کربوهیدرات دانه تاثیر معنی‌داری داشت. تنش کم‌آبی بطور معنی‌داری درصد کربوهیدرات را افزایش داد اما تفاوت معنی‌داری بین دو سطح کم‌آبی ۷۵ و ۵۰ درصد مشاهده نشد. با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تا ۱/۵ میلی‌مولار، درصد کربوهیدرات دانه افزایش یافت ولی کاربرد مگافول اگرچه در تمام سطوح در مقایسه با تیمار شاهد محلول‌پاشی باعث افزایش درصد کربوهیدرات دانه شد اما کاربرد غلظت بالاتر ۰/۳ درصد در مقایسه با سطح ۰/۲ درصد منجر به کاهش درصد کربوهیدرات دانه گردید (شکل ۵). با توجه به نتایج، بیشترین درصد کربوهیدرات (۵۵/۹ و ۵۵/۲۵) با محلول‌پاشی مگافول ۰/۲ درصد به ترتیب در شرایط آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین درصد کربوهیدرات (۲۲/۷) در گیاهان شاهد در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (شکل ۵).

انباشت قندهای محلول در واکنش به تنش خشکی در مطالعات فراوانی ثابت گردیده است؛ تنش خشکی موجب افزایش درصد پرولین و کربوهیدرات در ریحان (خالد ۲۰۰۶)، افزایش کربوهیدرات محلول در ذرت (محمدخانی و حیدر ۲۰۰۸)، افزایش محتوای قند برگ لوبیا چشم بلبلی (پاکمهر و همکاران ۲۰۱۱) گردید. این افزایش محتوای قند ممکن است از کاهش نیاز به مواد

فتوسنتزی به دلیل کاهش رشد ناشی شده باشد (پاکمهر و همکاران ۲۰۱۱). هنگامی که گیاه در شرایط تنش کم‌آبی قرار می‌گیرد افزایش قندهای محلول می‌توانند به عنوان ترکیبات اسمزی و نیز به عنوان حفاظت‌کننده‌های اسمزی عمل کنند و این تنظیم‌کننده‌های اسمزی سبب ثبات پروتئین‌ها و غشاء می‌شوند (خانا-کوپرا ۱۹۹۹). قندها به دو شیوه از سلول محافظت می‌کنند. در شیوه نخست، گروه‌های هیدروکسیل قندها ممکن است به منظور حفظ و ادامه واکنش‌های آبدوست در غشاهای و نیز پروتئین‌های موجود در گیاه در طی دهیدراتاسیون جایگزین آب شوند از این رو قندها، از طریق پیوندهای هیدروژنی با پروتئین‌ها و غشاهای واکنش نشان داده و از این طریق از تغییر پروتئین‌ها جلوگیری می‌کنند. در شیوه دوم، قندها نقش اساسی در کریستاله کردن ایفا می‌کنند منظور از کریستاله کردن، تشکیل بلورهای بیولوژیکی در سیتوپلاسم سلول‌های دهیدراته شده است (لئوپولد و همکاران ۱۹۹۴). غلظت بالای کربوهیدرات‌ها باعث کاهش خسارت‌های اکسیداتیو و حفظ ساختار پروتئین در طی کمبود آب محسوب می‌شود. بنظر می‌رسد که اسید سالیسیلیک با افزایش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش تنش اکسیداتیو، حفاظت از غشاهای کلروپلاستی، سلولی و حفاظت از ماکرومولکول‌هایی نظیر پروتئین‌ها، موجب افزایش میزان قندهای موجود در گیاهان می‌شود و قندها علاوه بر نقش‌های اصلی خود، در تنظیم اسمزی نیز به گیاهان کمک می‌کنند (خوداری ۲۰۰۴).

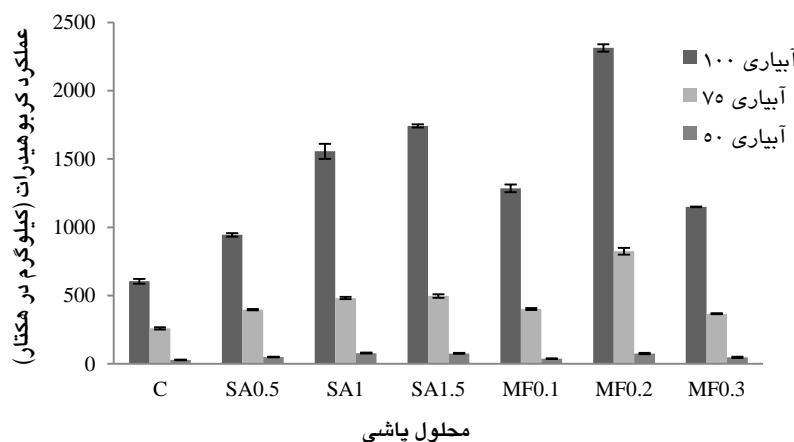


شکل ۵- تاثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک (SA میلی مولار) و مکافول (MF درصد) بر درصد کربوهیدرات دانه خشک لوبیا در شرایط سطوح مختلف آبیاری ($p \leq 0.05$ و $n = 21$). مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده خطای استاندارد ($\pm SE$) می باشد.

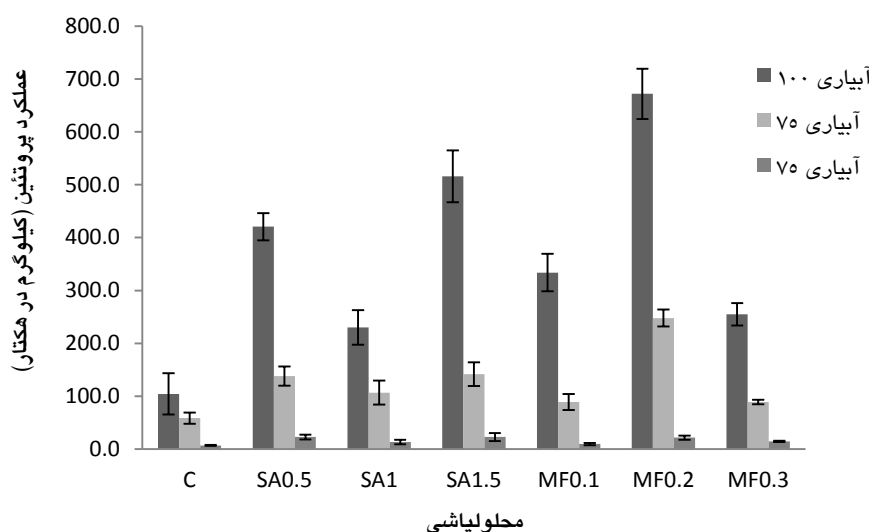
دانه و درصد پروتئین و کربوهیدرات دانه قرار دارند و همبستگی مستقیمی با عملکرد دانه دارند. هر عاملی که باعث افزایش یا کاهش این صفات گردد بر میزان عملکرد پروتئین و کربوهیدرات نیز تاثیرگذار است. همانطور که نتایج نشان داد عملکرد دانه تحت تاثیر تنش کم آبی به مقدار زیادی کاهش یافت و در نتیجه میزان عملکرد پروتئین و کربوهیدرات دانه نیز در شرایط تنش آبی بطور برجسته کاهش نشان دادند. اسید سالیسیلیک و مکافول با افزایش درصد کربوهیدرات و پروتئین و عملکرد دانه، میزان عملکرد کربوهیدرات و پروتئین دانه را در شرایط آبیاری نرمال و کم آبی بهبود بخشیدند.

عملکرد کربوهیدرات و پروتئین دانه

تنش کم آبی بطور معنی داری عملکرد پروتئین و کربوهیدرات را کاهش داد و کاربرد اسید سالیسیلیک و مکافول در شرایط آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه عملکرد کربوهیدرات و پروتئین را افزایش دادند. بیشترین عملکرد کربوهیدرات ($2313/8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) و پروتئین ($671/8^1$) با کاربرد مکافول ۰/۲ درصد در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد و کمترین عملکرد پروتئین و عملکرد کربوهیدرات در آبیاری ۵۰ درصد مشاهده شد (شکل ۶ و ۷). عملکرد پروتئین و کربوهیدرات تحت تاثیر عملکرد



شکل ۶- تاثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک (SA میلی مولار) و مکافول (MF درصد) بر عملکرد کربوهیدرات دانه لوبیا سبز در شرایط سطوح مختلف آبیاری ($p \leq 0.05$ و $n = 21$). مقادیر مثبت و منفی نشان دهنده خطای استاندارد ($\pm SE$) می باشد.



شکل ۷- تاثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (SA میلی‌مولار) و مکافول (MF درصد) بر عملکرد پروتئین دانه لوبیا سبز در شرایط سطوح مختلف آبیاری ($n=21$ و $p \leq 0.05$). مقادیر مثبت و منفی نشان‌دهنده خطای استاندارد ($\pm SE$) می‌باشد.

عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم

تنش کم‌آبی غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیام لوبیا سبز را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۶ و ۷). همچنین محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و مکافول باعث افزایش محتوای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم شد (جدول ۸). طبق نتایج حاصل، در آبیاری معمولی، بیشترین مقدار نیتروژن (۲/۹۲ درصد)، فسفر (۱۷۲/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) و پتاسیم (۰/۸۳ درصد) با تیمار ۰/۳ درصد مکافول حاصل شد (شکل ۸).

در شرایط کم‌آبی کاهش جذب نیتروژن و پتاسیم را می‌توان نتیجه کاهش قدرت جذب ریشه و کاهش فسفر را می‌توان به تثبیت در خاک و ضریب پخشیدگی پایین آن نسبت داد. در مجموع کاهش جذب مواد غذایی توسط ریشه‌ها و انتقال از ریشه به شاخه نتیجه محدود شدن میزان تنفس و آسیب دیدن انتقال فعال و نفوذ پذیری غشاء و در نهایت کاهش قدرت جذب ریشه گیاه نسبت داد. همچنین تنش خشکی از طریق تأثیر بر قابلیت دسترسی، انتقال و توزیع عناصر معدنی در گیاهان، کارایی جذب عناصر معدنی را دچار اختلال می‌کنند (یانکای و اسمیدها لتر ۲۰۰۵).

علی و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار سبب افزایش محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم میوه گوجه‌فرنگی می‌شود. استفاده از مواد زیست محرک همراه با روش‌های مدیریت محصول می‌تواند به بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاهان کمک کند. همچنین گیاهان تحت تیمار با غلظت پایین مواد زیست محرک، رشد، عملکرد و محتویات معدنی بالاتری در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد (شارما و همکاران ۲۰۱۴).

محتوای نسبی آب برگ

تحت تنش کم‌آبی، محتوای نسبی آب برگ کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۶ و ۷). همچنین محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و مکافول محتوای نسبی آب برگ را به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد، به‌طوری‌که بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۶۹/۵۶ و ۷۰/۱۹ درصد) به‌ترتیب مربوط به محلول‌پاشی مکافول ۰/۳ و ۰/۲ درصد بود و کمترین مقدار آن در سطح ۱/۵ میلی-مولار اسید سالیسیلیک حاصل شد (جدول ۸).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری و محلول پاشی سالیسیلیک اسید و مکافول بر غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و محتوای نسبی آب برگ در لوبیا سبز

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوای نسبی آب برگ	نیتروژن	فسفر	پتاسیم
تکرار	۲	۲۰/۹۹ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۱۶۴/۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}
آبیاری	۲	۱۳۶۷/۰۶ ^{**}	۰/۲۳ ^{**}	۴۰۹۷/۴۴ ^{**}	۰/۰۱ ^{**}
خطای کرت اصلی	۴	۰/۵۲	۰/۰۱۳۷	۲۷۴/۰۱	۰/۰۰۵
محلول پاشی	۶	۱۶۰/۶۶ ^{**}	۰/۰۶ ^{**}	۶۸۵/۲۱ ^{**}	۰/۰۱ ^{**}
محلول پاشی × آبیاری	۱۲	۰/۷۱ ^{ns}	۰/۰۰۳۹ ^{ns}	۱۰۴۲/۲۰ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}
خطای کرت فرعی	۳۶	۰/۵۲	۰/۰۰۳	۶۵/۸۲	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱/۱۰	۲/۸۳	۵/۱۷	۴/۲۷

ns و * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیر معنی دار می باشد.

(%)

جدول ۷- اثر سطوح مختلف آبیاری بر غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و محتوای نسبی آب برگ لوبیا سبز

آبیاری (درصد نیاز آبی گیاه)	محتوای نسبی آب برگ (%)	نیتروژن (%)	فسفر (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم (%)
٪۱۰۰	۷۴/۲۸ ^a	۲/۳۳ ^a	۱۶۹/۷ ^a	۰/۸۲ ^a
۷۵%	۶۳/۸۳ ^b	۲/۱۶ ^b	۱۵۸/۹ ^b	۰/۷۶ ^c
۵۰%	۵۸/۴۱ ^c	۲/۱۴ ^b	۱۴۳ ^c	۰/۷۸ ^b

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن می باشند.

جدول ۸- اثر محلول پاشی سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و مکافول بر غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و محتوای نسبی آب برگ لوبیا سبز

محلول پاشی	محتوای نسبی آب برگ (%)	نیتروژن (%)	فسفر (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم (%)
شاهد	۶۱/۳۱ ^e	۲/۰۴ ^d	۱۵۴/۱ ^{bc}	۰/۷۷ ^c
اسید سالیسیلیک (میلی مولار)	۰/۵	۲/۱۵ ^c	۱۶۰/۶ ^b	۰/۸۲ ^{ab}
	۱	۲/۲۱ ^{ab}	۱۴۷ ^c	۰/۷۹ ^{cb}
	۱/۵	۲/۲۴ ^{ab}	۱۶۱/۳ ^b	۰/۷ ^d
مکافول (درصد)	۰/۱	۲/۲۸ ^{ab}	۱۴۸ ^c	۰/۷۸ ^{cb}
	۰/۲	۲/۲۵ ^{ab}	۱۵۵/۱ ^{bc}	۰/۸۱ ^{ab}
	۰/۳	۲/۹۲ ^a	۱۷۲/۲ ^a	۰/۸۳ ^a

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد آزمون دانکن می باشند.

فعالیت متابولیکی گیاه باشد. نتایج تحقیقات نشان داد که در گیاهان گوجه‌فرنگی پیش تیمار شده با مگافول تحت تنش خشکی، بیان ژن‌های مرتبط با تنش خشکی پایین بود، بیان سطوح پایین‌تر این ژن‌ها نشان می‌دهد که گیاهان سطوح پایین‌تری از تنش خشکی را تجربه نمودند (پتروزا و همکاران ۲۰۱۴).

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد، با کاهش میزان آب مصرفی به نحوی که منجر به کاهش رطوبت خاک به مقادیر کمتر از ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه گردد، بروز تنش در گیاه لوبیا سبز را به دنبال خواهد داشت. سطح تنش حاصله در تنش کم آبی ۷۵ و ۵۰ درصد به نحوی بود که سبب بروز تنش قابل توجهی در لوبیا سبز گردید و فقط درصد کربوهیدرات دانه در اثر اعمال تنش کم آبی افزایش نشان داد. مجموع تغییرات حاصله در اثر اعمال تنش، عملکرد نیام، عملکرد دانه، محتوای عناصر غلاف را کاهش داد. به طور کلی می‌توان گفت که لوبیا سبز به تنش کم آبی زمانی که آبیاری به کمتر از ۱۰۰ درصد کاهش یابد، حساس می‌باشد و در نتیجه کاهش تعداد نیام در بوته، منجر به کاهش عملکرد نیام می‌شود. کاربرد برگی مگافول و اسید سالیسیلیک صفات کمی، کیفی و عملکرد گیاه را در شرایط کم آبی تا حدودی بهبود بخشید، اما در مجموع به دلیل حساسیت بالای لوبیا سبز به تنش کم آبی بیشترین میزان تعداد نیام در بوته، عملکرد دانه، عملکرد نیام، درصد پروتئین و درصد کربوهیدرات دانه با محلول‌پاشی ۰/۲ درصد مگافول در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد بدست آمد.

محتوای نسبی آب یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی پاسخ دهنده به تنش خشکی است که همبستگی بالایی با تحمل به خشکی گیاه نشان می‌دهد (کلوم و وازانا ۲۰۰۳). کاهش پتانسیل آب برگ مانع از تقسیم سلولی، رشد اندام، فتوسنتز خالص و سنتز پروتئین شده و تعادل هورمونی بافت‌های اساسی گیاه را تغییر می‌دهد. به خوبی مشخص شده است که طی تنش‌هایی همچون خشکی، محتوای نسبی آب کاهش می‌یابد (ما و همکاران ۲۰۰۶). کاهش محتوای نسبی آب برگ، طی تنش خشکی در لوبیا چشم بلبلی (آنیا و هرزوک، ۲۰۰۴) گزارش شده است. پورتو و همکاران (۲۰۱۶) بیان داشتند مگافول موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ در گوجه‌فرنگی شد، که احتمالاً به خاطر افزایش توانایی سوخت و ساز گیاه بعد از محلول‌پاشی مگافول می‌باشد که منطقه بزرگی از برگ و توزیع بیشتری از آب در برگ را ایجاد می‌کند.

مواد زیست محرک کشاورزی شامل فرمولاسیون متنوعی از ترکیبات، شامل میکروارگانسیم‌ها، عناصر، آنزیم‌ها، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و عصاره جلبک می‌باشند که برای تنظیم و افزایش کارآمدتر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه از طریق خاک یا محلول‌پاشی اعمال می‌شود (ای بیس ۲۰۱۲)، در نتیجه محصولات به دلیل در دسترس بودن مواد مغذی می‌توانند میزان ظرفیت نگهداری آب، آنتی اکسیدان‌ها، سوخت و ساز گیاه و تولید کلروفیل در گیاهان را افزایش دهند (خان و همکاران ۲۰۰۹). گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با مگافول در شرایط تنش خشکی دارای محتوای آب برگ بیشتری بودند که این ممکن است به دلیل نقش مگافول در افزایش

منابع مورد استفاده

- Abu Seif YI, El-Miniawy SEM, Abu El-Azm NAI and Hegazi AZ. 2016. Response of snap bean growth and seed yield to seed size, plant density and foliar application with algae extract. *Annals of Agricultural Sciences*, 61 (2): 187-199.
- Ajithkumarand P and Panneerselvam R. 2013. Osmolyte accumulation, photosynthetic pigment and growth of *setaria italica* under drought stress. *Asian Pacific Journal*, 2: 220-224.

- Ali AA, Ali TB and Nour KAM. 2009. Antioxidants and some natural compounds applications in relation to tomato growth, yield and chemical constituents. *Annals of Agriculture Sciences*, 47(4): 469-477.
- Anyia AO and Herzog H. 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *European Journal of Agronomy*, 20(4): 327-339.
- Azhdar Afshari M, Shekari F, Afsahi K and Azimkhani R. 2016. Effect of floral applied salicylic acid on dry weight, harvest index, yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit stress. *Environmental Stress in Crop Sciences*, 9 (1): 51-58. (In Persian).
- Bajji M, Lutts S and Kinet JM. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sciences*, 160:669-681.
- Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 72: 248-254.
- Colom MR and Vazzana C. 2003. Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought-sensitive weeping love grass plants. *Environmental Journal of Experimental Botany*, 49: 135- 144.
- EBIC. 2012. <http://www.biostimulants.eu/> website. Accessed 14 Dec 2012.
- Ebrahimi M, Golbashi M, Bihamta M, Hossein zadeh A and Khiyalparast M. 2012. Evaluation of relation of grain yield with important agronomic traits of white bean using different analyses methods under normal and water stress condition. *Agricultural Crop Management*, 13(2): 27-40. (In Persian).
- Gheorghe M, Gidea M, Rosca I and Dimasis K. 2014. Research regarding the treatments with bio-stimulator at maize crop. *Scientific Papers-Series A, Agronomy*, 57:192-196.
- Hui-Ping D, Chan-juan Sh, An-Zhi W and Tuxi Y. 2012. Leaf senescence and photosynthesis in foxtail (*Setaria italica* L.) varieties exposed to drought conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 6 (2): 232-237.
- Kacar B, 1972. *Plant and soil Analyses II*. Ankara University, Faculty of Agriculture, 453. Pub. Ankara. University, Ankara, 155.
- Kalra YP, 1998. *Handbook of reference methods for plant analysis*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Kang G, 2003. Salicylic acid changes activities of H₂O₂ metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 50: 9-15.
- Khaled H and Fawy HA. 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. *Soil and Water Research*, 6:21-29.
- Khalid A, 2006. Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). *International Agrophysics*, 20:289-296.
- Khan W, Rayirath UP, Subramanian S, Jithesh MN, Rayorath P, Hodges DM and Prithiviraj B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4): 386-399.
- Khanna-Chopra R. 1999. Osmotic adjustment and yield stability in wheat genotypes and species grown in water-limited environment. *Journal of Plant Physiology*, 26:173-178.
- Khodary SEA, 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed Maize Plants. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6:5-8.
- Kocira S, Kocira A, Kornas R, Koszel M, Szmigielski M, Krajewska M, Szparaga A and Krzysiak Z. 2018. Effects of seaweed extract on yield and protein content of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Legume Research*, 41(4): 589-593.
- Kumar Patel P. and Hemantaranjan A. 2012 Salicylic acid induced alteration in dry matter partitioning, antioxidant defence system and yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Asian Journal of Crop Science*, 4 (3): 86-102.

- Irigoyen JJ, Einerich DW and Sanchez-Diaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Plant Physiology*, 84: 55-60.
- Lata C, Sarita JH, Prasad M and Sreenivasulu N. 2011. Differential antioxidative responses to dehydration-induced oxidative stress in core set of foxtail millet cultivars. *Protoplasma*, 248: 817-828.
- Leopold AC, Sun WQ and Bernal Lugo L. 1994. The glassy state in seeds: Analysis and function. *Seed Science Research*, 4(3):267-274.
- Ma QQ, Wang W, Li YH, Li DQ and Zou Q. 2006. Alleviation of photoinhibition in drought-stressed wheat (*Triticum aestivum*) by foliar-applied glycinebetaine. *Journal of plant physiology*, 163(2): 165-175.
- Majd A, Maddah SM, Fallahian F, Sabaghpour SH and Chalabian F. 2006. Comparative study of the effect of salicylic acid on yield, yield components and resistance of two susceptible and resistant chickpea cultivars to *Ascochyta rabiei*. *Iranian Journal of Biology*, 3: 314-324.
- Mohammad khani N and Heidari R. 2008. Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. *Turkish Journal of Biology*, 32:23-30.
- Pak Mehr A, Rastgoo M, Shekari F, Saba J and Zangani I. 2011. Effect of salicylic acid priming on some morpho-physiologic characteristics of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9(4): 606-614. (In Persian).
- Petrozza A, Santaniello A, Summerer S, Tommaso GD, Tommaso D and Paparelli E. 2014. Physiological responses to Megafol (R) treatments in tomato plants under drought stress: a phenomic and molecular approach. *Scientia Horticulturae*, 174:185-192.
- Ramirez-Vallejo P and Kelly JD. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*, 99:127-136.
- Reddy AR, Chaitanya KV and Vivekanandan M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161:1189-1202.
- Ritchie SW, Nguyen HT and Holaday AS. 1990. Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30(1): 105-111.
- Salarpour Ghoraba F and Farahbakhsh H. 2014. Effects of drought stress and salicylic acid on morphological and physiological traits of (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Agricultural Crop Management*, 16(3): 765-778. (In Persian).
- Sarker BC, Hara M and Uemura M. 2004. Proline synthesis physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. *Scientia Horticulturae*, 103:387-402.
- Schneider KA. 1997. Improving common bean performance under drought stress. *Crop Science*, 37: 43-50.
- Selivanova MV, Lobankova OY, Romanenko ES, Esaulko NA and Sosyura EA. 2015. Effect of growth factors on the metabolism of cucumber crops grown in a greenhouse. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 12 (2):1397-1404.
- Sepahri A, Abasi R and Karami A. 2015. Effect of drought stress and salicylic acid on yield and yield component of bean genotypes. *Agricultural Crop Management*, 17(2): 503-516. (In Persian).
- Shao HB, Chu LY, Jaleel CA and Zhao CX. 2008. Water-deficit stress induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies*, 331:215-225.
- Sharma K and Kaur S. 2003. Effect of salicylic acid, caffeic acid and light intensity on yield and yield-contributing parameters in soybean (*Glycine max* L.) Merrii. *Environment and Ecology*, 21(2):332-335.
- Sharma HS, Fleming C, Selby C, Rao JR and Martin T. 2014. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of applied phycology*, 26(1): 465-490.
- Tarantino E, Disciglio G, Frabboni L, Libutti A, Gatta G, Gagliaridi A and Tarantino A. 2015. Effect of biostimulants application on quali-quantitative characteristics of cauliflower, pepper, and fennel crops

under organic and conventional fertilization. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 9 (7): 734-738.

- Vaziri ZH, Salamat A, Ansari M, Masihi M, Heydari N and Dehghani-Sanich H. 2008. Evapotranspiration plant (water consumption guidelines for plants) (Translation). Publications of the National Committee of Irrigation and Drainage, printing, Tehran. (In Persian).
- Yancai H and Schmidhalter U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168: 541-549.
- Zamani S, Ghasemnezhad A, Alizadeh M and Alami M. 2018. Effect of Salinity and Salicylic Acid on Morphological and Photosynthetic Pigments Changes of Callus of Artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Journal of Crop Breeding*, 2018; 10 (26):128-138. (In Persian).