Archiv

نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دوازدهم، شماره سوم، پاییز ۹۸
۱-۲۰
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI:10.22069/ejcp.2019.14761.2108

اثر سطوح سوپرجاذب رطوبت، مدیریت تغذیه و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات خاک، کارآیی مصرف آب و خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد لوبیا قرمز (*Phaseolous vulgaris* L.) در شرایط تنش خشکی

محسن جهان[1*]، محمدبهزاد امیری[2]

[1]دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
[2]استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی گناباد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۱

چکیده

سابقه و هدف: امروزه بیش از یک سوم اراضی دنیا در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته که دچار محدودیت آب هستند. تنش خشکی سبب بروز تغییرات مختلف فیزیولوژیکی در گیاه می‌گردد که از آن جمله می‌توان به افزایش دمای سایه‌انداز گیاهی گیاه، افزایش غلظت اسید آمینه پرولین، کاهش رطوبت نسبی برگ، افزایش غلظت قندهای محلول، افزایش مقاومت روزنه‌ای و افزایش غلظت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی اشاره کرد. با توجه به اثرات مخرب تنش خشکی، در سال‌های اخیر تلاش‌های فراوانی به منظور افزایش کارایی مصرف آب صورت گرفته است، که در این مسیر، بهره‌گیری از سوپرجاذب‌ها و محلول‌پاشی با اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک به‌عنوان راهکارهای اساسی جهت صرفه‌جویی و استفاده‌ی بهینه‌ی آب مدنظر قرار گرفته‌اند. نظر به دسترسی ناکافی به آب در کشور و اهمیت به استفاده از نهاده‌های بوم‌سازگار در افزایش بهره‌وری آب، این پژوهش با هدف بررسی اثر سوپرجاذب رطوبت، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر کارآیی مصرف آب و برخی خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد و شاخص‌های تحمل به تنش لوبیا (*Phaseolous vulgaris* (L.) در شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی شاخص‌های تحمل به تنش و بررسی برخی خصوصیات کمی لوبیا (رقم درخشان) تحت‌تأثیر کاربرد نهاده‌های مختلف در شرایط تنش خشکی، آزمایشی در سال زراعی ۹۵- ۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. سطوح آبیاری (۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) در کرت‌های اصلی و تیمارهای تغذیه‌ای (۱- کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص بعلاوه ۸۰ کیلوگرم سوپرجاذب رطوبت، ۲- کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب رطوبت بعلاوه کاربرد توأم ٦ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۳- کاربرد توأم، ٦ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بعلاوه کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، ٤- کاربرد توأم ٦ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌علاوه ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌علاوه ۸۰ کیلوگرم سوپرجاذب رطوبت و ۵- شاهد) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در این پژوهش صفاتی نظیر عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، وزن دانه در بوته، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، میزان نیتروژن، فسفر، شوری و اسیدیته خاک و کارآیی مصرف آب، شاخص تحمل، میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری، میانگین هارمونیک و شاخص حساسیت به تنش مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج آزمایش نشان داد اگر چه اعمال تیمارهای تغذیه‌ای در بهبود کارآیی مصرف آب مؤثر بود، ولی در هر دو شرایط ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمار کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید

[*]مسئول مکاتبه: Jahan@ferdowsi.um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

سالیسیلیک بدست آمد، به‌طوری‌که این تیمار به‌ترتیب منجر به افزایش ٦٣ و ٥٥ درصدی کارآیی مصرف آب در شرایط ٥٠ و ١٠٠ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار شاهد شد. کلیه تیمارهای تغذیه‌ای مورد مطالعه منجر به کاهش خسارات ناشی از تنش خشکی شدند، ولی در این شرایط (تأمین ٥٠ درصد نیاز آبی) بیشترین شاخص سطح برگ (٧/٢٤)، سرعت رشد محصول (٦/٤٧ گرم در مترمربع در روز)، نیتروژن (٠/٣٢ درصد) و فسفر (٠/٠١٨٣ درصد) در تیمار کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک مشاهده شد. کاربرد همزمان نیتروژن و سوپرجاذب، کاربرد همزمان سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، کاربرد همزمان نیتروژن، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک و کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک میانگین بهره‌وری را به‌ترتیب ١٩، ٥٤، ٤٧ و ٥٩ درصد، میانگین هندسی بهره‌وری را به‌ترتیب ١٨، ٥٥، ٤٨ و ٥٩ درصد و میانگین هارمونیک را به‌ترتیب ١٧، ٥٥، ٤٨ و ٦٠ درصد نسبت به شاهد بهبود بخشیدند. اثر تیمارهای تغذیه‌ای بر شاخص حساسیت به تنش و شاخص تحمل تنش معنی‌دار بود و کمترین میزان شاخص حساسیت گیاه به تنش (٠/٥٩) و بیشترین شاخص تحمل تنش (١/٥١) در تیمار کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بدست آمد.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج نشان داد که اگر چه کلیه‌ی تیمارهای تغذیه‌ای در کاهش خسارات ناشی از تنش خشکی (تأمین تنها ٥٠ درصد نیاز آبی) مؤثر بودند، ولی بیشترین عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، شاخص برداشت، وزن دانه در بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، نیتروژن خاک و کارآیی مصرف آب در تیمار کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بدست آمد. میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری و میانگین هارمونیک به‌طورمعنی‌داری در کلیه تیمارهای تغذیه‌ای بیشتر از تیمار شاهد بود. حساسیت گیاه به تنش در شرایط استفاده از تیمارهای کاربرد همزمان سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، کاربرد همزمان نیتروژن، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک و کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد کاهش یافت و بیشترین شاخص تحمل تنش در تیمار کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته خاک، اسید هیومیک، شاخص حساسیت، میانگین هارمونیک، نیتروژن خالص.

مقدمه

امروزه بیش از یک سوم اراضی دنیا در مناطق خشک و نیمه‌خشک دچار محدودیت آب هستند. تنش خشکی سبب تغییرات مختلف فیزیولوژیکی در گیاه می‌گردد که از آن جمله می‌توان به افزایش دمای سایه‌انداز گیاهی گیاه، افزایش غلظت اسید آمینه پرولین، کاهش محتوی رطوبت نسبی برگ، افزایش غلظت قندهای محلول، افزایش مقاومت روزنه‌ای و افزایش غلظت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی اشاره کرد (١١، ٣٦). در شرایط تنش خشکی، به‌دلیل افزایش فعالیت رادیکال‌های آزاد اکسیژن، پراکسید هیدروژن به‌عنوان یک ماده اکسید کننده تولید شده و خسارت شدیدی به غشای سلولی وارد می‌کند. با توجه به اثرات مخرب تنش خشکی، در سال‌های اخیر تلاش‌های فراوانی به منظور افزایش کارایی مصرف آب صورت گرفته است، که در این مسیر، بهره‌گیری از سوپرجاذب‌ها (١٢، ٢٤) و محلول‌پاشی نهاده‌هایی نظیر اسید هیومیک (٦، ٣٢) و اسید سالیسیلیک (٤، ٦ و ١٧) به‌عنوان راهکارهای اساسی جهت صرفه‌جویی و استفاده‌ی بهینه‌ی آب مدنظر قرار گرفته‌اند.

سوپرجاذب‌ها می‌توانند ٤٠٠ الی ١٥٠٠ گرم آب را در هر گرم هیدروژل ذخیره کنند (٢٣). آب جذب شده در هنگام تنش کم‌آبی به تدریج آزاد شده و در اختیار ریشه‌ی گیاه قرار می‌گیرد. این ترکیبات از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی و ساختمان خاک، افزایش جوانه‌زنی و سبز شدن بذر، کاهش نیاز آبی

www.SID.ir

Archive of SID

گیاه و کاهش میزان تبخیر از سطح خاک منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصولات مختلف می‌شوند (۲٤). بررسی اثر کاربرد سوپرجاذب بر برخی صفات بیوشیمیایی و محتوی نسبی آب ارقام لوبیا تحت تنش خشکی نشان داد که حداکثر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پرولین در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و سطح تنش خشکی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر حاصل شد (۳۳). در پژوهشی اثر کاربرد هیدروژل سوپرجاذب رطوبت در خاک و محلول‌پاشی اسید هیومیک در لوبیا قرمز بررسی و گزارش شد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در تیمارهای ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌علاوه‌ی اسید هیومیک و بدون کاربرد سوپرجاذب بدون اسید هیومیک بدست آمد (۱۵). در پژوهشی دیگر، مصرف ۱۸ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و محلول‌پاشی با غلظت ۰/٤ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک افزایش ٤۰ درصدی عملکرد دانه نخود سفید *Cicer arietinum* L. را نسبت به تیمار شاهد در پی داشت (۲۸).

ترکیبات هوموسی دارای دو نوع اسید آلی مهم به نام‌های اسید هیومیک و اسید فولویک می‌باشد. مولکول‌های اسید هیومیک با پیوند به مولکول‌های آب، تا حدود زیادی مانع از تبخیر آب می‌گردند. اثر مستقیم اسید هیومیک به‌عنوان یک ترکیب شبه‌هورمونی و اثر غیرمستقیم آن به‌صورت افزایش جذب عناصر غذایی از طریق خاصیت کلات‌کنندگی- احیاکنندگی، حفظ نفوذپذیری غشا، افزایش متابولیسم ریزجانداران در خاک و بهبود وضعیت فیزیکی خاک و افزایش رشد ریشه و ساقه می‌باشد (۳۸). بهشتی و تدین (۲۰۱۸) گزارش کردند که محلول‌پاشی اسید هیومیک با افزایش غلظت اسمولیت‌هایی نظیر قندهای محلول و پرولین و در نتیجه کمک به حفظ فشار اسمزی در سلول‌ها، در تحمل تنش خشکی به گیاه لوبیا لیما *Phaseolus lunatus* L. کمک کرد (٦). در پژوهشی دیگر، بیشترین عملکرد دانه و پروتئین دانه‌ی نخود *Cicer arietinum* L. در شرایط کاربرد اسید هیومیک بدست آمد (۲۲). محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در باقلا *Vicia faba* L.، عملکرد دانه را به میزان قابل‌توجهی نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (۳۱). تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد پروتئین نخود در اثر کاربرد ۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و نانو کود آهن وروی به‌ترتیب ۷۸/٦۹، ٦۵/۵٤ و ۸٤/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (٤۰).

اسید سالیسیلیک ترکیب فنولی گیاهی است که شبه‌هورمون در نظر گرفته می‌شود و نقش مهمی در ساز و کارهای دفاعی در برابر تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی ایفا می‌کند. به کار بردن اسید سالیسیلیک به‌صورت خارجی، می‌تواند بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک و تکوینی از جمله روابط آبی گیاه، فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها، رنگیزه‌های فتوسنتزی و رشد گیاهان اثر بگذارد. این ترکیب می‌تواند آنزیم‌هایی ویژه را در مسیر متابولیک پرولین القا کند و میزان پرولین را در شرایط تنش افزایش دهد. اثبات شده است که این مولکول، ماده‌ای ضدتعرق است و با ممانعت از باز شدن روزنه‌ها، مقاومت گیاه را نسبت به تنش خشکی سبب می‌شود (٤). محلول‌پاشی دو غلظت نیم و یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در لوبیا قرمز باعث بهبود شاخص‌های درصد نسبی آب، میزان کلروفیل نسبی و کلروفیل فلورسانس برگ در شرایط تنش شوری در مقایسه با گیاهان شاهد شد (۱۷). در یک پژوهش گزارش شد که محلول‌پاشی غلظت ۰/۷ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در گیاه نخود منجر به افزایش معنی‌دار وزن صد غلاف، وزن صد دانه، مقدار پروتئین محلول کل و عملکرد بوته نسبت به شاهد شد (۱۹). بهبود میزان کلروفیل کل، میزان پرولین و

www.SID.ir

Archive of SID

اجزای عملکرد دانه لوبیا قرمز در شرایط محلول‌پاشی ۰/۷ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک گزارش شد (۳۷). کاربرد ٤٥٠ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث افزایش عملکرد، شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی *Vigna unguiculata* L. نسبت به تیمار شاهد گردید (۳).

حبوبات پس از غلات دومین منبع مهم غذایی بشر می‌باشند. پروتئین موجود در دانه‌های حبوبات دو تا سه برابر غلات است و در بین حبوبات از نظر میزان تولید در ایران مقام دوم به لوبیا قرمز *Phaseolus vulgaris* L. اختصاص دارد (٢٦). اگر چه لوبیا قرمز به عنوان یک گیاه حساس به تنش خشکی معرفی شده است، تولید این محصول در بسیاری مناطق کم‌آب جهان صورت می‌گیرد (۱۸). از آنجا که کشور ایران با متوسط بارندگی سالیانه ٢٦٠ میلی‌متر جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب شده و نیمی از اراضی قابل کشت کشور در این مناطق قرار دارند، بنابراین زراعت لوبیا در این مناطق می‌تواند با محدودیت آب مواجه شود (۱۰).

با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک اکثر نقاط کشور و دسترسی ناکافی به آب و نظر به اهمیت استفاده از نهاده‌های بوم‌سازگار و همچنین نقش اسید سالیسیلیک در افزایش بهره‌وری آب و انجام مطالعات اندک در زمینه استفاده از تکنیک‌های آماری در شناسایی عوامل مؤثر در کارآیی مصرف آب در گیاهان زراعی، این پژوهش با هدف بررسی اثر سوپرجاذب رطوبت، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر کارآیی مصرف آب و برخی خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و شاخص‌های تحمل به تنش لوبیا در شرایط تنش خشکی در شرایط آب و هوایی مشهد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ′۲۸ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی ′۱۵ °۳٦ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) در زمینی به مساحت حدود ۱۰۰۰ مترمربع به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سطوح آبیاری (۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) در کرت‌های اصلی و تیمارهای تغذیه‌ای (۱- کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌علاوه ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب رطوبت، ۲- کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار هیدروژل سوپرجاذب رطوبت بعلاوه کاربرد توأم ٦ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و، ۳- کاربرد توأم ٦ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌علاوه کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، ٤- کاربرد توأم ٦ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بعلاوه ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص بعلاوه ۸۰ کیلوگرم سوپرجاذب رطوبت و ۵- شاهد) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. مقدار سوپرجاذب رطوبت (۱۳) و اسید هیومیک (۱۳، ١٤ و ۱۵) بر اساس نتایج برخی پژوهش‌های قبلی نگارندگان و مقدار اسید سالیسیلیک (۱۷) با توجه به بررسی منابع انجام شده انتخاب شد. ابعاد کرت‌های اصلی ۳×٦ متر و ابعاد کرت‌های فرعی ۳×۳ متر در نظر گرفته شد.

قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری انجام و به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد (جدول ۱). به‌منظور محاسبه‌ی نیاز آبی لوبیا در شرایط مشهد، از نرم‌افزار OPTIWAT استفاده شد

www.SID.ir

Archive of SID

(۱). کل نیاز آبی لوبیا در فصل رشد (در مجموع ۱٤ نوبت آبیاری) با استفاده از نرم‌افزار OPTIWAT، ٤۲۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد شد که با اطلاع از طول فصل رشد، داده‌های مربوط به تبخیر و تعرق روزانه و فاصله‌ی آبیاری ۷ روز، حجم آب مورد نیاز در هر بار آبیاری در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی ۳۰۰ متر مکعب در هکتار و برای ۵۰ درصد نیاز آبی ۱۵۰ متر مکعب در هکتار محاسبه شد. آماده‌سازی زمین با تأکید بر خاک‌ورزی حداقل، انجام شد به این صورت که زمین فقط دیسک زده شد و پس از آن کلیه‌ی عملیات آماده سازی زمین توسط کارگر و با بیل دستی انجام گرفت. پس از آماده‌سازی زمین، مقدار سوپرجاذب برای هر یک از کرت‌های مربوطه محاسبه و به‌طور یکنواخت در سطح کرت‌های مورد نظر پخش و تا عمق ۳۰ سانتی‌متری کاملاً با خاک مخلوط شدند. خصوصیات نهاده‌های مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. نیاز کودی برای نیتروژن از منبع شیمیایی (کود اوره)، ۷۵ کیلوگرم در هکتار تعیین شد (۵) که نیمی از این مقدار در زمان کاشت و نیم دیگر آن بعد از انجام عملیات تنک به خاک کرت‌های مربوطه اضافه گردید.

بذرهای لوبیا (درخشان) در تاریخ ۲۰ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵ روی ردیف‌هایی به فاصله‌ی ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع کشت شد (۲). پس از کشت، آبیاری با استفاده از کنتور و لوله آبیاری و به صورت نشتی انجام شد. جهت اجتناب از مخلوط شدن آب کرت‌ها با یکدیگر، برای هر تکرار و هر کرت لوله‌ی جداگانه برای آبیاری در نظر گرفته شد. برای رسیدن به تراکم مناسب، پس از رسیدن گیاه به مرحله‌ی چهار برگی عملیات تنک کردن انجام گرفت. سطوح آبیاری، هر هفت روز یکبار توسط کنتور اعمال و در مجموع ۱٤ نوبت آبیاری در طول فصل رشد انجام شد. اعمال سطوح مختلف اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک در دو نوبت به‌صورت محلول‌پاشی روی برگ‌ها در مراحل شش تا هفت برگی و قبل از گلدهی در کرت‌های مربوطه انجام گرفت و در تیمار شاهد محلول‌پاشی انجام نشد.

به‌منظور کنترل علف‌های هرز، سه نوبت وجین دستی (دو، چهار و شش هفته پس از کاشت) انجام شد. در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دوره‌ی رشد، هیچ‌گونه علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش شیمیایی استفاده نشد. به‌منظور محاسبه آنالیزهای رشد و خصوصیات رشدی، نمونه‌برداری‌های تخریبی از ۳۰ روز پس از سبز شدن، هر ۱۵ روز یک‌بار، با حذف اثرات حاشیه‌ای و به‌طور تصادفی از مساحت نیم متر مربع در هر کرت آزمایشی انجام و صفاتی چون سطح‌برگ، ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شد. برای تعیین سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل LI 3100C استفاده شد. به‌منظور محاسبه‌ی سرعت رشد محصول (CGR) در طول فصل رشد از معادله‌ی ۱ استفاده شد (۱٦):

$$CGR = \frac{1}{GA} \times \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \qquad \text{معادله (۱)}$$

در معادله ۱، GA سطح زمین (متر مربع)، W_1 وزن خشک اولیه گیاه (گرم در متر مربع)، t_1 زمان نمونه‌گیری اول (روز پس از سبز شدن)، W_2 وزن خشک گیاه در نوبت دوم نمونه‌گیری (گرم در متر مربع) و t_2 زمان نمونه‌گیری دوم (روز پس از سبز شدن) است. در اواخر فصل رشد، با آغاز مرحله‌ی رسیدگی و زرد شدن بوته‌ها، پس از حذف اثر حاشیه‌ای، به‌طور تصادفی بوته‌های موجود در سطح یک متر مربع از هر کرت برداشت و عملکرد دانه و عملکرد ماده‌ی خشک تعیین شد. در پایان عملیات برداشت، میزان نیتروژن، فسفر، EC و pH خاک کرت‌های آزمایشی اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار کل نیتروژن موجود در نمونهٔ خاک (منهای نیتروژن نیتراتی)، ابتدا با استفاده از اسید سولفوریک و کاتالیزور، عمل هضم نمونه انجام و سپس مقدار نیتروژن در عصارهٔ حاصل توسط روش هضم تر (۷) و با استفاده از دستگاه Semi-Automated Distillation Unit انجام شد. به‌منظور تعیین مقدار فسفر قابل جذب در خاک، ابتدا از نمونهٔ خاک مطابق روش اولسن و سامرز (۱۹۸۲) عصاره تهیه شد (۲۵) و سپس مقدار فسفر در عصارهٔ حاصل به روش مورفی و رایلی (۱۹٦۲) اندازه‌گیری شد (۲۱). کارآیی مصرف آب آبیاری (WUE) ($kg\ \ Seed.m^3\ \ Water^{-1}$) در تیمارهای مختلف با استفاده از معادله‌ی ۲ محاسبه شد (۲۷):

معادله (۲): $$WUE = \frac{Y_s}{W_I + W_P}$$

که در این معادله، Y_s عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)، W_I مقدار آب آبیاری ($m^3.ha^{-1}$) و W_P میزان بارندگی (mm) است. در نهایت با استفاده از عملکرد گیاهان در شرایط تنش (Ys) و عدم تنش رطوبتی (Yp) و میانگین عملکرد گیاه در دو محیط تنش ($\bar{Y}s$) و عدم تنش رطوبتی ($\bar{Y}p$) شاخص‌های کمی تحمل به تنش خشکی به شرح زیر محاسبه گردید.

معادله (۳): شاخص تحمل به تنش (TOL)[1] (۳۰)

$$TOL= Yp-Ys$$

معادله (٤): شاخص میانگین بهره‌وری (MP)[2] (۳۰)

$$MP= (Ys+Yp)/2$$

معادله (۵): میانگین هندسی عملکرد در دو محیط (GMP)[3] (۸)

$$GMP= \sqrt{(Yp.Ys)}$$

معادله (٦): میانگین هارمونیک عملکرد در دو محیط (HM)[4] (۸)

$$HM= [2(Yp.Ys)]/(Yp+Ys)$$

معادله (۷): شاخص حساسیت به خشکی (SSI)[5] (۹)

$$SSI= [1-(Ys/Yp)]/[1-(\bar{Y}s/\bar{Y}p)]$$

معادله (۸): شاخص تحمل به تنش (STI)[6] (۸)

$$STI= (Yp.Ys)/(\bar{Y}p)^2$$

تجزیه واریانس (ANOVA) و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. میانگین‌ها توسط آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار[7] و در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثر سطوح آبیاری، تیمارهای تغذیه‌ای و اثرات متقابل آنها بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول ۲). همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود در هر دو شرایط ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی، کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک منجر به تولید بیشترین عملکرد دانه شد. کاربرد همزمان نیتروژن و سوپرجاذب، کاربرد همزمان سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک و کاربرد همزمان نیتروژن، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک نیز عملکرد دانه را به‌ترتیب ۱۵، ۵۸ و ۵۱ درصد در شرایط ۵۰ درصد نیاز آبی و به‌ترتیب ۲۲، ۵۱ و ٤٤ درصد در شرایط ۱۰۰ درصد نیاز آبی نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی (تأمین تنها ۵۰ درصد نیاز آبی)، سوپرجاذب بیشتر از نیتروژن در بروز اثرات مثبت اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر عملکرد دانه مؤفق بود، به‌طوری‌که در این شرایط عملکرد دانه در تیمار کاربرد همزمان سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک ۱۳ درصد بیشتر از تیمار کاربرد همزمان نیتروژن، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بود (جدول ۳).

1. Tolerance Index
2. Mean Productivity
3. Geometric Mean Productivity
4. Harmonic Mean
5. Stress Susceptibility Index
6. Stress Tolerance Index
7. Least Significant Difference

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- خصوصیات خاک، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک مورد استفاده.

Table 1- Characteristics of soil, used super absorbent, humic acid and salicylic acid.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک Physicochemical characteristics of soil		خصوصیات سوپرجاذب مورد استفاده Characteristics of used super absorbent polymer		خصوصیات اسید هیومیک مورد استفاده Characteristics of used humic acid		خصوصیات اسید سالیسیلیک مورد استفاده Characteristics of used salicylic acid	
بافت texture	لوم سیلتی Silty loam	فرمول شیمیایی Chemical formula	$(C_3H_3NaO_2)_n$	نام تجاری Trade name	پوهوموس ۸۵ درصد WGS 85%	فرمول شیمیایی Chemical formula	$C_7H_6O_3$
نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	0.076	ظاهر Appearance	پودر سفید رنگ White powder	اسید هیومیک (درصد) Humic acid (%)	85	جرم مولی Molar mass	138
فسفر قابل‌دسترس (قسمت در میلیون) Available phosphorus (ppm)	11.9	مقدار رطوبت (درصد) Moisture content	Less than 5	اکسید پتاسیم (درصد) Potassium oxid (%)	12	چگالی Density	1.4
پتاسیم قابل‌دسترس (قسمت در میلیون) Available potassium (ppm)	472	بو و سمیت Odor and toxicity	0	آهن (درصد) Fe (%)	1	دمای ذوب Melting teperature	158
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)	2.3	چگالی توده‌ای (گرم بر سانتی متر مکعب) Mass density ($g.cm^{-3}$)	0.8	نیتروژن آلی (درصد) Organic nitrogen (%)	0.8	دمای جوش Boiling temperature	200
کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	0.58	اسیدیته pH	9.81	اسیدیته pH	9-10	انحلال‌پذیری در آب Solubility in water	2.4
اسیدیته pH	7.26					اسیدیته pH	2.1

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات خاک و برخی خصوصیات رشدی و عملکرد لوبیا تحت تأثیر سطوح آبیاری و تیمارهای تغذیه‌ای.

Table 2-Analysis of variance (mean of squares) for soil characteristics and growth criteria and yield of bean affected by interaction effects of irrigation levels and nutritional treatments.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه SY	عملکرد ماده خشک BY	شاخص برداشت HI	وزن دانه در بوته SW	ارتفاع بوته H	شاخص سطح برگ LAI	سرعت رشد محصول CGR	نیتروژن کل خاک Total Soil N	فسفر قابل دسترس‌خاک Soil Availeble P	شوری خاک EC	اسیدیته خاک pH	کارآیی مصرف آب WUE
بلوک Block	2	12019**	42729*	5.79ns	1.25**	347**	0.21**	0.31**	0.001**	0.000005**	0.07**	0.28**	0.002*
سطوح آبیاری Irrigation levels	1	1018257**	158620**	316.32**	7.72**	15024**	13.09**	13.24**	0.01**	0.0002**	3.59**	2.82**	0.79**
خطای اصلی Main error	2	2402	4254	2.68	0.03	0.93	0.0003	0.003	0.00001	0.0000002	0.003	0.01	0.00006
تیمارهای تغذیه‌ای Nutritional treatments	4	1715346**	2317010**	913.47**	44.57**	5177**	16.01**	12.58**	0.03**	0.0002**	1.79**	9.30**	0.43**
سطوح آبیاری×تیمارهای تغذیه‌ای Irrigation levels×Nutritional treatments	4	8517*	912676**	222.60**	25.37**	1698**	1.27**	0.49**	0.006**	0.00004**	0.12**	0.06**	0.05**
خطای فرعی Sub error	8	3578	5208	9.92	0.01	15.95	0.01	0.008	0.00004	0.0000003	0.0006	0.007	0.0009
خطای کل Total error	8	1217	5655	3.05	0.05	22.74	0.003	0.01	0.00004	0.0000001	0.0006	0.008	0.0003
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	2.27	2.43	3.56	2.64	6.43	0.97	2.22	3.98	3.06	1.91	0.99	2.70

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

*, ** and ns are significant at 5 and 1% probability level and non-significant, respectively. SY: Seed Yeild, BY: Biological Yield, HI: Harvest Index, SW: Seed Weight per Plant, LAI: Leaf Area Index, CGR: Crop Growth Rate, Soil N: Soil Nitrogen, Soil P: Soil Phosphorous, EC: Electrical Conductivity, pH: Acidity, WUE: Water Use Efficiency.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات خاک و برخی خصوصیات رشدی و عملکرد لوبیا تحت تأثیر اثرات متقابل مقادیر مختلف آبیاری و تیمار تغذیه‌ای.

Table 3- Mean comparisons for soil characteristics and growth criteria and yield of bean affected by interaction effects of different irrigation levels and nutritional treatments.

		عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) SY (kg.ha^{-1})	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم بر هکتار) BY (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest Index	وزن دانه در بوته (گرم) SW (g)	ارتفاع بوته (سانتی متر) H (cm)	متوسط شاخص سطح برگ LAI	متوسط سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع بر روز) CGR (g.m^{-2}.day^{-1})	نیتروژن کل خاک (درصد) Soil N (%)	فسفر قابل دسترس خاک (درصد) Soil P (%)	شوری خاک (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m^{-1})	اسیدیته خاک pH	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم دانه به مترمکعب آب) WUE (kg seed.m^{3} water)
۱۰۰ درصد نیاز آبی 100% Water requirement	نیتروژن+سوپرجاذب N+S	1317^{g}	2918^{e}	45.12d	8.39^{f}	61^{e}	4.95^{g}	4.75^{f}	0.16^{e}	0.0060^{h}	1.43^{d}	10.12$_{c}$	0.43^{g}
	سوپرجاذب+اسید هیومیک+اسید سالیسیلیک S+HA+SA	2128^{b}	4297^{a}	49.52c	14.25^{a}	124^{b}	7.97^{b}	7.47^{b}	0.19^{d}	0.0233^{b}	0.59^{h}	9.47^{d}	0.70^{d}
	نیتروژن+اسید هیومیک+اسید سالیسیلیک N+HA+SA	1842^{d}	3924^{b}	46.95cd	13.14^{b}	102^{c}	7.55^{c}	5.95^{d}	0.21^{c}	0.0159^{d}	0.78^{g}	8.61^{e}	0.61^{e}
	نیتروژن+سوپرجاذب+اسید هیومیک+اسید سالیسیلیک N+S+HA+SA	2260^{a}	2774^{ef}	81.81a	5.82^{h}	147^{a}	8.45^{a}	8.34^{a}	0.25^{b}	0.0257^{a}	0.39^{i}	10.97$_{a}$	0.75^{d}
	شاهد Control	1033^{h}	2701^{f}	38.22e	7.26^{g}	46^{f}	4.11^{h}	4.40^{g}	0.13^{f}	0.0082^{g}	1.74^{c}	8.12^{f}	0.34^{h}
۵۰ درصد نیاز آبی 50% Water requirement	نیتروژن+سوپرجاذب N+S	844^{i}	1883^{h}	44.83d	6.07^{h}	38^{fg}	4.68^{g}	3.94^{h}	0.10^{g}	0.0069^{gh}	1.90^{b}	9.64^{d}	0.56^{f}
	سوپرجاذب+اسید هیومیک+اسید سالیسیلیک S+HA+SA	1715^{e}	3191^{d}	53.73b	10.92^{d}	83^{d}	5.35^{f}	5.44^{e}	0.08^{g}	0.0103^{f}	1.20^{e}	8.92^{e}	1.14^{b}
	نیتروژن+اسید هیومیک+اسید سالیسیلیک N+HA+SA	1485^{f}	3329^{d}	44.62d	9.70^{e}	64^{e}	5.75^{e}	4.98^{f}	0.18^{d}	0.0137^{e}	1.97^{b}	7.83^{f}	0.99^{c}
	نیتروژن+سوپرجاذب+اسید هیومیک+اسید سالیسیلیک N+S+HA+SA	1973^{c}	3604^{c}	54.75b	12.10^{c}	45^{f}	7.24^{d}	6.47^{c}	0.32^{a}	0.0183^{c}	1.00^{f}	10.58$_{b}$	1.31^{a}
	شاهد Control	721^{j}	2307^{g}	31.23	5.00^{i}	27^{g}	3.41^{i}	3.44^{i}	0.06^{h}	0.0038^{i}	2.32^{a}	7.25^{g}	0.48^{g}
	حداقل تفاوت معنی‌دار LSD	98.73	161.97	4.18	0.68	12.08	0.29	0.34	0.02	0.001	0.15	0.32	0.04

* در هر ستون، برای هر عامل، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. N، S، HA و SA به‌ترتیب نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک می‌باشند.

* In each colomn, for each factor, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level. N, S, HA and SA are Nitrogen, Superabsorbent, Humic acid and Salicylic acid, respectively. SY: Seed Yeild, BY: Biological Yield, HI: Harvest Index, SW: Seed Weight per Plant, LAI: Leaf Area Index, CGR: Crop Growth Rate, Soil N: Soil Nitrogen, Soil P: Soil Phosphorous, EC: Electrical Conductivity, pH: Acidity, WUE: Water Use Efficiency.

www.SID.ir

Archive of SID

به نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی، اولین استراتژی که گیاه انتخاب می‌کند یافتن راهکارهایی برای مقابله با تنش است و با توجه به نقش مؤثری که تیمارهایی همچون سوپرجاذب رطوبت (احتمالاً از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی و ساختمان خاک و کاهش میزان تبخیر از سطح خاک) (۲٤) و اسید سالیسیلیک (احتمالاً از طریق تأثیر بر آنزیم‌های کاتالاز و پروکسیداز و سایر تنظیم‌کننده‌های اسمزی نظیر پرولین، گلیسین و بتائین) (٤) در کاهش اثرات مخرب تنش خشکی دارند، افزایش عملکرد دانه در شرایط کاربرد این چنین نهاده‌هایی منطقی به نظر می‌رسد.

بیشترین عملکرد ماده‌ی خشک (٤۲۹۷ کیلوگرم در هکتار) و وزن دانه در بوته (۱٤/۲۵ گرم) با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و در تیمار کاربرد همزمان سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بدست آمد (جدول ۳). اگرچه کلیه‌ی تیمارهای تغذیه‌ای مورد مطالعه در کاهش خسارات ناشی از تنش خشکی مؤثر بودند، ولی در این شرایط (تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی) بیشترین شاخص برداشت (٥٤/۷۵)، شاخص سطح برگ (۷/۲٤))، سرعت رشد محصول (٦/٤۷ گرم در مترمربع در روز)، نیتروژن (۰/۳۲ درصد)، فسفر (۰/۰۱۸۳ درصد) و اسیدیته خاک (۱۰/۵۸) در تیمار کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد از آنجایی که سوپرجاذب‌ها می‌توانند ٤۰۰ الی ۱۵۰۰ گرم آب در هر گرم هیدروژل ذخیره کنند (۲۳)، کاربرد آنها در شرایط تنش خشکی، سبب شود رطوبت بیشتری در ناحیه توسعه ریشه قرار گرفته و به تبع آن ویژگی‌های رشدی و عملکرد محصول بهبود یابد. از طرفی احتمالاً مولکول‌های اسید هیومیک با پیوند به مولکول‌های آب، از تبخیر آب از خاک جلوگیری کرده (۳۸) و در نتیجه منجر به افزایش آب در دسترس ریشه شده است. یکی از اثرات غیرمستقیم اسید هیومیک در بهبود ویژگی‌های رشدی گیاهان، نقش این ماده آلی در افزایش جذب عناصر غذایی از طریق خاصیت کلات‌کنندگی-احیاکنندگی می‌باشد (۳۸) و به نظر می‌رسد به این دلیل جذب عنصر نیتروژن در شرایط کاربرد همزمان اسید هیومیک و نیتروژن نسبت به کاربرد جداگانه نیتروژن افزایش یافته است. با توجه به اینکه اسید سالیسیلیک ماده‌ای ضدتعرق است احتمالاً از طریق ممانعت از باز شدن روزنه‌ها و افزایش میزان پرولین، مقاومت گیاه را نسبت به تنش خشکی سبب شده و در نتیجه بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد محصول را در پی داشته است (٤). در کلیه‌ی تیمارهای تغذیه‌ای، کاهش حجم آب مصرفی از ۱۰۰ به ۵۰ درصد نیاز آبی، منجر به افزایش میزان شوری خاک شد، به‌طوری‌که تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در تیمارهای کاربرد همزمان نیتروژن و سوپرجاذب، کاربرد همزمان سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، کاربرد همزمان نیتروژن، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک و کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک به‌ترتیب کاهش ۲۵، ۵۱، ٦۰ و ٦۱ درصدی شوری خاک را در مقایسه با کاربرد این نهاده‌ها در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی در پی داشت (جدول ۳).

اگر چه کاربرد کلیه‌ی تیمارهای تغذیه‌ای در بهبود کارآیی مصرف آب مؤثر بود، ولی در هر دو شرایط ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمار کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بدست آمد (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی (تأمین تنها ۵۰ درصد نیاز آبی)، تیمارهای کاربرد همزمان نیتروژن و سوپرجاذب، کاربرد همزمان سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک و کاربرد همزمان

www.SID.ir

Archive of SID

نیتروژن، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک به‌ترتیب افزایش ۱٤، ۵۸ و ۵۲ درصدی کارآیی مصرف آب را نسبت به شاهد سبب شدند (جدول ۳).

امروزه از پلیمرهای سوپرجاذب به‌طور گسترده‌ای در کشاورزی استفاده می‌شود و نقش آن‌ها در کاهش شدت تنش خشکی و مرگ گیاهان و همچنین افزایش تولید محصولات زراعی در مطالعات متعدد به اثبات رسیده است (۲۳، ۲٤). سوپرجاذب‌ها از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی و ساختمان خاک، کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک، افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، افزایش جوانه‌زنی و سبز شدن بذر، کاهش نیاز آبی گیاه و کاهش میزان تبخیر از سطح خاک منجر به بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصولات مختلف می‌شوند (۲٤). این مواد بی‌بو، بی‌رنگ و بدون خاصیت آلایندگی خاک، آب و بافت گیاه می‌باشند، ضمن این‌که کاملاً سالم و غیرسمی هستند و درنهایت در خاک به دی‌اکسید کربن، آب، آمونیاک و یون پتاسیم تجزیه می‌شوند (۲۳). بررسی کاربرد هیدروژل سوپرجاذب رطوبت در خاک و محلول‌پاشی اسید هیومیک در لوبیا قرمز نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در تیمارهای کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌علاوه اسید هیومیک (۳٤۷۵/۹ کیلوگرم در هکتار) و بدون کاربرد سوپرجاذب بدون اسید هیومیک (۱۷۱۰/٦ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (۱۵). در یک پژوهش پس از بررسی اثر مقادیر سوپرجاذب رطوبت و سطوح تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max* (L.) گزارش شد که کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب رطوبت بیشترین تأثیر را بر رشد و عملکرد در تمامی شرایط آبیاری (آبیاری معمول و یا تحت شرایط تنش خشکی) از خود نشان داد (٤۱). در پژوهشی دیگر، ویژگی‌های اگرواکولوژیکی ریحان تحت‌تأثیر کاربرد سوپرجاذب رطوبت، اسید هیومیک و دورهای آبیاری بررسی و گزارش شد که در مدار آبیاری ۵ روز، سطوح صفر، ٤۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌ترتیب منجر به افزایش ۱۳، ۵۰ و ۱۷ درصدی عملکرد ماده خشک نسبت به مدار آبیاری ۱۰ روز شدند (۱٤).

اسید هیومیک احتمالاً با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت نگهداری آب در خاک و همچنین فعال کردن چرخه‌ی تنفس، فتوسنتز و تولید آمینواسید و آدنوزین‌تری فسفات، باعث افزایش رشد گیاهان مورد مطالعه شده است (۳۸). همچنین به‌نظر می‌رسد که اسید هیومیک سبب افزایش طول و وزن ریشه، تعداد ریشه‌های جانبی و همچنین افزایش جریان شیره‌ی گیاهی از آوندها شده و یا اینکه اثر خود را از طریق آماده‌سازی مواد معدنی، گسترش جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید، انتقال عناصرغذایی و مواد تنظیم‌کننده‌ی رشد اعمال کرده است. در برخی از مطالعات به کاهش اثرات تنش ناشی ازعوامل محیطی و طبیعی بر روی گیاه تحت‌تأثیر مواد هیومیکی اشاره شده است (۳٤). در یک پژوهش، در شرایط استفاده از اسیدهیومیک، عملکرد علوفه ذرت ۳۱ درصد بیشتر از شاهد بود (۲۹). در پژوهشی دیگر، بیشترین عملکرد دانه لوبیا قرمز در تیمار کاربرد همزمان باکتری *سودوموناس* (*Pseudomonas putida*) و ٤۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اسید هیومیک بدست آمد (۳۵). کاربرد ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در حضور میکوریزا *گلاموس موسه* (*Glomus mossea*) منجر به افزایش ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن خشک بوته، تعداد غلاف در بوته، درصد پروتئین دانه و درصد نیتروژن و فسفر برگ لوبیا قرمز شد (٤۲).

به‌نظر می‌رسد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک احتمالاً از طریق تأثیر بر آنزیم‌های کاتالاز و پروکسیداز و سایر تنظیم‌کننده‌های اسمزی نظیر پرولین، گلیسین و بتائین توانسته آثار ناشی از تنش

www.SID.ir

Archive of SID

خشکی را کاهش داده (٤) و در نهایت منجر به افزایش اکثر صفات مورد بررسی کنجد، ذرت و لوبیا شود. محلول‌پاشی دو غلظت نیم و یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در لوبیا قرمز باعث بهبود شاخص‌های درصد نسبی آب، میزان کلروفیل نسبی و کلروفیل فلورسانس برگ در شرایط تنش شوری در مقایسه با گیاهان شاهد شد (۱۷). در یک پژوهش گزارش شد که محلول‌پاشی غلظت ۰/۷ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در گیاه نخود منجر به افزایش معنی‌دار وزن صد غلاف، وزن صد دانه، مقدار پروتئین محلول کل و عملکرد بوته نسبت به شاهد شد (۱۹). در پژوهشی دیگر، بیشترین شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و ماده‌ی خشک کل ذرت در شرایط کابرد اسید سالیسیلیک گزارش شد (٤). برخی محققین (۲۰) اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی را بررسی و گزارش کردند که اسید سالیسیلیک در هر دو شرایط تنش و غیرتنش منجر به افزایش عملکرد دانه شد.

ضرایب همبستگی: بین عملکرد دانه و تمامی صفات مورد مطالعه به جز شوری خاک همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت، در نتیجه به‌نظر می‌رسد که افزایش هر یک از صفات عملکرد ماده خشک (r= ۰/۷٤**)، وزن دانه در بوته (r= ۰/٦۳**)، ارتفاع بوته (r= ۰/۸۲**)، شاخص سطح برگ (r= ۰/۹٤**)، سرعت رشد محصول (r= ۰/۹۵**)، نیتروژن (r= ۰/۷٤**)، فسفر (r= ۰/۹۱**) و اسیدیته خاک (r= ۰/۵۸**) و کارآیی مصرف آب (r= ۰/۵۵**) بهبود عملکرد دانه را در پی خواهد داشت (جدول ٤). همبستگی منفی عملکرد دانه و شوری خاک مؤید افت عملکرد دانه تحت‌تأثیر شوری خاک بود (جدول ٤). همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، ترکیب‌های مختلف کاربرد همزمان نهاده‌هایی نظیر نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک منجر به افزایش صفاتی همچون وزن دانه در بوته شده و با توجه به همبستگی مثبت عملکرد دانه با وزن دانه در بوته، بهبود عملکرد دانه در شرایط استفاده از این نهاده‌ها منطقی به نظر می‌رسد. با افزایش ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ، احتمالاً نور بیشتری در اختیار برگ‌ها قرار گرفته و به تبع آن مواد فتوسنتزی بیشتری در برگ‌ها ساخته و به اندام‌های زایشی انتقال یافته است، در نتیجه با افزایش ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ، عملکرد دانه بهبود پیدا کرده است. نقش عناصر غذایی مهمی نظیر نیتروژن و فسفر در بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد محصولات مختلف امری اثبات شده است و کاربرد همزمان نهاده‌هایی همچون نیتروژن، سوپرجاذب رطوبت، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک که بتواند ضمن کاهش اثرات تنش خشکی، میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه را افزایش دهد، ضروری به نظر می‌رسد.

همبستگی مثبت و معنی‌دار کارآیی مصرف آب با شاخص‌هایی نظیر شاخص سطح برگ (r=۰/٤۲*) و سرعت رشد محصول (r=۰/٤۰*) نشان داد که کاربرد نهاده‌های تغذیه‌ای مؤثر در بهبود این شاخص‌ها (به‌ویژه کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک)، افزایش کارآیی مصرف آب و در نتیجه کاهش خسارات ناشی از تنش خشکی را در پی داشت (جدول ٤). با افزایش شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول به ویژه در مراحل ابتدایی رشد، احتمالاً مواد فتوسنتزی بیشتری ساخته و به ریشه ارسال و این امر منجر به توسعه ریشه شده و میزان رطوبت بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و از این طریق کارآیی مصرف آب افزایش پیدا کرده است. همچنین افزایش سطح برگ و سرعت رشد محصول احتمالاً سبب شده گیاه در مدت زمان کمتری تاج پوشش خود را تکمیل نموده و در نتیجه با سایه‌اندازی از تبخیر آب از خاک جلوگیری به عمل آمده و کارآیی مصرف آب افزایش یافته است.

www.SID.ir

Archive of SID

به نظر می‌رسد کاربرد نهاده‌های مؤثر در افزایش سرعت رشد محصول، احتمالاً سبب شده گیاه در مدت زمان کوتاه‌تری سطح برگ خود را گسترش دهد و با افزایش سطح برگ، مواد فتوسنتزی بیشتری تولید و به سایر اندام‌ها و در شرایط تنش خشکی به ریشه ارسال شود، با دریافت مواد فتوسنتزی بیشتر توسط ریشه، احتمالاً عمق توسعه ریشه بیشتر شده و در نتیجه توانایی گیاه در جذب آب و مواد غذایی افزایش یافته و به تبع آن بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد دانه حاصل شده است. همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه و خصوصیات مربوط به خاک (میزان نیتروژن، فسفر، شوری و اسیدیته خاک)، نشان‌دهنده اهمیت توجه به وضعیت و کیفیت خاک برای دستیابی به حداکثر عملکرد کمی و کیفی محصول است، لذا در بوم‌نظام‌های زراعی به ویژه در شرایط محدودیت‌های آبی، کاربرد نهاده‌هایی نظیر سوپرجاذب رطوبت، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک که بتواند بهبود ساختمان فیزیکی و حاصلخیزی خاک را به همراه داشته و ظرفیت نگهداری رطوبت را در عمق توسعه ریشه افزایش دهد و شوری خاک را به حداقل برساند، ضرورت بیشتری دارد.

اثر سطوح سوپرجاذب رطوبت، مدیریت تغذیه و اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های تحمل به تنش: عملکرد گیاه در محیط تنش و بدون تنش رطوبتی تحت‌تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای قرار گرفت (جدول ۵)، به طوری که در هر دو محیط تمامی تیمارها منجر به افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ٦)، که البته بیشترین مقدار عملکرد چه در محیط تنش (۱۹۷۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار) و چه در محیط بدون تنش (۲۲٦۰/۳۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بدست آمد (جدول ٦). تیمارهای کاربرد همزمان نیتروژن و سوپرجاذب، کاربرد همزمان سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، کاربرد همزمان نیتروژن، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک و کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک عملکرد دانه را به‌ترتیب ۱۵، ۵۸ و ۵۱ درصد نسبت به شاهد در محیط تنش و به‌ترتیب ۲۲، ۵۱ و ٤٤ درصد نسبت به شاهد در محیط بدون تنش افزایش دادند (جدول ٦).

کاربرد همزمان نیتروژن و سوپرجاذب و کاربرد همزمان سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک به‌ترتیب منجر به افزایش ۳٤ و ۲٤ درصدی شاخص تحمل نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ٦). تمامی تیمارهای تغذیه‌ای مورد مطالعه افزایش معنی‌دار میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری و میانگین هارمونیک را در مقایسه با تیمار شاهد سبب شدند، به طوری که کاربرد همزمان نیتروژن و سوپرجاذب، کاربرد همزمان سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، کاربرد همزمان نیتروژن، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک و کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک میانگین بهره‌وری را به‌ترتیب ۱۹، ٥٤، ٤۷ و ۵۹ درصد، میانگین هندسی بهره‌وری را به‌ترتیب ۱۸، ۵۵، ٤۸ و ۵۹ درصد و میانگین هارمونیک را به‌ترتیب ۱۷، ۵۵، ٤۸ و ٦۰ درصد نسبت به شاهد بهبود بخشیدند (جدول ٦).

اثر تیمارهای تغذیه‌ای بر شاخص حساسیت به تنش و شاخص تحمل تنش معنی‌دار بود (جدول ۵) و کمترین میزان حساسیت گیاه به تنش (۰/۵۹) و بیشترین شاخص تحمل تنش (۱/۵۱) در تیمار کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک مشاهده شد (جدول ٦).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در لوبیا تحت‌تأثیر مقادیر مختلف آبیاری و تیمارهای تغذیه‌ای.

Table 4- Correlation coefficients between studied traits in bean affected by different irrigation levels and nutritional treatments.

	عملکرد دانه	عملکرد ماده خشک	شاخص برداشت	وزن دانه در بوته	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول	نیروژن کل خاک	فسفر خاک	شوری خاک	اسیدیته خاک	کارآیی مصرف آب
	SY (1)	BY (2)	HI (3)	SW (4)	H (5)	LAI (6)	CGR (7)	Soil N (8)	Soil P (9)	EC (10)	pH (11)	WUE (12)
1	1											
2	0.74**	1										
3	0.76**	0.15ns	1									
4	0.63**	0.93**	0.04	1								
5	0.82**	0.52**	0.74**	0.36*	1							
6	0.94**	0.68**	0.74**	0.58**	0.82**	1						
7	0.95**	0.61**	0.82**	0.46*	0.87**	0.94**	1					
8	0.74**	0.55**	0.57**	0.45*	0.42*	0.79**	0.73**	1				
9	0.91**	0.62**	0.75**	0.47**	0.82**	0.95**	0.96**	0.75**	1			
10	-0.91**	-0.62**	-0.75**	-0.53**	-0.83**	-0.89**	-0.91**	-0.65**	-0.83**	1		
11	0.58**	0.11	0.75**	0.12	0.44*	0.61**	0.65**	0.62**	0.54**	-0.66**	1	
12	0.55**	0.41*	0.40*	0.47**	0.12	0.42*	0.40*	0.46**	0.42*	-0.29	0.28	1

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and ** are significant at 5 and 1% probability level, repectively. SY: Seed Yeild, BY: Biological Yield, HI: Harvest Index, SW: Seed Weight per Plant, LAI: Leaf Area Index, CGR: Crop Growth Rate, Soil N: Soil Nitrogen, Soil P: Soil Phosphorous, EC: Electrical Conductivity, pH: Acidity, WUE: Water Use Efficiency.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- تجزیه واریانس شاخص‌های تحمل به تنش در لوبیا تحت تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای در محیط بدون تنش و همراه با تنش رطوبتی.

Table 5- Analysis of variance for tolerance indicator in bean affected by nutritional treatments in conditions of water stress and non stress.

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد در محیط تنش Ys	عملکرد در محیط بدون تنش Yp	شاخص تحمل TOL	میانگین بهره‌وری MP	میانگین هندسی بهره‌وری GMP	میانگین هارمونیک HM	شاخص حساسیت به تنش SSI	شاخص تحمل تنش STI
بلوک Block	2	2023ns	12398*	4805ns	6009ns	5517ns	5049ns	0.01ns	0.004ns
تیمارهای تغذیه‌ای Nutritional treatments	4	893229**	830634**	17034*	857673**	876637**	895345**	0.56**	0.88**
خطای آزمایشی Total error	8	2346	2449	2434	1789	1788	1811	0.01	0.001
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	3.59	2.88	13.39	2.76	2.78	2.82	11.41	5.09

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

*, ** and ns are significant at 5 and 1% probability level and non-significant, respectively. Ys: Seed yield in conditions of water stress, Yp: Seed yield in conditions of non water stress, TOL: Tolerance Index, MP: Mean Productivity, GMP: Geometric Mean Productivity, HM: Harmonic Mean, SSI: Stress Susceptibility Index, STI: Stress Tolerance Index.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل به تنش در لوبیا تحت تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای در محیط بدون تنش و همراه با تنش رطوبتی.

Table 6- Mean comparisons for tolerance indicator in bean affected by nutritional treatments in conditions of water stress and non stress.

منابع تغییرات S.O.V.	عملکرد در محیط تنش (کیلوگرم بر هکتار) Ys ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد در محیط بدون تنش (کیلوگرم بر هکتار) Yp ($kg.ha^{-1}$)	شاخص تحمل TOL	میانگین بهره‌وری MP	میانگین هندسی بهره‌وری GMP	میانگین هارمونیک HM	شاخص حساسیت به تنش SSI	شاخص تحمل تنش STI
نیتروژن+سوپرجاذب N+S	844.67d	1317.00d	472.33a	1080.83d	1054.61d	1029.03d	1.67a	0.37d
سوپرجاذب+اسید هیومیک+اسید سالیسیلیک S+HA+SA	1715.00b	2128.33b	413.33ab	1921.67b	1910.51b	1899.42b	0.90c	1.23b
نیتروژن+اسید هیومیک+اسید سالیسیلیک N+HA+SA	1485.00c	1842.33c	357.33bc	1663.67c	1653.82c	1644.03c	0.90c	0.92c
نیتروژن+سوپرجاذب+اسید هیومیک+اسید سالیسیلیک N+S+HA+SA	1973.33a	2260.33a	287.00c	2116.83a	2111.78a	2106.74a	0.59d	1.51a
شاهد Control	721.00e	1033.33e	312.33c	877.17e	862.99e	849.05e	1.39b	0.25e

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. N، S، HA و SA به‌ترتیب نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک می‌باشند.

* In each colomn, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level. N, S, HA and SA are Nitrogen, Superabsorbent, Humic acid and Salicylic acid, respectively. Ys: Seed yield in conditions of water stress, Yp: Seed yield in conditions of non water stress, TOL: Tolerance Index, MP: Mean Productivity, GMP: Geometric Mean Productivity, HM: Harmonic Mean, SSI: Stress Susceptibility Index, STI: Stress Tolerance Index.

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد همزمان سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک و کاربرد همزمان نیتروژن، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک نیز میزان حساسیت گیاه را نسبت به تنش ۳۵ درصد در مقایسه با تیمار شاهد کاهش دادند (جدول ٦). کاربرد همزمان نیتروژن و سوپرجاذب، کاربرد همزمان سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک و کاربرد همزمان نیتروژن، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک به‌ترتیب افزایش ۳۲، ۸۰ و ۷۳ درصدی شاخص تحمل تنش نسبت به شاهد را سبب شدند (جدول ٦).

با توجه به نقش نهاده‌هایی همچون نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک در کاهش اثرات تنش خشکی و افزایش کارآیی مصرف آب (جدول ۳)، به نظر می‌رسد گیاه با در اختیار داشتن آب کافی، توانسته مواد فتوسنتزی بیشتری تولید و آن را به اندام‌های رویشی و زایشی مختلف ارسال کند و در نتیجه عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی با استفاده از این نهاده‌های تغذیه‌ای نسبت به شاهد افزایش یافت.

سوپرجاذب‌ها می‌توانند ٤۰۰ الی ۱۵۰۰ گرم آب را در هر گرم هیدروژل ذخیره کنند (۲۳) و همچنین در بهبود خصوصیات فیزیکی و ساختمان خاک و کاهش میزان تبخیر از سطح خاک (۲٤) مؤثرند، لذا افزایش میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری، میانگین هارمونیک و شاخص تحمل به تنش در شرایط استفاده از این نهاده منطقی به نظر می‌رسد. اسید هیومیک احتمالاً از طریق پیوند به مولکول‌های آب مانع از تبخیر آب شده و همچنین با بهبود وضعیت فیزیکی خاک (۳۸)، منجر به بهبود شاخص‌های تحمل به تنش شد. اثبات شده است که اسید سالیسیلیک، ماده‌ای ضد تعرق است و با ممانعت از باز شدن روزنه‌ها، مقاومت گیاه را نسبت به تنش خشکی را افزایش می‌دهد و این ماده احتمالاً از طریق تأثیر بر آنزیم‌های کاتالاز و پروکسیداز آثار ناشی از تنش خشکی را کاهش داده (٤)، لذا بهبود شاخص‌های تحمل به تنش در شرایط استفاده از این نهاده مورد انتظار است. در یک پژوهش پس از بررسی اثر مقادیر سوپرجاذب رطوبت و سطوح تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا گزارش شد که کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب رطوبت بیشترین تأثیر را بر رشد و عملکرد در تمامی شرایط آبیاری (آبیاری معمول و یا تحت شرایط تنش خشکی) از خود نشان داد (٤۱). در پژوهشی اثر کاربرد هیدروژل سوپرجاذب رطوبت در خاک و محلول‌پاشی اسید هیومیک در لوبیا قرمز بررسی و گزارش شد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در تیمارهای ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌علاوه‌ی اسید هیومیک و بدون کاربرد سوپرجاذب بدون اسید هیومیک بدست آمد (۱۵). بیشترین عملکرد دانه و پروتئین دانه‌ی نخود در شرایط کاربرد اسید هیومیک بدست آمد (۲۲). کاربرد ۱۵ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در حضور میکوریزا گلاموس موسه *Glomus mossea* منجر به افزایش ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن خشک بوته، تعداد غلاف در بوته، درصد پروتئین دانه و درصد نیتروژن و فسفر برگ لوبیا قرمز شد (٤۲). محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در باقلا، عملکرد دانه را به میزان قابل‌توجهی نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (۳۱). کاربرد ٤۵۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک باعث افزایش عملکرد، شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی نسبت به تیمار شاهد گردید (۳). محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در لوبیا قرمز باعث بهبود شاخص‌های درصد نسبی آب، میزان کلروفیل نسبی و کلروفیل فلورسانس برگ در شرایط تنش در مقایسه با گیاهان شاهد شد (۱۷).

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که اگر چه کلیه‌ی تیمارهای تغذیه‌ای در کاهش خسارات ناشی از تنش خشکی (تأمین تنها ۵۰ درصد نیاز آبی) مؤثر بودند، ولی بیشترین عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، وزن دانه در بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، نیتروژن خاک و کارآیی مصرف آب در تیمار کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بدست آمد. در شرایط تنش خشکی (تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی)، تیمارهای کاربرد همزمان نیتروژن و سوپرجاذب، کاربرد همزمان سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، کاربرد همزمان نیتروژن، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک و کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک کارآیی مصرف آب را به‌ترتیب ۱٤، ۵۸، ۵۲ و ٦۳ درصد نسبت به شاهد بهبود بخشید. میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری و میانگین هارمونیک به طورمعنی‌داری در کلیه تیمارهای تغذیه‌ای بیشتر از تیمار شاهد بود. حساسیت گیاه به تنش در شرایط استفاده از تیمارهای کاربرد همزمان سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک، کاربرد همزمان نیتروژن، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک و کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد کاهش یافت و بیشترین شاخص تحمل تنش در تیمار کاربرد همزمان نیتروژن، سوپرجاذب، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بدست آمد. به‌طور کلی، با توجه به یافته‌های این پژوهش، به‌نظر می‌رسد که کاربرد همزمان نیتروژن و نهاده‌های بوم‌سازگار ضمن بهبود عملکرد و خصوصیات رشدی گیاه، می‌تواند کارآیی مصرف آب را بهبود بخشد.

Refrences

1. Alizadeh, A., and Kamali, Gh. 2008. Water requirement of plants in Iran. Emam Reza University Press. (In Persian).
2. Asemanrafat, M., and Honar, T. 2017. Effect of plant density and different irrigation strategies on crop yield and canopy cover of red beans, *Phaseolus vulgaris* L. cv. Akhtar. Iran. Agric. Res. 36: 13-22.
3. Azhdar Afshari, M., Shekari, F., Afsahi, K., and Azikhani, R. 2016. Effect of florial applied salicylic acid on dry weight, harvest index, yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit stress. Environ. Stress. Crop. Sci. 9: 51-58. (In Persian).
4. Bayat, S., Sepehri Zare, A., Abyaneh, H., and Abdollahi, M.R. 2010. Effect of salicylic acid and paclobutrazol on some growth characteristics and yield of maize in conditions of drought stress. J. Crops. Ecophysiol. 2: 34-41. (In Persian).
5. Bayati, Kh., Majnoun Hosseini, N., Moghadam, H., and Basiri, R. 2017. Effects of drought stress and nitrogen on grain yield and some agronomic traits of red kidney bean cultivars. Iranian. J. Field. Crop. Sci. 48: 1069-1081. (In Persian).
6. Beheshti, M.S., and Tadayyon, A. 2018. Effects of drought stress and humic acid on some physiological parameters of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.). J. Plant. Proc. Func. 6: 19.1-14. (In Persian).
7. Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1965. Nitrogen-Total. In: Methods of soil analysis: part 2, Chemical and Microbiological Properties. Page, A.L. (Ed). 1982. Second Edition. American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin USA. Agron. Series. 9: 595-622.
8. Fernandez, G.C.I. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Ku, C.G. (Ed), Adaption of food crops to temperature and water stress. Proc. Int. Symp. For water stress, Taiwan, Asian Veget. Res. Develop. Center.
9. Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance, In: Proceedings of

www.SID.ir

Archive of SID

the symbol. Taiwan, 13-16 Aug. 1992. By C.G. Kno. AVRDC.
10. Ghassemi, F., Jakeman, A.J., and Nix, M.A. 1995. Salinization of land and water resources. University of New South Wales Press LTD Sydney, 526 pp.
11. Hatamvand, M., Hasanloo, T., Dehghan Nayeri, F., Shiranirad, A.H., and Tabatabaei, S.A. 2014. Evaluation of some physiological and biochemical indices of canola cultivars in contents in three chickpea cultivars. Australian. J. Crop. Sci. 4: 8.580-585.
12. Islam, M.R., Eneji, A.E., Ren, C., Li, J., and Hu, Y. 2011. Impact of water-saving superabsorbent polymer on oat (*Avena* spp.) yield and quality in an arid sandy soil. Scientific. Res. Essays. 6: 720-728.
13. Jahan, M., Amiri, B., and Noorbakhsh, F. 2017. Evaluation of the increased rates of water super absorbent and humic acid application under deficit irrigation condition on some agroecological characteristics of *Zea mays* using response surface methodology. Iranian. J. Field. Crops. Res. 14: 4.766-784. (In Persian).
14. Jahan, M., Ghalenoee, Sh., Khamooshi, A., and Amiri, M.B. 2015. Evaluation of some agroecological characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.) as affected by simultaneous application of water saving superabsorbent hydrogel in soil and foliar application of humic acid under different irrigation intervals in a low input cropping system. J. Hort. Sci. 29: 2.240-254. (In Persian).
15. Jahan, M., Sohrabi, R., Doayee, F., and Amiri, M.B. 2013. Effect of super absorbent application in soil and humic acid foliar application on some agroecological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mashhad (Iran). J. Agroecol. 3: 71-90. (In Persian).
16. Koocheki, A., and Sarmadnia, Gh. 2006. Crop Physiology. Mashhad Jahad University Press. pp: 254-255. (In Persian).
17. Khoshbakt, D., Ramin, A.A., and Baghbanha, M.R. 2012. Possible reduction of the effect of salinity on bean (*Phaseolus vulgaris*) with application of salicylic acid. J. Crop. Product. Processing. Isfahan. Uni. Technol. 2: 189-199. (In Persian).
18. Machado Neto, N.B., and Duraes, M.A.B. 2006. Physiological and biochemical response of common bean varieties treated with salicylic acid under water stress. Crop. Breeding. Applied. Biotechnol. 6: 269-277.
19. Madah, S.M., Fallahian, F., Sabbaghpour, S.H., and Chelebian, F. 2006. Effect of Salisylic acid on yield, yield components and anatomical structure of *Cicer arietinum* L. JSIAU. 62: 61-70. (In Persian).
20. Mehrabian Moghaddam, N., Arvin, M.J., Khajueenejad, Gh., and Maghsudi, K. 2011. Effect of salicylic acid on growth and seed and forage yield of maize in conditions of drought stress in farm. J. Seed. Plant. Product. 27: 41-55. (In Persian).
21. Morphy, J., and Riley, J.P. 1962. Phosphorus analysis procedure. In: Methods of soil analysis: part 2, Chemical and Microbiological Properties. Page, A.L. (Ed). 1982. Second Edition. Madison, Wisconsin USA. Pp. 413-427.
22. Nakhzari Moghaddam, A., Parsa, N., Sabouri, H., and Bakhtiari, S. 2017. The effect of humic acid, density and supplementary irrigation on quantity and quality of local chickpea (*Cicer arietinum* L.) of Neishabur. Environ. Stresses. Crop. Sci. 10: 2.183-192. (In Persian).
23. Nazarli, H., Zardashti, M.R., Darvishzadeh, R., and Najafi, S. 2010. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits on sunflower. Not. Sci. Biol. 2: 53-58.
24. Nykanen, V.P.S., Nykanen, A., Puska, M.A., Goulart-Silva, G., and Ruokolainen, J. 2011. Dual-reponsive and super absorbing thermally cross-linked hydrogel based on methacrylate substituted polyphosphazene. Soft. Matter. 7: 4414-4424.
25. Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. In: Methods of soil analysis: part 2, Chemical and Microbiological Properties. Page, A. L. (Ed). 1982. Second Edition. American Society of Agronomy

www.SID.ir

Archive of SID

Inc. Madison, Wisconsin USA. Agron. Series. 9: 403-411.
26. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).
27. Payeroa, J.O., Tarkalson, D.D., Irmakc, S., Davisond, D., and Petersend, J.L. 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. Agric. Water. Manage. 96: 10.1387–1397.
28. Rajabi, L., Sajedi, N.A., and Roshandel, M. 2012. Interaction of Salicylic acid and superabsorbent on agronomic characteristics and seed protein of chickpea cultivar Hashem in rainfed drought conditions. Crop. Product. Environ. Stress. 4: 1. 37-48. (In Persian).
29. Rezazadeh, H., Khrasani, S.K., and Haghighi, R.S.A. 2012. Effects of humic acid on decrease of phosphorus usage in forage maize var. KSC704 (*Zea mays* L.). Australian. J. Agric. Engineering. 3: 34-38.
30. Rosielle, A.T., and Hambelin, J. 1991. Phenotypic diversity and associations of some potentially drought responsive characters in durum wheat. Crop Sci. 31: 1484-1491.
31. Roudgarnezhad, S., Sam Deliri, M., Mousavi Mirkalaei, A.A., and Neshaee Moghaddam, M. 2018. The effect of spraying humic acid on some morphological and physiological traits of bean (*Vicia faba* L.). J. Iranian. Plant. Ecophysiol. Res., 13: 49. 33-44. (In Persian).
32. Shaaban, S.H.A. 2009. Humic acid foliar application to minimize soil applied fertilization of surface irrigationed wheat. Agric. Sci. 5: 207-210.
33. Shadmand, H., and Afkari, A. 2018. Effect of superabsorbent polymer on some biochemical characteristics and relative water content in bean cultivars in conditions of drought stress. Crop. Physiol. J. 10: 61-77. (In Persian).
34. Shahryari, R., Gurbanov, E., Gadimov, A., and Hassanpanah, D. 2008. In vitro effect of potassium humate on terminal drought tolerant bread wheat. Proceedings of the 14th meeting of International Humic Substances Society.
35. Shahsavani, Sh., Gharanjik, Sh., and Jadidoleslam, N. 2017. Effect of mycorrhiza, *Pseudomonas* bacteria and humic acid on growth indices of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian. J. Pulses. Res. 8: 97-112. (In Persian).
36. Shen, X., Zhou, Y., Duan, L., Li, Z., Enej, A.E., and Li, J. 2010. Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet B radiation. Plant. Physiol. 167: 15. 1248-1252.
37. Shoghian, M., and Rouzbahani, A. 2016. Effect of salicylic acid spraying on morphophysiological characteristics, yield and yield components of bean in conditions of drought stress. Crop. Physiol. J. 9: 34. 131-147. (In Persian).
38. Sidari, M., Attina, E., Francioso, O., Tugnoli, V., and Nardi, S. 2006. Biological activity of humic substances is related to their chemical structure. Soil. Sci. Soiety. America. J. 71: 75-85.
39. Tousi Mojarrad, M., Ghannadha, M.R., Khodarahmi, M., and Shahabi, S. 2005. Factor analysis for seed yield and some wheat characteristics. J. Pajouhesh. Sazandegi. 66: 9-16. (In Persian).
40. Veisi, A., Pasari, B., and Rakhzadi, V. 2018. The effect of humic acid and micronutrient nanofertilizers on the response of rainfed chickpea in autumn cultivation. Crop. Physiol. J., 10: 40. 93-110. (In Persian).
41. Yazdani, F., Allahdadi, I., Akbari, G.A., and Behbahani, M.R. 2007. Effect of different rates of superabsorbent polymer (Tarawat A200) on soybean yield and yield components. Pajouhesh. Sazandegi. 75: 167-174. (In Persian).
42. Yousefi Rad, M., and Masoumi Zavvarian, A. 2017. Effect of humic acid and mycorrhiza on morphological characteristics and nutrient concentration of bean. J. Iranian. Plant. Ecophysiol. Res. 12: 92-102. (In Persian).

www.SID.ir