تعیین عوامل مؤثر بر کارایی مصرف آب لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، کنجد (*Sesamum indicum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) در پاسخ به کاربرد اسیدهیومیک و کم‌آبیاری

محسن جهان[1*] و محمدبهزاد امیری[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۱۳)

چکیده

تحلیل عاملی یکی از تکنیک‌های آماری چند متغیره است که بین متغیرهای به ظاهر بی‌ارتباط، رابطه برقرار کرده و محقق را در یافتن دلایل پنهان وقوع یک رخداد یاری می‌کند. به‌منظور بررسی اثر مقادیر مختلف آبیاری و محلول‌پاشی اسیدهیومیک و تعیین عامل‌های مؤثر بر کارایی مصرف آب کنجد، ذرت و لوبیا، آزمایشی در سال زراعی ۹۴- ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی به تفکیک برای سه گیاه کنجد، ذرت و لوبیا با سه تکرار انجام شد. سطوح آبیاری (۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاهان مورد مطالعه) در کرت‌های اصلی و کاربرد (شش کیلوگرم در هکتار) و عدم کاربرد اسیدهیومیک در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد که در کنجد، بیشترین عملکرد دانه و ماده خشک در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک به‌دست آمد. در ذرت، محلول‌پاشی اسیدهیومیک در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی منجر به تولید بیشترین وزن دانه در بوته، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و پ‌هاش خاک شد. بیشترین وزن دانه در بوته، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و میزان فسفر خاک در زراعت لوبیا در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک به‌دست آمد. نتایج تجزیه عاملی نشان داد که در کنجد متغیرهای عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، وزن دانه در بوته، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، فسفر و کارایی مصرف آب در عامل اول و متغیرهای نیتروژن خاک، پ‌هاش و شوری خاک در عامل دوم قرار گرفتند. در ذرت، عملکرد دانه با متغیرهای عملکرد ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، فسفر، شوری و پ‌هاش خاک و کارایی مصرف آب و در لوبیا، با متغیر کارایی مصرف آب روی یک عامل قرار گرفت. به‌طورکلی، یافته‌های این پژوهش نشان داد که شناسایی متغیرهای تأثیرگذار در هر عامل و نامگذاری منطقی آن با توجه به دانش اکوفیزیولوژیکی گیاه زراعی می‌تواند زمینه‌ساز مدیریت مستقیم متغیرهای مؤثر در آن عامل در جهت بهبود کارایی مصرف آب باشد.

واژه‌های کلیدی: بار عاملی، خشکی، سرعت رشد محصول، نیاز آبی

۱. گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲. گروه مهندسی تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی گناباد
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Jahan@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

یک‌سوم از آب بارندگی‌ها، آب‌های سطحی و زیرزمینی برای تولید گیاهان مورد استفاده انسان، به مصرف می‌رسد (۲۷). در سطح جهانی، ۸۰ تا ۹۰ درصد آب استفاده شده توسط انسان به بخش کشاورزی اختصاص یافته است و در بخش کشاورزی، بخش عمده این آب صرف تولید محصولات زراعی می‌شود. تاکنون، تلاش‌های زیادی صورت گرفته تا مصرف آب توسط گیاهان زراعی را کاهش دهند، یا به‌عبارت دیگر، به‌ازای هر قطره آب، محصول بیشتری تولید شود. در فهم پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاهان زراعی نسبت به تأمین آب، هنوز پتانسیل‌های ذاتی بسیاری، همانند رهیافت‌های ژنتیک مولکولی برای بهبود بیشتر وجود دارد (۳۵).

کم‌آبیاری، به‌عنوان یک استراتژی ارزشمند و پایدار در نواحی خشک، به‌طور گسترده‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. هدف کم‌آبیاری از طریق محدود کردن آب در مراحل رشدی مقاوم به خشکی، بیشینه‌سازی بهره‌وری آب و ثبات بخشیدن عملکرد به‌جای بیشینه‌سازی آن است. پژوهش‌ها تأیید می‌کنند که کم‌آبیاری در افزایش بهره‌وری آب برای گیاهان زراعی مختلف، بدون کاهش جدی در عملکرد، موفق بوده است (۲۶).

رضا و همکاران (۴۵) بیان کردند که توزیع آب از تبخیر خاکی به سمت تعرق گیاهی، از طریق مدیریت بقایا و طراحی تناوب زراعی، کلید افزایش کارایی مصرف آب است. فرایندهای زیربنایی در اکثر پیشرفت‌های صورت گرفته در بهبود کارایی مصرف آب در زراعت، به اتفاق پیشنهاد می‌کنند که تحقیقات باید ظرفیت جذب آب توسط گیاه را هدف خود قرار دهند. آنها پیشنهاد کردند که یک رهیافت سیستمیک یکپارچه و تمرکز بین رشته‌ای روی مدیریت سیستم ریشه، نویدبخش مصرف بهتر آب و بهره‌وری پایدار در کشاورزی خواهد بود (۴۵).

در بسیاری از مزارع، پتانسیل بهبود بهره‌وری آب و اطلاعات کافی برای تعریف بهترین استراتژی کم‌آبیاری برای بسیاری از موقعیت‌ها وجود دارد. گزارش‌های موفقیت‌آمیزی وجود دارد مبنی بر اینکه کم‌آبیاری تنظیم‌شده در اکثر باغات میوه و تاکستان‌ها، نه‌تنها باعث بهبود بهره‌وری آب شده، بلکه درآمد کشاورزان نیز افزایش یافت (۲۵).

هِسیائو و همکاران (۲۸) بیان کردند که پایین بودن نسبی کارایی مصرف آب در کشاورزی، علت‌های گوناگون و نسبی دارد از جمله: علت‌های زیست‌محیطی، زیست‌شناختی، مدیریتی، اجتماعی و اقتصادی. آنها چارچوبی را بر مبنای این حقیقت ساده پیشنهاد می‌کنند که کارایی کلی هر فرایندی که زنجیره‌ای از مراحل متوالی را دربر می‌گیرد، حاصل کارایی (نسبت خروجی به ورودی) مراحل جداگانه تشکیل دهنده آن است. تفاوت‌های جزئی در کارایی مراحل تشکیل دهنده، منجر به تفاوت‌های بزرگ در کارایی کلی می‌شود. ایجاد بهبودهای ملایم در چندین مرحله، نسبت به بهبود یک یا دو مرحله، مؤثرتر است. بنابراین، تلاش‌های اصلاحی باید سیستماتیک بوده و بر یک یا دو جزء متمرکز نباشند.

راه‌های اصلی برای ارتقاء کارایی مصرف آب در کشاورزی آبی عبارتند از: افزایش محصول به‌ازای هر واحد آب (جنبه‌های مدیریتی، مهندسی و زراعی)، کاهش هدررفت آب به مخازن غیر قابل استفاده، کاهش آلوده‌سازی آب (جنبه‌های زیست‌محیطی) و اختصاص مجدد آب به مصارف با اولویت بالا (جنبه‌های اجتماعی) (۲۷).

مواد هیومیکی و به‌ویژه اسیدهیومیک، فراوان‌ترین مخزن ماده آلی خاک را تشکیل می‌دهند (۲۰).

قسمت اعظم هوموس خاک‌های مناطق گرمسیری و معتدله را، هیومین تشکیل می‌دهد. اسیدهیومیک با وزن مولکولی ۳۰۰-۳۰ کیلودالتون سبب تشکیل کمپلکس پایدار نامحلول و محلول با عناصرمیکرو می‌شود (۲۹). کودهای هیومیکی با اکثر کودهای شیمیایی سازگار بوده و قابل اختلاط هستند، در آب به‌خوبی حل شده و می‌توان آنها را از طریق محلول‌پاشی، مصرف خاکی و سیستم‌های آبیاری تحت فشار مورد استفاده قرار داد. اثرات مفید اسید هیومیک بر رشد گیاه ممکن است ناشی از اثرات غیرمستقیم (افزایش کارایی کود یا کاهش فشردگی خاک) یا

www.SID.ir

Archive of SID

مستقیم (بهبود زیست‌توده کل گیاه) باشد (۳۷). اسیدهیومیک با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت نگهداری آب در خاک و همچنین فعال کردن چرخه تنفس، فتوسنتز و تولید آمینواسید و آدنوزین‌تری فسفات، باعث افزایش رشد گیاهان می‌شود (۵۰). معلوم شده است که اثرات اصلی اسیدهیومیک بر نمو گیاهان، با رشد ریشه در ارتباط است، اگرچه بر اندام هوایی گیاه نیز اثراتی دارد (۱۹). کنلاس و همکاران (۲۰) بیان کردند که اثر اسیدهیومیک بر فیزیولوژی گیاه، اغلب منجر به ارتقاء رشد ریشه می‌شود که این امر گیاه را قادر می‌سازد تا حجم بیشتری از خاک را تحت نفوذ ریشه درآورد و در نتیجه فرایندی مهم در سازگاری گیاه به محیط‌های خشک و فقیر از عناصر غذایی فراهم می‌آورد.

اثرات تحریک‌کنندگی اسیدهیومیک به نگهداری آهن و روی محلول در غلظت‌های مؤثر نسبت داده شده است. در همین زمینه، این باور به‌طور گسترده‌ای پذیرفته شده است که اسید هیومیک در جذب آهن توسط گیاهان نقش مفیدی ایفا می‌کند. اسید هیومیک به‌طور عمده بر کارکرد غشاهای سلولی ریشه تأثیر گذاشته و جذب عناصر غذایی را بهبود می‌دهد، یا از طریق فعالیت شبه‌هورمونی، رشد گیاهان را تحریک می‌کند (۳۷). خطاب و همکاران (۳۰) با افزودن اسیدهیومیک و اسیدهای آمینه به سطوح کم آب آبیاری مشاهده کردند که رشد رویشی و میوه‌دهی درختان انار افزایش یافت. آنها از اسید هیومیک با نام محرک زیستی یاد و بیان کردند که اسید هیومیک فعالیت میکروبی در خاک، رشد رویشی گیاه، رنگیزه‌های برگی و به مانند یک عامل کلات‌کننده، جذب عناصر غذایی توسط گیاهان را افزایش می‌دهد.

در پژوهشی، اثر سطوح مختلف اسیدهیومیک بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه سویا مطالعه و گزارش شد که بیشترین عملکرد دانه در سطح ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام اسیدهیومیک به‌دست آمد، ضمن این‌که کاربرد ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام از این اسید آلی نیز بهبود ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و تعداد غلاف در بوته را نسبت به شاهد درپی داشت (۲۴). در پژوهشی دیگر، اثر سطوح مختلف اسیدهیومیک (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی همیشه‌بهار بررسی و گزارش شد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع و تعداد گل و برگ در بوته در اثر کاربرد تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک به‌دست آمد (۳۴).

توسعه و عرضه نرم‌افزارهای آماری پیشرفته، امکان استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره در تجزیه و تحلیل داده‌ها را با دقت و سرعتی بیشتر از گذشته فراهم آورده است. تحلیل عاملی یکی از روش‌های آماری چند متغیره است که بین مجموعه فراوانی از متغیرها که به ظاهر بی‌ارتباط با یکدیگر هستند، رابطه خاصی را تحت یک مدل فرضی برقرار می‌کند. تحلیل عاملی تعداد متغیرهایی را که می‌باید محقق به‌کار گیرد، کاهش می‌دهد و یکی از اهداف آن ساده‌سازی مجموعه پیچیده‌ای از داده‌ها است (۱۲).

کنجد یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی در دنیا به‌شمار می‌رود که به خانواده پدالیاسه تعلق دارد. دانه، روغن و کنجاله کنجد کاربردهای متعدد تغذیه‌ای و صنعتی دارند که از آن جمله می‌توان به کاربرد آنها در صنایع دارویی، آرایشی، عطاری و صابون‌سازی اشاره کرد. دانه کنجد دارای ۲۵ درصد پروتئین و ۵۰ درصد روغن است و از این‌رو از ارزش غذایی بالایی برخوردار است. کنجد در عین حال که محصول مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیر است، ولی اصلاح واریته‌های مناسب موجب گسترش آن به مناطق معتدل‌تر شده است (۴۴).

ذرت به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین فرآورده‌های زراعی، جایگاه و نقش استراتژیک و مهمی داشته و از اهمیت فوق‌العاده‌ای در تأمین غذای دام و طیور و مصارف دارویی و صنعتی برخوردار است، به‌طوری‌که تا دو سه دهه گذشته، بیشتر به‌عنوان یک محصول فرعی و در حاشیه مزارع کشت می‌شد و اکنون به‌عنوان یک محصول مهم، زمینه‌های کشت آن در اکثر مناطق ایران فراهم شده است (۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی و اسید هیومیک مورد استفاده

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی					
بافت خاک	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	پ‌هاش	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)
	(ppm)				
سیلتی–لوم	۱۵/۸	۱۳/۲	۴۱۵	۷/۱	۱/۲
خصوصیات اسیدهیومیک مورد استفاده					
نام تجاری	اسیدهیومیک	اکسید پتاسیم	نیتروژن آلی	آهن	سایر مواد	پ‌هاش
	(%)					
پوهوموس	۸۵	۱۲	۱/۱	۰/۸	۱/۱	۹–۱۰

لوبیا گیاهی یک‌ساله، دولپه‌ای و گرما دوست از خانواده بقولات است که امروزه در بسیاری از مناطق گرم و معتدل دنیا از جمله ایران کشت می‌شود. ارزش غذایی این محصول به علت دارا بودن پروتئین (حدود ۲۵ درصد) و کربوهیدرات (حدود ۶۰ درصد) بالا، فیبر فراوان و برخی ویتامین‌ها (نظیر فولیت)، مواد معدنی (نظیر مس، کلسیم، آهن و منیزیم)، آنتی‌اکسیدانت‌ها و پلی‌فنل‌هاست (۳۱).

با توجه به ضرورت شناخت راهکارهای مؤثر در استفاده بهینه از آب و سازگار شدن با کشاورزی کم‌آب و فراهم آوردن مبانی عملی آن، پژوهش حاضر با هدف بررسی برهمکنش کم‌آبیاری با نهاده‌ای طبیعی همچون اسید هیومیک (دارای اثرات تخفیف‌دهنده خشکی)، بر سه گیاه زراعی مهم متعلق به سه خانواده گیاهی، طراحی و اجرا شد. انتظار می‌رود که به‌کارگیری تکنیک آماری تحلیل عاملی روی داده‌های حاصل از این پژوهش، امکان تجزیه و تحلیل گسترده‌تر و دقیق‌تر نتایج آزمایش را میسر ساخته و در تعیین عوامل مؤثر بر کارایی مصرف آب و اهمیت نسبی آنها و به‌دنبال آن مدیریت و برنامه‌ریزی در راستای الگوهای شناسایی شده در سه گونه زراعی لوبیا، کنجد و ذرت راهگشا باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ´۲۸ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۵ °۳۶ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) در زمینی به مساحت حدود ۳۰۰ متر مربع اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی به تفکیک برای سه گیاه کنجد، ذرت و لوبیا با سه تکرار اجرا شد. سطوح آبیاری (۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاهان مورد آزمایش) در کرت‌های اصلی و کاربرد (شش کیلوگرم در هکتار) و عدم کاربرد اسیدهیومیک به صورت محلول‌پاشی برگی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. ابعاد کرت‌های اصلی ۳×۶ متر و ابعاد کرت‌های فرعی ۳×۳ متر در نظر گرفته شد. به‌منظور محاسبه نیاز آبی کنجد، ذرت و لوبیا در شرایط مشهد، از نرم‌افزار OPTIWAT استفاده شد (۸). با اطلاع از طول فصل رشد گیاهان زراعی مورد مطالعه، داده‌های مربوط به تبخیر و تعرق روزانه و فاصله آبیاری هفت روز، حجم آب مورد نیاز در هر بار آبیاری برای کنجد، ذرت و لوبیا در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب ۲۰۰، ۴۰۰ و ۳۰۰ مترمکعب در هکتار و برای ۵۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب ۱۰۰، ۲۰۰ و ۱۵۰ مترمکعب در هکتار محاسبه شد.

قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری انجام و به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول (۱) نشان داده شده است.

آماده‌سازی زمین با تأکید بر خاک‌ورزی حداقل، انجام شد

www.SID.ir

Archive of SID

به این صورت که زمین فقط دیسک زده شد و پس از آن کلیه عملیات آماده‌سازی زمین توسط کارگر و با بیل دستی انجام گرفت. بذور کنجد (توده اسفراین)، ذرت (سینگل کراس ۷۰۴) و لوبیا (درخشان) در تاریخ ۲۷ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۴ روی ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و به‌ترتیب با تراکم‌های ۵۰، ۷ و ۲۰ بوته در مترمربع کشت شد. با توجه به میزان پایین نیتروژن خاک (جدول ۱)، هم‌زمان با کاشت به کلیه کرت‌های آزمایشی به‌طور یکسان ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع کود اوره) اضافه شد. پس از کشت، آبیاری زمین انجام شد. برای اجتناب از مخلوط شدن آب کرت‌ها با یکدیگر، برای هر تکرار و هر کرت لوله آبیاری جداگانه در نظر گرفته شد. برای رسیدن به تراکم مناسب، پس از رسیدن گیاه به مرحله چهاربرگی، عملیات تنک کردن انجام گرفت. سطوح آبیاری، هر هفت روز یکبار توسط کنتور اعمال شد. با توجه شروع طویل شدن ساقه در مرحله شش تا هفت برگی در هر سه گونه گیاهی و همچنین برخورداری گیاه از تعداد برگ کافی برای مؤثر واقع شدن محلول‌پاشی برگی، در این مرحله در کرت‌های مربوطه اسیدهیومیک روی برگ‌ها محلول‌پاشی شد. اسیدهیومیک مورد استفاده در آزمایش، با نام تجاری پوهوموس، گرانول قابل حل در آب با منشأ معدنی (محصول کشور آلمان) بود (جدول ۱).

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 دوره 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 مترمربع در هر کرت آزمایشی انجام و صفاتی چون سطح برگ، ارتفاع بوته و وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شد. برای تعیین شاخص سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ استفاده شد. به‌منظور محاسبه سرعت رشد محصول (CGR) در طول فصل رشد از معادله (۱) استفاده شد (۹):

$$CGR = \frac{1}{GA} \times \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \qquad [1]$$

در معادله (۱)، GA سطح زمین (مترمربع)، 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 مترمربع) و t_2 زمان نمونه‌گیری دوم (روز پس از سبز شدن) است. در اواخر فصل رشد، با آغاز مرحله رسیدگی و زرد شدن بوته‌ها، پس از حذف اثر حاشیه‌ای، به‌طور تصادفی بوته‌های موجود در سطح یک مترمربع از هر کرت برداشت و عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک گیاهان مورد بررسی، تعیین شد. در پایان عملیات برداشت، میزان نیتروژن، فسفر، EC و pH خاک کرت‌های آزمایشی اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین مقدار کل نیتروژن موجود در نمونه خاک (منهای نیتروژن نیتراتی)، ابتدا با استفاده از اسید سولفوریک و کاتالیزور، عمل هضم نمونه انجام و سپس مقدار نیتروژن در عصاره حاصل توسط روش کجلدال (۱۶) و با استفاده از دستگاه Semi-Automated Distillation Unit انجام شد. به‌منظور تعیین مقدار فسفر قابل جذب در خاک، ابتدا از نمونه خاک مطابق روش اولسن و سامرز (۴۰) عصاره تهیه شد و سپس مقدار فسفر در عصارهٔ حاصل به روش مورفی و رایلی (۳۶) اندازه‌گیری شد.

کارایی مصرف آب (WUE) ($kg\ Seed.m^{-3}\ Water^{-1}$) در تیمارهای مختلف توسط معادله (۲) محاسبه شد (۴۲):

$$WUE = \frac{Y_s}{W_I + W_P} \qquad [2]$$

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 تجزیه عاملی، پس از استخراج عامل‌های اولیه، برای اینکه عامل‌ها بیشترین میزان از واریانس متغیرها را تبیین کنند، لازم است چرخش داده شوند. چرخش متغیرها به روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد که در این پژوهش یکی از متداول‌ترین روش‌های چرخش به نام وریماکس مورد استفاده قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

در این روش سعی بر آن است، تا ستون‌های ماتریس عاملی تا حد امکان ساده شوند. به‌عبارت دیگر، این روش به‌دنبال حداکثر کردن مجموع واریانس بارهای ماتریس عاملی است، به‌طوری‌که بر تبیین‌پذیری عامل‌ها افزوده شود (۱۲). در رهیافت چرخش واریماکس، سعی می‌شود برخی از متغیرها بار عاملی بسیار بالا (یعنی نزدیک به ۱+ یا ۱-) و برخی متغیرها بار عاملی بسیار پایین (یعنی نزدیک به صفر) در هر ستون از ماتریس داشته باشند. منطق حاکم این است که زمانی‌که همبستگی بین متغیر و عامل، نزدیک به ۱+ یا ۱- باشد، تفسیر به ساده‌ترین شکل انجام می‌گیرد و می‌توان قضاوت کرد که ارتباط روشن و قابل قبولی بین متغیر و عامل وجود دارد و اگر این همبستگی به صفر نزدیک باشد به راحتی می‌توان در خصوص عدم وجود رابطه قضاوت کرد (۱۰).

تجزیه واریانس (ANOVA) و تحلیل داده‌ها، تجزیه عاملی و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS Ver. 9.4، SPSS Ver. 23 و Minitab Ver. 17 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شدند.

نتایج و بحث

اثر متقابل سطوح آبیاری و اسید هیومیک بر صفات مورد مطالعه

نتایج تجزیه واریانس برخی خصوصیات مرتبط با خاک و برخی خصوصیات رشدی و عملکرد کنجد، ذرت و لوبیا تحت تأثیر اثرات متقابل مقادیر مختلف آبیاری و محلول‌پاشی اسید هیومیک در جدول (۲) نشان داده شده است. در کنجد، بیشترین عملکرد دانه (۱۶۱۷ کیلوگرم در هکتار) و ماده خشک (۱۷۸۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک به‌دست آمد (جدول ۳). محلول‌پاشی اسیدهیومیک در هر دو شرایط ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی منجر به افزایش وزن دانه در بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، میزان فسفر خاک و کارایی مصرف آب نسبت به شاهد شد (جدول ۳). کاربرد اسیدهیومیک در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی، بیشترین میزان نیتروژن خاک (۰/۱۸ درصد) را سبب شد (جدول ۳). محلول‌پاشی اسیدهیومیک کاهش پ‌هاش خاک در هر دو شرایط ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی را درپی داشت (جدول ۳).

در ذرت، تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و عدم‌محلول‌پاشی اسید هیومیک از بیشترین عملکرد دانه (۱۳۶۲۲ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد ماده خشک (۱۴۳۱۱ کیلوگرم در هکتار)، میزان فسفر خاک (۰/۰۰۸۰ درصد) و کارایی مصرف آب (۳/۴۰ کیلوگرم دانه به‌ازای مترمکعب آب) برخوردار بود (جدول ۳). محلول‌پاشی اسیدهیومیک در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی منجر به تولید بیشترین ارتفاع بوته (۱۷۴/۳۳ سانتی‌متر)، شاخص سطح برگ (۵/۰۴) و پ‌هاش خاک (۷/۴۸) شد (جدول ۳). بیشترین وزن دانه در بوته (۱۳۷/۸۸ گرم در بوته)، سرعت رشد محصول (۵/۰۶ گرم در مترمربع در روز) و میزان نیتروژن خاک (۰/۱۴ درصد) زمانی به‌دست آمد که محلول‌پاشی اسیدهیومیک در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی انجام شد (جدول ۳). کاربرد اسید هیومیک اگرچه کاهش پ‌هاش خاک را درپی داشت، ولی میزان فسفر خاک در این شرایط نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که اسید هیومیک بر کارکرد غشاهای سلولی ریشه تأثیر گذاشته و این امر احتمالاً منجر به همزیستی بهتر ریشه و میکروارگانیسم‌های مفید موجود در خاک می‌شود (۳۷) و در نتیجه در شرایط کاربرد این کود، میکروارگانیسم‌ها و میکوریزاهای طبیعی میزان فسفر بیشتری را در عمق توسعه ریشه فراهم می‌کنند.

در لوبیا، بیشترین عملکرد دانه و ماده خشک به‌ترتیب در نتیجه تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و عدم کاربرد اسیدهیومیک به‌دست آمد (جدول ۳). محلول‌پاشی اسیدهیومیک در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی، تولید بیشترین وزن دانه در بوته (۲۹/۶۴ گرم در بوته)، ارتفاع بوته (۱۵۲/۱۰ سانتی‌متر)، شاخص سطح برگ (۶/۸۱)، سرعت رشد محصول (۳/۷۵ گرم

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی خصوصیات مرتبط با خاک و برخی خصوصیات رشدی و عملکرد کنجد، ذرت و لوبیا تحت تأثیر اثرات متقابل مقادیر مختلف آبیاری و محلول‌پاشی اسیدهیومیک

		درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد ماده خشک	وزن دانه در بوته	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول	نیتروژن خاک	فسفر خاک	شوری خاک	اسیدیته خاک	کارآیی مصرف آب
کنجد	بلوک	۲	۲۲۷۵^{ns}	۱۸۹^{ns}	۱۵^{ns}	۱۰۵^{ns}	۰/۱۸^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۱۴^{ns}	۰/۰۳۷۲*	۰/۰۰۰۵^{ns}
	آبیاری	۱	۲۰۲۸۰۰*	۲۲۷۸۳۸*	۹۰۱**	۴/۱۱^{ns}	۱۹**	۱/۳۲*	۰/۰۰۲۸**	۰/۰۰۰۰۰۲*	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۰۳۳^{ns}	۰/۰۵۰۷*
	خطای یک	۲	۶۹۲۵	۱۱۰۷	۶۸	۱۹/۱۰	۰/۱۱	۰/۵۰	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۷	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۱۷
	محلول‌پاشی اسید هیومیک	۱	۸۲۱۶۳۳**	۱۲۰۸۰۸۸*	۲۵۸۱**	۲۷۰*	۴/۲۲*	۴/۴۰**	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۰۰۱*	۰/۲۸^{ns}	۱/۶۷**	۰/۲۰**
	آبیاری × محلول‌پاشی اسید هیومیک	۱	۴۳۲۰۰^{ns}	۱۱۶۲۵^{ns}	۵۸۸**	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۰۳۸۴*	۰/۰۱^{ns}
	بلوک × محلول‌پاشی اسید هیومیک	۲	۲۵۰۸^{ns}	۱۰۹۶۹^{ns}	۳^{ns}	۱۲/۲۵^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۳۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۰۰۰۷^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۰۰۹۱^{ns}	۰/۰۰۰۶^{ns}
	خطای دو	۲	۴۲۲۵	۱۳۵۲۱	۳	۱۴/۵۱	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۰۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۰
ذرت	بلوک	۲	۳۳۷۲۹^{ns}	۳۱۰۷۱۶*	۴۱^{ns}	۲۰^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۰۰۲^{ns}	۲^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
	آبیاری	۱	۱۰۹۶۳*	۱۰۱۱۵۴۲**	۳۹۰۲*	۲۱^{ns}	۷/۳۱**	۱۲**	۰/۰۰۱۱*	۹^{ns}	۰/۷۳**	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۶۸*
	خطای یک	۲	۲۳۷۳۵۵	۵۳۹۶۸۲	۱۲۸	۱۸	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۰۰۰۳	۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۹	۰/۰۱
	محلول‌پاشی اسید هیومیک	۱	۲۱۷۵۸۷۶۶**	۲۹۹۷۲۶۰۲**	۸۷۱۴**	۱۲۴*	۳/۶۵**	۰/۱۶^{ns}	۰/۰۰۰۶*	۸**	۰/۰۶**	۱/۵۸**	۱/۳۵**
	آبیاری × محلول‌پاشی اسید هیومیک	۱	۲۱۶۹۶۲۵*	۱۳۲۱۶۹۲*	۱۲۱۷*	۱۹۰۹**	۰/۱۳^{ns}	۱/۳۷*	۰/۰۰۰۵*	۴^{ns}	۰/۰۳*	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۱۳*
	بلوک × محلول‌پاشی اسید هیومیک	۲	۴۱۳۲۶^{ns}	۴۸۶۷۵^{ns}	۱۸^{ns}	۳۴^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۸^{ns}	۸^{ns}	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
	خطای دو	۲	۱۱۵۸۰۴	۱۸۷۴۳	۶۹	۶/۲۵	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۷۱	۰/۰۰۷۲
لوبیا	بلوک	۲	۱۷۸۴^{ns}	۲۹۱^{ns}	۴/۶۰^{ns}	۱/۳۶^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۱^{ns}	۶/۶۱^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
	آبیاری	۱	۱۴۶۹۵۵*	۲۴۴۱*	۴۰^{ns}	۳۰۰*	۰/۰۰۹^{ns}	۲/۹۰**	۰/۰۰۰۰۰۵^{ns}	۷/۱۵^{ns}	۰/۰۲۲*	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۱*
	خطای یک	۲	۷۰۲	۴۴	۷/۳۹	۱۶	۰/۲۸	۰/۰۳	۰/۰۰۰۱	۹/۷۵	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۷
	محلول‌پاشی اسید هیومیک	۱	۸۳۳۴۷*	۲۶۷۲۳۸**	۲۷۳*	۱۳۳۶**	۰/۴۲^{ns}	۳/۴۰**	۰/۰۰۴۳	۹/۲۲*	۰/۳۰**	۱/۵۰**	۰/۰۰۹۲*
	آبیاری × محلول‌پاشی اسید هیومیک	۱	۱۱۱۶^{ns}	۶/۱۷^{ns}	۲۲۳*	۲/۳۷^{ns}	۲۲/۸۹**	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۵^{ns}	۷/۳۰^{ns}	۰/۲۱**	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
	بلوک × محلول‌پاشی اسید هیومیک	۲	۹۰۹^{ns}	۳۹۲^{ns}	۵/۵۱^{ns}	۸/۵۸^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۰/۱۳*	۰/۰۰۰۶^{ns}	۵/۶۹^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
	خطای دو	۲	۲۷۷۵	۶۵۶	۵/۲۲	۱۰/۵۶	۰/۰۸	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۱	۰/۰۰۰۳

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم‌معنی‌داری

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. مقایسه میانگین برخی خصوصیات مرتبط با خاک و برخی خصوصیات رشدی و عملکرد کنجد، لوبیا و ذرت تحت تأثیر اثرات متقابل مقادیر مختلف آبیاری و محلول‌پاشی اسیدهیومیک

تیمار	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد ماده خشک ($kg.ha^{-1}$)	وزن دانه در بوته (g)	ارتفاع بوته (cm)	شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول ($g.m^{-2}.day^{-1}$)	نیتروژن خاک (٪)	فسفر خاک (٪)	شوری خاک ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته خاک	کارآیی مصرف آب ($kg\ seed.m^{-3}\ water$)
کنجد											
۵۰ درصد نیاز آبی × اسیدهیومیک	۱۲۳۶/۶۷^{b}	۱۴۴۶/۰۰^{b}	۵۷/۳۳^{b}	۸۹/۵۵^{a}	۵/۶۶^{c}	۷/۱۵^{ab}	۰/۱۸^{a}	۰/۰۰۷۳^{b}	۱/۷۴^{a}	۶/۷۸^{b}	۰/۶۱^{b}
۵۰ درصد نیاز آبی × عدم اسیدهیومیک	۸۳۳/۳۳^{d}	۸۷۳/۶۷^{d}	۴۲/۰۰^{c}	۷۹/۹۹^{a}	۴/۶۱^{d}	۵/۶۹^{c}	۰/۱۱^{c}	۰/۰۰۵۱^{d}	۱/۲۲^{a}	۷/۴۲^{a}	۰/۴۱^{d}
۱۰۰ درصد نیاز آبی × اسیدهیومیک	۱۶۱۶/۶۷^{a}	۱۷۸۳/۸۳^{a}	۸۸/۶۶^{a}	۹۰/۶۶^{a}	۸/۳۳^{a}	۷/۵۷^{a}	۰/۱۵^{b}	۰/۰۰۸۱^{a}	۱/۴۰^{a}	۶/۶۳^{b}	۰/۸۰^{a}
۱۰۰ درصد نیاز آبی × عدم اسیدهیومیک	۹۷۳/۳۳^{e}	۱۰۸۷/۰۰^{c}	۴۵/۳۳^{c}	۸۱/۲۲^{a}	۷/۰۱^{b}	۶/۶۱^{b}	۰/۰۸^{d}	۰/۰۰۶۳^{e}	۱/۳۱^{a}	۷/۵۰^{a}	۰/۴۸^{c}
ذرت											
۵۰ درصد نیاز آبی × اسیدهیومیک	۹۰۱۷/۵^{d}	۹۳۱۳/۵^{d}	۹۳/۸۴^{c}	۱۷۴/۳۳^{a}	۵/۰۴^{a}	۴/۶۲^{a}	۰/۱۲^{b}	۰/۰۰۵۷^{d}	۱/۲۵^{c}	۷/۴۸^{a}	۲/۲۵^{d}
۵۰ درصد نیاز آبی × عدم اسیدهیومیک	۱۰۰۷۸/۸^{c}	۱۱۸۱/۵^{c}	۴۷/۹۱^{d}	۱۴۶/۴۴^{c}	۳/۶۹^{c}	۳/۲۷^{b}	۰/۱۱^{b}	۰/۰۰۶۳^{c}	۱/۶۴^{b}	۷/۴۶^{a}	۲/۵۱^{c}
۱۰۰ درصد نیاز آبی × اسیدهیومیک	۱۰۸۶۰/۲^{b}	۱۳۱۳۸/۱^{b}	۱۳۷/۸۸^{a}	۱۴۲/۶۵^{c}	۴/۱۵^{b}	۵/۰۶^{a}	۰/۱۴^{a}	۰/۰۰۷۵^{b}	۱/۲۹^{c}	۶/۷۶^{b}	۲/۷۱^{b}
۱۰۰ درصد نیاز آبی × عدم اسیدهیومیک	۱۳۶۲۲/۳^{a}	۱۴۳۱۰/۶^{a}	۸۱/۶۶^{b}	۱۶۵/۲۲^{b}	۲/۳۸^{d}	۲/۳۶^{c}	۰/۱۱^{b}	۰/۰۰۸۰^{a}	۱/۸۹^{a}	۶/۷۲^{b}	۳/۴۰^{a}
لوبیا											
۵۰ درصد نیاز آبی × اسیدهیومیک	۴۷۰/۴۷^{c}	۵۴۱/۱۶^{c}	۱۱/۴۵^{c}	۱۳۱/۸۸^{c}	۳/۶۷^{b}	۲/۵۶^{b}	۰/۱۱^{b}	۰/۰۰۶۰^{c}	۱/۱۵^{c}	۷/۴۸^{a}	۰/۱۵^{c}
۵۰ درصد نیاز آبی × عدم اسیدهیومیک	۶۷۲/۵۰^{b}	۴۴۹/۵۱^{d}	۱۶/۴۱^{b}	۱۲۰/۹۹^{d}	۶/۳۷^{a}	۱/۷۰^{c}	۰/۱۱^{b}	۰/۰۰۸۱^{b}	۱/۳۳^{b}	۷/۳۶^{a}	۰/۲۲^{b}
۱۰۰ درصد نیاز آبی × اسیدهیومیک	۶۱۷/۸۶^{b}	۸۳۸/۱۹^{a}	۲۹/۶۴^{a}	۱۵۲/۱۰^{a}	۶/۸۱^{a}	۳/۷۵^{a}	۰/۱۵^{a}	۰/۰۰۹۴^{a}	۱/۷۴^{a}	۶/۷۱^{b}	۰/۲۰^{b}
۱۰۰ درصد نیاز آبی × عدم اسیدهیومیک	۸۵۸/۴۷^{a}	۷۴۹/۴۱^{b}	۱۷/۳۲^{b}	۱۴۲/۹۹^{b}	۳/۹۹^{b}	۲/۶۵^{b}	۰/۱۵^{a}	۰/۰۰۸۳^{b}	۱/۳۸^{b}	۶/۷۲^{b}	۰/۲۸^{a}

در هر ستون، برای هر عامل و هر گیاه، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

در مترمربع در روز) و میزان فسفر خاک (۰/۰۰۹۴ درصد) را سبب شد (جدول ۳). کارایی مصرف آب در هر دو تیمار ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی در شرایط کاربرد اسیدهیومیک با کاهش مواجه شد (جدول ۳).

تنش خشکی با اختلال در عمل روزنه‌ها و سیستم فتوسنتزی، تخریب پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، کاهش سطح برگ و ریزش گل و میوه موجب کاهش عملکرد گیاهان می‌شود (۲۳). مقادیر بسیار اندک از اسیدهای آلی از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، منجر به افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود (۳۹). از دیگر مزایای اسیدهیومیک می‌توان به خاصیت کلات‌کنندگی عناصر غذایی (سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و غیره) (۵۴)، افزایش ظهور ریشه‌های جانبی، افزایش رشد اندام‌های هوایی و محتوای نیتروژن (۱۴)، جلوگیری از فعالیت آنزیم‌هایی نظیر کربوکسی‌پپتیداز فسفاتاز، افزایش فعالیت آنزیم‌های ریشه و بهبود فعالیت آنزیم آتپاز (۱۸)، از بین بردن کلروز برگ‌ها، بهبود جذب عناصر غذایی و سهولت جذب عناصر ماکرو و میکرو (۴۳)، افزایش فعالیت‌های شبه‌هورمونی (۴۹) و افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی (۵۲) اشاره کرد.

در پژوهشی اثر فواصل مختلف آبیاری (مدار آبیاری ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ روز) بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد بررسی و گزارش شد که کاهش فواصل آبیاری عملکرد و تعداد غلاف در بوته را نسبت به شاهد افزایش داد، به‌طوری‌که بیشترین میزان عملکرد به‌ترتیب در مدارهای آبیاری ۶ و ۱۲ روز به‌دست آمد (۱۵). در پژوهشی دیگر اثر مقادیر مختلف اسید هیومیک (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر خصوصیات رشدی گیاهچه کنجد بررسی و کاربرد ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک به‌عنوان مؤثرترین سطح در بهبود ویژگی‌های رشدی معرفی شد (۵۱). اثر مقادیر مختلف آبیاری (تأمین ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد نشان داد که تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی منجر به تولید بیشترین عملکرد دانه شد (۴۷).

پایرو و همکاران (۴۲) با بررسی اثر زمان‌بندی کم‌آبیاری بر تبخیر و تعرق، عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت بیان کردند که بیشترین همبستگی بین فاکتور کمبود آب خاک و عملکرد، ۱۲ تا ۱۴ هفته پس از سبز شدن، در مراحل رشدی شیری و خمیری دانه به‌دست آمد. آنها نتیجه گرفتند که بر تکنیک‌های مختلف زمان‌بندی آبیاری، بیش از تکیه بر استراتژی‌های آبیاری مطابق زمان‌های ثابت، باید تأکید شود.

فار و همکاران (۲۵) بیان کردند که متوسط عملکرد دانه ذرت در گیاهان تحت تیمار کم‌آبیاری (۶۹۱ گرم در مترمربع) در حوالی گل‌دهی به‌طور معنی‌داری کمتر از گیاهان تحت آبیاری کامل (۱۰۶۹ گرم در مترمربع) بود. کاهش عملکرد به‌طور عمده ناشی از تعداد کمتر دانه در مترمربع بود. آنها تأکید کردند که کم‌آبیاری یا افزایش فاصله زمانی بین آبیاری‌ها در طی پرشدن دانه، رشد و عملکرد ذرت را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار نداد.

دی‌پائولو و رینالدی (۲۲) گزارش کردند که با بهره‌گیری از برهمکنش رژیم‌های آبیاری و کود نیتروژن می‌توان نسبت به کشت ذرت در ناحیه مدیترانه اقدام کرد و ضمن بیشینه‌سازی کارایی استفاده از منابع، به عملکردی قابل قبول دست یافت.

طی پژوهشی گزارش شد که کاهش مقدار آب مورد نیاز ارزن در طول دروه رشد، منجر به کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول شد (۱۳). نتایج تحقیقات پندی و مارانویل (۴۱) در خصوص اعمال تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد ذرت نشان داد که تنش سبب کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، کاهش قطر ساقه و کاهش ارتفاع گیاه شد.

گزارش شده است که در شرایط استفاده از اسید هیومیک، عملکرد علوفه ذرت ۳۱ درصد بیشتر از شاهد بود (۴۶). در پژوهشی دیگر، کاربرد ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک منجر به افزایش طول و قطر ساقه، وزن خشک، میزان عناصر غذایی و عملکرد گیاه فلفل شد (۵۳).

زاندونادی و همکاران (۵۵) گزارش کردند که مواد

www.SID.ir

Archive of SID

هیومیکی، همچون منبعی محیطی از فعالیت‌های شبه‌اکسینی از طریق تأثیر هماهنگ بر پلاسمالما و پمپ‌های هیدروژنی در تونوپلاست ریشه ذرت، در فرایند مربوط به گسترش سلول‌های ریشه و به‌دنبال آن توسعه ریشه‌های جانبی نقش مهمی ایفا کرد. ژانگ و اروین (۵۶) ترکیبی از اسیدهیومیک و عصاره علف‌دریایی را روی بنت‌گراس به‌کار بردند و گزارش کردند که زیست‌توده ریشه (۲۱ تا ۶۸ درصد)، آلفا توکوفرول برگی (۱۱۰ درصد) و زآتین ریبوزید (۳۸ درصد)، افزایش یافت. آنها ادعا کردند که این اولین گزارش مبنی بر وجود سیتوکینین‌ها در چنین مواد طبیعی است که کاربرد آن منجر به افزایش سطوح درون‌زای سیتوکینین شد و احتمالاً مقاومت به خشکی بنت‌گراس را بهبود بخشید.

در پژوهشی اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا بررسی و گزارش شد که کاهش تعداد دفعات آبیاری و به‌ویژه تنش خشکی در مرحله گل‌دهی افت شدید عملکرد را به‌همراه داشت (۱۷). در پژوهشی دیگر، گزارش شد که تیمارهای کم‌آبیاری کاهش محتوای نسبی آب برگ، وزن خشک، شاخص برداشت و ارتفاع بوته سه ژنوتیپ لوبیا را درپی داشت (۶). کاربرد سه گرم در لیتر اسید هیومیک اثرات تنش شوری را در زراعت لوبیا کاهش و منجر به افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ‌ها، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه و میزان کلروفیل برگ نسبت به شاهد شد (۳۲). در پژوهشی دیگر، بیشترین عملکرد لوبیا رقم D81083 در شرایط کاربرد ۱/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک به‌دست آمد (۳۳). کاربرد سه کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک بیشترین تأثیر را در بهبود خصوصیات رشدی و میزان پروتئین دانه نخود داشت (۴۸).

اثر سطوح مختلف اسید هیومیک (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی همیشه‌بهار بررسی و گزارش شد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع و تعداد گل و برگ در بوته در اثر کاربرد تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک به‌دست آمد (۳۴). خزائی و بنایان (۳) گزارش کردند که محلول‌پاشی اسیدهیومیک، زیست‌توده اندام هوایی و عملکرد اسانس گیاه دارویی را به‌میزان قابل‌توجهی نسبت به شاهد افزایش داد.

ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه

عملکرد دانه کنجد با تمامی صفات مورد مطالعه به‌جز پ‌هاش خاک همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت، در نتیجه به‌نظر می‌رسد که افزایش هر یک از صفات عملکرد ماده خشک ($r= ۰/۹۸^{**}$)، وزن دانه در بوته ($r= ۰/۹۶^{**}$)، ارتفاع بوته ($r= ۰/۶۲^{**}$)، شاخص سطح برگ ($r= ۰/۷۵^{**}$)، سرعت رشد محصول ($r= ۰/۷۳^{**}$)، میزان نیتروژن ($r= ۰/۵۸^{*}$) و فسفر خاک ($r= ۰/۸۸^{**}$) و کارایی مصرف آب ($r= ۱/۰۰^{**}$) بهبود عملکرد دانه را درپی خواهد داشت (جدول ۴). همبستگی منفی عملکرد دانه و ماده خشک با پ‌هاش خاک (به‌ترتیب $r= -۰/۸۹^{**}$ و $r= -۰/۸۸^{**}$) حاکی از آن است که احتمالاً برای دستیابی به حداکثر عملکرد کنجد باید این گیاه را در خاک‌های اسیدی‌تر کشت کرد (جدول ۴). همبستگی مثبت کارایی مصرف آب با صفات عملکرد ماده‌ی خشک ($r= ۰/۹۶^{**}$)، وزن دانه در بوته ($r= ۰/۹۶^{**}$)، ارتفاع بوته ($r= ۰/۶۲^{*}$)، شاخص سطح برگ ($r= ۰/۷۵^{**}$)، سرعت رشد محصول ($r= ۰/۷۳^{**}$)، میزان نیتروژن ($r= ۰/۵۸^{*}$) و فسفر خاک ($r= ۰/۸۸^{**}$) از یک‌سو نشان‌دهنده اهمیت بهینه‌سازی مصرف آب با استفاده از نهاده‌های بوم‌سازگاری نظیر اسیدهیومیک است (جدول ۴)، و از سوی دیگر، حاکی از آن است که از طریق بهبود برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و همینطور برخی صفات فیزیولوژیک نظیر ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ و یا برخی ویژگی‌های خاک مثل محتوای نیتروژن و فسفر، می‌توان کارایی مصرف آب را بهبود بخشید.

در ذرت، بین میزان فسفر خاک و عملکرد دانه، همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r= ۰/۸۹^{**}$) وجود داشت. همچنین، بین میزان نیتروژن و فسفر خاک با ماده‌ی خشک نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار (به‌ترتیب $r= ۰/۸۱^{**}$ و $r= ۰/۶۳^{*}$) وجود داشت (جدول ۴). افزایش شاخص سطح برگ منجر به کاهش عملکرد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در کنجد، ذرت و لوبیا تحت تأثیر مقادیر مختلف آبیاری و محلول‌پاشی اسید هیومیک

		عملکرد دانه (۱)	عملکرد ماده خشک (۲)	وزن دانه در بوته (۳)	ارتفاع بوته (۴)	شاخص سطح برگ (۵)	سرعت رشد محصول (۶)	نیتروژن خاک (۷)	فسفر خاک (۸)	شوری خاک (۹)	اسیدیته خاک (۱۰)	کارایی مصرف آب (۱۱)
کنجد	۱	۱										
	۲	۰/۹۸**	۱									
	۳	۰/۹۶**	۰/۹۱**	۱								
	۴	۰/۶۲*	۰/۶۶*	۰/۵۹*	۱							
	۵	۰/۷۵**	۰/۷۲**	۰/۷۳**	۰/۲۹	۱						
	۶	۰/۷۳**	۰/۷۹**	۰/۷۱**	۰/۷۰*	۰/۶۴*	۱					
	۷	۰/۵۸*	۰/۶۳*	۰/۴۹	۰/۵۹*	-۰/۰۱	۰/۵۲	۱				
	۸	۰/۸۸**	۰/۹۱**	۰/۸۱**	۰/۵۸*	۰/۷۰**	۰/۸۹**	۰/۵۷*	۱			
	۹	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۴۱	۱		
	۱۰	-۰/۸۹**	-۰/۸۸**	-۰/۸۳**	-۰/۵۳	-۰/۴۵	-۰/۶۵*	-۰/۸۱**	-۰/۸۳**	-۰/۴۶	۱	
	۱۱	۱/۰۰**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۶۲*	۰/۷۵**	۰/۷۳**	۰/۵۸*	۰/۸۸**	۰/۲۴	-۰/۸۹**	۱
ذرت	۱	۱										
	۲	۰/۸۵**	۱									
	۳	۰/۲۳	۰/۴۷	۱								
	۴	۰/۰۱	-۰/۴۳	-۰/۴۱	۱							
	۵	۰/۹۱**	-۰/۸۵**	-۰/۰۰۶	۰/۰۹	۱						
	۶	-۰/۶۶*	-۰/۴۸	۰/۴۹	-۰/۱۶	۰/۸۳**	۱					
	۷	-۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۹۰**	-۰/۴۸	۰/۲۷	۰/۷۲**	۱				
	۸	۰۰/۸۹**	۰/۹۱**	۰/۵۶*	-۰/۲۲	-۰/۷۷**	-۰/۳۷	۰/۲۹	۱			
	۹	۰/۷۷**	۰/۶۳*	-۰/۳۳	۰/۰۵	-۰/۹۱**	-۰/۹۲**	-۰/۵۸*	۰/۵۳	۱		
	۱۰	-۰/۸۰**	-۰/۸۰**	-۰/۷۳**	۰/۲۱	۰/۵۸*	۰/۱۵	-۰/۵۰	-۰/۹۲**	-۰/۲۷	۱	
	۱۱	۱/۰۰**	۰/۸۵**	۰/۲۳	۰/۰۱	-۰/۹۱**	-۰/۶۶*	-۰/۰۷	۰/۸۹**	۰/۷۷**	-۰/۷۷**	۱

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۴

		عملکرد دانه (۱)	عملکرد ماده خشک (۲)	وزن دانه در بوته (۳)	ارتفاع بوته (۴)	شاخص سطح برگ (۵)	سرعت رشد محصول (۶)	نیتروژن خاک (۷)	فسفر خاک (۸)	شوری خاک (۹)	اسیدیته خاک (۱۰)	کارایی مصرف آب (۱۱)
لوبیا	۱	۱										
	۲	۰/۳۳	۱									
	۳	۰/۱۷	۰/۷۲**	۱								
	۴	۰/۲۲	۰/۹۶**	۰/۷۲**	۱							
	۵	-۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۶۳*	۰/۰۷	۱						
	۶	-۰/۰۸	۰/۸۷**	۰/۷۵**	۰/۹۲**	۰/۱۴	۱					
	۷	۰/۶۱*	۰/۸۴**	۰/۶۹*	۰/۸۱**	۰/۱۲	۰/۶۴*	۱				
	۸	۰/۵۳	۰/۵۹*	۰/۸۳**	۰/۵۱	۰/۶۶*	۰/۴۱	۰/۷۲**	۱			
	۹	۰/۲۰	۰/۷۲**	۰/۹۰**	۰/۷۰*	۰/۶۹*	۰/۶۷*	۰/۶۲*	۰/۸۴**	۱		
	۱۰	-۰/۶۱*	-۰/۹۰**	-۰/۶۵*	-۰/۸۲**	-۰/۲۴	-۰/۶۰*	-۰/۸۶**	-۰/۷۰**	۰/۸۳**	۱	
	۱۱	۱/۰۰**	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۲۲	-۰/۰۱	-۰/۰۸	۰/۶۱*	۰/۵۳	۰/۲۰	-۰/۶۱*	۱

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

www.SID.ir

Archive of SID

دانـه (r= -۰/۹۱**) و افـزایش مـاده خشـک (r= ۰/۸۵*) شـد (جدول ۴). همبسـتگی کـارایی مصـرف آب بـا عملکـرد مـاده خشک (r= ۰/۸۵**) مثبت و معنی‌دار بود، لذا بـه‌نظـر مـی‌رسـد برای دستیابی به حداکثر صفت یاد شده باید کارایی مصرف آب در ذرت را افزایش داد (جدول ۴).

در لوبیا، افزایش سرعت رشد محصول بهبود عملکـرد مـاده خشک (r= ۰/۸۷**)، وزن دانـه در بوتـه (r= ۰/۷۵**) و ارتفـاع بوته (r= ۰/۹۲**) را سـبب شـد (جـدول ۴). همبسـتگی مثبـت میزان فسفر خاک و عملکرد ماده خشک (r= ۰/۵۹*)، وزن دانـه در بوتـه (r= ۰/۸۳**) و شـاخص سـطح بـرگ (r= ۰/۶۶*) نشان‌دهنده نقش تعیین‌کننده‌ی این عنصر در بهبود ویژگـی‌هـای مختلـف لوبیـا بـود (جـدول ۴). میـزان نیتـروژن خـاک نیـز از همبستگی بالایی با صفات عملکـرد دانـه (r= ۰/۶۱*)، عملکـرد ماده خشک (r= ۰/۸۴**)، وزن دانه در بوته (r= ۰/۶۹*)، ارتفـاع بوته (r= ۰/۸۱**)، سرعت رشد محصول (r= ۰/۶۴*) و کـارایی مصرف آب (r= ۰/۶۱*) برخوردار بـود، لـذا بـه‌نظـر مـی‌رسـد چنانچه بتوان با اسـتفاده از نهـاده‌هـای اکولـوژیکی نظیـر اسـید هیومیک بر میزان نیتروژن خاک افزود، بهبود سایر ویژگـی‌هـای گیاه دور از انتظار نباشد (جدول ۴).

تجزیه‌ی عاملی عوامل مؤثر بر کارایی مصرف آب

مقادیر ویژه و واریانس متناظر عامل‌ها در تعیین مؤلفه‌های اصلی در کارایی مصرف آب کنجد، ذرت و لوبیا در پاسخ بـه کـاربرد مقادیر افزایش یافته اسید هیومیک در جدول (۵) نشان داده شده است. بر این اساس، متغیرها در هر سه گیاه کنجـد (۸۳ درصـد واریانس تجمعی)، ذرت (۸۹ درصد واریانس تجمعـی) و لوبیـا (۸۱ درصد واریانس تجمعی) به دو عامل تجزیه شدند (جـدول ۵). در کنجد، ذرت و لوبیـا عامـل اول بـه‌ترتیـب ۵۷، ۵۷ و ۵۱ درصد از واریانس متغیرها را تبیین کرد (جدول ۵). همـان‌طـور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، در کنجد متغیرهـای عملکـرد دانه، عملکـرد مـاده خشـک، وزن دانـه در بوتـه، ارتفـاع بوتـه، شاخص سطح برگ، سـرعت رشـد محصـول، فسـفر و کـارایی مصرف آب در عامل اول و متغیرهای نیتروژن خـاک، پ‌هـاش خاک و شوری خاک در عامل دوم قرار گرفتند.

رسم دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای (شکل ۲)، نتایج تجزیه عاملی را تأیید کرد.

در ذرت، متغیرهای عملکـرد دانـه، عملکـرد مـاده خشـک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، فسفر خاک، شوری خـاک، پ‌هـاش خـاک و کـارایی مصـرف آب در عامـل اول و متغیرهای وزن دانه در بوته، ارتفاع بوته و میزان نیتـروژن خـاک در عامل دوم قرار گرفتند (شکل ۳).

در لوبیا، خلاصه‌سازی اطلاعات و کاهش داده‌هـا منجـر بـه این شد که متغیرهای عملکرد ماده خشـک، وزن دانـه در بوتـه، ارتفـاع بوتـه، شـاخص سـطح بـرگ، سـرعت رشـد محصـول، نیتـروژن، فسـفر و شـوری و پ‌هـاش خـاک در عامـل اول و متغیرهای عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در عامل دوم قـرار گرفتند (شکل ۴).

برای اینکه عامل‌ها بیشـترین میـزان از واریـانس متغیرهـا را تبیین کنند، لازم است چرخش داده شوند. جـدول (۶)، بارهـای عاملی و میزان اشتراک مؤلفه‌های اصلی مؤثر در کارایی مصـرف آب کنجد، ذرت و لوبیا در پاسخ به کاربرد اسیدهیومیک را قبـل و بعد از چرخش عامل‌ها نشان می‌دهد.

در کنجد، ۹۲ درصد از واریانس مربوط به عملکرد دانه (در حالت چرخش‌یافته) مربوط به عامـل اول بـود و از آنجـایی‌کـه متغیرهای عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، وزن دانه در بوتـه، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصـول، میـزان فسفر خاک و کـارایی مصـرف آب در عامـل اول قـرار گرفتنـد (شکل ۱) و (جدول ۶). به‌نظر می‌رسـد کـه بـا مـدیریت بـرای بهبود صفات مذکور، بتوان به افزایش عملکرد دانه دست یافـت. این عامل در ذرت ۹۷ درصد از واریانس مربوط به عملکرد دانه را تبیین کرد (جدول ۶). عامـل اول در ذرت شـامل متغیرهـای عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، فسفر خاک، شـوری، پ‌هـاش خـاک و کـارایی مصرف آب بود (شکل ۳)، بدین معنـا کـه افـزایش هـر یـک از

www.SID.ir

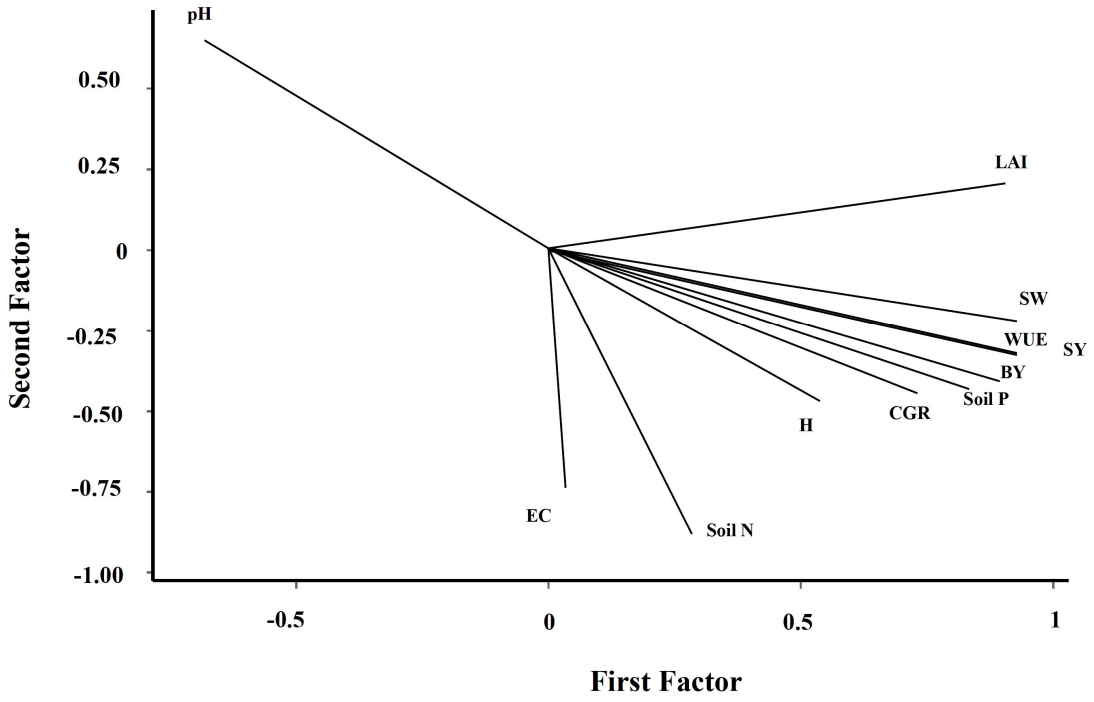
Archive of SID

جدول ۵. مقادیر ویژه و واریانس متناظر عامل‌ها در تعیین عامل‌های مؤثر در کارایی مصرف آب کنجد، ذرت و لوبیا در پاسخ به کاربرد اسید هیومیک

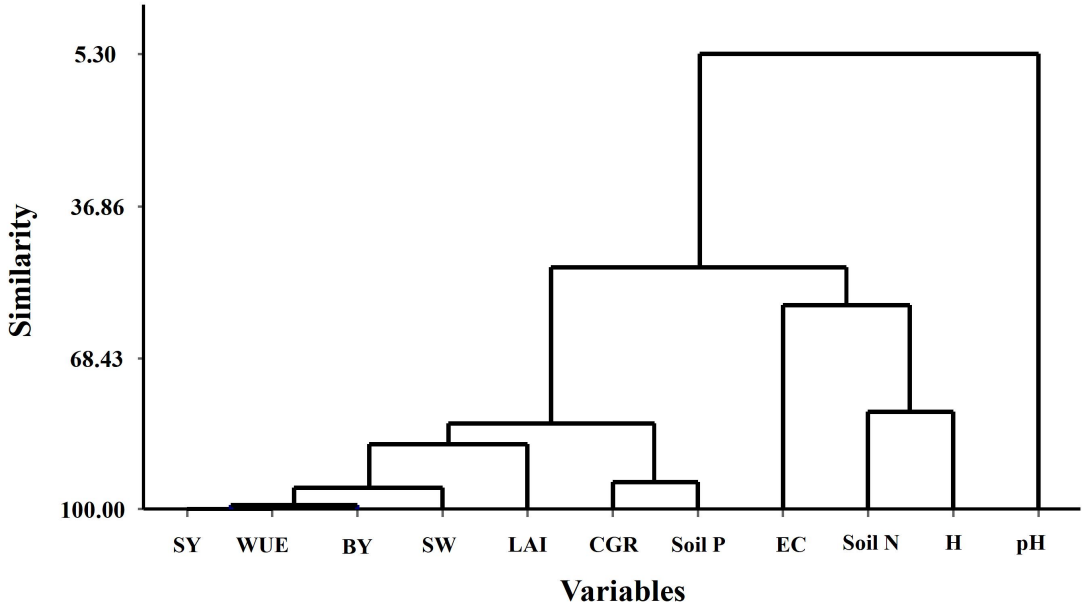
مؤلفه		مقادیر ویژه اولیه			مجموع مربعات بارهای اولیه			مجموع مربعات بارهای چرخش‌یافته		
		کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی
کنجد	۱	۷/۷۴	۷۰/۳۷	۷۰/۳۷	۷/۷۴	۷۰/۳۷	۷۰/۳۷	۶/۲۹	۵۷/۲۱	۵۷/۲۱
	۲	۱/۳۸	۱۲/۶۲	۸۳/۰۰	۱/۳۸	۱۲/۶۲	۸۳/۰۰	۲/۸۳	۲۵/۷۹	۸۳/۰۰
	۳	۰/۸۶	۷/۸۸	۹۰/۸۸						
	۴	۰/۶۲	۵/۶۹	۹۶/۵۸						
	۵	۰/۱۹	۱/۸۰	۹۸/۳۸						
	۶	۰/۰۹	۰/۸۵	۹۹/۲۴						
	۷	۰/۰۶	۰/۵۵	۹۹/۷۹						
	۸	۰/۰۱	۰/۱۶	۹۹/۹۶						
	۹	۰/۰۰۴	۰/۰۳۶	۹۹/۹۹						
	۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۱۰۰/۰۰						
	۱۱	$-۴/۷۲۸E^{-16}$	$-۴/۲۹۸E^{-15}$	۱۰۰/۰۰						
ذرت	۱	۶/۳۳	۵۷/۵۸	۵۷/۵۸	۶/۳۳	۵۷/۵۸	۵۷/۵۸	۶/۲۸	۵۷/۱۷	۵۷/۱۷
	۲	۳/۴۶	۳۱/۴۸	۸۹/۰۶	۳/۴۶	۳۱/۴۸	۸۹/۰۶	۳/۵۰	۳۱/۸۸	۸۹/۰۶
	۳	۰/۹۳	۸/۴۹	۹۷/۵۵						
	۴	۰/۰۹	۰/۸۴	۹۸/۴۰						
	۵	۰/۰۶	۰/۶۱	۹۹/۰۲						
	۶	۰/۰۴	۰/۴۱	۹۹/۴۴						
	۷	۰/۰۳	۰/۳۳	۹۹/۷۷						
	۸	۰/۰۱	۰/۱۶	۹۹/۹۳						
	۹	۰/۰۰۶	۰/۰۵۲	۹۹/۹۸						
	۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۱۰۰/۰۰						
	۱۱	$۲/۵۲۸E^{-16}$	$۲/۲۹۸E^{-15}$	۱۰۰/۰۰						
لوبیا	۱	۶/۷۵	۶۱/۳۶	۶۱/۳۶	۶/۷۵	۶۱/۳۶	۶۱/۳۶	۵/۶۵	۵۱/۳۹	۵۱/۳۹
	۲	۲/۱۹	۱۹/۹۷	۸۱/۳۳	۲/۱۹	۱۹/۹۷	۸۱/۳۳	۳/۲۹	۲۹/۹۴	۸۱/۳۳
	۳	۱/۵۸	۱۴/۳۷	۹۵/۷۱						
	۴	۰/۲۳	۲/۱۶	۹۷/۸۸						
	۵	۰/۰۹	۰/۸۲	۹۸/۷۰						
	۶	۰/۰۶	۰/۶۱	۹۹/۳۲						
	۷	۰/۰۴	۰/۳۶	۹۹/۶۹						
	۸	۰/۰۲	۰/۱۷	۹۹/۸۶						
	۹	۰/۰۱	۰/۱۱	۹۹/۹۸						
	۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۱۰۰/۰۰						
	۱۱	$۸/۸۰۴E^{-17}$	$۸/۰۰۴E^{-16}$	۱۰۰/۰۰						

www.SID.ir

Archive of SID



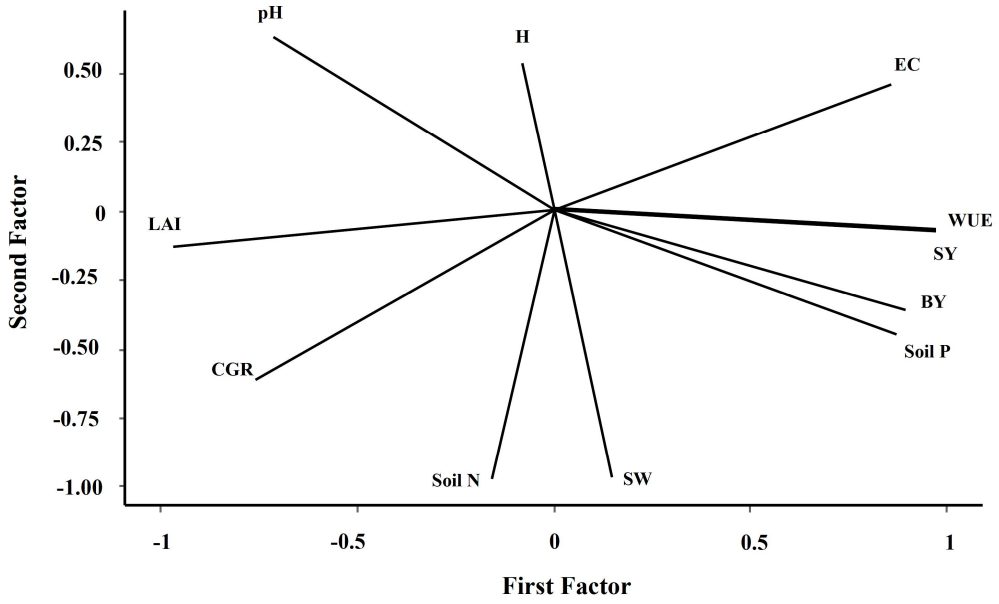
شکل ۱. بار متغیرهای اندازه‌گیری شده روی دو عامل استخراج شده در کنجد تحت‌تأثیر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید هیومیک



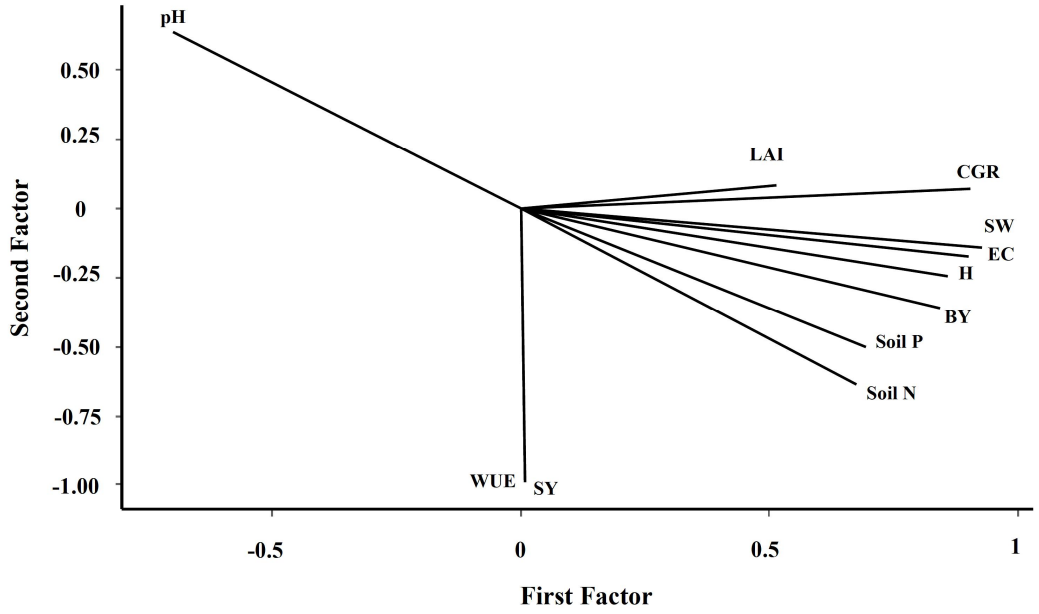
شکل ۲. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای متغیرهای مورد مطالعه در کنجد تحت تأثیر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید هیومیک

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. بار متغیرهای اندازه‌گیری شده روی دو عامل استخراج شده در ذرت تحت تأثیر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید هیومیک



شکل ۴. بار متغیرهای اندازه گیری شده روی دو عامل استخراج شده در لوبیا تحت‌تأثیر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسیدهیومیک

صفات مذکور منجر به افزایش سایر صفات این دسته خواهد شد. با توجه به قرار گرفتن متغیر کارایی مصرف آب ذرت در گروه متغیرهایی نظیر فسفر، شوری و پ‌هاش خاک، به نظر می‌رسد برای بهبود کارایی مصرف آب این گیاه باید بر پارامترهای مربوط به خاک متمرکز شد (جدول ۶).

در لوبیا، متغیر کارایی مصرف آب و عملکرد دانه بیشترین وزن را روی عامل دوم داشتند (جدول ۶)، بنابراین، با توجه به وجود همبستگی بالا بین متغیرهای درون هر عامل، هرگونه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. بارهای عاملی و میزان اشتراک عامل‌های مؤثر در کارایی مصرف آب کنجد، ذرت و لوبیا در پاسخ به کاربرد اسیدهیومیک قبل (قسمت بالا) و بعد (قسمت پایین) از چرخش

	کنجد			ذرت			لوبیا		
	فاکتور اول	فاکتور دوم	اشتراک	فاکتور اول	فاکتور دوم	اشتراک	فاکتور اول	فاکتور دوم	اشتراک
عملکرد دانه	۰/۹۷	۰/۱۵	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۰۴	۰/۹۵	۰/۴۹	−۰/۸۶	۰/۹۸
عملکرد ماده خشک	۰/۹۸	۰/۰۶	۰/۹۷	۰/۹۳	−۰/۲۴	۰/۹۲	۰/۹۱	−۰/۰۹	۰/۸۴
وزن دانه در بوته	۰/۹۲	۰/۲۵	۰/۹۱	۰/۲۶	−۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۸۷	۰/۳۳	۰/۸۸
ارتفاع بوته	۰/۷۰	−۰/۱۵	۰/۵۱	−۰/۱۴	۰/۵۱	۰/۲۹	۰/۸۷	۰/۲۰	۰/۸۰
شاخص سطح برگ	۰/۷۰	۰/۶۰	۰/۸۶	−۰/۹۴	−۰/۲۴	۰/۹۶	۰/۴۰	۰/۳۲	۰/۲۷
سرعت رشد محصول	۰/۸۵	−۰/۰۴	۰/۷۳	−۰/۶۷	−۰/۷۰	۰/۹۵	۰/۷۵	۰/۵۰	۰/۸۲
نیتروژن خاک	۰/۶۷	−۰/۶۴	۰/۸۶	−۰/۰۳	−۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۰	−۰/۲۲	۰/۸۷
فسفر خاک	۰/۹۴	۰/۰۱	۰/۸۸	۰/۹۲	−۰/۳۳	۰/۹۶	۰/۸۵	−۰/۰۹	۰/۷۳
شوری خاک	۰/۳۸	−۰/۶۴	۰/۵۵	۰/۷۹	۰/۵۶	۰/۹۵	۰/۸۷	۰/۲۹	۰/۸۴
پی‌اچ خاک	−۰/۹۱	۰/۲۴	۰/۸۹	−۰/۷۸	۰/۵۳	۰/۹۰	−۰/۹۲	۰/۲۰	۰/۸۹
کارایی مصرف آب	۰/۹۷	۰/۱۵	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۰۴	۰/۹۵	۰/۴۹	−۰/۸۶	۰/۹۸
عملکرد دانه	۰/۹۲	−۰/۳۲	۰/۹۶	۰/۹۷	−۰/۰۷	۰/۹۵	۰/۰۰۹	−۰/۹۹	۰/۹۸
عملکرد ماده خشک	۰/۸۹	−۰/۴۱	۰/۹۷	۰/۸۹	−۰/۳۵	۰/۹۲	۰/۸۴	−۰/۳۶	۰/۸۴
وزن دانه در بوته	۰/۹۳	−۰/۲۲	۰/۹۱	۰/۱۴	−۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۲	−۰/۱۴	۰/۸۸
ارتفاع بوته	۰/۵۴	−۰/۴۷	۰/۵۱	−۰/۰۸	۰/۵۳	۰/۲۹	۰/۸۶	−۰/۲۴	۰/۸۰
شاخص سطح برگ	۰/۹۰	۰/۲۰	۰/۸۶	−۰/۹۷	−۰/۱۲	۰/۹۶	۰/۵۱	۰/۰۸	۰/۲۷
سرعت رشد محصول	۰/۷۳	−۰/۴۴	۰/۷۳	−۰/۷۶	−۰/۶۱	۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۰۷	۰/۸۲
نیتروژن خاک	۰/۲۸	−۰/۸۸	۰/۸۶	−۰/۱۶	−۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۶۷	−۰/۶۴	۰/۸۷
فسفر خاک	۰/۸۳	−۰/۴۳	۰/۸۸	۰/۸۷	−۰/۴۴	۰/۹۶	۰/۶۹	−۰/۵۰	۰/۷۳
شوری خاک	۰/۰۳۴	−۰/۷۴	۰/۵۵	۰/۸۶	۰/۴۶	۰/۹۵	۰/۹۰	−۰/۱۷	۰/۸۴
پی‌اچ خاک	−۰/۶۸	۰/۶۴	۰/۸۹	−۰/۷۱	۰/۶۳	۰/۹۰	−۰/۷۰	۰/۶۳	۰/۸۹
کارایی مصرف آب	۰/۹۲	−۰/۳۲	۰/۹۶	۰/۹۷	−۰/۰۷	۰/۹۵	۰/۰۰۹	−۰/۹۹	۰/۹۸

مدیریت در جهت افزایش عملکرد دانه، افزایش در کارایی مصرف آب را به دنبال خواهد داشت.

در پژوهشی نتیجه تجزیه عاملی روی ارقام هیبرید ذرت دانه‌ای نشان داد که صفاتی نظیر برگ بلال، ضخامت ساقه، ارتفاع بوته و تعداد دانه در ردیف، شاخص‌هایی مهم برای گزینش هیبریدهای ذرت با عملکرد بالا بودند (۴). در پژوهشی دیگر، تجزیه به عامل‌ها و علیت در ژنوتیپ‌های مختلف برنج انجام گرفت و گزارش شد که شش عامل اصلی و مستقل، ۸۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و در عامل عملکرد و اجزای آن صفات مهمی نظیر تعداد پنجه بارور، وزن بوته و تعداد دانه پر قرار گرفتند که همبستگی بین این خصوصیات معنی‌دار بود (۱). تجزیه به عامل‌های عملکرد دانه و سایر خصوصیات گندم نشان داد که پنج عامل در مجموع، ۶۷/۷ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند و نتایج حاصل از

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی ضرایب عاملی، نشانگر اهمیت طول پدانکل، طول بیرون آمدگی پدانکل و ارتفاع بوته در گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب برای شرایط خشکی بود (۷).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی در ذرت و لوبیا، دستیابی به حداکثر عملکرد دانه در این گیاهان را میسر خواهد کرد، درحالی‌که برای به‌دست آوردن بیشترین عملکرد دانه در کنجد باید ۱۰۰ درصد نیاز آبی تأمین شود. کارایی مصرف آب در کنجد در هر دو شرایط ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی تحت‌تأثیر کاربرد اسیدهیومیک افزایش پیدا کرد. محلول‌پاشی اسیدهیومیک در شرایطی که ۱۰۰ درصد نیاز آبی کنجد و لوبیا تأمین شده بود، بیشترین میزان فسفر خاک را سبب شد. کاربرد اسیدهیومیک در هر دو شرایط ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی بهبود عملکرد ماده خشک کنجد و لوبیا را درپی داشت، ولی در ذرت، استفاده از اسیدهیومیک دارای اثر منفی بر عملکرد ماده خشک بود. همبستگی مثبت کارایی مصرف آب کنجد با صفات عملکرد ماده خشک، وزن دانه در بوته، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و میزان نیتروژن و فسفر خاک نشان‌دهنده اهمیت بهینه‌سازی مصرف آب با استفاده از نهاده بوم‌سازگار اسیدهیومیک بود. میزان فسفر خاک از همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد ماده خشک کنجد، ذرت و لوبیا برخوردار بود.

نتایج تجزیه عاملی نشان داد که در کنجد متغیرهای عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، وزن دانه در بوته، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، فسفر و کارایی مصرف آب در عامل اول و میزان نیتروژن خاک، پ‌هاش خاک و شوری خاک در عامل دوم قرار گرفتند. در ذرت، متغیرهای کارایی مصرف آب، فسفر، شوری و پ‌هاش خاک بیشترین وزن را روی عامل اول داشتند، بنابراین به‌نظر می‌رسد، این عامل توصیف کننده شرایط خاک است. در کنجد، در عامل اول، متغیرهای مهمی نظیر عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و فسفر خاک قرار گرفته و بیشترین وزن‌ها را داشتند، بنابراین، به‌نظر می‌رسد که این عامل می‌تواند شاخصی از عملکرد محصول باشد. به‌طورکلی، یافته‌های این پژوهش نشان داد که شناسایی متغیرهای تأثیرگذار در هر عامل و نامگذاری منطقی آن با توجه به دانش اکوفیزیولوژیکی گیاه زراعی مربوطه، می‌تواند زمینه‌ساز مدیریت مستقیم متغیرهای مؤثر در آن عامل برای بهبود کارایی مصرف آب باشد.

منابع مورد استفاده

۱. اله‌قلی‌پور، م. و م. ص. محمدصالحی. ۱۳۸۲. تجزیه به عامل‌ها و علیت در ژنوتیپ‌های مختلف برنج. *مجله نهال و بذر* ۱۹(۱): ۷۶-۸۶.

۲. امام، ی. ۱۳۸۳. *زراعت غلات*. انتشارات دانشگاه شیراز.

۳. خزاعی، ح. ر. و م. بنایان. ۱۳۹۲. کاربرد زمان استفاده و مقدار اسید هیومیک روی زیست‌توده و میزان اسانس زوفا. *مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران* ۵: ۳۵-۲۵.

۴. زینالی‌خانقاه، ح.، ع. نصرآبادی، ع. حسین‌زاده، ر. چوگان و م. سبک‌دست نودهی. ۱۳۸۴. تجزیه به عامل‌ها در ارقام هیبرید ذرت دانه‌ای. *علوم کشاورزی ایران* ۳۶(۴): ۹۰۲-۸۹۵.

۵. سماوات، س. و م. ملکوتی. ۱۳۸۴. *ضرورت تولید و استفاده از اسیدهای آلی در افزایش کمیت و کیفیت محصولات زراعی*. انتشارات صبا، تهران.

۶. صادقی‌پور، ا. ۱۳۸۸. اثر کم‌آبیاری بر صفات فیزیولوژیک و زراعی ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.). *مجله علوم*

www.SID.ir

Archive of SID

زراعی ایران ۱۱(۱): ۳۹-۲۵.

۷. طوسی‌مجرد، م.، م. ر. قنادها، م. خدارحمی و س. شهابی. ۱۳۸۴. تجزیه به عامل‌ها برای عملکرد دانه و سایر خصوصیات گندم. *پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی* ۶۷: ۱۶-۹.

۸. علیزاده، ع. و ق. کمالی. ۱۳۸۷. *نیاز آبی گیاهان در ایران*. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). مشهد.

۹. کریمی، م. و م. عزیزی. ۱۳۷۱. *تجزیه رشد*. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۱۰. کلانتری، خ. ۱۳۹۱. *تجزیه و تحلیل داده در تحقیقات اجتماعی اقتصادی*. انتشارات فرهنگ صبا، تهران.

۱۱. کوچکی، ع.، م. نصیری‌محلاتی، ف. فلاح‌پور و م. ب. امیری. ۱۳۹۶. بهینه‌سازی کود نیتروژن و آبیاری در زراعت گندم با استفاده از طرح مرکب مرکزی. *بوم‌شناسی کشاورزی* (در نوبت چاپ).

۱۲. منصورفر، ک. ۱۳۹۳. *روش‌های آماری پیشرفته*. انتشارات دانشگاه تهران. تهران.

13. Abraham, S. S., C. Abdul Jaleel, Z. Chang-Xing, R. Somasundaram, M. M. Azooz and R. Panneerselvam. 2008. Regulation of growth and metabolism by paclobutrazol and ABA in *Sesamum indicum* L. under drought condition. *Gomal Journal of Medical Sciences* 3: 57-66.
14. Ayas, H. and F. Gulser. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. *International Journal of Biological Sciences* 5: 801-804.
15. Boydak, E., D. Karaaslan, M. Simsek, S. Gercek, H. Kirnak, Y. Kasap and I. Ozturk. 2007. Effect of irrigation methods and irrigation intervals on yield and some yield components of sesame growing in semi-arid area. *Journal of Agronomy* 6(3): 439-443.
16. Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1965. Nitrogen-Total. In: Methods of soil analysis: part 2, Chemical and Microbiological Properties. PP: 595-622. *In:* A. L. Page (Ed.). 1982. Second Edition. American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin USA.
17. Calvache, M., K. Reichardt, O. O. S. Bacchi and D. Dourado-Neto. 1997. Deficit irrigation at different growth stages of the common bean. *Scientia Agricola* 54: 1-16.
18. Canellas, L. P., A. Q. Facanha, F. L. Olivares and A. R. Facanha. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H^+-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology* 130: 1951-1957.
19. Canellas, L. P., R. Spaccini, A. Piccolo, L. B. Dobbss, A. L. Okorokova-Facanha, G. A. Santos, F. L. Olivares and A. R. Facanha. 2009. Relationships between chemical characteristics and root growth promotion of humic acids isolated from brazilian oxisols. *Soil Science* 174(11): 611-620.
20. Canellas, L. P., D. B. Zandonodi, J. G. Busato, M. A. Baldotto, M. L. Simoes, L. Martin-Neto, A. R. Faqonho, R. Spaccini and A. Piccolo. 2008. Bioactivity and chemical characteristics of humic acids from tropical soils sequence. *Soil Science* 173(9): 624-637.
21. Deng, X. P., L. Shan, H. Zhang and N. C. Turner. 2006. Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China. *Agricultural Water Management* 80(1-3): 23-40.
22. Di Paolo, E. and M. Rinaldi. 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 105(3): 202-210.
23. Doupis, G., M. Bertaki, G. Psarras, I. Kasapakis and K. Chartzoulakis. 2013. Water relations, physiological behavior and antioxidant defence mechanism of olive plants subjected to different irrigation regimes. *Scientia Horticuturae* 153: 150-156.
24. El-Baz, S. M., E. E. Abbas and R. A. I. A. Mostafa. 2012. Effect of sowing dates and humic acid on productivity and infection with rot diseases of some soybean cultivars cultivated in new reclaimed soil. *International Journal of Agricultural Research* 7: 345-357.
25. Fereres, E. and M. A. Soriano. 2006. Deficit irrigation for reducing agricultural water. *Journal of Experimental Botany* 58(2): 147-159.
26. Geerts, S. and D. Raes. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management* 96(9): 1275-1284.
27. Howell, T. A. 2000. Enhancing Water Use Efficiency in Irrigated Agriculture. *Journal of Agronomy* 93(2): 281-289.
28. Hsiao, T. C., P. Steduto and E. Fereres. 2007. A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. *Irrigation Science* 25(3): 209-231.
29. Karr, M. 2001. Oxidized ignites and extracts from oxidized ignites in agriculture. *Soil Science* 1-23.
30. Khattab, M. M. and A. E. Shaban. 2012. Effect of Humic Acid and Amino Acids on Pomegranate Trees under

www.SID.ir

Deficit Irrigation. I: Growth, Flowering and Fruiting. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants* 4(3): 253-259.
31. Kumar, S., A. K. Verma, M. Das, S. K. Jain and P. D. Dwivedi. 2013. Clinical complications of kidney bean (*Phseolus vulgaris* L.) consumption. *Nutrition Journal* 29: 821-827.
32. Meganid, A. S., H. S. Al-Zahrani and M. S. El-Metwally. 2015. Effect of humic acid application on growth and chlorophyll contents of common bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress conditions. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 4(5): 2651-2661.
33. Mohajerani, SH., M. Alavi Fazel, H. Madani, Sh. Lak and A. Modhej. 2016. Effect of the foliar application of humic acid on red bean cultivars. *Journal of Experimental Biology and Agriculture Sciences* 4(5): 519-525.
34. Mohammadipour, E., A. Golchin, J. Mohammadi, N. Negahdar and M. Zarchini. 2012. Effect of humic acid on yield and quality of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Annals of Biological Research* 3: 5095-5098.
35. Morison, J. I. L., N. R. Baker, P. M. Mullineaux and W. J. Davies. 2008. Improving water use in crop production. *Advances in Water Resources* 34(2): 272-281.
36. Morphy, J. and J. P. Riley. 1962. Phosphorus analysis procedure. PP: 413-427. *In:* A. L. Page (Ed.). Methods of Soil Analysis: Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Second Edition. Madison, Wisconsin USA.
37. Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo and A. Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 1527–1536.
38. Nardi, S., D. Pizzeghello, M. Schiavon and A. Ertani. 2016. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola* 73(1): 18-23.
39. Natesan, R., S. Kandasamy, S. Thiyageshwari and P. M. Boopathy. 2007. Influence of lignite humic acid on the micronutrient availability and yield of blackgram in an alfisol. *Scientific World Journal* 7: 1198-1206.
40. Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. PP: 403-411. *In:* A. L. Page (Ed.). Methods of Soil Analysis: Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Second Edition. American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin USA.
41. Pandy, R. K. and J. W. Maranvill. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agricultural Water Management* 46: 15-27.
42. Payeroa, J. O., D. D. Tarkalson, S. Irmakc, D. Davisond and J. L. Petersend. 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. *Agricultural Water Management* 96(10): 1387–1397
43. Puglisi, E., G. Fragoulis, P. Ricciuti, F. Cappa, R. Spaccini, A. Piccolo, M. Trevisan and C. Crecchio. 2009. Effects of a humic acid and its size-fractions on the bacterial community of soil rhizsphere under maize (*Zea mays* L.). *Chemosphere* 77: 829-837.
44. Rajeswari, S., V. Thiruvengadam and N. M. Ramaswamy. 2010. Production of interspecific hybrids between *Sesamum alatum* Thonn and *Sesamum indicum* L. through ovule culture and screening for phyllody disease resistance. *South African Journal of Botany* 76: 252-258.
45. Raza, A., J. K. Friedel and G. Bodner. 2012. Improving water use efficiency for sustainable agriculture. *Agroecology and Strategies for Climate Change* 167-211.
46. Rezazadeh, H., S. K. Khrasani and R. S. A. Haghighi. 2012. Effects of humic acid on decrease of phosphorus usage in forage maize var. KSC704 (*Zea mays* L.). *American Journal of Agricultural Economics* 3: 34-38.
47. Sabreen, KH., H. Pibars, A. Mansour and H. M. Imam. 2015. Effect of organic manure fertigation on sesame yield productivity under drip irrigation system. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science* 4(8) 378-386.
48. Saadati, J. and M. Baghi. 2014. Evaluation of the effect of various amounts of humic acid on yield, yield components and protein of chickpea cultivars. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 2(7): 2306-2313.
49. Samavat, S., M. Malakuti, S. Samavat and M. Malakooti. 2006. Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. *Wisconsin Society of Radiologic Technologists* 463: 1-13.
50. Sidari, M., E. Attina, O. Francioso, V. Tugnoli and S. Nardi. 2006. Biological activity of humic substances is related to their chemical structure. *Soil Science Society of America Journal* 71: 75-85.
51. Souguir, M. and C. Hannachi. 2017. Response of sesame seedlings to different concentrations of humic acids or calcium nitrate at germination and early growth. *Cercetari Agronomic in Moldova* 169: 65-77.
52. Tahir, M. M., M. Khurshid, M. Z. Khan, M. K. Abbasi and M. H. Kazmi. 2011. Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *Pedosphere* 21: 124-131.
53. Turkmen, O., S. Demir, S. Sensoy and A. Dursun. 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus and humi acid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. *International Journal of Biological Sciences* 5: 565-574.
54. Verlinden, G., B. Pycke, J. Mertens, F. Debersaques, K. Verheyen, G. Baert, J. Bries and G. Haesaert. 2009. Application of humic substances results in consistent increases in crop yield and nutrient uptake. *Journal of Plant*

www.SID.ir

Archive of SID

Nutrition 32: 1407-1426.
55. Zandonadi, D. B., L. P. Canellas and A. R. Facanha. 2006. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H^+ pumps activation. *Planta* 225(6): 1583-1595.
56. Zhang, X. and E. H. Ervin. 2004. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Science* 5: 1737-1745.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)
Vol. 22, No. 3, Fall 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Determining the Effective Factors in Water Use Efficiency (WUE) of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Maize (*Zea mays* L.) in Response to Humic Acid Application and Deficit Irrigation

M. Jahan[1*] and M. B. Amiri[2]

(Received: August 22-2016 ; Accepted: December 4-2017)

Abstract

Factor analysis is one of the multivariate statistical techniques that considers the interrelationships between apparently irrelevant variables and helps researchers to find the hidden reasons for the occurrence of an event. In order to evaluate the effects of different irrigation levels and humic acid foliar application and identify the factors affecting water use efficiencies of sesame (*Sesamum indicum* L.), maize (*Zea mays* L.) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), a split plots experiment based on RCBD design with three replications was conducted during the 2014-15 growing season, at the Research Farm of Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Irrigation levels (50 and 100% of water requirement) and foliar application and non-application of humic acid were assigned to main and sub plots, respectively. The results showed that in sesame, the highest seed yield and biological yield were obtained from 100% of water requirement and humic acid spraying treatment. In maize, humic acid spraying under condition of supplying 50% of water requirement increased seed weight per plant, plant height, and leaf area index and soil pH In bean, the highest seed weight per plant, plant height, leaf area index, crop growth rate and soil phosphorous content were observed in the treatment of 100% of water requirement and humic acid spraying. Factor analysis results also showed that in sesame, the variables of seed yield, biological yield, seed weight per plant, plant height, leaf area index, crop growth rate, soil phosphorous and water use efficiency were assigned to the first factor and the variables of soil nitrogen, soil pH and EC were assigned to the second one. In maize, seed yield was assigned in the same group with the variables of biological yield, leaf area index, crop growth rate, soil phosphorous, EC and pH and water use efficiency; in bean, this was with the variables of seed yield and water use efficiency. In general, the research results revealed that identifying the effective variables in each factor and those logical nominations according to Eco physiological knowledge can lead to the direct management of effective variables with regard to associated factor, thereby leading to water efficiency improvement.

Keywords: Crop Growth Rate, Drought, Factor Loading, Factor Analysis, Water Requirement

1. Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Gonabad, Gonabad, Iran.
*: Corresponding Author, Email: Jahan@um.ac.ir

www.SID.ir