

## 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 کم آبیاری

محسن جهان<sup>۱\*</sup> و محمدبهزاد امیری<sup>۲</sup>

(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. به منظور 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 به صورت 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 به دست 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 به دست 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. به طور کلی، 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 آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. گروه مهندسی تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی گناباد

\*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Jahan@um.ac.ir

## مقدمه

یک سوم 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 به عبارت 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، نه تنها باعث بهبود بهره‌وری آب شده، بلکه درآمد کشاورزان نیز افزایش یافت (۲۵).

هسیائو 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 عناصر میکرو 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

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 نیمه‌گرمسیر 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 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).

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 آدنوزین تری 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 برگری 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 در پی داشت (۲۴). در پژوهشی دیگر، اثر

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

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی						
بافت خاک	نیترژن	فسفر	پتاسیم	پ هاش	هدایت الکتریکی (dS.m <sup>-1</sup> )	
(ppm)						
سیلتی-لوم	۱۵/۸	۱۳/۲	۴۱۵	۷/۱	۱/۲	
خصوصیات اسید هیومیک مورد استفاده						
نام تجاری	اسید هیومیک	اکسید پتاسیم	نیترژن آلی	آهن	سایر مواد	پ هاش
(%)						
پوهوموس	۸۵	۱۲	۱/۱	۰/۸	۱/۱	۹-۱۰

لویبا گیاهی یک ساله، 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 کم‌آب‌باری 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 لویبا، کنجد و ذرت راهگشا باشد.

لویبا گیاهی یک ساله، 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 کم‌آب‌باری 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 لویبا، 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

معادله (۱) استفاده شد (۹):

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

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 عصاره حاصل به روش مورفی و رایلی (۳۶) اندازه‌گیری شد.

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

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

که در این معادله،  $Y_s$  عملکرد دانه ( $\text{kg.ha}^{-1}$ )،  $W_I$  مقدار آب آبیاری ( $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ ) 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.

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 کنگد (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

(جدول ۳). کاربرد اسیدهیومیک در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی، بیشترین میزان نیتروژن خاک (۱۸/۰ درصد) را سبب شد (جدول ۳). محلول پاشی اسیدهیومیک کاهش پهاش خاک در هر دو شرایط ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی را در پی داشت (جدول ۳).

در ذرت، تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و عدم محلول پاشی اسید هیومیک از بیشترین عملکرد دانه (۱۳۶۲۲ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد ماده خشک (۱۴۳۱۱ کیلوگرم در هکتار)، میزان فسفر خاک (۰/۰۸۰ درصد) و کارایی مصرف آب (۳/۴۰ کیلوگرم دانه به ازای مترمکعب آب) برخوردار بود (جدول ۳). محلول پاشی اسیدهیومیک در شرایط تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی منجر به تولید بیشترین ارتفاع بوته (۱۷۴/۳۳ سانتی متر)، 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 (۱۴/۰ درصد) زمانی به دست آمد که محلول پاشی اسیدهیومیک در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی انجام شد (جدول ۳). کاربرد اسید هیومیک اگرچه کاهش پهاش خاک را در پی داشت، ولی میزان فسفر خاک در این شرایط نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). به نظر می رسد که اسید هیومیک بر کارکرد غشاهای سلولی ریشه تأثیر گذاشته و این امر احتمالاً منجر به همزیستی بهتر ریشه و میکروارگانسیم های مفید موجود در خاک می شود (۳۷) و در نتیجه در شرایط کاربرد این کود، میکروارگانسیم ها و میکوریزاهای طبیعی میزان فسفر بیشتری را در عمق توسعه ریشه فراهم می کنند.

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

در این روش سعی بر آن است، تا ستون های ماتریس عاملی تا حد امکان ساده شوند. به عبارت دیگر، این روش به دنبال حداکثر کردن مجموع واریانس بارهای ماتریس عاملی است، به طوری که بر تبیین پذیری عامل ها افزوده شود (۱۲). در رهیافت چرخش واریماکس، سعی می شود 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. منطبق حاکم این است که زمانی که همبستگی بین متغیر و عامل، نزدیک به +۱ یا -۱ باشد، تفسیر به ساده ترین شکل انجام می گیرد و می توان قضاوت کرد که ارتباط روشن و قابل قبولی بین متغیر و عامل وجود دارد و اگر این همبستگی به صفر نزدیک باشد به راحتی می توان در خصوص عدم وجود رابطه قضاوت کرد (۱۰).

تجزیه واریانس (ANOVA) و تحلیل داده ها، تجزیه عاملی و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزارهای SAS Ver. 9.4، SPSS Ver. 23 و Minitab Ver. 17 انجام شد. مقایسه میانگین ها توسط آزمون چند دامنه ای 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 کنگد، ذرت و لوبیا تحت تأثیر اثرات متقابل مقادیر مختلف آبیاری و محلول پاشی اسید هیومیک در جدول (۲) نشان داده شده است. در کنگد، بیشترین عملکرد دانه (۱۶۱۷ کیلوگرم در هکتار) و ماده خشک (۱۷۸۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و محلول پاشی اسیدهیومیک به دست آمد (جدول ۳). محلول پاشی 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 ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی خصوصیات مرتبط با خاک و برخی خصوصیات رشدی و عملکرد کتید، ذرت و لوبیا تحت تأثیر اثرات متقابل مقادیر مختلف آبیاری و محلول پاشی اسیدهیومیک

درجه آزادی	عملکرد دانه	خشک	در بونه	ارتفاع	شاخص سرعت رشد	فسفر خاک	شوری خاک	مصرف آب	کارایی
۲	۲۲۷۵ <sup>NS</sup>	۱۸۹ <sup>NS</sup>	۱۵ <sup>NS</sup>	۱۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۵ <sup>NS</sup>
۱	۲۰۲۸۰۰*	۲۲۷۸۳۸*	۹۰۱**	۴/۱۱ <sup>NS</sup>	۱/۳۳*	۰/۰۰۰۰۰۲*	۰/۰۰۰۰۰۲*	۰/۰۰۰۰۰۲*	۰/۰۰۰۵۷*
۲	۶۹۲۵	۱۱۰۷	۶۸	۱۹/۱۰	۰/۵۰	۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱۷
۱	۸۲۱۶۳۳**	۱۲۰۸۰۸۸*	۲۵۸۱**	۲۷۰*	۴/۲۲**	۰/۰۰۰۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۰۲
۱	۴۳۲۰۰ <sup>NS</sup>	۱۱۶۲۵ <sup>NS</sup>	۵۸۸*	۰/۰۰۰۹ <sup>NS</sup>	۰/۱۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>
۲	۲۵۰۸ <sup>NS</sup>	۱۰۹۶۹ <sup>NS</sup>	۳ <sup>NS</sup>	۱۲/۲۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۳۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۶ <sup>NS</sup>
۲	۴۲۲۵	۱۳۵۲۱	۳	۱۴/۵۱	۰/۰۴	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱۰
۲	۳۳۷۲۹ <sup>NS</sup>	۳۱۰۷۱۶*	۴۱ <sup>NS</sup>	۲۰ <sup>NS</sup>	۰/۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۲ <sup>NS</sup>
۱	۱۰۹۶۳*	۱۰۱۱۵۴۴**	۳۹۰۳*	۲۱ <sup>NS</sup>	۱۳**	۰/۰۰۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۶۸*
۲	۲۳۷۳۵۵	۵۳۹۶۸۲	۱۲۸	۱۸	۰/۰۵	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱
۱	۲۱۷۵۸۷۶**	۲۹۹۷۲۶۰۲**	۸۷۱۴**	۱۲۴*	۰/۱۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۶*	۰/۰۰۰۰۰۰۶*	۰/۰۰۰۰۰۰۶*	۱/۳۵**
۱	۲۱۶۹۶۲۵*	۱۳۲۱۶۹۲*	۱۲۱۷*	۱۹۰۹**	۱/۳۷*	۰/۰۰۰۰۰۰۵*	۰/۰۰۰۰۰۰۵*	۰/۰۰۰۰۰۰۵*	۰/۰۰۰۱۳*
۲	۴۱۳۲۶ <sup>NS</sup>	۴۸۶۷۵ <sup>NS</sup>	۱۸ <sup>NS</sup>	۳۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۸ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۸ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۰۸ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۲ <sup>NS</sup>
۲	۱۱۵۸۰۴	۱۸۷۴۳	۶۹	۶/۲۵	۰/۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۷۲
۲	۱۷۸۴ <sup>NS</sup>	۲۹۱ <sup>NS</sup>	۴/۶۰ <sup>NS</sup>	۱/۳۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>NS</sup>
۱	۱۴۶۹۵۵*	۲۴۴۱*	۴۰ <sup>NS</sup>	۳۰۰*	۲/۹۰**	۰/۰۰۰۰۰۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۱*
۲	۷۰۲	۴۴	۷/۳۹	۱۶	۰/۲۸	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۷
۱	۸۳۴۴۷*	۲۶۷۲۳۸*	۲۷۳*	۱۳۳۶**	۰/۴۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۴*	۰/۰۰۰۰۰۰۴*	۰/۰۰۰۰۰۰۴*	۰/۰۰۰۰۹۲*
۱	۱۱۱۶ <sup>NS</sup>	۶/۱۷ <sup>NS</sup>	۲۲۳*	۲/۳۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۱ <sup>NS</sup>
۲	۹۰۹ <sup>NS</sup>	۳۹۲ <sup>NS</sup>	۵/۵۱ <sup>NS</sup>	۸/۵۸ <sup>NS</sup>	۰/۱۳*	۰/۰۰۰۰۰۰۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۰۰۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۰۰۰۱ <sup>NS</sup>
۲	۲۷۷۵	۶۵۶	۵/۲۲	۱۰/۵۶	۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۳

\* و \*\* NS به ترتیب معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی داری

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

کارآبی مصرف آب (kg seed.m <sup>-3</sup> water)	اسیدینه خاک (dS.m <sup>-1</sup> )	شوری خاک (dS.m <sup>-1</sup> )	فسفر خاک (%)	نیتروژن خاک (%)	سرعت رشد محصول (g.m <sup>-2</sup> .day <sup>-1</sup> )	شاخص سطح برگ	ارتفاع بونه (cm)	وزن دانه در بونه (g)	عملکرد ماده خشک (kg.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد دانه (kg.ha <sup>-1</sup> )	تیماز	کبجد	
												درصد نیاز آبی × اسیدهیومیک	درصد نیاز آبی × عدم اسیدهیومیک
۰/۶۱b	۶/۷۸b	۱/۷۴a	۰/۰۰۷۳b	۰/۱۸a	۷/۱۵b	۵/۶۶c	۸۹/۵۵a	۵۷/۳۳b	۱۴۴۶/۰۰b	۱۲۳۶/۶۷b	۱۰۰	۵۰	
۰/۴۱d	۷/۴۳a	۱/۲۳a	۰/۰۰۵۱d	۰/۱۱c	۵/۶۹c	۴/۶۱d	۷۹/۹۹a	۴۲/۰۰c	۸۷۳/۶۷d	۸۳۳/۳۳d	۱۰۰	۵۰	
۰/۸۰a	۶/۶۳b	۱/۴۰a	۰/۰۰۸۱a	۰/۱۵b	۷/۵۷a	۸/۳۳a	۹۰/۶۶a	۸۸/۶۶a	۱۷۸۳/۸۳a	۱۶۱۶/۶۷a	۱۰۰	۱۰۰	
۰/۴۸c	۷/۵۰a	۱/۳۱a	۰/۰۰۶۳c	۰/۰۸d	۶/۶۱b	۷/۰۱b	۸۱/۲۴a	۴۵/۳۳c	۱۰۸۷/۰۰c	۹۷۳/۳۳c	۱۰۰	۱۰۰	
ذرت													
۲/۲۵d	۷/۴۸a	۱/۲۵c	۰/۰۰۵۷d	۰/۱۲b	۴/۶۲a	۵/۰۴a	۱۷۴/۳۳a	۹۳/۸۴c	۹۳۱۳/۵d	۹۰۱۷/۵d	۱۰۰	۵۰	
۲/۵۱c	۷/۴۶a	۱/۶۴b	۰/۰۰۶۳c	۰/۱۱b	۳/۲۷b	۳/۶۹c	۱۴۶/۴۴c	۴۷/۹۱d	۱۱۸۱/۵c	۱۰۰۷۸/۸c	۱۰۰	۵۰	
۲/۷۱b	۶/۷۶b	۱/۲۹c	۰/۰۰۷۵b	۰/۱۴a	۵/۰۶a	۴/۱۵b	۱۴۲/۶۵c	۱۳۷/۸۸a	۱۳۱۳۸/۱b	۱۰۸۶۰/۷b	۱۰۰	۱۰۰	
۳/۴۰a	۶/۷۲b	۱/۸۹a	۰/۰۰۸۰a	۰/۱۱b	۲/۳۶c	۲/۳۸d	۱۶۵/۲۲b	۸۱/۶۶b	۱۴۳۱۰/۶a	۱۳۶۲۲/۳a	۱۰۰	۱۰۰	
لوبیا													
۰/۱۵c	۷/۴۸a	۱/۱۵c	۰/۰۰۶۰c	۰/۱۱b	۲/۵۶b	۳/۶۷b	۱۳۱/۸۸c	۱۱/۴۵c	۵۴۱/۱۶c	۴۷۰/۴۷c	۱۰۰	۵۰	
۰/۲۲b	۷/۳۶a	۱/۳۳b	۰/۰۰۸۱b	۰/۱۱b	۱/۷۰c	۶/۳۷a	۱۲۰/۹۹d	۱۶/۴۱b	۴۴۹/۵۱d	۶۷۲/۵۰b	۱۰۰	۵۰	
۰/۴۰b	۶/۷۱b	۱/۷۴a	۰/۰۰۹۴a	۰/۱۵a	۳/۷۵a	۶/۸۱a	۱۵۲/۱۰a	۲۹/۶۴a	۸۳۸/۱۹a	۶۱۷/۸۶b	۱۰۰	۱۰۰	
۰/۲۸a	۶/۷۲b	۱/۳۸b	۰/۰۰۴۳b	۰/۱۵a	۲/۶۵b	۳/۹۹b	۱۴۲/۹۹b	۱۷/۳۲b	۷۴۹/۴۱b	۸۵۸/۴۷a	۱۰۰	۱۰۰	

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.



پاپرو و همکاران (۴۲) با بررسی اثر زمان بندی کم آبیاری 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 به دست آمد. آنها نتیجه گرفتند که بر تکنیک های مختلف زمان بندی آبیاری، بیش از تکیه بر استراتژی های آبیاری مطابق زمان های ثابت، باید تأکید شود.

فار و همکاران (۲۵) بیان کردند که متوسط عملکرد دانه ذرت در گیاهان تحت تیمار کم آبیاری (۶۹۱ گرم در مترمربع) در حوالی گل دهی به طور معنی داری کمتر از گیاهان تحت آبیاری کامل (۱۰۶۹ گرم در مترمربع) بود. کاهش عملکرد به طور عمده ناشی از تعداد کمتر دانه در مترمربع بود. آنها تأکید کردند که کم آبیاری یا افزایش فاصله زمانی بین آبیاری ها در طی پر شدن دانه، رشد و عملکرد ذرت را به طور معنی داری تحت تأثیر قرار نداد.

دی پائولو و رینالدی (۲۲) گزارش کردند که با بهره گیری از برهمکنش رژیم های آبیاری و کود نیتروژن می توان نسبت به کشت ذرت در ناحیه مدیترانه اقدام کرد و ضمن بیشینه سازی 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 معنی دار 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 میلی گرم 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

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 اسید هیومیک با کاهش مواجه شد (جدول ۳).

تنش خشکی با اختلال در عمل روزنه ها و سیستم فتوسنتزی، تخریب پروتئین ها و آنزیم ها، کاهش سطح برگ و ریزش گل و میوه موجب کاهش عملکرد گیاهان می شود (۲۳). مقادیر بسیار اندک از اسیدهای آلی از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، منجر به افزایش حاصلخیزی خاک می شود (۳۹). از دیگر مزایای اسید هیومیک می توان به خاصیت کلات کنندگی عناصر غذایی (سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و غیره) (۵۴)، افزایش ظهور ریشه های جانبی، افزایش رشد اندام های هوایی و محتوای نیتروژن (۱۴)، جلوگیری از فعالیت آنزیم های نظیر کربوکسی پپتیداز فسفاتاز، افزایش فعالیت آنزیم های ریشه و بهبود فعالیت آنزیم آتپاز (۱۸)، از بین بردن کلروز برگ ها، بهبود جذب عناصر غذایی و سهولت جذب عناصر ماکرو و میکرو (۴۳)، افزایش فعالیت های شبه هورمونی (۴۹) و افزایش تولید 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 کنگد بررسی و گزارش شد که کاهش فواصل آبیاری عملکرد و تعداد غلاف در بوته را نسبت به شاهد افزایش داد، به طوری که بیشترین میزان عملکرد به ترتیب در مدارهای آبیاری ۶ و ۱۲ روز به دست آمد (۱۵). در پژوهشی دیگر اثر مقادیر مختلف اسید هیومیک (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر) بر خصوصیات رشدی گیاهچه کنگد بررسی و کاربرد ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک به عنوان مؤثرترین سطح در بهبود ویژگی های رشدی معرفی شد (۵۱). اثر مقادیر مختلف آبیاری (تأمین ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگد نشان داد که تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی منجر به تولید بیشترین عملکرد دانه شد (۴۷).

اسیدهیومیک، زیست توده اندام هوایی و عملکرد اسانس گیاه دارویی را به میزان قابل توجهی نسبت به شاهد افزایش داد.

#### ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه

عملکرد دانه کنگد با تمامی صفات مورد مطالعه به جز پ‌هش خاک همبستگی مثبت و معنی دار داشت، در نتیجه به نظر می‌رسد که افزایش هر یک از صفات عملکرد ماده خشک ( $r = 0/98^{**}$ )، وزن دانه در بوته ( $r = 0/96^{**}$ )، ارتفاع بوته ( $r = 0/62^{**}$ )، شاخص سطح برگ ( $r = 0/75^{**}$ )، سرعت رشد محصول ( $r = 0/73^{**}$ )، میزان نیتروژن ( $r = 0/58^{**}$ ) و فسفر خاک ( $r = 0/88^{**}$ ) و کارایی مصرف آب ( $r = 1/0^{**}$ ) بهبود عملکرد دانه را در پی خواهد داشت (جدول ۴). همبستگی منفی عملکرد دانه و ماده خشک با پ‌هش خاک (به ترتیب  $r = -0/89^{**}$  و  $r = -0/88^{**}$ ) حاکی از آن است که احتمالاً برای دستیابی به حداکثر عملکرد کنگد باید این گیاه را در خاک‌های اسیدی‌تر کشت کرد (جدول ۴). همبستگی مثبت کارایی مصرف آب با صفات عملکرد ماده‌ی خشک ( $r = 0/96^{**}$ )، وزن دانه در بوته ( $r = 0/96^{**}$ )، ارتفاع بوته ( $r = 0/62^{**}$ )، شاخص سطح برگ ( $r = 0/75^{**}$ )، سرعت رشد محصول ( $r = 0/73^{**}$ )، میزان نیتروژن ( $r = 0/58^{**}$ ) و فسفر خاک ( $r = 0/88^{**}$ ) از یک سو 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 معنی دار ( $r = 0/89^{**}$ ) وجود داشت. همچنین، بین میزان نیتروژن و فسفر خاک با ماده‌ی خشک نیز همبستگی مثبت و معنی دار (به ترتیب  $r = 0/81^{**}$  و  $r = 0/63^{**}$ ) وجود داشت (جدول ۴). افزایش شاخص سطح برگ منجر به کاهش عملکرد

هیومیک، همچون منبعی محیطی از فعالیت‌های شبه‌اکسینی از طریق تأثیر هماهنگ بر پلاسما و پمپ‌های هیدروژنی در تونوپلاست ریشه ذرت، در فرایند مربوط به گسترش سلول‌های ریشه و به دنبال آن توسعه ریشه‌های جانبی نقش مهمی ایفا کرد. ژانگ و اروین (۵۶) ترکیبی از اسیدهیومیک و عصاره علف‌دریایی را روی بنت‌گراس به کار بردند و گزارش کردند که زیست توده ریشه (۲۱ تا ۶۸ درصد)، آلفا توکوفرول برگی (۱۱۰ درصد) و زآتین ریوزید (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 به همراه 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 در پی 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 به دست 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 به دست آمد (۳۴). خزائی و بنایان (۳) گزارش کردند که محلول‌پاشی

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

عاملکرد	عملکرد ماده خشک (۱)	وزن دانه (۲)	ارتفاع بوته (۳)	سرعت رشد (۴)	شاخص سطح برگ (۵)	محصول (۶)	نیروزن (۷)	فسفر خاک (۸)	شوری خاک (۹)	اسیدینه خاک (۱۰)	کارایی مصرف (۱۱)
کینجد	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲	۰/۹۸**	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۳	۰/۹۶**	۰/۹۱**	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۴	۰/۶۶*	۰/۶۶*	۰/۵۹*	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۵	۰/۷۵**	۰/۷۲**	۰/۷۳**	۰/۶۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۶	۰/۷۳**	۰/۷۹**	۰/۷۱**	۰/۷۰*	۰/۶۴*	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۷	۰/۵۸*	۰/۶۳*	۰/۴۹	۰/۵۹*	-۰/۰۱	۰/۵۲	۱	۱	۱	۱	۱
۸	۰/۸۸**	۰/۹۱**	۰/۸۱**	۰/۵۸*	۰/۷۰**	۰/۸۹**	۰/۵۷*	۱	۰/۴۱	۱	۱
۹	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۴۱	۱	-۰/۴۶	۱
۱۰	-۰/۸۹**	-۰/۸۸**	-۰/۸۳**	-۰/۵۳	-۰/۴۵	-۰/۶۵*	-۰/۸۱**	-۰/۸۳**	-۰/۴۶	۱	۱
۱۱	۱/۰۰**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۶۲*	۰/۷۵**	۰/۳۳**	۰/۵۸*	۰/۸۸**	۰/۲۴	-۰/۸۹**	۱
ذرت	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۲	۰/۸۵**	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۳	۰/۲۳	۰/۴۷	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۴	۰/۰۱	-۰/۴۳	-۰/۴۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۵	۰/۹۱**	-۰/۸۵**	-۰/۰۰۰۶	۰/۰۹	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۶	-۰/۶۶*	-۰/۴۸	۰/۴۹	-۰/۱۶	۰/۸۳**	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۷	-۰/۰۷	۰/۸۸	۰/۹۰**	-۰/۴۸	۰/۲۷	۰/۷۲**	۱	۱	۱	۱	۱
۸	۰/۸۹**	۰/۹۱**	۰/۵۶*	-۰/۲۲	-۰/۷۷**	-۰/۳۷	۰/۲۹	۱	۰/۵۳	۱	۱
۹	۰/۷۷**	۰/۶۳*	-۰/۳۳	۰/۰۵	-۰/۹۱**	-۰/۹۲**	-۰/۵۸*	۰/۵۳	۱	۰/۵۲**	۱
۱۰	-۰/۸۰**	-۰/۸۰**	-۰/۷۳**	۰/۲۱	۰/۵۸*	۰/۱۵	-۰/۵۰	-۰/۹۲**	-۰/۲۷	۱	۱
۱۱	۱/۰۰**	۰/۸۵**	۰/۲۳	۰/۰۱	-۰/۹۱**	-۰/۶۶*	-۰/۰۷	۰/۸۹**	۰/۷۷**	-۰/۸۷**	۱

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد



مصرف آب در عامل اول و متغیرهای نیتروژن خاک، پ‌هاس 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 عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، فسفر خاک، شوری خاک، پ‌هاس خاک و کارایی مصرف آب در عامل اول و متغیرهای وزن دانه در بوته، ارتفاع بوته و میزان نیتروژن خاک در عامل دوم قرار گرفتند (شکل ۳).

در لوبیا، خلاصه‌سازی اطلاعات و کاهش داده‌ها منجر به این شد که متغیرهای عملکرد ماده خشک، وزن دانه در بوته، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، نیتروژن، فسفر و شوری و پ‌هاس خاک در عامل اول و متغیرهای عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در عامل دوم قرار گرفتند (شکل ۴).

برای اینکه عامل‌ها بیشترین میزان از واریانس متغیرها را تبیین کنند، لازم است چرخش داده شوند. جدول (۶)، بارهای عاملی و میزان اشتراک مؤلفه‌های اصلی مؤثر در کارایی مصرف آب کنگد، ذرت و لوبیا در پاسخ به کاربرد اسیدهیومیک را قبل و بعد از چرخش عامل‌ها نشان می‌دهد.

در کنگد، ۹۲ درصد از واریانس مربوط به عملکرد دانه (در حالت چرخش یافته) مربوط به عامل اول بود و از آنجایی که متغیرهای عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، وزن دانه در بوته، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، میزان فسفر خاک و کارایی مصرف آب در عامل اول قرار گرفتند (شکل ۱) و (جدول ۶). به نظر می‌رسد که با مدیریت برای بهبود صفات مذکور، بتوان به افزایش عملکرد دانه دست یافت. این عامل در ذرت ۹۷ درصد از واریانس مربوط به عملکرد دانه را تبیین کرد (جدول ۶). عامل اول در ذرت شامل متغیرهای عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، فسفر خاک، شوری، پ‌هاس خاک و کارایی مصرف آب بود (شکل ۳)، بدین معنا که افزایش هر یک از

دانه ( $r = -0.91^{**}$ ) و افزایش ماده خشک ( $r = 0.85^*$ ) شد (جدول ۴). همبستگی کارایی مصرف آب با عملکرد ماده خشک ( $r = 0.85^{**}$ ) مثبت و معنی‌دار بود، لذا به نظر می‌رسد 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 عملکرد ماده خشک ( $r = 0.87^{**}$ )، وزن دانه در بوته ( $r = 0.75^{**}$ ) و ارتفاع بوته ( $r = 0.92^{**}$ ) را سبب شد (جدول ۴). همبستگی مثبت میزان فسفر خاک و عملکرد ماده خشک ( $r = 0.59^*$ )، وزن دانه در بوته ( $r = 0.83^{**}$ ) و شاخص سطح برگ ( $r = 0.66^*$ ) نشان‌دهنده نقش تعیین‌کننده‌ی این عنصر در بهبود ویژگی‌های مختلف لوبیا بود (جدول ۴). میزان نیتروژن خاک نیز از همبستگی بالایی با صفات عملکرد دانه ( $r = 0.61^*$ )، عملکرد ماده خشک ( $r = 0.84^{**}$ )، وزن دانه در بوته ( $r = 0.69^*$ )، ارتفاع بوته ( $r = 0.81^{**}$ )، سرعت رشد محصول ( $r = 0.64^*$ ) و کارایی مصرف آب ( $r = 0.61^*$ ) برخوردار بود، لذا به نظر می‌رسد چنانچه بتوان با استفاده از نهاده‌های اکولوژیکی نظیر اسید هیومیک بر میزان نیتروژن خاک افزود، بهبود سایر ویژگی‌های گیاه دور از انتظار نباشد (جدول ۴).

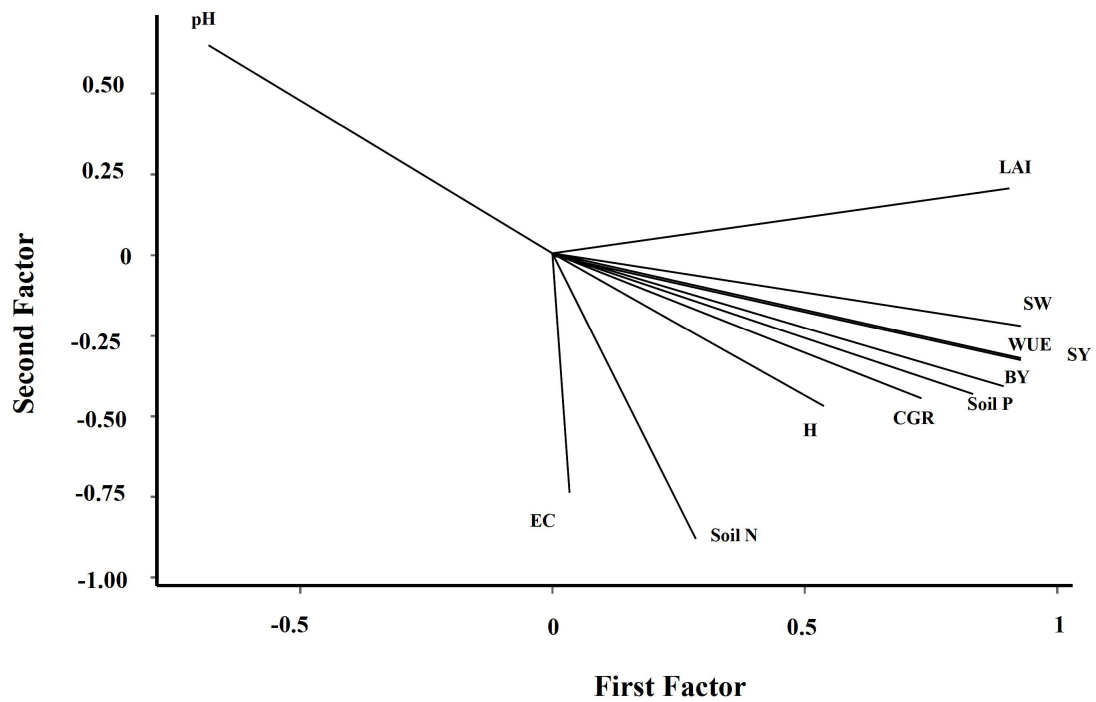
#### تجزیه‌ی عاملی عوامل مؤثر بر کارایی مصرف آب

مقادیر ویژه و واریانس متناظر عامل‌ها در تعیین مؤلفه‌های اصلی در کارایی مصرف آب کنگد، ذرت و لوبیا در پاسخ به کاربرد مقادیر افزایش یافته اسید هیومیک در جدول (۵) نشان داده شده است. بر این اساس، متغیرها در هر سه گیاه کنگد (۸۳ درصد واریانس جمعی)، ذرت (۸۹ درصد واریانس جمعی) و لوبیا (۸۱ درصد واریانس جمعی) به دو عامل تجزیه شدند (جدول ۵). در کنگد، ذرت و لوبیا عامل اول به ترتیب ۵۷، ۵۷ و ۵۱ درصد از واریانس متغیرها را تبیین کرد (جدول ۵). همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، در کنگد متغیرهای عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، وزن دانه در بوته، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، فسفر و کارایی

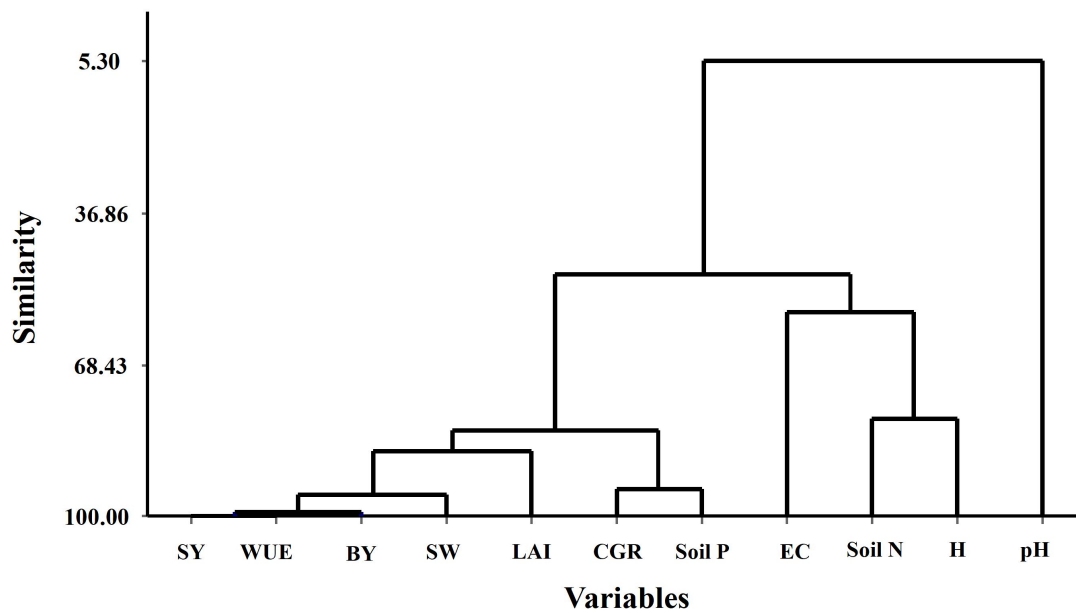
جدول ۵. مقادیر ویژه و واریانس متناظر عامل‌ها در تعیین عامل‌های مؤثر در کارایی مصرف آب کنگد، ذرت و لوبیا در پاسخ به کاربرد

اسید هیومیک

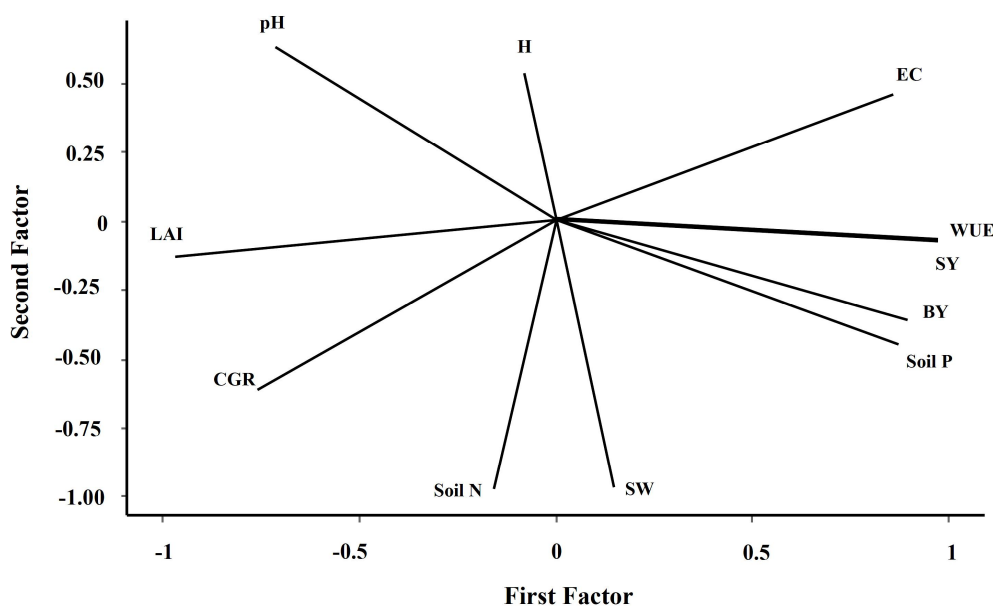
مؤلفه	مقادیر ویژه اولیه			مجموع مربعات بارهای اولیه			مجموع مربعات بارهای چرخش یافته		
	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی
۱	۷/۷۴	۷۰/۳۷	۷۰/۳۷	۶/۳۹	۷۰/۳۷	۷۰/۳۷	۵۷/۲۱	۵۷/۲۱	۵۷/۲۱
۲	۱/۳۸	۱۲/۶۲	۸۳/۰۰	۲/۸۳	۱۲/۶۲	۱/۳۸	۲۵/۷۹	۸۳/۰۰	۸۳/۰۰
۳	۰/۸۶	۷/۸۸	۹۰/۸۸						
۴	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	$-۴/۷۲۸E^{-1۶}$	$-۴/۲۹۸E^{-1۵}$	۱۰۰/۰۰						
۱	۶/۳۳	۵۷/۵۸	۵۷/۵۸	۶/۲۸	۵۷/۵۸	۶/۳۳	۵۷/۱۷	۵۷/۱۷	۵۷/۱۷
۲	۳/۴۶	۳۱/۴۸	۸۹/۰۶	۳/۵۰	۳۱/۴۸	۳/۴۶	۳۱/۸۸	۸۹/۰۶	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	$۲/۵۲۸E^{-1۶}$	$۲/۲۹۸E^{-1۵}$	۱۰۰/۰۰						
۱	۶/۷۵	۶۱/۳۶	۶۱/۳۶	۵/۶۵	۶۱/۳۶	۶/۷۵	۵۱/۳۹	۵۱/۳۹	۵۱/۳۹
۲	۲/۱۹	۱۹/۹۷	۸۱/۳۳	۳/۲۹	۱۹/۹۷	۲/۱۹	۲۹/۹۴	۸۱/۳۳	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	$۸/۸۰۴E^{-1۷}$	$۸/۰۰۴E^{-1۶}$	۱۰۰/۰۰						



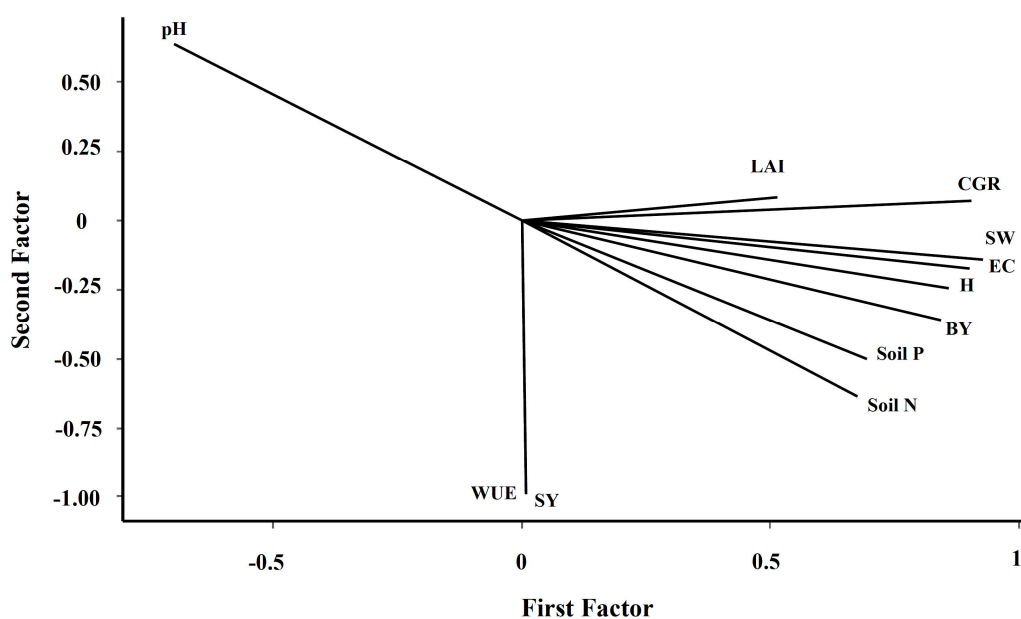
شکل ۱. بار متغیرهای اندازه‌گیری شده روی دو عامل استخراج شده در کنگد تحت تأثیر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید هیومیک



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



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 اندازه‌گیری شده روی دو عامل استخراج شده در لوبیا تحت تأثیر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسید هیومیک

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

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



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

	کتجد			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
نیتروزن 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
نیتروزن 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

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

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

آب با استفاده از نهاده بوم‌سازگار اسیدهیومیک بود. میزان فسفر خاک از همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد ماده خشک کنگد، ذرت و لوبیا برخوردار بود.

نتایج تجزیه عاملی نشان داد که در کنگد 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 توصیف‌کننده شرایط خاک است. در کنگد، 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.

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 کنگد باید ۱۰۰ درصد نیاز آبی تأمین شود. کارایی مصرف آب در کنگد در هر دو شرایط ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی تحت تأثیر کاربرد اسیدهیومیک افزایش پیدا کرد. محلول‌پاشی اسیدهیومیک در شرایطی که ۱۰۰ درصد نیاز آبی کنگد 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 کنگد و لوبیا را در پی داشت، ولی در ذرت، استفاده از اسیدهیومیک دارای اثر منفی بر عملکرد ماده خشک بود. همبستگی مثبت کارایی مصرف آب کنگد 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

## 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): ۸۹۵-۹۰۲.
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 فیزیولوژیکی و زراعی ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris L.*). *مجله علوم*

زراعی ایران ۱۱(۱): ۲۵-۳۹.

۷. طوسی مجرد، 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: ۹-۱۶.
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. نصیری محلاتی، 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. Kirmak, 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<sup>+</sup>-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 Horticulturae* 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

- 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 (*Phaseolus 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. Pandey, 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. Payero, J. O., D. D. Tarkalson, S. Irmak, D. Davison and J. L. Petersen. 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 rhizosphere 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. Haghghi. 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 humic 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*

*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<sup>+</sup> 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.

## 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<sup>1\*</sup> and M. B. Amiri<sup>2</sup>

(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